



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**Facultad de Tecnología de la Construcción**

**Monografía:**

**“DISEÑO DE UN CANAL SOBRE CAUCE NATURAL DEL TRAMO, ZONA N°2 -  
RIO ZAPOTE, EN EL MUNICIPIO DE NUEVA GUINEA, RAACS.”**

Para optar al título de Ingeniero Civil

**Elaborado por:**

Br. Michael José Urbina Griffith  
Br. Derving Josué Buitrago Paz  
Br. Jader Luis Amador Fernández

**Tutor:**

Ing. Noé Hernández Durán

Managua, Diciembre 2020

## **Agradecimientos**

**A Dios nuestro Padre Celestial**, que nos concede la gracia de la vida, sabiduría y fortaleza para poder alcanzar la meta que, en el hoy, damos por cumplida.

**A nuestros seres queridos**, nuestros padres, hermanos, hermanas y demás seres que sentimos; por los diversos apoyos que nos han proporcionado, consejos y cariño; para poder cumplir hoy con uno de nuestros sueños.

En especial, agradecemos a nuestro tutor **Ing. Noé Hernández Durán**; por ser nuestro guía, por su tiempo y sus vastos conocimientos brindados que hicieron posible la culminación del presente trabajo.

A el personal de **INETER** por brindarnos los datos necesarios para poder desarrollar nuestro trabajo monográfico.

A nuestra amiga, **Gerssy Noguera** por su apoyo moral e incondicional, por siempre estar a nuestro lado siempre que lo necesitamos, una amistad sincera que ha durado por varios años, por brindarnos mucho de su tiempo atendiendo a nuestras dudas, por ser una persona llena de virtudes, a tí gracias.

Y, agradecemos también a todas aquellas personas que de una u otra manera aportaron/contribuyeron e hicieron posible la culminación de nuestros estudios profesionales.

*MICHAEL JOSÉ URBINA GRIFFITH*

*DERVING JOSUÉ BUITRAGO PAZ*

*JADER LUIS AMADOR FERNÁNDEZ*

## Dedicatoria

En primer lugar, dedico esta tesis **a Dios** por su misericordia, por darme sabiduría y fuerzas para superar cada uno de los obstáculos de esta larga carrera de la educación y especialmente de la ingeniería, ya que desde mi primer día de clases en preescolar cuando tan solo era solo un niño y tenía miedo al introducirme al enorme mundo del saber el me lleno de valentía para lanzarme a esta inmensa travesía.

**A mi padre José Prospero Urbina Dávila**, que con sus fuerzas me ayudó moral y económicamente en todo el arduo camino de mi formación profesional, por sus consejos, por su dedicación a enseñarme el valor de la responsabilidad ante cualquier situación, por su amor incondicional, gracias por ser como eres; simplemente te amo papá.

**A mi madre, Sayra Antonia Griffith Dumas**, que con cada uno de sus consejos fue formando a la persona que soy hoy, por su apoyo económicamente, por su manera de enseñarme a ver la vida de la manera real, por creer en mí, te amo mamá.

**A mi abuelo materno Candelario Griffith**, que en paz descanse, por creer en mí; aún recuerdo cuando me decía, usted llegara a ser un gran ingeniero y le quiero decir que aquí estoy abuelo terminando de lograr mis sueños y sus palabras.

**A mis abuelos paternos Rosario Urbina y Petrona Dávila**, gracias por aconsejarme, por su amor inmenso hacia mí.

**A mis dos hermanos, Jackson y Brandon Urbina Griffith**; que, así como yo, quiero que sepan que ustedes un día lo lograran cumplir sus metas.

Me suscribo.

*MICHAEL JOSÉ URBINA GRIFFITH*

## Dedicatoria

A **Dios** nuestro padre celestial, que nos da la vida, salud, sabiduría y entendimiento así por siempre estar a nuestro lado para cumplir con todas las oportunidades y sueños; permitiéndonos con concluir con los estudios y el trabajo final con éxito.

**A mis padres:** María Antonia Paz Campo y Marcelino Buitrago Brizuela por su apoyo moral e incondicional, además por la ayuda económica para concluir mis estudios desde la primaria hasta la universidad.

**A mis hermanos:** Jesseyling Massiel Buitrago paz y Marcelino Antonio Buitrago Paz por siempre estar cuando más lo necesitaba recibiendo su apoyo moral y cada que pedía su ayuda ahí estaban para brindármela.

**A mis Tíos:** Carlos Napoleón Picado Brizuela y Luisa Blandón Bivas por apoyarme durante 5 años dándome un lugar donde quedarme para concluir mis estudios universitarios.

A nuestros compañeros de estudio, durante 5 años que estuvimos superando todas las dificultades que se presentaba en todo este tiempo se volvió un grupo unido y perseverando siempre para aprender y ser mejor en nuestros estudios diario.

A toda mi familia que siempre me ha animado para seguir adelante y poder cumplir mis sueños de ser Ingeniero Civil, siempre han estado presente en cada punto importante de mi vida.

*DERVING JOSUÉ BUITRAGO PAZ*

## **Dedicatoria**

La presente Tesis monográfica se la dedico primeramente **a Dios**, por ser el inspirador y primordial fuente de darme las fuerzas para culminar y continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados en el transcurso de la carrera.

**A mi madre María Urbina y a mi padre Luis Felipe Amador**, por su apoyo económicamente y emocionalmente en todos estos años, que gracias a ellos he podido salir adelante y culminar mis estudios universitarios.

**A mi novia Bianka Chacón**, que ha estado apoyándome emocionalmente durante el trabajo monográfico, y que ha estado en todo momento, por ser una de las personas que me ha motivado hacer una mejor persona.

**A mis hermanos** que me han ayudado en lo que está a su alcance para continuar hacia adelante.

A todas esas personas que me han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxitos en especial a todos aquellos que nos abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

*JADER LUIS AMADOR FERNÁNDEZ*

## **INDICE**

CAPÍTULO I. GENERALIDADES.....	1
1.1    Introducción .....	1
1.2    Antecedentes .....	2
1.3    Justificación .....	3
1.4    Objetivos .....	4
1.4.1    Objetivo general .....	4
1.4.2    Objetivos específicos.....	4
CAPÍTULO II. DESCRIPCIÓN DEL SÍTIO .....	5
2.1    Localización .....	5
2.1.1    Macro localización .....	5
2.1.2    Micro localización .....	6
2.2    Perfil socio-económico.....	7
2.2.1    Población.....	7
2.2.2    Servicios e infraestructura existentes .....	8
2.2.3    Infraestructura de la vivienda .....	11
2.2.4    Actividad económica.....	11
2.3    Aspecto ambiental .....	11
2.3.1    Alcantarillado sanitario .....	11
2.3.2    Drenaje pluvial .....	12
2.3.3    Recolección y disposición de desechos sólidos.....	12
CAPÍTULO III. MARCO TEÓRICO.....	13
3.1    Diagnóstico .....	13
3.2    Normas de diseño.....	13

3.3	Estudios básicos .....	13
3.3.1	Estudio socioeconómico .....	14
3.3.2	Estudio demográfico .....	14
3.3.3	Estudio topográfico .....	14
3.3.4	Estudio de suelo .....	15
3.3.5	Estudio hidrológico .....	17
3.4	Conceptos básicos .....	18
3.4.1	Hidrología .....	18
3.4.2	Cuenca hidrográfica .....	18
3.4.3	Características principales de la cuenca .....	18
3.4.4	Factores que influyen en el escurrimiento del agua .....	20
3.4.5	Hidráulica .....	20
3.4.6	Tipos de flujos .....	21
3.4.7	Componente de datos geométricos .....	21
CAPÍTULO IV. DISEÑO METODOLÓGICO .....		23
4.1	Metodología de estudio .....	23
4.1.1	Enfoque de investigación .....	23
4.1.2	Línea de investigación .....	23
4.1.3	Métodos de investigación .....	24
4.1.4	Materiales y métodos .....	24
	• Revisión documental .....	24
	• Observación in situ .....	24
4.2	Trabajo de campo .....	24
4.3	Trabajo gabinete .....	25
4.4	Análisis hidrológico .....	26

4.4.1	Área de la cuenca.....	26
4.4.2	Coeficiente de compacidad o índice de Gravelius ( $K_c$ ).....	26
4.4.3	Factor de forma de la cuenca ( $K_f$ ) .....	27
4.4.4	Índice de alargamiento ( $L_a$ ).....	29
4.4.5	Curva hipsométrica.....	30
4.4.6	Pendiente media de la cuenca .....	31
4.4.7	Densidad de drenaje ( $D_d$ ) .....	32
4.4.8	Análisis de lluvias intensas .....	33
4.4.9	Tiempo de concentración ( $T_c$ ) .....	39
4.4.10	Estimación del caudal por el método racional (CIA).....	39
4.5	Análisis hidráulico .....	42
4.5.1	Principios básicos en el diseño de canales .....	42
4.5.2	Diseño de secciones hidráulicas .....	43
4.5.3	Efecto de la gravedad.....	43
4.5.4	Criterios de diseño.....	44
4.5.5	Rugosidad .....	45
4.5.6	Esquema del cauce .....	50
4.5.7	Secciones transversales.....	50
4.5.8	Perfiles de flujos uniformes .....	51
4.6	Procesamiento y análisis de datos.....	52
4.6.1	Delimitación de la cuenca.....	52
4.6.2	Idrisi Selva .....	53
4.6.3	Parámetros geomorfométricos .....	53
4.6.4	Modelación meteorológica de la sub cuenca.....	53
4.6.5	Modelación con HEC-RAS 5.1.0 .....	54



4.7	Estimación del presupuesto de la obra .....	58
4.8	Elaboración del informe final.....	58
CAPÍTULO V. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....		60
5.1	Análisis hidrológico .....	60
5.1.1	Caracterización de la cuenca .....	60
5.1.2	Curva Intensidad-Duración-Frecuencia.....	62
5.1.3	Caudales por el método racional (CIA).....	63
5.1.4	Coeficiente de Manning.....	64
5.1.5	Estudio de suelo.....	64
5.2	Análisis hidráulico .....	65
5.2.1	Simulación hidráulica del cauce natural .....	65
5.2.2	Resultados simulación de cauce natural .....	72
5.2.3	Propuesta de diseño hidráulico .....	75
5.2.4	Perfil de cauce propuesto.....	76
5.2.5	Secciones transversales de propuesta de diseño .....	78
5.2.6	Tablas de resultados .....	83
5.3	Costo del proyecto .....	84
5.4	Cronograma del proyecto.....	84
CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....		80
6.1	Conclusiones .....	80
6.2	Recomendaciones .....	81
Capitulo VII. Bibliografía.....		82
VIII. Anexos.....		83
I. INFORMACION GENERAL .....		91
1.2.	UBICACIÓN .....	91

II. INVESTIGACION EFECTUADA .....	91
III. RESULTADOS OBTENIDOS .....	92
<b>IV. CONCLUSIONES .....</b>	<b>94</b>
<b>Resultados de ensayos de suelos .....</b>	<b>95</b>

### ***INDICE DE IMÁGENES***

Imagen 1: <b>Macro localización del proyecto .....</b>	<b>5</b>
Imagen 2: <b>Micro localización del Proyecto .....</b>	<b>6</b>
Imagen 3: <b>Clasificación por tipos de secciones de canales .....</b>	<b>51</b>
Imagen 4: <b>Banca de inundación y sección transversal .....</b>	<b>56</b>
Imagen 5: <b>Áreas de flujo inefectivo .....</b>	<b>57</b>
Imagen 6: <b>Perfil del cauce natural, modelación en HEC-RAS .....</b>	<b>66</b>
Imagen 7: <b>Planta del cauce natural, modelación en HEC-RAS .....</b>	<b>66</b>
Imagen 8: <b>Secciones transversales del cauce natural .....</b>	<b>67</b>
Imagen 9: <b>Sección transversal propuesta; H-Canales .....</b>	<b>75</b>
Imagen 10: <b>Perfil del cauce propuesto .....</b>	<b>77</b>

### ***INDICE DE TABLAS***

Tabla 1: <b>Información general de la población .....</b>	<b>7</b>
Tabla 2: <b>Cantidad de centros por programas .....</b>	<b>10</b>
Tabla 3: <b>Clasificación de cuencas respecto a su área .....</b>	<b>26</b>
Tabla 4: <b>Clasificación de cuenca respecto a <math>K_c</math> .....</b>	<b>27</b>
Tabla 5: <b>Clasificación de cuenca respecto a <math>K_f</math> .....</b>	<b>28</b>
Tabla 6: <b>Clasificación del cauce principal respecto a su longitud .....</b>	<b>28</b>
Tabla 7: <b>Clasificación de cauce respecto a su pendiente media (<math>S_c</math>) .....</b>	<b>29</b>

Tabla 8: Clasificación respecto al índice de alargamiento ( $L_a$ ) .....	30
Tabla 9: Clasificación de la pendiente ( $S_m$ ) .....	32
Tabla 10: Clasificación de cuenca de acuerdo su densidad ( $D_d$ ).....	32
Tabla 11: Desviación máxima permitida ( $\Delta_0$ ).....	36
Tabla 12: Normas para el diseño de sistema de alcantarillado pluvial .....	38
Tabla 13: Factores que influyen en el coeficiente de escorrentía ( $C$ ) .....	41
Tabla 14: Radio mínimo en canales respecto a caudales .....	44
Tabla 15: Coeficiente de Manning .....	49
Tabla 16: Período de retorno de diseño para estructuras menores.....	53
Tabla 17: Datos de delimitación en Arcgis y geomorfología de Idrisi Selva ..	60
Tabla 18: Ecuaciones de cada curva .....	62
Tabla 19: Caudales por el método racional (CIA) .....	63
Tabla 20: Coeficiente de Manning .....	64
Tabla 21: Datos hidráulicos del cauce natural, $Tr:5$ años .....	72
Tabla 22: Datos hidráulicos del cauce natural, $Tr:10$ años .....	73
Tabla 23: Datos hidráulicos del cauce natural, $Tr:25$ años .....	74
Tabla 24: Coeficientes de Manning en propuesta.....	75
Tabla 25: Resultados de simulación con $Tr:5$ años.....	83
Tabla 26: Resultados de simulación con $Tr:25$ años.....	84

### ***INDICE DE GRÁFICOS***

Gráfico 1: Población general de Nueva Guinea .....	7
Gráfico 2: Hipsométrica con datos obtenidos de Idrisi Selva .....	61
Gráfico 3: Curva Intensidad-Duración-Frecuencia .....	62
Gráfico 4: Hietograma de precipitaciones .....	63

### ***INDICE DE ECUACIONES***

Ecuación 1: Coeficiente de compacidad ( $K_c$ ).....	27
Ecuación 2: Factor de forma de la cuenca ( $K_f$ ) .....	28
Ecuación 3: Pendiente media del cauce principal ( $S_c$ ).....	29

Ecuación 4: <b>índice de alargamiento (La)</b> .....	29
Ecuación 5: <b>Promedio de altitud máxima y mínima de la cuenca</b> .....	30
Ecuación 6: <b>Porcentaje de área acumulada</b> .....	30
Ecuación 7: <b>Altitud más frecuente</b> .....	31
Ecuación 8: <b>Pendiente media (Sm)</b> .....	31
Ecuación 9: <b>Densidad de drenaje (Dd)</b> .....	32
Ecuación 10: <b>Período de retorno</b> .....	34
Ecuación 11: <b>Distribución teórica</b> .....	34
Ecuación 12: <b>Desviación estandar (Sx)</b> .....	35
Ecuación 13: <b>Promedio de número de observaciones (X̄)</b> .....	35
Ecuación 14: <b>Desviación máxima calculada (Δmáx)</b> .....	35
Ecuación 15: <b>Precipitación esperada (Xm)</b> .....	36
Ecuación 16: <b>Hietograma método bloque alterno</b> .....	38
Ecuación 17: <b>Tiempo de concentración (T<sub>c</sub>), Basso</b> .....	39
Ecuación 18: <b>Estimación del caudal, método de CIA</b> .....	39
Ecuación 19: <b>Coficiente de escorrentía</b> .....	41
Ecuación 20: <b>Caudal de diseño de Manning</b> .....	43
Ecuación 21: <b>Número de froude</b> .....	43
Ecuación 22: <b>Coficiente de rugosidad (n)</b> .....	46
Ecuación 23: <b>Cotas hídricas en los extremos del tramo</b> .....	52
Ecuación 24: <b>Pérdida de carga total</b> .....	52

## Lista de abreviaturas

INIDE: Instituto Nacional de Información de Desarrollo

INETER: Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

RACCS: Región Autónoma de la Costa Caribe Sur

RACCN: Región Autónoma de la Costa Caribe Norte

I.D.F: Curva Intensidad-Duración-Frecuencia

HMO: Estación Hidrometeorológica Ordinaria

M<sup>3</sup>/s: metros cúbicos por segundo

MM/Hr: Milímetros por hora

M<sup>3</sup>: metros cúbicos

Tc: Tiempo de concentración

Tr: Período de retorno

## Resumen

Nicaragua es un país que cuenta con muchas fuentes superficiales de agua. Por lo tanto muchas de ellas son contaminadas con desechos residuales, en muchas ocasiones la población aledaña a estas fuentes se ve afectada por fuertes crecidas del nivel de agua, los principales problemas son debido a la deficiencia hidráulica, deforestación, erosión del suelo, acumulación de sedimentos, reduciendo los tiempos de concentración del agua provocando las grandes inundaciones, que involucran afectación a la salud de los habitantes y a estructuras de sus viviendas siendo estas directamente socavadas debido a la fuerza del agua producida por las grandes crecidas.

El presente trabajo se realizó con el objetivo de proponer el **diseño de un canal sobre cauce natural del tramo, zona n°2 - Río zapote, en el municipio de Nueva Guinea, RACCS**. Su revestimiento y la determinación de las características hidráulicas como la velocidad y el tirante que permite establecer el régimen del flujo del agua en el canal. En el diseño se tendrá en cuenta ciertos factores tales como: tipo de material del cuerpo del canal, coeficiente de rugosidad, velocidad máxima y mínima permitida, pendiente del canal y taludes, etc.

Se realizó con base en principios metodológicos desarrollados en seis capítulos (VI Capítulos, Bibliografía y Anexos), gracias a la utilización de Softwares (Arcgis, Excel, Civil3D, H-Canales y HEC-RAS), análisis y cálculos hidrotécnicos; todo ello, para la estabilización y diseño del cauce del tramo “zona N°2 – Río zapote en el municipio Nueva Guinea RACCS”, en el documento se describe generalidades del municipio, descripción sintetizada del proyecto, objetivos a alcanzar, recomendaciones técnicas a seguir durante el diseño, impacto socioeconómico y ambiental del proyecto, presupuesto de gastos, cronograma de ejecución y estrategia de implementación. Todo ello, con el fin de dar respuesta a la carencia y mejorar la calidad u modo de vida de los pobladores.



# CAPÍTULO I.

## GENERALIDADES



**“Los derechos básicos de un ser humano son acceso al colegio, comida, atención médica y agua limpia.”**

Gelila Bekele

## **CAPÍTULO I. GENERALIDADES**

### **1.1 Introducción**

Nicaragua es un país que cuenta con muchas fuentes superficiales de agua. Por lo tanto muchas de ellas son contaminadas con desechos residuales, en muchas ocasiones la población aledaña a estas fuentes se ve afectada por fuertes crecidas del nivel de agua, los principales problemas son debido a la deficiencia hidráulica, deforestación, erosión del suelo, acumulación de sedimentos, reduciendo los tiempos de concentración del agua provocando las grandes inundaciones, que involucran afectación a la salud de los habitantes y a estructuras de sus viviendas siendo estas directamente socavadas debido a la fuerza del agua producida por las grandes crecidas.

Un cauce es un canal o lecho natural o artificial que tiene la capacidad necesaria para que las aguas de la creciente máxima ordinaria escurran sin derramarse. La necesidad de los revestimientos de cuencas ha ido aumentando para delimitar el cauce, proteger contra erosiones o inundaciones, al igual para recuperar terreno, el revestimiento de canales o causes es una solución práctica en función de sus ventajas, tales como rapidez en la instalación y durabilidad.

En la actualidad, en el casco urbano de Nueva Guinea RACCS (Región Autónoma de la Costa Caribe Sur) existen muchos recursos hídricos que están ubicados en diferentes barrios y zonas de la localidad, los cuales, son cauces naturales que, en épocas de invierno ocasionan problemas a la población aledañas a estos, algunos de ellos ya se han revestido pero gran mayoría aún están en su estado natural.

El cauce natural en estudio está ubicado en la zona N° 2 del municipio, en el mes de julio del año 2016 provoco en dos ocasiones inundaciones a casas del sector, este no posee ningún tramo revestido el cual en temporadas lluviosas provoca inundaciones por arrastre de escombros, basura, sedimentos, produciendo socavamientos a las viviendas aledañas y presenta un peligro inminente a niños, adultos y ancianos que habitan en ese sector, los cuales necesitan que se le dé



respuesta ya que se están erosionando las propiedades y está en peligro su salud con enfermedades como dengue, malaria, chikungunya, sica debido a aguas que en verano se mantienen estancadas en ciertas partes del tramo.

Dado las imperiosas necesidades poblacionales, el presente trabajo se realizó con base en principios metodológicos, utilización de Softwares (Arcgis, Excel, Civil3D, H-Canales y HEC-RAS), análisis y cálculos hidrotécnicos; todo ello, para la estabilización y diseño del cauce del tramo “zona N°2 – Rio zapote en el municipio Nueva Guinea RACCS”, en el documento se describe generalidades del municipio, descripción sintetizada del proyecto, objetivos a alcanzar, recomendaciones técnicas a seguir durante el diseño, impacto socioeconómico y ambiental del proyecto, presupuesto de gastos, cronograma de ejecución y estrategia de implementación. Todo ello, con el fin de dar respuesta a la carencia y mejorar la calidad u modo de vida de los pobladores.

## **1.2 Antecedentes**

En el casco urbano de Nueva Guinea, RACCS, existen varios recursos hídricos, micro cuencas que están ubicadas en diferentes barrios y zonas de esta localidad, los cuales en temporadas lluviosas provocan serios problemas a los habitantes cercanos a estas fuentes, cabe mencionar que Nueva Guinea está ubicada en el centro del trópico húmedo, la temperatura promedio es de 27 °C Oscilando la misma entre 22 °C en los meses frescos y 32 °C en los meses calurosos del año, la precipitación pluvial anual es de 2,560 mm/año siendo esta, una de las más altas de nuestro país. Se encuentra dentro de la denominación genérica de selva tropical.

Nueva Guinea es una ciudad que día a día va alcanzando un crecimiento poblacional bastante avanzado debido a factores como la migración y el comercio; dicho crecimiento ha provocado que la infraestructura principalmente en el área urbana se haya venido desarrollando con el acondicionamiento y construcción de diversas obras tales como calles, carreteras, puentes, estadios deportivos, centros educativos, parques, etc.

La Alcaldía Municipal en el área de proyectos ha solicitado el diseño para revestimientos de cauces naturales, los cuales presentan altas escorrentías que están afectando de manera directa a los habitantes, propiedades dañadas (socavación de fundaciones de casas, erosión del suelo en propiedades privadas, alta peligrosidad a niños menores de 12 años), las escorrentías aumentan por muchos factores: la precipitación de la zona, el uso de suelo, por calles (adoquinadas, de concreto hidráulico y asfalto).

El cauce en estudio se ubica en la zona N°2 del municipio de Nueva Guinea, no posee ningún tramo revestido, este desemboca en río El Zapote, es el que más problemas ocasiona en temporadas lluviosas, ocasiona inundaciones en propiedades privadas, erosiones excesivas, socavamiento de estructuras, en el punto más crítico del cauce, este sobrepasa el nivel de una de las calles principales del casco urbano (salida a Bluefields), debido a que posee alcantarillas de pequeño diámetro que se llenan de escombros y maleza, obstaculizando el libre paso del agua siendo está rebalsando el nivel de la carretera e inundando casas cercanas.

### **1.3 Justificación**

Un revestimiento de cauce da como resultado eliminar sedimentos y rocas que puedan generar represamiento de las aguas que conlleva a la desestabilización de los taludes; para que la solución sea duradera se necesita concientizar a la comunidad acerca de los riesgos que trae consigo el arrojar basuras y escombros a la quebrada y sus riberas, así como de los beneficios que trae para ellos el mantener las aguas limpias, evidenciando así aspectos que justifican este proyecto, como otros mencionados a continuación:

Es un proyecto de carácter ambiental y comunitario ya que a través de éste se creará un contorno saludable a la comunidad. Se eliminará el peligro inminente de socavaciones de estructuras de viviendas aledañas a la micro-cuenca. Se promoverá la práctica de actividades de limpieza a nivel urbano de las principales obras hidráulicas para un mejor funcionamiento. Contribuirá a mejorar la imagen urbana.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo general**

- Diseñar un canal sobre cauce natural del tramo, zona n°2 - río zapote, en el municipio de Nueva Guinea, RACCS.

### **1.4.2 Objetivos específicos**

- Realizar un levantamiento topográfico que permita conocer el estado y elevaciones del cauce actual.
- Delimitar la cuenca para la obtención de sus características fisiográficas.
- Calcular la avenida máxima haciendo uso de modelos hidrológicos.
- Dimensionar la sección revestida del cauce a través del software de licencia libre H-Canales.
- Modelar los caudales en el cauce según periodos de retorno diferentes, utilizando como herramienta el software HEC-RAS.
- Realizar el presupuesto para el trazado y revestimiento del cauce.



# CAPÍTULO II.

## DESCRIPCIÓN DEL SÍTIO



**“El agua es crítica para el desarrollo sostenible, incluyendo la integridad del medio ambiente y el alivio de la pobreza y el hambre, y es indispensable para la salud y bienestar humanos.”**

(-Naciones Unidas)

## CAPÍTULO II. DESCRIPCIÓN DEL SÍTIO

### 2.1 Localización

#### 2.1.1 Macro localización

Nicaragua está dividida política y administrativamente en 15 departamentos y 2 regiones autónomas: Región Autónoma del Caribe Norte (RACCN) y Región Autónoma de la Costa Caribe Sur (RACCS); esta última se encuentra ubicada en la región sur del país entre los 12°00' de latitud norte y 83°45' de longitud oeste cuenta con una extensión territorial de 27,260km<sup>2</sup>, ocupando así el 22.89% del Territorio Nacional, Se caracteriza por su potencial productivo, sus recursos naturales, y su diversidad cultural y multiétnica.

Imagen 1: **Macro localización del proyecto**



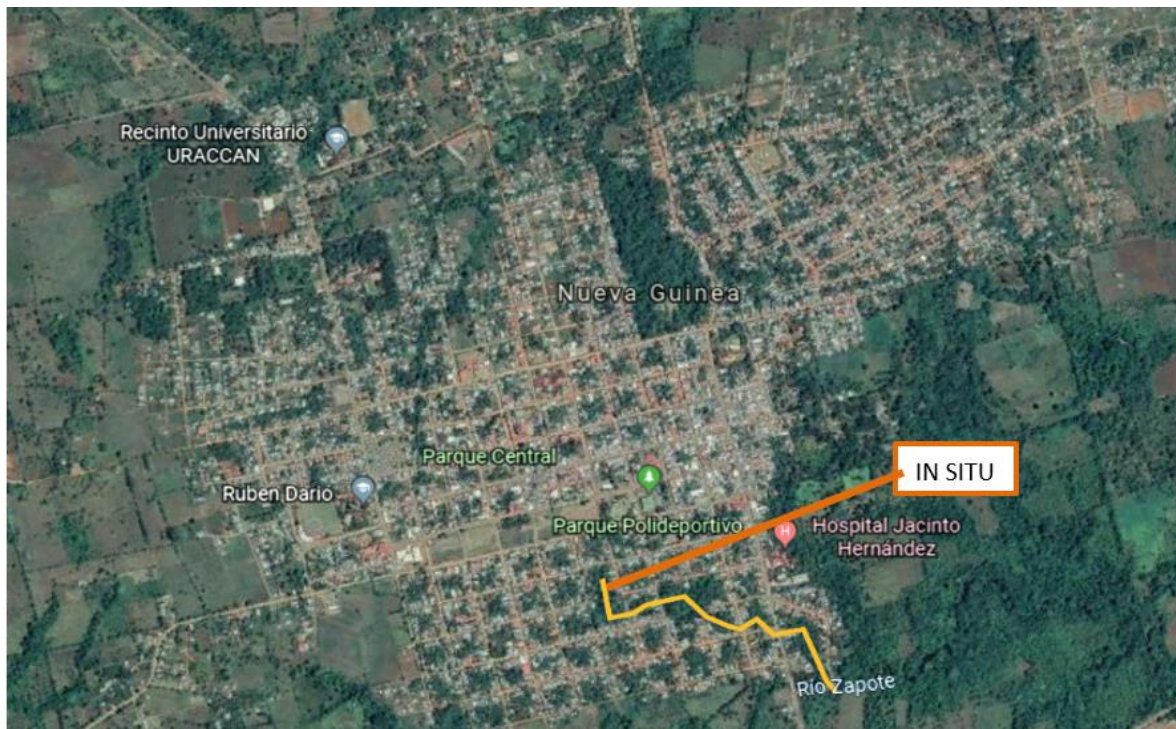
Fuente: Sitio web, Nicaragua mostrando su división política.



### 2.1.2 Micro localización

Nueva Guinea se localiza entre las coordenadas 11°41'00" latitud norte y 84°27'00" longitud oeste que ocupa una extensión territorial de 2,774 km<sup>2</sup> (10.10% del Territorio Regional) y una población aproximada de 136,347 habitantes, se caracteriza por ser uno de los más poblados del país, el punto de interés está ubicado en las coordenadas 11°41'4.857"N y 84°27'16.82"O. El Municipio de Nueva Guinea, está catalogado como uno de los más productivos de Nicaragua y representa una gran importancia en la economía regional y Nacional, la cabecera Municipal se encuentra a 282.00 Km. de la ciudad de Managua, Capital de la Republica de Nicaragua, a una altitud de 226 msnm, siendo un centro urbano que cuenta con equipamiento, infraestructura y servicios básicos para atender la demanda de la población. Los límites del territorio son los siguientes: Al Norte con los Municipios de Muelle de los Bueyes y El Rama, al Sur con San Carlos, El Castillo, Boca de Sábalos y Bluefields, al Este con El Rama y Bluefields, al Oeste con El Coral, El Almendro y San Miguelito.

Imagen 2: **Micro localización del Proyecto**



Fuente: Sitio web, Mapa e imagen de satélite de Google Earth

## 2.2 Perfil socio-económico

### 2.2.1 Población

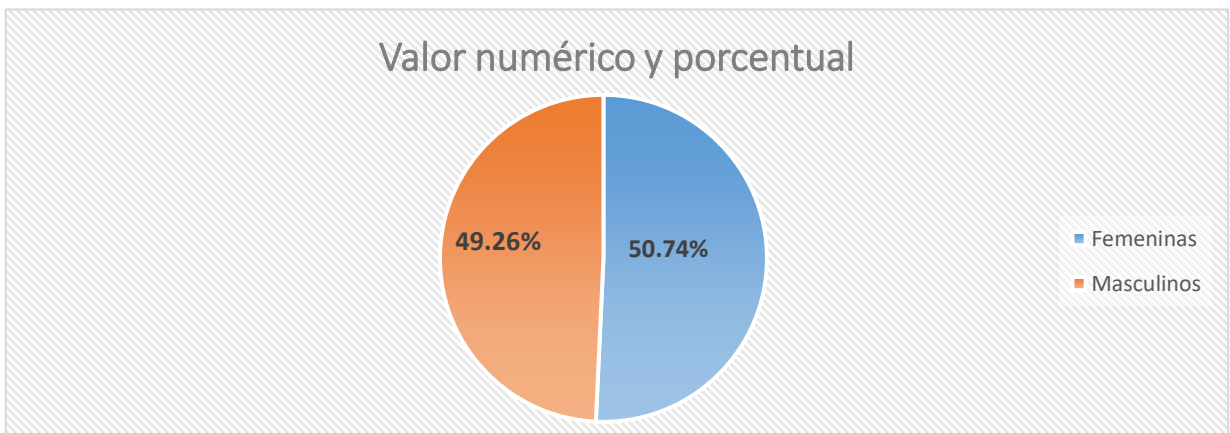
La ciudad de Nueva Guinea está calificada como un sector urbano urbano/rural porque ella considera urbanos solamente a los pobladores de la cabecera municipal, y rural al resto del municipio. En la tabla 1 se presenta un resumen de la población de un censo del gobierno local.

Tabla 1: Información general de la población

Comunidad	Población						
	Total	Total%	Urbana	Urbana %	Rural	Rural %	Tasa de crecimiento anual%
Nueva Guinea	136,347	100	27, 113	20	109, 234	80	8.49
<b>Descripción</b>			Valor numérico			Valor Porcentual (%)	
<b>Femeninas</b>			69, 183			50.74	
<b>Masculinos</b>			67, 164			49.26	
<b>Total</b>			136,347			100	

Fuente: Elaboración propia con datos de Alcaldía de Nueva Guinea/PROFI-SNV, Censo poblacional Socioeconómico del Municipio de Nueva Guinea.

Gráfico 1: Población general de Nueva Guinea



Fuente: Elaboración propia

La población general total de Nueva Guinea es de 136,347 para un 100% de personas de ambos sexos de los cuales 67, 164 equivalen a un 49.26% del sexo masculino y 69,183 corresponde a un 50.74% del sexo femenino. Con independencia de origen es una población homogénea étnicamente y la cultura local no difiere de las tradiciones de la sociedad campesina del Pacífico y centro del país.

### 2.2.2 Servicios e infraestructura existentes

**Viabilidad y transporte:** Nueva Guinea se comunica con la capital de la República por la ruta cabecera municipal - carretera Managua / El Rama, un total de 292.9 kms. El tramo de 58 kms Nueva Guinea - La Curva (empalme con la carretera Managua / El Rama) en pavimentación, mientras que el tramo La Curva - Juigalpa muestra grandes trechos en los que el revestimiento asfáltico fue levantado, dado el estado de deterioro que mostraba; el trayecto Juigalpa - Las Banderas también se encuentra en buen estado. Existe también una vía de Nueva Guinea con Bluefields.

En el casco urbano existen 25 kms de calles, de los cuales 21 kms están revestidos con material selecto y 4 están adoquinados. Sin embargo, ninguno de estos tipos de vías ha recibido mantenimiento desde hace varios años, por lo que acusan diversos grados de deterioro.

En la cabecera municipal hay una pista aérea de 100 mts de largo, revestida con material selecto y la cual dispone de una pequeña terminal, pero no está totalmente cercada, por lo cual acostumbra a introducirse ganado a pastar y personas para acortar camino. Hasta 1998 en esta pista prestó servicio de transportación aérea la línea La Costeña, pero está inoperante por falta de condiciones de seguridad.

Según López Mairena, (2012); el municipio cuenta con:

- 55 unidades que prestan servicio de transporte colectivo tanto a las diferentes colonias como a Managua, Juigalpa, San Carlos, El Almendro y el Coral.
- 15 unidades de taxi que prestan servicios ruleteros en el casco urbano.
- 10 camionetas que prestan servicios de acarreo comercial.
- 80 unidades entre camiones y furgones que prestan servicios de carga, tanto a lo interno del municipio como a otros destinos nacionales.
- Un servicio de alquiler de vehículos, con 4 unidades. (p.13)



En la cabecera municipal hay tres estaciones de servicio, las que cuentan con los equipos y medidas mínimas de seguridad para el almacenamiento y manipulación de sustancias inflamables. En algunas colonias también hay expendios de combustible, pero allí no existen instalaciones adecuadas para ese fin por lo que el líquido se almacena de barriles.

**Energía eléctrica:** en el municipio existe una red física de 305 km de tendido eléctrico en funcionamiento. El total de usuarios del municipio es de 3,696 de los cuales 3,420 son clientes domésticos, 215 comerciales, 25 industriales y 36 de gobierno. La energía vendida en KVH, distribuida así: Tarifa doméstica, comercial e industrial y Gobierno KVH.

**Medios de comunicación disponible:** televisores, radios y logran comunicarse por medio de celulares ya que cuentan con acceso a red de comunicación tanto Claro como Movistar. Una sucursal municipal de Correos de Nicaragua presta todos los servicios propios de la institución, como son distribución de cartas, impresos, paquetes, certificados, paquetería nacional, encomiendas EMS, servicios SERCA, econofax, correo empresarial, y valores declarados.

A la cabecera municipal llegan diariamente, por vía terrestre, los periódicos nacionales impresos en Managua. Dos de estos diarios tienen corresponsales en Nueva Guinea.

En la cabecera municipal funcionan tres radioemisoras: Radio Manantial, Radio Impacto y Radio Stereo 8000. Estos medios de comunicación tienen entre otros programas de noticias, programación religiosa y espacios auspiciados por organismos de apoyo al desarrollo, destinados a promover el desarrollo y la producción sostenible entre la población productora.

**Agua potable y alcantarillado:** El 74% de la población de esa cabecera (1,679 unidades) está conectada a la red de agua potable, y el resto no disfruta del servicio porque no puede pagar la instalación o porque ENACAL no tiene redes algunos sectores, como es el caso de la zona siete, la que representa el 12.6% de la demanda (287 casas).

En la cabecera municipal se cuenta con una moderna planta potabilizadora con una vida útil de 40 años que da cobertura las 24 horas del día al casco urbano, con capacidad de potabilizar y distribuir 1,585 gls/minuto, pero que en la actualidad funciona al 40% de esa capacidad, conforme la demanda. Se dispone también de dos tanques y una pila para el almacenamiento de agua potabilizada, con una capacidad total de 700,000 galones. El agua se extrae del Río Zapote, afluente del Río Plata.

En el área rural se cuenta con mini-acueductos por gravedad y por bombeo eléctrico, dando cobertura a más del 50% de la población. Otro buen porcentaje de la población rural cuenta con pozos con bombas de mecate.

**Educación:** Las estadísticas disponibles sobre educación primaria y secundaria en los diferentes sub-sistemas educativos en el municipio. En la tabla 2 se presenta un resumen obtenido de un censo del gobierno local.

Tabla 2: **Cantidad de centros por programas**

Municipio	Pre-escolar		Primaria		Secundaria		
	No Formal	Formal	Regular	Multigrado	Diurna	Nocturna	CEDA
Nueva Guinea	25	12	48	129	5	2	1

**Fuente: Elaboración propia, con información del MINED.**

En el municipio existen los siguientes centros de educación superior (nivel universitario y nivel técnico), ellas son:

- Universidad Popular de Nicaragua (UPONIC)
- Universidad de las Regiones Autónomas de la Costa Caribe Nicaragüense (URACCAN)
- Centro de Enseñanza Técnica Agropecuaria (CETA/INATEC)
- Centro de Profesionalización Docente (Escuela Normal)
- Instituto Técnico para la Administración y la Economía (ITAE)

**Salud:** En el municipio existen un total de 27 unidades de salud, es decir; un Centro de Salud con camas y 26 Puestos de Salud; el Centro y dos Puestos se ubican en la cabecera municipal, y el resto en las colonias.

La comunidad para profesar su fe cuenta con **iglesias y capillas católicas e iglesias evangélicas**. Posee también parques, mercado y Cementerio Comunal.

### **2.2.3 Infraestructura de la vivienda**

En Nueva Guinea, ubicada en la antigua frontera agrícola, se contabilizan 11, 718 viviendas, habitadas de 1 hasta 10 personas por vivienda. Algunas de esas casas se les han ido mejorando condiciones, es decir; más modernizadas, de mampuestos, de cerámica etc,... en lo fundamental continúan siendo viviendas de colonizadores campesinos, con pocos cuartos, pisos de tierra, paredes de madera y en la cual permanecen juntos personas, animales domésticos, aperos de agricultura y de equinos, y granos básicos almacenados.

### **2.2.4 Actividad económica**

La actividad económica predominante en el municipio es el sector agropecuario, teniendo mayor impacto la producción agrícola, ya que la actividad ganadera está destinada fundamentalmente al consumo interno local y nacional.

## **2.3 Aspecto ambiental**

### **2.3.1 Alcantarillado sanitario**

En la actualidad Nueva Guinea, no cuenta con un sistema público de alcantarillado sanitario; por lo que se usan sumideros y letrinas. La utilización de letrinas perforadas es el sistema más usado en la comunidad para la disposición final de excretas, dichos cubículos normalmente poseen una vida útil es de 3 a 5 años, al transcurrir ese tiempo son reemplazados en lugares adyacentes por otras del mismo tipo. En algunas zonas urbanas con alta densidad de viviendas esa práctica puede estar contaminando el suelo y el agua subterránea; algunas zonas carecen de sumideros y desechan las aguas servidas en las calles, creando focos de contaminación.

### **2.3.2 Drenaje pluvial**

No existen sistemas de alcantarillado pluvial. En el casco urbano existen varios cauces naturales y las aguas corren por las calles siguiendo el drenaje natural de las pendientes, lo que ocasiona problemas de inundaciones y erosión del suelo en la época de invierno diversos sectores quedan incomunicados, por la ausencia de un sistema de cunetas y cauces con revestimiento, que faciliten la evacuación del agua.

### **2.3.3 Recolección y disposición de desechos sólidos**

La municipalidad presta el servicio de recolección de basura. La recolección de basuras se realiza solamente en un sector del casco urbano. Se cuenta con un camión recolector de basuras y 6 operarios para brindar éste servicio.

La calidad del servicio es mala, ya que, se producen aproximadamente unas 12 toneladas de residuos por mes y el equipo con el que cuenta la municipalidad no cubre toda la producción de desechos, lo que incide en la proliferación de basureros ilegales urbanos o los habitantes optan por enterrarla y/o quemarla; dichas acciones representan factores de riesgos en cuanto a contaminación del ambiente y proliferación de enfermedades.



# CAPÍTULO III.

## MARCO TEÓRICO



**"Si mañana por la mañana pudieses hacer agua limpia para el mundo, habrías hecho lo mejor que puedes hacer para mejorar la salud humana y la calidad medioambiental"**

William C. Clark

## **CAPÍTULO III. MARCO TEÓRICO**

### **3.1 Diagnóstico**

En primera instancia, se tiende a realizar un diagnóstico del estado del sitio en el que se pretende llevar a cabo la ejecución del proyecto, verificar la inexistencia y/o existencia de algún sistema de drenaje pluvial en la actualidad y, de existir, qué tanto está respondiendo a las necesidades de la población. Es decir, determinar las condiciones actuales, que permitan canalizar el problema, evaluar las condiciones y sistematizar una obra de cara a la problemática. Con base a la naturaleza del problema, se definirá la tipología de la obra.

### **3.2 Normas de diseño**

Las instituciones encargadas de regular los diversos sistemas de agua (potable, sanitarias y pluviales), quienes basadas en una serie de experiencias y estudios realizados tanto a nivel nacional como internacional; han establecido un conjunto de normas y criterios de diseño que rigen el buen funcionamiento de los acueductos (en lo que respecta a sistema de agua potable y alcantarillado sanitario).

Cabe mencionar esto último, puesto que, en Nicaragua no existe una norma nacional, que rija criterios de diseño nacionales, específicamente para sistemas de drenaje de agua pluvial; estos son sistematizados gracias a la aplicación de fundamentos hidrológicos e hidráulicos. Sin embargo, el presente trabajo, reconoce a INAA (Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados) y a las alcaldías y/o gobiernos locales; como entes reguladores de dicho servicio.

### **3.3 Estudios básicos**

Para llevar a cabo el diseño de un sistema de esta índole, se deberá conocer el área donde este se pretenderá ejecutar, para esto es necesario realizar investigaciones de todas las condiciones que pueden significar aporte de datos para un diseño equilibrado, de costo razonable y capaz de dar respuesta a las necesidades de la población a la cual se pretende brindar el servicio.

### **3.3.1 Estudio socioeconómico**

Todo proyecto, sin importar la naturaleza del problema y la tipología de la obra, requiere de un estudio socioeconómico, este tiene como objetivo conocer la capacidad económica de la población; ya que, la construcción de obras civiles, implica inversiones de cuantiosos recursos tanto humanos como económicos. En toda obra, la mano de obra de operación y mantenimiento son inevitables y deben ser previstos y tomados en consideración por el diseñador.

### **3.3.2 Estudio demográfico**

La sistematización de un proyecto implica la recopilación de datos habitacionales, con ello se obtiene, la cuantificación de la población a beneficiar. En Nicaragua, el Instituto Nacional de Información de Desarrollo (INIDE), se encarga de recopilar y proporcionar datos poblacionales del país; que definen el comportamiento habitacional tanto de las zonas urbanas como rurales, facilitando así el índice de crecimiento poblacional; su primer registro estadístico fue recopilado en el año 1971. Cabe destacar, que dicha institución no posee información de los municipios u comunidades rurales que fueron conmemoradas después del último censo en 2005.

Es necesario mencionar que, las alcaldías también poseen datos poblaciones por censos promovidos y ejecutados por los gobiernos locales, y, ministerios como el de salud y educación también llevan a cabo la recopilación de estos datos. En caso que, el diseñador no tenga acceso a esta información en ninguna de las entidades mencionadas, deberá realizar un censo poblacional en el sitio.

### **3.3.3 Estudio topográfico**

Estos estudios se llevan a cabo mediante levantamientos topográficos, los cuales, se realizan con el fin de determinar la configuración del terreno y la posición de elementos naturales o instalaciones construidas por el hombre, sobre la superficie de la tierra. En un levantamiento topográfico se toman los datos necesarios que sirven de guía para determinar las diferencias de alturas, detalles en y del terreno, los niveles y/o perfiles de del agua.

### 3.3.4 Estudio de suelo

En cada proyecto, es importante conocer el tipo de suelo y, sobre todo, las características mecánicas de el/los suelos sobre los cuales se va a cimentar cualquier obra. En Nicaragua al igual que en el mundo existe una variedad de suelos y cada uno con sus particularidades. Estos influenciarán en los costos del proyecto y en la seguridad y durabilidad (vida útil) de la obra.

#### 3.3.4.1 Ordenes de suelos según SOIL TAXANOMY

La taxonomía de suelos de USDA, o sintéticamente y más generalizada Soil Taxonomy, desarrollada y coordinada internacionalmente por el Ministerio de Agricultura de los Estados Unidos (en inglés, el United States Department of Agriculture y su subsidiaria National Cooperative Soil Survey):

**Alfisoles:** Las características de estos suelos son: texturas de arcillosos a francos arcillosos y franco arenosos, con colores que varían de pardo grisáceo muy oscuro a pardo rojizo y pardo amarillento, volviéndose a más claro a mayor profundidad, el drenaje interno del suelo varía de pobre a bien drenado, con profundidades que varían muy profundo a poco profundo.

**Andisoles:** Tienen textura fina, aunque su contenido en arcilla no suelo pasar del 20 a 25% pobre en arenas cuanto mayor es la evolución. La estructura está formada por agregado muy finos de tamaño limo y arena fina. Estructura muy porosa con una densidad aparente del suelo aparente muy baja entre 0.5 y 0.8 kg/dm<sup>3</sup> y una permeabilidad muy elevada.

**Entisoles:** Las texturas tanto superficiales como del subsuelo varían de arenosas a arcillosas, con los colores que van desde oscuros a pardos. Van de muy superficiales a superficiales (<25 a 40 cm) en relieves escarpados y sujetos a erosión activa; muy superficiales a profundos (<25 a >90 cm) en las planicies, con un contacto lítico (rocoso) a menos de 50 cm de profundidad, o con un subsuelo de gran espesor que no tiene evidencia de desarrollo y que presenta texturas gruesas, con granulometría variable, con o sin fragmentos gruesos dentro del perfil del suelo o sobre la superficie.



El nivel freático oscila de muy superficial a muy profundo e inundaciones muy frecuentes y prolongadas en algunas áreas durante la estación de lluvia.

**Inceptisoles:** La textura superficial de estos suelos varía de acuerdo a su ubicación: en la Región del Pacífico sus texturas son de arenas franca hasta arcillosas, con coloraciones de pardo a pardo rojizo y pardo grisáceo; mientras que en la Región del Atlántico es generalmente de franco arcilloso a arcilloso, con coloraciones de pardo claro a pardo rojizo y grisáceo.

La textura y la coloración del subsuelo varía también de acuerdo a su ubicación y material de origen: en la Región Atlántica la textura es arcillosa con coloraciones grises claros, esto se debe al Hidromorfismo; en cambio en el Pacífico, su textura y coloración es franco arcilloso y franco arenoso, pardo oscuro y en algunos casos con coloraciones pardo rojizos oscuro, las profundidades son de poco profundo a muy profundo (60 a >120 cm). En algunas áreas donde se encuentran estos suelos las inundaciones son frecuentes y prolongadas durante la estación lluviosa.

**Molisoles:** Las características de estos suelos son: texturas del suelo y subsuelo de franco arenoso y franco arcillosos y arcilloso, con colores que varían de pardo grisáceo a pardo rojizo, gris y pardo oscuro; son poco profundos (60 a >120 cm), en lagunas áreas se encuentran una o varias capas de talpetate de diferentes colores o grados de cementación, a diferentes profundidades, otros poseen piedras en la superficies y gravas en el perfil.

**Ultisoles:** Los ultisoles presentan las siguientes características morfológicas: texturas superficiales franco arcillosos y arcilloso, textura del subsuelo de arcilloso a muy arcilloso; colores pálidos en el suelo superficial, pardo grisáceo oscuro a pardo amarillento claro, en el subsuelo los colores varían de pardo oscuro a pardo rojizo oscuro, en algunos casos los colores en el subsuelo varían de producto del Hidromorfismo de gris pardusco claro a gris claro.

**Vertisoles:** Las características de los Vertisoles son: la textura del horizonte superficial varía de franco arcilloso a arcilloso pesado, con colores que gradan de negro a gris oscuro y es de poco espesor, con un subsuelo de textura muy arcillosa (con >60% de contenido de la fracción arcilla, principalmente montmorrillonita) y

colores grises oscuros; son subsuelos de muy profundos a moderadamente profundos (60 a >120 cm), que en épocas secas se contraen y forman grietas anchas y profundas (1 cm o más de ancho y hasta 1 m o más de profundidad) y en épocas de lluvia se expanden; generalmente presentan macro relieve de planicie depresional y micro relieves por la gran cantidad de arcilla. Las grietas permanecen abiertas, a menos que estén irrigados, durante 90 días acumulativos o más durante el año, pero no durante todo el año. Son extensivos en depresiones, llanos y planicies con escurrimiento superficial lento.

### **3.3.5 Estudio hidrológico**

El estudio hidrológico de una cuenca permite conocer, evaluar y definir las características físicas y geomorfológicas de esta. Analizar y tratar la información hidrometeorológica, así como evaluar y proponer un sistema de drenaje pluvial; en base a los datos obtenidos de los registros históricos. Y, respecto a las escorrentías, el caudal obtenido será un valor crucial para el diseño de las pertinentes obras hidráulicas que dan frente y permiten mitigar e/o inhibir posibles desastres producto del mal manejo de la cuenca.

El análisis hidrológico se puede considerar como todo un proceso, el cual, avanza de manera paulatina, la primera pauta y/o paso, consiste en delimitar la cuenca; con el objetivo de realizar un análisis más exhaustivo que permita conocer el caudal en los puntos de interés establecidos.

Es necesario mencionar que, en una era tan tecnológicamente modernizada y producto de la globalización, este tipo de análisis se logra mediante el uso de softwares como: ArcGIS, Idrisi Selva, HEC-RAS, los cuales, permiten determinar con mayor precisión y, sobre todo, en menor tiempo; los datos que permitan la sistematización de modelos que se ajusten a la realidad en estudio.

### **3.4 Conceptos básicos**

#### **3.4.1 Hidrología**

Según Aparicio Mijares, (1992): La Hidrología como la ciencia natural que estudia el agua, su ocurrencia, circulación y distribución en la superficie terrestre, y su relación con el medio ambiente, incluyendo a los seres vivos. (p.10)

#### **3.4.2 Cuenca hidrográfica**

El uso de los recursos naturales se regula administrativamente separando el territorio por cuencas hidrográficas se perfilan como una de las unidades de división funcionales con mucha más coherencia, permitiendo una verdadera integración social y territorial por medio del agua.

Al hablar de cuenca hidrográfica, podemos definirle; como un territorio drenado por un único sistema de drenaje natural<sup>1</sup>, es decir, que drena sus aguas al mar a través de un único río, o que vierte sus aguas a un único lago. Una cuenta hidrográfica es delimitada por la línea de las cumbres, también llamada divisora de aguas.

#### **3.4.3 Características principales de la cuenca**

Según Sáenz Monsalve, G. (1999); las cuencas se pueden caracterizar gracias a los siguientes términos y/o ejes temáticos:

##### **3.4.3.1 Divisoria de aguas**

La divisoria de aguas es una línea imaginaria que delimita la cuenta hidrográfica y las cuentas vecinas. El agua precipitada a cada lado de la divisora desemboca generalmente en ríos distintos. Otro término utilizando para esta línea se denomina parteaguas. Esta línea debe seguir las altas cumbres, cortar ortogonalmente a las cuervas de nivel y no debe cortar ninguno de los causes de la red de drenaje.

##### **3.4.3.2 Río principal**

El río principal suele ser definido como el curso con mayor caudal de agua (medio o máximo) o bien con mayor longitud o área de drenaje. Tanto el concepto de río

---

<sup>1</sup> (Aparicio Mijares, 1992)

principal como el de nacimiento del río son arbitrarios, como también lo es la distinción entre río principal y afluente. Sin embargo, la mayoría de cuencas de drenaje presentan un río principal bien definido desde la desembocadura hasta cerca de la divisora de aguas. El río principal tiene un curso, que es la distancia entre sus nacientes y su desembocadura (punto de cierre o más bajo de la cuenca).

#### **3.4.3.3 Afluentes**

Los afluentes son los ríos secundarios que desaguan en el río principal. Cada afluente tiene su respectiva cuenca, denominada sub-cuenca.

#### **3.4.3.4 Relieve de la cuenca**

El relieve de una cuenca consta de los valles principales y secundarios, con las formas de relieve mayores y menores y, la red fluvial que conforma una cuenca. Está formado por las montañas y sus flancos; por las quebradas o torrentes, valles y mesetas.

#### **3.4.3.5 Red de drenaje**

Es el conjunto de cursos de agua que van a conducir las aguas precipitadas sobre una determinada cuenca hidrográfica hacia el punto más bajo de la misma, también llamado punto de control. Los parámetros que definen una red de drenaje son los siguientes:

**Longitud total de los cursos de agua (Lt):** es la suma de la distancia total recorrida por los diferentes cursos de agua que forman parte de la red hidrográfica de la cuenca. La distancia recorrida por un curso de agua se mide desde su origen hasta su desembocadura en el cuerpo receptor.

**Orden el río principal de la cuenca y grado de ramificación:** Se determina el grado de ramificación de un curso de agua se considera el número de bifurcaciones que tiene sus tributarios, asignándole, un orden a cada uno de ellos en forma creciente desde el inicio de la divisora hasta llegar al curso principal de manera que el orden atribuido a este indique en forma directa el grado de ramificación de la red de drenaje. El río de primer orden es tributario pequeño, sin ramificaciones. Un río de segundo orden es el que sólo posee ramificaciones de primer orden. Un río de

tercer orden es que presenta ramificaciones de primer y segundo orden, y así sucesivamente.

### **3.4.4 Factores que influyen en el escurrimiento del agua**

#### **3.4.4.1 Cantidad y tipo de precipitación**

Uno de los primeros pasos que debe seguirse en muchos diseños de proyectos hidrológicos, como el diseño del drenaje urbano, es la determinación del evento o eventos de lluvia que deben usarse.

La forma más común de hacerlo es utilizar una tormenta de diseño o un evento que involucre una relación entre la Intensidad de Lluvia, la Duración y la Frecuencia o períodos de retorno apropiados para la obra y el sitio. En muchos casos existen curvas estándar de Intensidad-Duración- Frecuencia (IDF) disponibles para el sitio.

#### **3.4.4.2 Tamaño de la cuenca**

Es un parámetro importante, y sus características dependen de la morfología (forma, relieve, red de drenaje, etc.)

#### **3.4.4.3 Cantidad y tipo de vegetación**

La cantidad de escurrimiento, así como la cantidad de las estructuras de drenaje con la capacidad necesaria depende de las características de la cuenca. Un bosque o un talud de corte y relleno con una buena cobertura vegetativa tendrán relativamente poco escurrimiento.

Un campo inhabitado, un área deforestada, o una superficie de camino raso tendrán un escurrimiento relativo alto. Así el coeficiente de escorrentía del método racional aumenta con menos vegetación, más perturbación de la cuenca y más superficies impermeables.

### **3.4.5 Hidráulica**

#### **3.4.5.1 Introducción a la hidráulica de canales**

Según Ven Te Chow, (2004); un canal abierto es un conducto en el cual el agua fluye con una superficie libre. De acuerdo con su origen un canal puede ser natural o artificial.

Los canales naturales incluyen todos los cursos de agua que existen de manera natural en la tierra, los cuales, varían en tamaño desde pequeños arroyuelos en zona montañosas, hasta quebradas, arroyos, ríos pequeños y grandes.

### **3.4.6 Tipos de flujos**

La siguiente clasificación se hace de acuerdo con el cambio en la profundidad de flujo con respecto al tiempo y al espacio.<sup>2</sup>

#### **3.4.6.1 Flujo permanente y flujo no permanente**

El flujo en un canal abierto es permanente si la profundidad de flujo no cambia o puede suponerse constante durante el intervalo de tiempo en consideración. El flujo es no permanente si la profundidad cambia con el tiempo.

#### **3.4.6.2 Flujo uniforme permanente y no permanente**

El flujo en canales abiertos es uniforme si la profundidad del flujo es la misma en cada sección del canal. El establecimiento de un flujo uniforme no permanente requeriría que la superficie del agua fluctuara de un tiempo a otro, pero permaneciendo paralela al fondo del canal.

#### **3.4.6.3 Flujo variado permanente y no permanente**

El flujo es variado si la profundidad de flujo cambia a lo largo del canal. El flujo variado puede ser permanente o no permanente. Debido a que el flujo uniforme no permanente es poco frecuente, el término “flujo no permanente” se utilizará de aquí en adelante para designar exclusivamente el flujo variado no permanente.

#### **3.4.6.4 Flujo rápidamente variado y gradualmente variado**

El flujo es rápidamente variado si la profundidad del agua cambia de manera abrupta en distancias comparativamente cortas; de otro modo, gradualmente variado.

### **3.4.7 Componente de datos geométricos<sup>3</sup>**

Los datos geométricos consisten en establecer una conectividad del sistema de ríos, secciones transversales, la longitud del tramo, los coeficientes de energía de

---

<sup>2</sup> (Ven Te Chow P. , 2004)

<sup>3</sup> Lanza Mejia, (2013)

pérdidas (por fricción, por contracción y expansión) y la información de las conexiones de flujo en los tramos del río o cauce.

# CAPÍTULO IV.

## DISEÑO METODOLÓGICO



**“La estabilidad y el progreso de la sociedad dependen en grado decisivo de la calidad humana y de sus componentes.”**

(-Arturo Umberto Illia)



## **CAPÍTULO IV. DISEÑO METODOLÓGICO**

El desarrollo del diseño de un canal sobre cauce natural del tramo, Zona n°2 - Río zapote, en el Municipio de Nueva Guinea; se basará en fundamentos y criterios hidrológicos e hidráulicos, es decir, en conocimientos y principios ingenieriles; permitiendo con esto, el cumplimiento de cada objetivo planteado.

### **4.1 Metodología de estudio**

El tema en desarrollo se correlaciona con el área de Diseño, construcción, Urbanismo y Territorio; ya que, se tomarán en cuenta principios ingenieriles para la formulación y modelación de un sistema que cumpla con las especificaciones técnicas y estándares sociales como, agua, saneamiento y ambiente; todo ello, con el fin de mejorar las condiciones de vida de los habitantes de la ciudad en estudio.

#### **4.1.1 Enfoque de investigación**

La presente investigación es mixta (Cuali-cuantitativa), puesto que, mediante valores y procesamientos numéricos se dimensionaron los distintos elementos del sistema; pero esto fue también en base a características territoriales e hidrológicas. Por ello, se considera como predominio el carácter cualitativo, ya que, describe como categoría personal a el Municipio de Nueva Guinea; la cual, manipula la impersonal que es un canal sobre cauce natural que es de suma importancia para mejorar las condiciones de vida de sus habitantes.

#### **4.1.2 Línea de investigación**

La línea de investigación del tema en cuestión es Hidráulica y Medio Ambiente, puesto que, para el desarrollo de dicho diseño se recurrirá a la aplicación tanto de bases teóricas como cálculos hidráulicos e hidrológicos.

### 4.1.3 Métodos de investigación

- **Inducción**, dicho método hizo posible consolidar las ideas principales, en base a principios ingenieriles plasmados en documentos que sirvieron como soporte técnico-teórico; todo ello, con el fin de dar respuesta a las necesidades de la comunidad en cuestión.
- **Deducción**, este permitió desarrollar el contenido partiendo del diagnóstico de la problemática latente en la comunidad, y con ello, se originó una idea que diese respuesta a dicha carencia, sirviendo esta como tema de investigación; al cual, se procedió a darle salida mediante la formulación de objetivos.
- **Análisis**, considerando la posibilidad de un sistema que proporcione un espacio seguro a los pobladores y mitigue e inhiba los factores de riesgo que dicha limitante representa para la salubridad de los individuos que habitan en la comunidad; se logró fundamentar la respuesta a dicha problemática con el uso de criterios ingenieriles existentes y desarrollables.

### 4.1.4 Materiales y métodos

- **Revisión documental**, esta técnica hace posible el sustentar y monitorear con normas, teoría y principios básicos necesarios la sistematización del diseño del cauce en la comunidad en análisis. (Ver ANEXO 4)
- **Observación in situ**, permite constatar y sustentar en base a lo observado, el modo de vida, la importancia y lo necesario que resulta la formulación de dicho sistema en la zona n°2 - Río Zapote, en el Municipio de Nueva Guinea. A su vez, hace posible hacer una observación panorámica y obtener detalles del sitio. (Ver ANEXO 5)

### 4.2 Trabajo de campo

- Se efectuó un reconocimiento del sitio para el levantamiento plani-altimétrico del cauce, que permitiese adaptarse al terreno para reducir los costos, en caso de una futura elaboración del proyecto. (Ver ANEXO 1)
- Se realizó el levantamiento topográfico del sitio en estudio (altimétrico y planímetro). (Ver ANEXO 2)

- Se efectuó una recolección de muestras de suelo para su estudio mediante un sondeo, proporcionando así las propiedades y/o características mecánicas del suelo que influirán en el diseño de los elementos que conformarán el sistema. (Ver ANEXO 3)

Con el propósito de conocer las condiciones y características del sub-suelo a lo largo del tramo en estudio, se procedió a la ejecución de 4 sondeos manuales (dos muestras por sondeo; en total 8 muestras) con una profundidad máxima de 1.50 metros cada uno, los que se distribuyeron de forma racional en el tramo investigado.

Las muestras obtenidas en el campo se examinaron y clasificaron In Situ, mediante procedimientos rutinarios de campo, tomándose muestras alteradas, correspondiente a cada estrato, las cuales se trasladaron al laboratorio para realizarle los ensayos básicos necesarios.

Nota: La capa vegetal es imposible hacerle estos estudios, además de innecesarios, ya que esta debe ser restituida para la construcción de una vía o pavimento, otros tipos de sondeos es el diamantado o perforación diamantina.

#### **4.3 Trabajo gabinete**

- Se determinó la población a beneficiar y las características sociodemográficas de la comunidad, con información base se obtuvo de un Censo ejecutado por la Alcaldía Municipal de Nueva Guinea.
- Según los caudales de diseño obtenidos, se diseñó y dimensionó los diferentes componentes del sistema.
- Según los resultados emitidos por el laboratorio de las muestras de suelo examinadas, se determinaron las especificaciones técnicas de la obra. Se elaboró un informe del estudio de suelos. (Ver ANEXO 8)
- En base al levantamiento topográfico, se realizó las propuestas de trazado del cauce.
- Se elaboró los planos de los distintos componentes del sistema. (Ver ANEXO 11)
- Se estimó los costos y presupuesto del proyecto.

## 4.4 Análisis hidrológico

### Parámetros geomorfométricos

#### 4.4.1 Área de la cuenca<sup>4</sup>

Una cuenca tiene su superficie perfectamente definida por su contorno y viene a ser el área drenada comprendida desde la línea de división de las aguas hasta el punto convenido (estación de aforos, desembocadura etc.). Para la determinación del área de la cuenca es necesario previamente delimitar la cuenca, trazando la línea divisora.

Toda cuenca de drenaje está rodeada prácticamente por una divisora o parteaguas, así llamada porque se trata de una línea de separación, que divide la lluvia que caen sobre dos cuencas adyacentes, y dirige el consiguiente flujo superficial y subterráneo hacia una u otra red fluvial.

El área de la cuenca es de gran importancia, ya que, constituye el criterio de la magnitud del caudal, en condiciones normales, los caudales promedios, mínimos y máxima instantáneos crecen a medida que crece el área de la cuenca.

Tabla 3: **Clasificación de cuencas respecto a su área**

Rangos de áreas (km <sup>2</sup> )	Clases de tamaño
Hasta 3.0	Pequeña
3.1 a 8.0	Mediana
8.01 a más	Grande

Fuente: CORASCO, 2008

#### 4.4.2 Coeficiente de compacidad o índice de Gravelius ( $K_c$ )

El coeficiente de compacidad, es indicador de la regularidad geométrica de la forma de la cuenca. Es la relación entre el perímetro de la cuenca, y la circunferencia de un círculo con igual superficie que el de la cuenca.

<sup>4</sup> (Lanza Mejía, Introducción a la Hidrotécnica Vial, 2010)

Si este parámetro se aproxima al valor de uno (1), existe la tendencia que los tiempos de concentración de todas las aguas sean más o menos iguales, por lo tanto, se tendría en mayor probabilidad las inundaciones del tipo repentina, rápida, etc. Entonces el índice de Gravelius citado, representa la concentración de las aguas en el menor tiempo, por lo cual se le denominará como índice de Gravelius Superior:

**Ecuación 1: Coeficiente de compacidad (K<sub>c</sub>)**

$$K_c = \frac{0.2821 * P}{\sqrt{A}}$$

Donde:

K<sub>c</sub>: Coeficiente de compacidad Gravelius.

P: Perímetro de la cuenca en Km.

A: Área de la cuenca en Km<sup>2</sup>.

Una cuenca se aproxima a una forma circular cuando el índice se acerca a la unidad y generalmente en cuencas muy alargadas el valor K<sub>c</sub> o Íg (índice de Gravelius) es mayor que 2.

Tabla 4: **Clasificación de cuenca respecto a K<sub>c</sub>**

Rangos de K <sub>c</sub>	Clases de cuencas
1.0-1.25	Redonda a Oval redonda
1.25-1.50	De oval redonda a Oval oblonga
1.50-1.75	De oval oblonga a Rectangular oblonga

Fuente: CORASCO, 2008

**4.4.3 Factor de forma de la cuenca (K<sub>f</sub>)**

Es la relación entre el ancho promedio de la cuenca y la longitud del curso principal del río. Este factor, es un referente para establecer la dinámica esperada de la escorrentía superficial en una cuenca. La longitud axial se mide cuando se sigue el curso de agua más largo desde la desembocadura hasta la cabecera más distante en la cuenca. El

ancho medio se obtiene cuando se divide el área por la longitud axial. Siendo B, el ancho medio en Km.

**Ecuación 2: Factor de forma de la cuenca (K<sub>f</sub>)**

$$K_f = \frac{A}{L^2}$$

Donde:

A: Área de la cuenca (km<sup>2</sup>).

L: Longitud del río principal (Km).

Un valor de K<sub>f</sub> superior a la unidad nos proporciona el grado de achatamiento de la cuenca o el de un río principal corto. En consecuencia, con tendencia a concentrar el escurrimiento de una lluvia intensa formando fácilmente grandes crecidas. De acuerdo al factor de forma, la cuenca se clasifica como muestra la siguiente.

**Tabla 5: Clasificación de cuenca respecto a K<sub>f</sub>**

Rangos de k <sub>f</sub>	Clases de forma
0.01 – 0.18	Muy poco achatada
0.18 – 0.36	Ligeramente achatada
0.36 – 0.54	Moderadamente achatada

Fuente: CORASCO, 2008

**4.4.3.1 Longitud principal del río**

Es la medida del escurrimiento principal de la cuenca, que generalmente es medido desde la parte más alta hasta el punto de control, es decir, que corresponde a la suma total de los “n” tramos del cauce principal considerado. La longitud del cauce principal es un parámetro también importante en la respuesta hidrológica de una cuenca, a mayor longitud mayor tiempo de concentración y viceversa. La longitud del cauce principal se puede clasificar como:

**Tabla 6: Clasificación del cauce principal respecto a su longitud**

Rangos de longitude (Km)	Clases de cauce
6.9 – 10.9	Corto
11 – 15	Mediano
15.1 – 19.1	Largo

Fuente: CORASCO, 2008

#### 4.4.3.2 Pendiente del cauce principal

El método usado en este estudio es el que se conoce como: método de Pendiente media, que establece, que esta es igual al desnivel entre los extremos de la corriente,  $S_c$  se define con la siguiente ecuación:

Ecuación 3: **Pendiente media del cauce principal ( $S_c$ )**

$$S_c: \frac{H_1 - H_0}{L}$$

Donde:

$H_1$ : Altura máxima de la corriente.

$H_0$ : Altura mínima de la corriente.

$L$ : Longitud en planta.

Tabla 7: **Clasificación de cauce respecto a su pendiente media ( $S_c$ )**

Rangos de pendiente (m/m)	Clases
0.01-0.05	Suave
0.06-0.11	Moderada
0.12-0.17	Fuerte

Fuente: CORASCO, 2008

#### 4.4.4 Índice de alargamiento ( $La$ )

Cuando el índice de alargamiento toma valores mucho mayores a la unidad, se trata seguramente de cuencas alargadas, mientras que valores cercanos a 1, se trata de una cuenca cuya red de drenaje presenta la forma de abanico y puede tenerse un río principal corto. Se calcula de acuerdo a la siguiente fórmula:

Ecuación 4: **índice de alargamiento ( $La$ )**

$$La: \frac{Lm}{L}$$

Donde:

$Lm$ : Longitud máxima de la cuenca.

L: Ancho máximo de la cuenca.

Tabla 8: **Clasificación respecto al índice de alargamiento (La)**

Rangos de La	Clases de alargamiento
0 -1.4	Poco alargada
1.5 – 2.8	Moderadamente alargada
2.9 – 4.2	Muy larga

Fuente: CORASCO, 2008

#### 4.4.5 Curva hipsométrica

Es la curva que representa la superficie por encima de una cota dada. Esta caracteriza el relieve de una cuenca, es decir, es el estudio de la variación de la elevación de los diversos terrenos de la cuenca con referencia al nivel medio del mar (msnm).

Para su elaboración se necesita calcular en ArcGis 10.1 un mapa de altitudes y valores de área dicho mapa caracteriza en dividir la cuenca en distintas secciones cuyo número de secciones lo define el usuario del programa luego se grafica en Excel con los valores de porcentaje de área acumulada y promedio de altitudes.

#### Ecuación 5: **Promedio de altitud máxima y mínima de la cuenca**

$$h_{\text{prom}}: \frac{h_{\text{máx}} - h_{\text{mín}}}{2}$$

Donde:

$H_{\text{prom}}$ : Promedio de la altitud máxima y mínima para cada sección sus valores se colocan en el eje de la ordenada.

$H_{\text{máx}}$ : Altitud máxima.

$H_{\text{mín}}$ : Altitud mínima.

#### Ecuación 6: **Porcentaje de área acumulada**

$$\%A_{\text{acum}}: \frac{A_{\text{acum}}}{A_{\text{total}}} \times 100$$

Donde:

$\%A_{\text{acum}}$ : Porcentaje de área acumulada sus valores se colocan en el eje de la abscisa.

$A_{\text{acum}}$ : Área acumulada.



$A_{total}$ : Área total.

- **Altitud media**

Es el valor promedio de elevación de la cuenca. Se calcula con los resultados obtenidos del mapa de altitudes anteriormente mencionado.

- **Altitud más frecuente**

Es el valor que representa la altitud que cubre más superficie en la cuenca. Y se obtiene del mapa de secciones con los valores de altitudes promedio y porcentaje de área para cada altitud.

Ecuación 7: **Altitud más frecuente**

$$\%A_i : \frac{A_i}{A_{total}} \times 100$$

Donde:

$H_{prom}$ : Promedio de la altitud máxima y mínima para cada sección del mapa de pendiente. Con la que se elaboró la curva hipsométrica.

$\%A_i$ : Altitud más frecuente.

$A_i$ : Porcentaje de área para cada valor de altitud con respecto al área total de la cuenca.

- **Altitud de frecuencia media**

Este valor corresponde al 50 por ciento del área en la curva hipsométrica.

- **Histograma de frecuencia**

Es la proporción en porcentaje de la superficie total de la cuenca comprendida entre secciones del mapa antes mencionada en la sección de curva hipsométrica.

#### 4.4.6 Pendiente media de la cuenca

La importancia de esta, yace en que permite monitorear y prever la velocidad con que se da la escorrentía superficial, y, por tanto, afecta el tiempo que le toma al agua de la lluvia en concentrarse en los canales fluviales que constituyen la red de drenaje de las cuencas.

Con el software: ArcGis 10.1 y su extensión HEC – GeoHMS 10.1; se obtuvo las pendientes de cada subcuenca, las cuales, se ponderan con el área de cada subcuenca con el fin de obtener la pendiente media.

Ecuación 8: **Pendiente media ( $S_m$ )**

$$S_m: \frac{\sum(A_i \times S_i)}{\sum A_i}$$

Donde:

$S_m$ : Pendiente media de la cuenca.

$A_i$ : Area de cada subcuenca.

$S_i$ : Pendiente de cada subcuenca.

Tabla 9: **Clasificación de la pendiente ( $S_m$ )**

Porcentaje	Pendiente
< 2 %	Plano
2 – 5 %	Suave
5 -10 %	Accidentado Medio
10 – 15 %	Accidentado
15 – 25 %	Fuertemente Accidentado
25 – 50 %	Escarpado
> 50 %	Muy escarpado

Fuente: CORASCO, 2008

#### 4.4.7 Densidad de drenaje ( $D_d$ )

Nos da la idea de la permeabilidad de los suelos y de la vegetación, y, se calcula:

Ecuación 9: **Densidad de drenaje ( $D_d$ )**

$$D_d: \frac{L_s}{A}$$

Donde:

$L_s$ : Longitud total de corrientes  $L_s$ (Km)

$A$ : Area total de la cuenca  $A$  ( $km^2$ )

Tabla 10: **Clasificación de cuenca de acuerdo su densidad ( $D_d$ )**

Rangos de densidad	Clases
0.1-1.8	Baja
1.9-3.6	Moderada
3.7-5.6	Alta

Fuente: CORASCO, 2008

➤ Menor densidad de drenaje:

- Materiales del terreno resistente a la erosión, suelos muy permeables.
- Pendientes suaves
- Mayor densidad de drenaje:
  - Materiales erosionables
  - Suelos impermeables
  - Pendientes fuertes y escasa cobertura vegetal

#### 4.4.8 Análisis de lluvias intensas

##### 4.4.8.1 Selección de la estación meteorológica

Las estaciones consideradas deben ser representativas y la serie disponible de datos debe ser suficientemente larga para permitir un ajuste estadístico, como el de Gumbel tipo I con una precisión suficiente. La selección depende de la cercanía con el proyecto y de las condiciones topográficas de su área de influencia determinada por los polígonos de Thiessen.

##### 4.4.8.2 Curvas de Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF)

Son una relación matemática empírica entre la Intensidad de una precipitación, su duración y frecuencia con la que se observa. La relación entre estas variables se puede presentar en una sola gráfica, interpretar correctamente estas curvas da parámetros para proyectar obras de ingeniería que están influenciadas directamente con factores climáticos. Para datos proporcionados por INETER (Ver ANEXO 6)

**Intensidad<sup>5</sup>:** es la tasa promedio de lluvia en pulgada por hora para una cenca o subcuenca de drenaje particular. En nuestro país, se usa como unidad de medida en milímetros por hora.

**Duración:** tiempo de caída de una precipitación sobre una determinada área.

**Frecuencia:** es la relación entre la magnitud de un evento y su período de retorno. Este fenómeno depende de la ubicación geográfica y de las características físicas y meteorológicas del lugar.

---

<sup>5</sup> (Chow, Maidment, & Mays, 1998)

A partir de la información facilitada por el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER) se procedió a analizar los datos pluviográficos de cada estación, con el propósito de obtener las intensidades máximas por año, para los distintos períodos de retorno 5, 10, 15, 20, 30, 40 y 50 años y duración de 5, 10, 20, 30, 60 y 120 minutos para la construcción de las curvas Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF), en la región central de Nicaragua, en base al comportamiento de los registros pluviográficos para 15 años. El método que se ajustó más a las condiciones topográficas de la zona fue el método de Gumbel tipo I ya que el método de Aparicio 1997, sobre estima los valores de las precipitaciones. (Ver ANEXO 6)

#### **A. Proceso analítico con una función de distribución Gumbel tipo I**

1. En el software Excel, se ordenaron los datos de las intensidades de mayor a menor para cada duración y se asignó el número de orden (m).
2. Se calculó el período de retorno y las probabilidades de ocurrencia y no ocurrencia, utilizando las siguientes formulas:

Ecuación 10: **Período de retorno**

$$T: \frac{(n + 1)}{m}$$

Donde:

T: Período de retorno.

m: Orden asignado a los años.

n: Número total de observaciones.

También se sabe que la probabilidad de ocurrencia es el inverso del período de retorno por lo que:  $Pe (X > X_m) = m / (n+1)$  y que la probabilidad de no ocurrencia está dada por:  $Pe (X \leq X_m) = 1 - Pe (X > X_m)$ .  $Pe (X \leq X_m) = 1 - [m / (n+1)] = 1 - (1/T)$

3. Se determinó el tipo de distribución teórica que se utilizará en el análisis y sus parámetros. En nuestro caso se utilizó la distribución Gumbel, con las siguientes fórmulas:

Ecuación 11: **Distribución teórica**

$$Pt (X \leq X_m): e^{-e^{-\alpha(X_m - \beta)}}$$

Donde:

$\alpha$ : 1.2825 /  $S_x$

$\beta$ :  $\bar{X} - 0.4506 (S_x)$

e: Base de los logaritmos neperianos

X: Valor a asumir por la variable aleatoria

Ecuación 12: **Desviación estandar ( $S_x$ )**

$$S_x: \left\{ \frac{1}{n} \left[ \sum_i^n (X_i^2) - n (\bar{X})^2 \right] \right\}^{0.5}$$

Donde:

$S_x$ : Desviación estándar o desviación típica.

n: Número total de observaciones.

$\bar{X}$ : Promedio del número de observaciones.

$X_i$ : Datos de las intensidades.

Ecuación 13: **Promedio de número de observaciones ( $\bar{X}$ )**

$$\bar{X}: \frac{\sum_i^n (X_i)}{n}$$

Donde:

$S_x$ : Desviación estándar o desviación típica.

n: Número total de observaciones.

$\bar{X}$ : Promedio del número de observaciones.

$X_i$ : Datos de las intensidades.

4. Luego se procuró obtener la desviación máxima calculada ( $\Delta_{m\acute{a}x}$ ) entre la probabilidad de la distribución empírica ( $Pe (X \leq X_m)$ ) y la probabilidad de la distribución teórica o ajustada  $Pt(X \leq X_m)$  de la siguiente manera:

Ecuación 14: **Desviación máxima calculada ( $\Delta_{m\acute{a}x}$ )**

$$\Delta_{m\acute{a}x} = |Pe (X \leq X_m) - Pt (X \leq X_m) |$$

Donde:

$\Delta_{\text{máx}}$ : Desviación máxima

$P_e$ : Probabilidad empírica de ocurrencia (%)

$P_t$ : Probabilidad de distribución teórica (%)

$X_m$ : Intensidades calculadas para diferentes períodos de retorno y duración

5. El siguiente paso fue obtener la desviación máxima permitida ( $\Delta_0$ ), según la prueba de bondad de ajuste de Smirnov Kolmogorov usando la siguiente tabla:

Tabla 11: **Desviación máxima permitida ( $\Delta_0$ )**

N	$\alpha$			
	0.2	0.10	0.05	0.01
5	0.45	0.51	0.56	0.67
10	0.32	0.37	0.41	0.49
15	0.27	0.30	0.34	0.40
20	0.23	0.26	0.29	0.36
25	0.21	0.24	0.27	0.32
30	0.19	0.22	0.24	0.29
35	0.18	0.20	0.23	0.27
40	0.17	0.19	0.21	0.25
45	0.16	0.18	0.20	0.24
50	0.15	0.17	0.19	0.23
N>50	$1.07/(N)^{0.5}$	$1.22/(N)^{0.5}$	$1.36/(N)^{0.5}$	$1.63/(N)^{0.5}$

Fuente: Hidrología aplicada (Chow,1994)

Donde N es el número total de años o de datos analizados y  $\alpha$  es el grado de significancia estadística de la prueba.

6. Si la desviación máxima ( $\Delta_{\text{máx}}$ ) es menor que la desviación máxima permitida ( $\Delta_0$ ) el ajuste se acepta. (Cumplió)

7. A continuación, se dio paso a la construcción de la curva Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF). Para ello es necesario determinar el valor de la intensidad de la lluvia para cada período de retorno y cada duración de la siguiente manera: conocido el período de retorno se calculó la probabilidad teórica de ocurrencia y con ésta se determinó el valor de la precipitación esperada ( $X_m$ ) para cada duración con a la siguiente fórmula:

Ecuación 15: **Precipitación esperada ( $X_m$ )**

$$X_m: \frac{\text{Ln} \left[ -\text{Ln} \left( 1 - \frac{1}{T} \right) \right]}{-\alpha} + \beta$$

Donde:

T: Período de retorno.

8. Se procedió a graficar los valores en el mismo Excel, con los datos obtenidos en el paso anterior.
9. Ajuste de las curvas I-D-F por el método de regresión lineal: En estudios para relacionar datos de lluvias con caudales, se requiere desarrollar relaciones entre intensidades de lluvias, la duración de la misma con la frecuencia de ocurrencia. Normalmente se desarrollan ecuaciones de Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF). Esto fue posible gracias a Excel, donde; la variable X de cada ecuación para cada curva ajustada será el tiempo de concentración en minutos.

#### **4.4.8.3 Intensidad de precipitación (I)**

El método tradicional para estimar la precipitación que se debe considerar en el diseño (la máxima correspondiente a un cierto período de retorno) consiste en analizar los datos disponibles en las estaciones meteorológicas próximas a la cuenca que se analiza. La intensidad de precipitación se obtiene por la lectura directa en la curva de Intensidad Duración Frecuencia (IDF) de la estación meteorológica o por la aplicación de su respectiva ecuación definida para el período de retorno ( $T_r$ ) seleccionado para el diseño.

#### **4.4.8.4 Período de retorno ( $T_r$ )**

La lluvia de diseño de un sistema de aguas lluvias es un tema relativamente complejo, puesto que depende del grado de seguridad ante las inundaciones que requiera la ciudadanía, o sea el período de retorno de la misma. Por lo tanto, el período de retorno es el intervalo en años, en que determinada precipitación se espera que ocurra, o bien que este evento una vez cada N años, no necesariamente significa que el evento suceda a intervalos constantes de cada N años, más bien existe  $1/N$  de probabilidades que la crecida de N años ocurra en cualquier período.

Tabla 12: **Normas para el diseño de sistema de alcantarillado pluvial**

Tipo de obra	Período de Retorno (Tr)
Puente, caja puente o alcantarilla	>25 años
Cauces principales naturales o artificiales revestidos	25 años
Cauces secundarios naturales o artificiales no revestidos	10 años
Micropresas	>25 años
Desarrollos urbanos, bodega, gasolinera, estacionamiento y otros similares.	10 años
Otros conductos pluviales (Tragantes, cunetas, vados, etc)	5 años

Fuente: Reglamento de drenaje pluvial. Documento preliminar, actualizado en septiembre 2012. Alcaldía Managua.

#### 4.4.8.5 Hietrograma de lluvias con el método de bloqueo alterno

Un hietograma es la distribución temporal de la intensidad o de la profundidad de una precipitación a lo largo de la duración del episodio tormentoso. El método de bloqueo alterno es una forma simple de desarrollar el hietograma de diseño utilizando la curva IDF. El hietograma de diseño producido por este método especifico la profundidad de precipitación que ocurre, se calcula con la fórmula:

#### Ecuación 16: Hietograma método bloque alterno

$T_d: n \Delta t$

Donde:

n: Intervalos de tiempos sucesivos de duración.

$\Delta t$ : Duración total.

Después de seleccionar el período de retorno de diseño, la intensidad leída en la IDF para cada una de las duraciones y la profundidad correspondiente se encuentra al multiplicar la intensidad y la duración. Tomando diferencias entre valores sucesivos de profundidad de precipitación, se encuentra la cantidad de precipitación que debe añadirse por cada unidad adicional de tiempo  $\Delta t$ . Estos incrementos o bloques se reordenan en una secuencia temporal de modo que la intensidad máxima ocurra en el centro de la duración requerida  $T_d$  y que los demás bloques queden en orden descendente alternativamente hacia la derecha y hacia la izquierda del bloque central para formar el hietograma de diseño.



#### 4.4.9 Tiempo de concentración ( $T_c$ )

Se puede definir como el tiempo que demora en viajar una partícula de agua desde el punto más remoto hasta el punto de interés. Corresponde el lapso entre el final de la lluvia y el momento en que cesa el escurrimiento superficial.<sup>6</sup>

La determinación del tiempo de concentración se realiza con ayuda de tablas o ecuaciones empíricas, siendo las más utilizadas, en cuanto a tablas, las de Agres, la del USDA y la de Cormack; en cuanto a las ecuaciones, destacan las de Basso, Bransby-Williams, Ventura-Heras, Giandotti, Kirpich, Passinni. Sin embargo para Centroamérica se ha adoptado la ecuación de Basso, propuesta por el Proyecto Hidrometeorológico Centroamericano (PHCA)

#### Ecuación 17: Tiempo de concentración ( $T_c$ ), Basso

$$t_c: 0.0041 \left[ \frac{3.28L}{\sqrt{S_c}} \right]^{0.77}$$

Donde:

$t_c$ : Tiempo de concentración de la cuenca hidrográfica (minutos).

$S_c$ : Pendiente del cauce (m/m).

$L$ : Máxima longitud de recorrido, longitud del cauce principal (m).

#### 4.4.10 Estimación del caudal por el método racional (CIA)

Entendemos por caudal de escorrentía aquella porción de la lluvia que se mueve sobre la superficie de la tierra y que en un momento dado llega hasta un cauce en el cual transita libremente. También es considerada como escorrentía la porción de lluvia que fluye sobre los tejados de las edificaciones, áreas de parqueo, de las superficies de las carreteras etc. Y, se calculó a través de la siguiente ecuación:

#### Ecuación 18: Estimación del caudal, método de CIA

$$Q: \frac{CIA}{360}$$

Donde:

---

<sup>6</sup> (Chow, Maidment, & Mays, 1998)

Q: Caudal en  $m^3/s$ , estimado en el punto de cierre de la cuenca.

360: Coeficiente adimensional de conversión de unidades de medidas.

C: Coeficiente de escorrentía. (adimensional)

I: Intensidad de la lluvia en mm/h igual al tiempo de concentración.

A: Área de la cuenca en hectáreas.

Para su estimación en las áreas urbanas el Método Racional es el más común y el más recomendado. La simplicidad de este método radica en que asume que la lluvia tiene una intensidad igual en toda el área estudiada y además que el tiempo de concentración de la escorrentía en el punto de estudio es igual a la duración de la lluvia. Su principal limitación radica en que su uso está restringido a áreas de estudios menores o iguales a  $5 \text{ Km}^2$  (500 Hectáreas), aunque puede utilizarse para estimar cuencas grandes con menos precisión si otros métodos no son aplicables o disponibles. En nuestro estudio la microcuenca tiene un área de drenaje inferior a los  $5 \text{ Km}^2$ .

Al igual que el método de transito de avenidas en la variante de Muskingun el caudal calculado por el método racional se acerca más a la realidad en la medida que el coeficiente de escorrentía seleccionado se ajuste a las condiciones de la cuenca. Si esta no es homogénea en lo referente al tipo y uso del suelo es necesario determinar el coeficiente de escorrentía (C) para cada una de las áreas homogéneas y posteriormente calcular el valor promedio ponderado por unidad de área de toda la cuenca.

#### **4.4.10.1 Coeficiente de escorrentía**

El coeficiente de escorrentía (c) representa la fracción de agua del total de lluvia precipitada que realmente genera escorrentía superficial una vez se ha saturado el suelo por completo. Su valor depende de las características concretas del terreno que determinan la infiltración del agua en el suelo.<sup>7</sup>

Los diferentes métodos utilizados para su cálculo (todos ellos de naturaleza empírica) difieren tanto en su fiabilidad como en su complejidad; lógicamente, a más información

---

<sup>7</sup> (Chow, Maidment, & Mays, 1998)

utilizada con más complejidad, fiabilidad y viceversa, pero, en cualquier caso, es fundamental tener en cuenta la mayor o menor homogeneidad de la cuenca.

Es la variable menos precisa del método racional que depende de las características y condiciones del suelo la intensidad de la lluvia, la proximidad del nivel freático, el grado de compactación del suelo, la porosidad del subsuelo, la vegetación, la pendiente del suelo y el almacenamiento por depresión. Si la cuenca no es homogénea en lo referente al uso y tipo del suelo, este coeficiente debe ser ponderado por unidad de área.

**Ecuación 19: Coeficiente de escorrentía**

$$C: Us * Ts * Pt$$

Donde:

Us: Factor por uso de suelo.

Ts: Factor por tipo de suelo.

Pt: Factor por pendiente del terreno.

El coeficiente de escorrentía puede tomar valores comprendidos entre cero y uno.

$$0 \leq C \leq 1$$

**Tabla 13: Factores que influyen en el coeficiente de escorrentía (C)**

<b>Uso de suelo</b>	<b>Us</b>
Vegetación densa, bosques, cafetal con sombras, pastos.	0.04
Malezas, arbustos, solar baldío, cultivos perennes, parques, cementerios, campos deportivos.	0.06
Sin vegetación o con cultivos anuales.	0.10
Zonas suburbanas (viviendas, negocios)	0.20
Casco urbano y zonas industriales.	0.30-0.50
<b>Tipo de suelo</b>	<b>Ts</b>
Permeable (terreno arenoso, ceniza volcánica, pómez)	1.00
Semipermeable (terreno arcilloso arenoso)	1.25
Impermeable (Terreno arcilloso, limoso, marga)	1.50
<b>Pendiente del terreno (%)</b>	<b>Pt</b>
0.0-3.0	1.00
3.1-5.00	1.50
5.1-10.0	2.00
10.1-20.0	2.50
20.1 y más	3.00

Fuente: Departamento de Drenaje Pluvial, con base en los documentos de normas checoslovacas para estabilización de cauces Managua Nicaragua.

## 4.5 Análisis hidráulico

### 4.5.1 Principios básicos en el diseño de canales

Para el diseño de un canal o sistemas de canales es importante considerar aspectos como la topografía, secciones, pendientes y velocidades permisibles, así como la siguiente información básica:

- Fotografías aéreas para localizar los poblados, caseríos, áreas de cultivos, vías de comunicación, etc.
- Planos topográficos y catastrales.
- Estudio geológico, sanidad, suelo y demás información que pueda conjugarse en el trazo de canales.

En el caso de existir información topográfica básica se levanta el relieve del canal procediendo con los siguientes pasos:

- **Reconocimiento del terreno:** Se recorrió la zona, anotando detalles que influyen en la determinación de un eje probable de trazo, definiendo el punto inicial y punto final/cierre.
- **Trazo preliminar:** Se procedió a levantar topográficamente la zona, gracias a una brigada/cuadrilla topográfica, usando una estación total, para dicho levantamiento se asumieron criterios; en partes con alta distorsión de relieve la sección se tomaron medidas a cada 5 m, y donde no había muchas variaciones y la sección reflejaba uniformidad a cada 20 m.
- **Trazo definitivo:** se obtuvo los datos del trazo preliminar y teniendo en cuenta el correcto uso de escalas, usando criterios básicos de la topografía de la zona y de las precisiones que se deseaban:

Terrenos con pendientes transversales > 25%, se recomienda escala 1:500.

Terrenos con pendientes transversales < 25%, escalas 1:1000-1:5000.

#### 4.5.2 Diseño de secciones hidráulicas

La ecuación más utilizada para el caudal de diseño es la de Manning y su expresión es:

Ecuación 20: **Caudal de diseño de Manning**

$$Q: \frac{1}{n} A \times R^{\frac{2}{3}} \times s^{\frac{1}{2}}$$

Donde:

Q: Caudal en  $\frac{m^3}{s}$

N: Coeficiente de rugosidad de Manning (adimensional).

A: Area de la sección ( $m^2$ ).

R: Radio hidráulico, es la relación del área mojada con respecto a su perímetro mojado (m).

S: Pendiente del fondo del canal (m/m).

#### 4.5.3 Efecto de la gravedad

El efecto de la gravedad sobre el estado de flujo se representa por la relación entre las fuerzas inerciales y las fuerzas gravitacionales. Esta relación está dada por el número de froude.

Ecuación 21: **Número de froude**

$$f: \frac{v}{\sqrt{gl}}$$

Donde:

V: Velocidad del fluido en m/s

g: Gravedad ( $9.81 \text{ m/s}^2$ )

l: Longitud del tramo en m

- $f < 1$ , flujo sub-critico. en este estado el papel jugado por las fuerzas gravitacionales es más pronunciado; por lo tanto, el flujo tiene una velocidad baja y a menudo se describe como tranquilo y de corriente lenta.

- $f > 1$ , flujo es supercrítico. En este estado las fuerzas inerciales se vuelven dominantes; el flujo tiene alta velocidad y se describe usualmente como rápido, ultrarrápido y torrencial.

#### 4.5.4 Criterios de diseño

Existen diferentes factores a considerar en el diseño de canales, no obstante, nunca se podrán eliminar todos los riesgos y desventajas, únicamente se asegura que el impacto negativo sea el menor posible y que la solución técnica propuesta no sea inconveniente debido a los altos costos. A continuación, se definirá los factores a emplearse en el diseño de este proyecto.

##### 4.5.4.1 Radios mínimos en canales

En el diseño de canales, el cambio brusco de dirección se sustituye por una curva cuyo radio no debe ser muy grande y debe escogerse un radio mínimo, dado que al trazar curvas con radios mayores al mínimo no significa ningún ahorro de energía, es decir, al darle una mayor longitud o mayor desarrollo.

Tabla 14: **Radio mínimo en canales respecto a caudales**

Radio mínimo en función del caudal	
Capacidad del canal	Radio mínimo
Hasta 10 m <sup>3</sup> /s	3` ancho de la base
De 10 a 14 m <sup>3</sup> /s	4` ancho de la base
De 14 a 17 m <sup>3</sup> /s	5` ancho de la base
De 17 a 20 m <sup>3</sup> /s	6` ancho de la base
Los radios mínimos deben ser redondeados hasta el próximo metro superior	

Fuente: Principios y aplicaciones de drenaje, tomo IV, Wageningen the Netherlands 1978.<sup>8</sup>

##### 4.5.4.2 Velocidades mínimas

La velocidad mínima permisible o velocidad no sedimentante es la menor velocidad que no permite el inicio de la sedimentación y no induce el crecimiento de plantas acuáticas y de musgo. Esta velocidad es muy incierta y su valor exacto no puede determinarse con facilidad. Para aguas que no tengan carga de limos o para flujos previamente decantados,

<sup>8</sup> (International Institute For Land Reclamation And Improvement , 1978)

este factor tiene una pequeña importancia excepto por su efecto en el crecimiento de plantas.

En general puede adoptarse una velocidad media de 0.61 a 0.91 m/s cuando el porcentaje de limos presente en el canal es pequeño, y una velocidad media no inferior a 0.76 m/s prevendrá el crecimiento de vegetación que disminuirá seriamente la capacidad de transporte del canal.<sup>9</sup>

La velocidad máxima no erosionable nunca debe ser mayor a 4 m/s en canales revestidos, sin embargo; variará en dependencia de la resistencia del material a utilizar.<sup>10</sup>

#### 4.5.5 Rugosidad

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

- **Rugosidad de la superficie:** se representa por la forma y el tamaño de los granos del material que forma el perímetro mojado que producen un efecto de retraso sobre el flujo. En general, los granos finos resultan en un valor relativamente bajo de “n” y los granos gruesos dan lugar a un valor alto de “n”.
- **Vegetación:** Puede ser vista como una clase de rugosidad superficial. Este efecto depende principalmente de la altura, la densidad y tipo de vegetación y es muy importante en el diseño de canales pequeños de drenaje. Ya que, por lo común estos no reciben mantenimiento regular.
- **Irregularidad del canal:** son las variaciones en las secciones transversales de los canales, su forma y su perímetro mojado a lo largo de su eje longitudinal.

---

<sup>9</sup> (Rodríguez Ruíz, 2008) p.70

<sup>10</sup> (Chow, Maidment, & Mays, 1998)

- **Alineamiento del canal:** consiste en el nivel de sinuosidad que presenta el canal. Curvas suaves con radios grandes producirá valores “n” bajos mientras que curvas bruscas con meandros severos incrementaran el coeficiente.
- **Obstrucción:** la presencia de obstrucciones tales como troncos de árbol, desechos de flujos, atascamiento, pueden tener un impacto significativo sobre el valor “n”.

#### 4.5.5.1 Determinación del coeficiente de rugosidad (n) de Manning<sup>11</sup>

La determinación del coeficiente “n” se dificulta ya que no existe un método exacto de seleccionar este valor. En el libro de hidráulica de canales abiertos Ven t Chow propone una guía para la determinación del valor n en donde se estudian cuatro enfoques siendo estos:

- Entender los factores que afecten el valor n con el fin de adquirir el conocimiento básico del problema y disminuir el rango de incertidumbre.
- Consultar una tabla de valores comunes de n para canales de diferentes tipos.
- Examinar y familiarizarse con la apariencia de algunos canales comunes cuyos coeficientes de rugosidad se conocen.
- Determinar el valor n mediante un procedimiento analítico basado en la distribución de velocidades teórica en la sección transversal de un canal y en los datos de medición de velocidades y rugosidad.

El coeficiente de rugosidad de Manning se estima por el método de Chow 1959 o del mismo programa Hec – Ras, para el cual se utiliza la información recopilada en el campo del tipo de material que compone el cauce, taludes márgenes de los cauces, así como también del tipo de vegetación y otros componentes que inciden en la resistencia del canal al flujo.<sup>12</sup>

A partir del reconocimiento de varios factores primordiales que afectan el coeficiente de rugosidad. Cowan desarrollo un procedimiento para estimar el valor n. mediante este procedimiento el valor n puede calcularse por.

Ecuación 22: **Coeficiente de rugosidad (n)**

---

<sup>11</sup> (Woodward & Posey, 1941)

<sup>12</sup> (Ven Te Chow P. D., 2000)



$$n: (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) m_5$$

Donde:

$n_0$ : Valor básico de  $n$  para un canal recto, uniforme y liso en los materiales naturales involucrados.

$n_1$ : Valor que debe agregarse al  $n_0$  para corregir el efecto de la rugosidad superficial.

$n_2$ : Es un valor para considerar las variaciones en forma y tamaño de la sección transversal.

$n_3$ : Valor para considerar las obstrucciones.

$n_4$ : Considera la vegetación y condiciones de flujo.

$m_5$ : Factor corrección.

Para establecer el valor de  $n_1$ , se considera que el grado de irregularidad es:

- **Suave:** para superficies comparables con la mayor obtenible en los materiales involucrados.
- **Menor:** para canales artificiales bien dragados con taludes laterales ligeramente erosionado/socavados de canales artificiales o de drenaje.
- **Moderado:** para canales mediana o pobremente dragados, taludes laterales moderadamente derrumbados o erosionados artificiales o de drenaje.
- **Severos:** para bancas muy derrumbadas de cauces naturales o con taludes laterales muy erosionados o muy derrumbados en canales artificiales o canales de drenaje, y canales artificiales excavados en roca con superficie deformes, con entrantes y salientes irregulares.

Para escoger el valor de  $n_2$  se considera que el carácter de las variaciones en tamaño y forma de la sección transversal es:

- **Gradual:** cuando el cambio en el tamaño o en la forma ocurre gradualmente.
- **Ocasionalmente alternante:** cuando las secciones grandes y pequeñas se alternan ocasionalmente o cuando los cambios en la forma causan el cambio de la corriente principal de un lado a otro.

- **Frecuentemente alternante:** cuando las secciones grandes y pequeñas se alternan con frecuencia o cuando los cambios en la forma causan frecuentes cambios de la corriente principal de un lado a otro.

Al establecer el valor de  $n_3$  se consideran la presencia y las características como depósitos de basura, palos, raíces expuestas, cantos rodados y troncos caídos y atascados. Consideren lo siguiente en este valor de  $n_3$ .

Las obstrucciones ocupan/reducen el promedio de área mojada, la naturaleza de las obstrucciones (objetos puntiagudos o angulares inducen mayor turbulencia que objetos curvos o con superficies lisas), y la oposición y el espaciamiento, transversal y longitudinal, de las obstrucciones en el tramo bajo consideración.

Al establecer el valor  $n_4$  se considera el grado del efecto de la vegetación:

- **Bajo:** para condiciones comparables a lo siguiente:
  - a. Crecimientos densos de pasto o maleza flexibles; de los cuales los pastos bermuda y azul son ejemplos, donde la profundidad promedio de flujo es de dos a tres veces la altura de la vegetación.
  - b. Varas flexibles de plantas jóvenes, sauce, matas de algodón o cedro salado, la profundidad promedio de flujo es  $3/4$  veces la altura vegetal.
- **Medio:** para condiciones comparables a las siguientes:
  - a. Césped cuando la profundidad media de flujo es una a dos veces la altura de la vegetación.
  - b. Pastos con tallo, maleza o plantas jóvenes con cubiertas moderadas cuando la profundidad promedio de flujo es de dos a tres veces la altura.
  - c. Crecimientos de matorrales, moderadamente densos, similares a sauces de uno a dos años, durante la estación invernal, a lo largo de los taludes laterales de un canal sin vegetación importante a lo largo del fondo del canal, cuando el radio hidráulico es mayor a 2 pies.
- **Alto:** para condiciones comparables a la siguiente:
  - a. Prados de césped cuando la profundidad promedio es más o menos igual a la altura de la vegetación.

- b. Sauces o plantas de algodón de ocho a diez años de edad durante la estación invernal, con crecimiento intermedio de malezas y matorrales, sin vegetación en el follaje, cuando el radio hidráulico es mayor que 2 pies.
  - c. Matorrales de sauces de aproximadamente un año de edad durante la estación de crecimiento, con intercalados de algunas malezas con follaje completo a lo largo de los taludes laterales sin vegetación importante a lo largo del canal, cuando el radio hidráulico es mayor a 2 pies.
- **Muy alto:** para condiciones comparables a las siguientes:
    - a. Pastos cuando la profundidad promedio del flujo es menor que la mitad de la altura de la vegetación.
    - b. Matorrales de sauces de más o menos un año de edad durante la estación de crecimiento, con crecimiento intercalados de maleza con follaje completo a lo largo de los taludes o crecimientos densos de plantas de hojas anchas en el fondo del canal, hasta 10 o 15 pies.
    - c. Árboles en la estación de crecimiento con intercalaciones de maleza y matorrales, todos con follaje completo, hasta 10 o 15 pies.

Al establecer el valor de  $m_5$ , el grado de los efectos de meandros depende de la relación entre la longitud recta del tramo del canal. Los meandros se consideran menores para relaciones de 1 a 1.2, apreciables para relaciones de 1.2 a 1.5, y severos para relaciones de 1.5 y mayores.

Tabla 15: **Coeficiente de Manning**

Condiciones del canal		Valores	
<b>Material Involucrado</b>	Tierra	n <sub>0</sub>	0.020
	Corte en roca		0.025
	Grava fina		0.024
	Grava gruesa		0.028
<b>Grado de irregularidad</b>	Suave	n <sub>1</sub>	0.000
	Menor		0.005
	Moderado		0.010
	Severo		0.020
	Gradual	n <sub>2</sub>	0.000

<b>Variaciones de sección transversal</b>	Ocasionalmente alterna		0.005
	Frecuentemente alterna		0.010-0.015
<b>Efecto relativo de las obstrucciones</b>	Insignificante	n <sub>3</sub>	0.000
	Menor		0.010-0.015
	Apreciable		0.020-0.030
	Severo		0.040-0.060
<b>Vegetación</b>	Baja	n <sub>4</sub>	0.005-0.010
	Media		0.010-0.025
	Alta		0.025-0.050
	Muy alta		0.050-0.100

Fuente: Hidráulica canales abiertos (Mejía, octubre 2011)

Los datos geométricos consisten en establecer una conectividad del sistema de río, secciones transversales, la longitud del tramo, los coeficientes de energía de pérdidas (perdidas por fricción, contracción y expansión) y la información de las conexiones de flujo en los tramos de río o cauces.

#### 4.5.6 Esquema del cauce

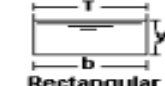


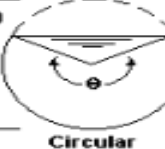

El sistema esquemático del río es requerido para cualquier conjunto de datos geométrico con el sistema de HECRAS. El sistema esquemático del río es desarrollado por un dibujo y conectado por varios tramos.

#### 4.5.7 Secciones transversales

Las condiciones geométricas para el análisis del flujo en corrientes naturales son especificadas en términos de la superficie del terreno de la sección transversal y la distancia entre ellas. Las secciones transversales son localizadas a intervalos largos en dependencia de la caracterización de las corrientes (perfiles de flujo), tomando en cuenta el flujo central del cauce y las planicies de inundación.

Geométricamente un canal<sup>13</sup> está construido con una sección transversal invariable y una pendiente de fondo constante que se conoce como canal prismático. De otra manera, el canal no es prismático.

Imagen 3: **Clasificación por tipos de secciones de canales**

Sección	Area hidráulica A	Perímetro mojado P	Radio hidráulico R	Espejo de agua T
 Rectangular	$by$	$b+2y$	$\frac{by}{b+2y}$	$b$
 Trapezoidal	$(b+zy)y$	$b+2y\sqrt{1+z^2}$	$\frac{(b+zy)y}{b+2y\sqrt{1+z^2}}$	$b+2zy$
 Triangular	$zy^2$	$2y\sqrt{1+z^2}$	$\frac{zy}{2\sqrt{1+z^2}}$	$2zy$
 Circular	$\frac{(\theta-\text{sen}\theta)D^2}{8}$	$\frac{\theta D}{2}$	$(1-\frac{\text{sen}\theta}{\theta})\frac{D}{4}$	$(\frac{\text{sen}\theta}{2})D$ ó $2\sqrt{y(D-y)}$
 Parabólica	$\frac{2}{3}Ty$	$T + \frac{8y^2}{3T}$	$\frac{2T^2y}{3T+8y^2}$	$\frac{3A}{2y}$

Fuente: Hidráulica aplicada, canales abiertos (Luque, 2004)

#### 4.5.7.1 Área de flujo inefectivo en secciones transversales

En esta parte permite determinar áreas de la sección transversal con elevaciones más bajas que las bancas del cauce o río que no contribuyen efectivamente a transportar el agua en la sección transversal del cauce o río, es decir, zonas de la sección donde el agua se estanca, esto ocurre donde la elevación de la banca es mayor que el nivel del agua en el cauce adyacente o posa.

#### 4.5.8 Perfiles de flujos uniformes

Esta evaluación será a partir de perfiles de flujo uniforme unidimensional para movimiento del flujo gradualmente variados en canales naturales y prismáticos.

Los perfiles de flujo calculados pueden ser crítico, subcrítico, supercrítico o una combinación de estos, o sea, las ecuaciones para perfiles de flujo, las subdivisiones de

<sup>13</sup> (French, 1988)

la sección para el cálculo de los parámetros geométricos tales como: área, perímetro mojado, etc., la determinación del coeficiente de Manning en el cauce principal, el coeficiente de velocidad de Coriolis, la evaluación de las pérdidas por fricción, pérdidas por contracción y expansión, determinación de la profundidad crítica, aplicación de la ecuación del Momentum y las limitaciones o condiciones del modelo del flujo uniforme.

El método de cálculo del programa es el método del paso estándar (Standard Step Method), se resuelve con procedimientos reiterativos del sistema:

Ecuación 23: **Cotas hídricas en los extremos del tramo**

$$W_{s_2} + \frac{a_2 \times V_2^2}{2 \times g} : W_{s_1} + \frac{a_1 \times V_1^2}{2 \times g} + H_e$$

Ecuación 24: **Pérdida de carga total**

$$H_e : L * S_f + C \left( \frac{a_2 \times V_2^2}{2 \times g} - \frac{a_1 \times V_1^2}{2 \times g} \right)$$

Donde:

$W_{s_1}$  y  $W_{s_2}$ : Cotas hídricas en los extremos del tramo.

$V_1$  y  $V_2$ : Velocidad promedio en los extremos del tramo.

$a_1$  y  $a_2$ : Coeficientes cinéticos en los extremos del tramo.

$g$ : Aceleración de gravedad.

$H_e$ : Perdida de carga total.

$L$ : Largo del tramo, calculado respecto al caudal.

$S_f$ : Pendiente longitudinal o “representative friccion slope”, relación entre perdida de carga por desgaste y largo  $L$ .

$C$ : Coeficiente de expansión o contracción.

## 4.6 Procesamiento y análisis de datos

El procesamiento se realizó en los siguientes softwares:

### 4.6.1 Delimitación de la cuenca

Para realizar el análisis de la micro cuenca, se empleó un modelo de elevación digital, por medios del software ArcGIS 10.2.2. La delimitación se realizó mediante la extensión Archydro tolos y HECGeoHMS de ArcGIS. Para realizar la delimitación se llevó a cabo:

Filtrar el DEM, esto con el objetivo de rellenar los sumideros e imperfecciones del DEM y forzar a las celdas que drenen para realizar los raster de dirección y acumulación del flujo. (Ver ANEXO 7)

Seguidamente se generaron los raster: Stream y Stream Link, con el fin de determinar la red de drenaje y los Catchment para generar las microcuencas. Posteriormente se ubica el punto de interés o punto de cierre, logrando así la delimitación instantánea.

#### 4.6.2 Idrisi Selva

Idrisi selva es un SIG integrado con sistema de procesamiento de imágenes en el que se analizó y visualizó datos espaciales, es decir representaciones en el espacio.

#### 4.6.3 Parámetros geomorfométricos

Para el cálculo de los parámetros de la cuenca se exportó a Idrisi el shapefile de la cuenca y el Fill del Layers, o sea el DEM corregido, posteriormente se Georeferenciaron. Luego se convirtió a formato raster la delimitación de la cuenca para que Idrisi pudiera realizar los cálculos. (Ver ANEXO 7).

#### 4.6.4 Modelación meteorológica de la sub cuenca

Para el desarrollo de los Hietogramas de precipitaciones se utilizó Excel, con los cálculos previos de las curvas de Intensidad-Duración-Frecuencia, obtenidos del método de Gumbel (en este mismo software), de la Estación de Nueva Guinea código 06I018 según el método de bloque alterno en intervalos sucesivos de duración seleccionados e correspondencia al período de retorno de 5, 10 y 25 años con base en:

Tabla 16: **Período de retorno de diseño para estructuras menores**

Tipo de Estructura	Período de Retorno (años)
Puente sobre carretera importante	50-100
Puente sobre carretera menos importante o alcantarillas sobre carretera importante	25
Alcantarillas sobre camino secundario	5-10
Drenaje lateral de los pavimentos, donde puede tolerarse encharcamiento con lluvia de corta duración	1-2
Drenaje de aeropuertos	5

Drenaje Urbano	2-10
Drenaje Agrícola	5-10
Muros de encauzamiento	2-50 (Puede aumentar si la obra protege poblados importantes)

Fuente: Hidrología aplicada, Máximo Villón.

#### 4.6.5 Modelación con HEC-RAS 5.1.0

El sistema modelado de HEC – RAS<sup>14</sup>, el cual es un modelo matemático para realizar análisis hidráulico unidimensional en canales abiertos. El modelo fue desarrollado por el Centro de Ingeniería hidrológica del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos.

HEC-RAS es un sistema integrado de software, diseñado para el uso interactivo en un ambiente de multi-pruebas. El sistema comprende de una interface del usuario grafica (GUI), componentes de los análisis hidráulicos separados, almacenamientos de los datos y capacidades de dirección, gráficos e información de medios.

Básicamente el modelo comprende tres módulos, uno para los datos geométricos del canal y de las estructuras hidráulicas, un segundo módulo para el manejo de los datos del flujo para el diseño y condiciones de frontera del canal, un tercer módulo para realizar y manejar los análisis computacionales de las situaciones planteadas.

Los cálculos hidráulicos están basados en la ecuación de la energía la cual es resuelta para flujo gradualmente variado en canales por medio del método de Paso Estándar. Los análisis están basados en criterios inerciales y gravitacionales del flujo por lo que se examinan tres regímenes de flujo: Subcríticos, Mixto y Supercrítico. Las soluciones son evaluadas por los mensajes que el programa envía al usuario.

El programa está orientado a determinar los diferentes elementos hidráulicos de crecida relativos al curso de agua en examen, como por ejemplo el perfil hídrico, las velocidades de la corriente al centro y en los lados, el tipo de movimiento hidráulico la altura crítica y otros.

---

<sup>14</sup> (Ministerios de Transporte e Infraestructura (MTI), 2007)



El programa HEC-RAS determina los perfiles líquidos de tramos de cursos de aguas naturales o artificiales (tiene como título “Walter Surface Profiles”) utilizando los valores de las abscisas y de las ordenadas de los puntos que definen una serie de secciones transversales obtenida en el tramo en estudio.

#### **4.6.5.1 Esquema del cauce**

El Sistema esquemático del río es requerido para cualquier conjunto de datos geométricos con el sistema de HEC-RAS. El sistema esquemático del río es desarrollado por un dibujo y conectados por varios tramos. Para comenzar a trabajar en HEC-RAS es necesario crear en una ventana el esquema del cauce de tramo a tramo, para definir el extremo de aguas arriba y el extremo de aguas abajo, de esta forma introducir los datos geométricos de las secciones que conforman el cauce.

La conectividad de los tramos es muy importante el orden, para que el modelo comprenda el sistema de drenaje, así como los cálculos de un tramo a otro. Es necesario que el dibujo del tramo sea de aguas arriba hacia aguas abajo, dando así la dirección del flujo. La conexión de los tramos se hace a través de una unión, esta solamente establece un punto localizado donde uno o más flujos convergen.

HEC-RAS reconoce los datos geométricos de los tramos que fundamentalmente son diversas secciones transversales a lo largo del cauce/cauces considerados. Dichas secciones transversales se introducen mediante la cota de dos secciones continuas, separadas por una distancia conocida, el modelo calcula la pendiente del tramo. El sistema numérico para cada sección debe ser consistente, HEC-RAS asume que los valores altos, son los correspondientes a secciones aguas arriba y los números más bajos son los de secciones aguas abajo.

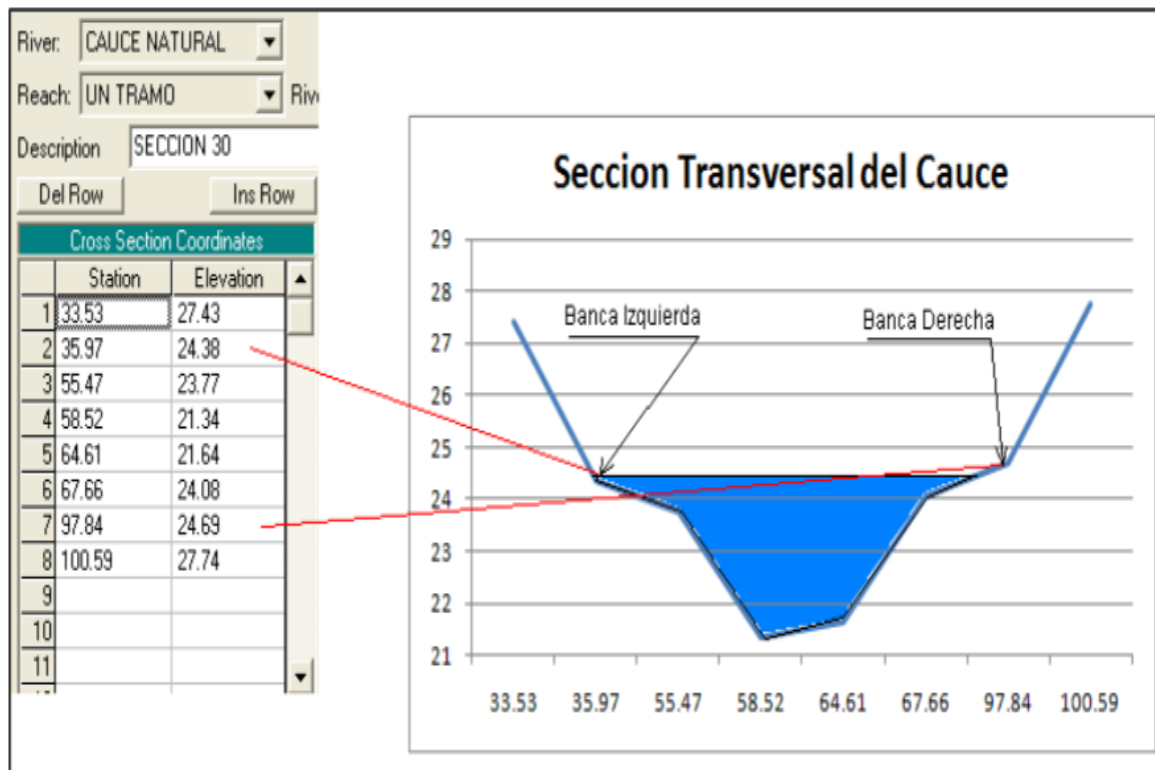
#### **4.6.5.2 Secciones transversales**

Las condiciones geométricas para el análisis de flujo en corrientes naturales son especificadas en términos de la superficie del terreno de la sección transversal y las distancias entre ellas. Las secciones transversales son localizadas a intervalos largos en dependencia de la caracterización de la corriente (perfiles, flujo), tomando en cuenta el flujo central del cauce y las planicies de inundación.

La sección transversal es descrita introduciendo la estación y la elevación como pares ordenados (X,Y) de izquierda a derecha, en sentido aguas abajo formando una columna de datos. En la primera columna, se introduce la distancia desde el margen izquierdo y en la segunda columna, la cota del terreno de fondo del cauce a ese punto.

HEC-RAS es un modelo hidráulico, por lo tanto, hace falta considerar las condiciones hidráulicas de cada sección como las distancias de los márgenes, tanto de la izquierda como derecha y la distancia a lo largo del centro del cauce respecto a la sección aguas abajo inmediata, así como los valores del coeficiente de Manning en los márgenes y al centro del cauce. HEC-RAS necesita conocer los puntos donde inicia la planicie de inundación, los cuales, acotarán el canal principal.

Imagen 4: Banca de inundación y sección transversal



Fuente: Manual del HEC-RAS (Nestor, 2012)

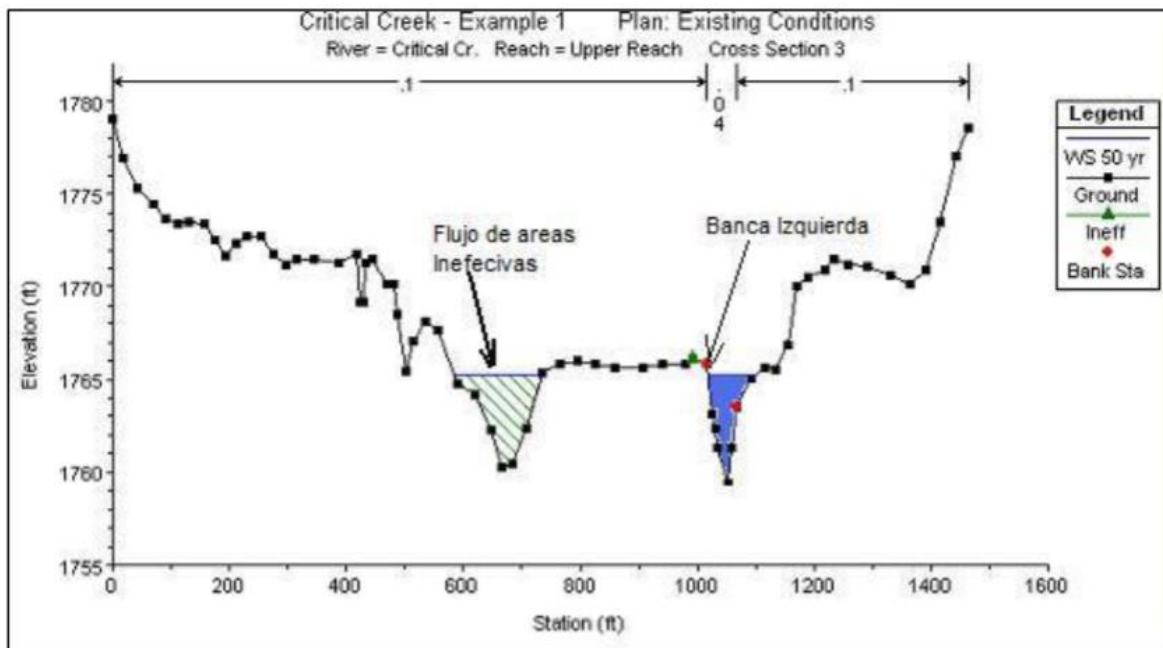
### 4.6.5.3 Áreas de flujo inefectivo en secciones transversales

Esta parte permite determinar áreas de la sección transversal con elevaciones más bajas que las bancas del cauce o río, que no contribuyen efectivamente a transportar el agua en la sección transversal del cauce o río, es decir, zonas de la sección donde el agua se estanca, esto ocurre donde la elevación de la banca es mayor que el nivel del agua en el cauce adyacente o poza.

Esta opción es usada cuando la superficie del agua está por debajo de las elevaciones inefectivas que se establecen; las áreas a la izquierda de la banca izquierda y las áreas a la derecha de la banca derecha son consideradas como inefectivas, o cuando los estribos del puente obstruyen el flujo del cauce natural.

Para evitar un error en la altura de la superficie del agua, se deben de seleccionar y aplicar la corrección a las secciones que presentan estas características, sino HEC RAS asume que en esta porción de sección existe transporte de agua.

Imagen 5: Áreas de flujo inefectivo



Fuente: Manual del HEC-RAS (Nestor, 2012)

Como se puede observar existen áreas de flujo inefectivo a lado izquierdo del cauce natural, estas áreas deben ser especificadas en el programa como inefectivas de flujo.

El procedimiento de cálculo está fundamentado en la ecuación de la energía donde las pérdidas por fricción son evaluadas mediante la ecuación de Manning y las pérdidas por contracción y/o expansión son evaluadas teniendo en cuenta el cambio en la carga de velocidad. Para situaciones de flujo bajo donde el perfil del agua varía rápidamente debido a fuertes obstrucciones en el cauce, como suceden en algunos puentes o alcantarillas, se usa también la ecuación de Momentum o ecuación de cantidad de Movimiento.

Otras dos ecuaciones que maneja el programa para flujos bajos son de tipo semi empírico como es la ecuación de Yarnell y Una ecuación dada por el Servicio Geológico de los Estados Unidos(USGS). Para flujos altos, el programa usa la ecuación de la energía, las ecuaciones de flujo a presión en orificios y compuertas, o las de flujo sobre vertederos.

#### **4.7 Estimación del presupuesto de la obra**

Se elaboró una tabla de Excel que contiene la descripción de las actividades a realizar en la obra, las unidades de medida, cantidades, costos unitarios y costos totales tanto de materiales como de mano de obra. A partir del presupuesto, se dedujo términos acerca de rentabilidad, posibilidad y conveniencia de ejecución de la obra.

Se realizó un análisis minucioso de la información contenida en los planos y levantamiento topográfico. En este sentido cobra importancia el cálculo que consiste en determinar volúmenes y cantidades de materiales pertenecientes a cada una de las etapas que integran la obra. Se entregará el presupuesto respectivo parcial y total de las etapas de la propuesta de diseño, incluyendo partida, cubicación, precio unitario y total.

#### **4.8 Elaboración del informe final**

La investigación documental, los instrumentos, trabajo de campo y trabajo de gabinete; fueron las herramientas fundamentales que nos permitieron la elaboración del presente trabajo, en donde, presentamos los resultados obtenidos y todo lo relacionado a nuestro tema de investigación.



# CAPÍTULO V.

## ANÁLISIS DE RESULTADOS



**“Salvar nuestro planeta, sacar a la gente de la pobreza, crecer económicamente, esta es la lucha. Debemos conectar los puntos entre el cambio climático, la escasez de agua, los cortes de energía. La solución es la misma para todos.”**

Ban Ki-moon

## CAPÍTULO V. ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 5.1 Análisis hidrológico

#### 5.1.1 Caracterización de la cuenca

La cuenca en análisis pertenece al municipio de Nueva guinea, los datos extraídos gracias a ArcGis e Idrisi Selva (Ver ANEXO 7); se podrán apreciar en la siguiente tabla:

Tabla 17: Datos de delimitación en Arcgis y geomorfología de Idrisi Selva

Parámetros	Dato obtenido	Unidad de medida	Descripción
ClvRgn	1		Cuenca hidrográfica
A_km2	0.67	Km <sup>2</sup>	Superficie de la cuenca
P_km	4.44	Km	Perímetro de la Cuenca
Em_m	188.56	msnm	Elevación media
Pm_g	7.41	°	Pendiente media en gradual
Pm_p	13.26	%	Pendiente media porcentual
Kc	1.53		Coefficiente de compacidad/índice de Gravelius
Rci	0.43		Relación circular
Rh	1.09		Relación hipsométrica
Lc_km	1.53	Km	Longitud del eje del río principal
La_km	0.59	Km	Longitud directa del río principal
Sh	2.59		Coefficiente de sinuosidad hidráulico
Emx_m	218	msnm	Altitud inicial
Emn_m	163	msnm	Altitud media
Sc_p	10.13	%	Pendiente promedio del río principal
Tc	0.17	hrs	Tiempo de concentración de Método Hidrometeorológico C.A.

Fuente: Elaboración propia

### Tiempo de concentración ( $T_c$ ), Basso

$$t_c: 0.0041 \left[ \frac{3.28L}{\sqrt{S_c}} \right]^{0.77} = 0.0041 \left[ \frac{3.28(1.53 \text{ km} \times 1000)}{\sqrt{0.0359477}} \right]^{0.77} = 10.43 \text{ min} \approx 0.17 \text{ hrs}$$

Donde:

$t_c$ : Tiempo de concentración de la cuenca hidrográfica (minutos).

$S_c$ : Pendiente del cauce (m/m).

$L$ : Máxima Longitud de recorrido, longitud del cauce principal (m).

### Pendiente media del cauce principal ( $S_c$ )

$$S_c: \frac{H_1 - H_0}{L} = \frac{218 \text{ m} - 163 \text{ m}}{1.53 \text{ km} \times 1000} = 0.0359477 \text{ m/m} \approx$$

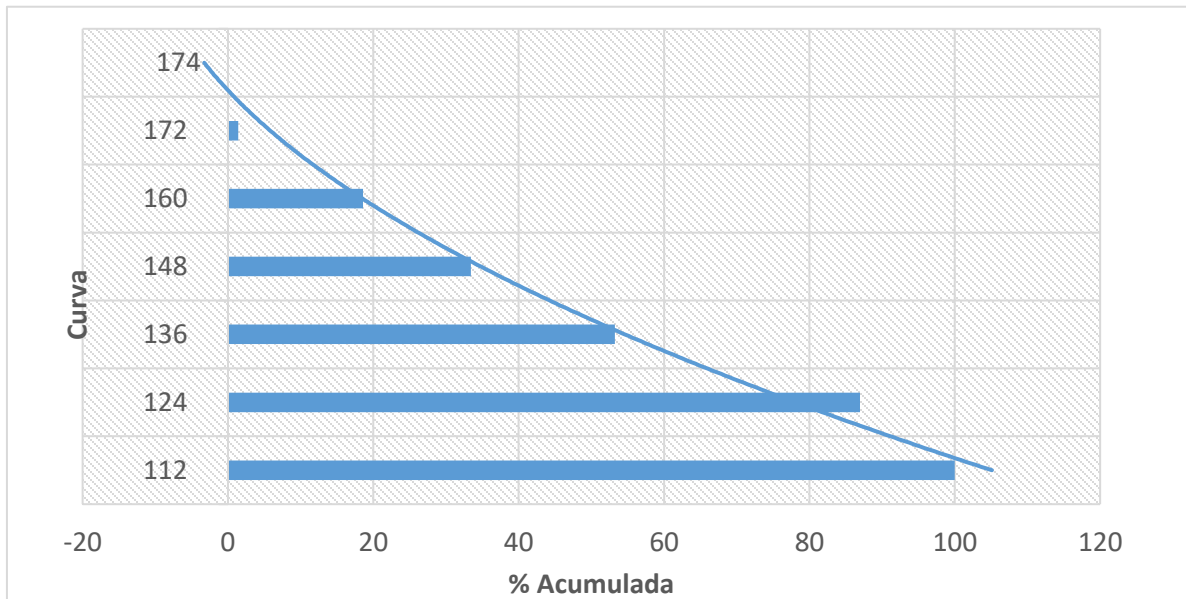
Donde:

$H_1$ : la altura máxima de la corriente.

$H_0$ : la altura mínima de la corriente.

$L$ : la longitud en planta.

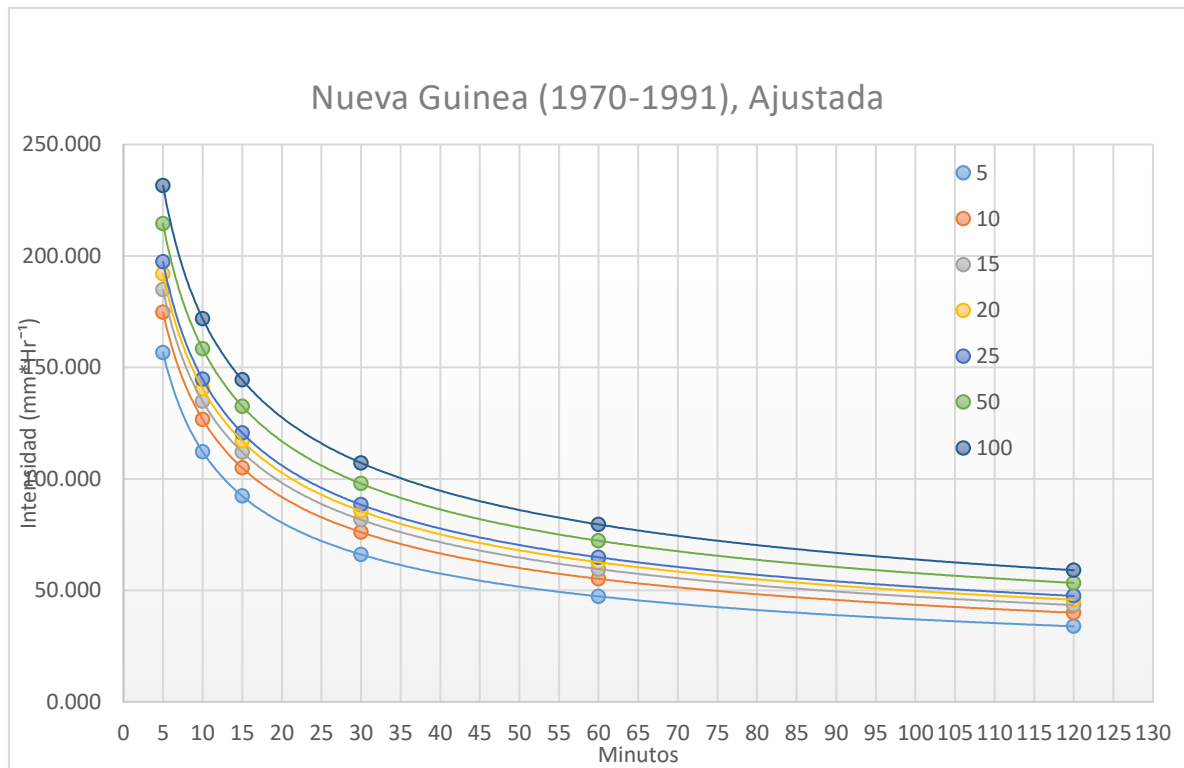
Gráfico 2: Hipsométrica con datos obtenidos de Idrisi Selva



Fuente: Elaboración propia

### 5.1.2 Curva Intensidad-Duración-Frecuencia

Gráfico 3: Curva Intensidad-Duración-Frecuencia



Fuente: Elaboración propia

Tabla 18: Ecuaciones de cada curva

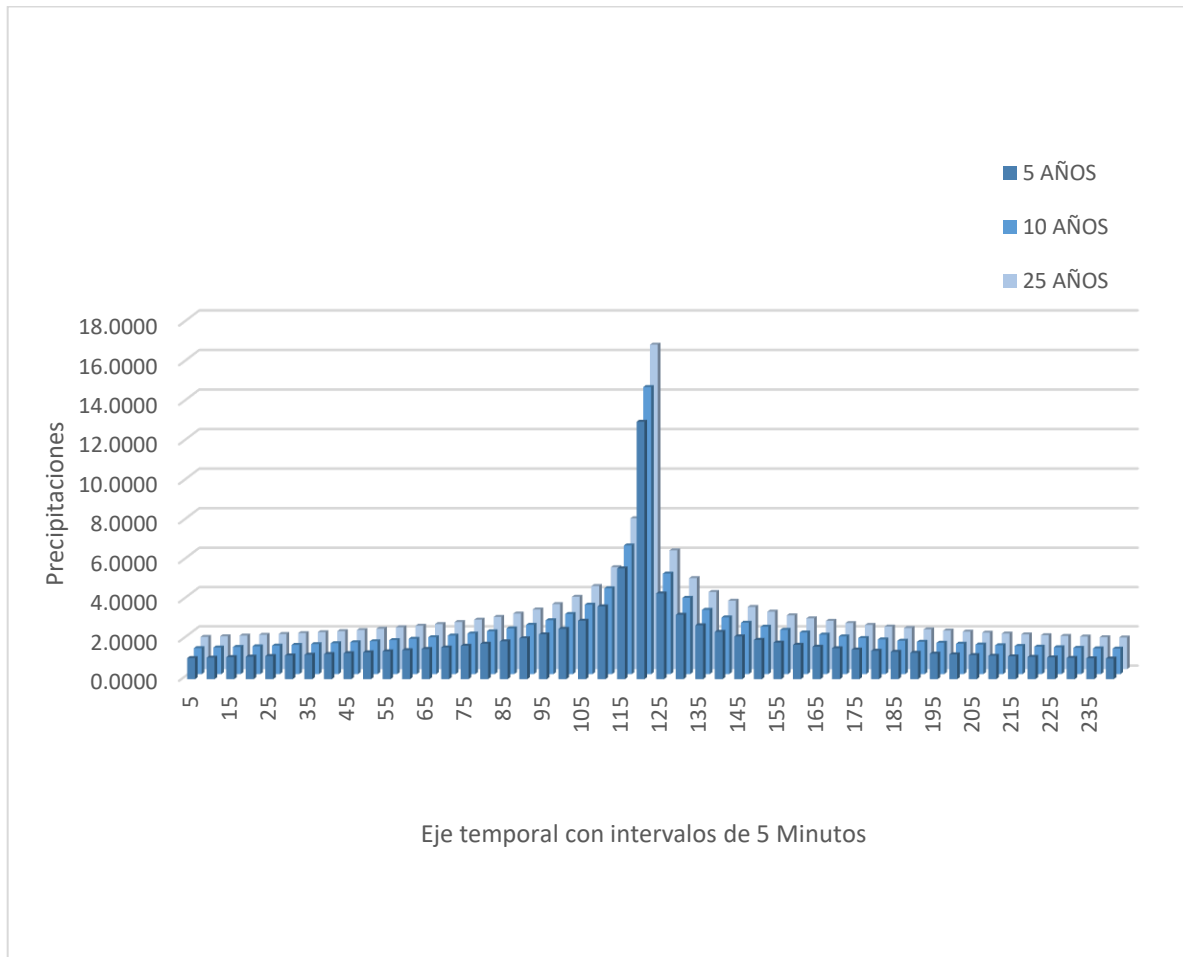
Períodos de retorno para diseño			
Tr(años)	Ecuación	R	Donde
5	$I = 340.41 X^{-0.482}$	-0.9961	X= Tc en minutos r= coef.de correlación de Pearson; ser cercano a -1
10	$I = 368.63 X^{-0.464}$	-0.9969	
25	$I = 405.84 X^{-0.448}$	-0.9975	

Fuente: Elaboración propia

Los períodos de retorno ( $T_r$ ), fueron elegidos respecto a la tabla número 12.



Gráfico 4: Hietograma de precipitaciones



Fuente: Elaboración propia

Los hietogramas de precipitaciones para períodos de retorno de 5,10 y 25 años obtenidos a través de curvas IDF y método de bloques alternos en el software Excel.

### 5.1.3 Caudales por el método racional (CIA)

Tabla 19: Caudales por el método racional (CIA)

Área (Hectáreas)	Pr (años)	Tc (min)	I (mm/Hr)	Coeficiente de escorrentía				Caudal m <sup>3</sup> /s
				Us	Ts	Pt	C	
67	5	10.43	109.948	0.2	1.5	2.5	0.75	15.35
	10		124.195					17.34
	25		141.958					19.82

Fuente: Elaboración propia

### Estimación del caudal, método de CIA

$$Q: \frac{CIA}{360} = \frac{0.75 \times 109.948 \times 67}{360} = 15.35 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Donde:

Q: Caudal en m<sup>3</sup>/s, estimado en el punto de cierre de la cuenca.

360: Coeficiente adimensional de conversión de unidades de medidas.

C: Coeficiente de escorrentía. (adimensional)

I: Intensidad de la lluvia en mm/h igual al tiempo de concentración.

A: Área de la cuenca en hectáreas.

#### 5.1.4 Coeficiente de Manning

Tabla 20: Coeficiente de Manning

Condiciones		Valores	
Material involucrado	Arcilla (Estudios de suelo)	n <sub>0</sub>	0.020
Grado de irregularidad	Menor	n <sub>1</sub>	0.005
Variaciones de sección transversal	Ocasionalmente alterna	n <sub>2</sub>	0.005
Efecto relativo de las obstrucciones	Insignificante	n <sub>3</sub>	0.005
Vegetación	Alta	n <sub>4</sub>	0.025
Grado de los efectos meandros	Apreciable	m <sub>5</sub>	1.150
		n	0.069

Fuente: Elaboración propia

#### 5.1.5 Estudio de suelo

Sobre la base de los reportes técnicos de campo y los resultados de laboratorio, se puede afirmar que en todo el tramo en estudio predominan los tipos de suelo que a continuación se describen: Suelos elásticos, los que están constituidos por limos arcillosos inorgánicos, de color café. Según el sistema de clasificación de suelos, SUCS, este material se clasifica del tipo MH. Este material es de alta compresibilidad y de alta plasticidad.

En general los suelos predominantes en los sitios en estudio, hasta la profundidad investigada de 1.50 metros, corresponden a suelos elásticos, conformados por limos arcillosos inorgánicos de media plasticidad, que se clasifican del tipo A-7-5

(MH). En los sondeos realizados no se detectó la presencia del nivel freático a las profundidades investigadas. (Ver ANEXO 8)

## 5.2 Análisis hidráulico

### 5.2.1 Simulación hidráulica del cauce natural

La topografía del cauce fue exportada de Excel a Civil3D, posteriormente, de este último a HEC-RAS, obteniendo un flujo supercrítico y los siguientes perfiles y secciones transversales:

The image shows two screenshots of the HEC-RAS 5.0.3 software interface. The top screenshot displays the main project configuration window with the following details:

- Project:** CAUCE
- Plan:** PLAN
- Geometry:** GEOMETRIA
- Steady Flow:** CAUDAL
- Units:** SI Units

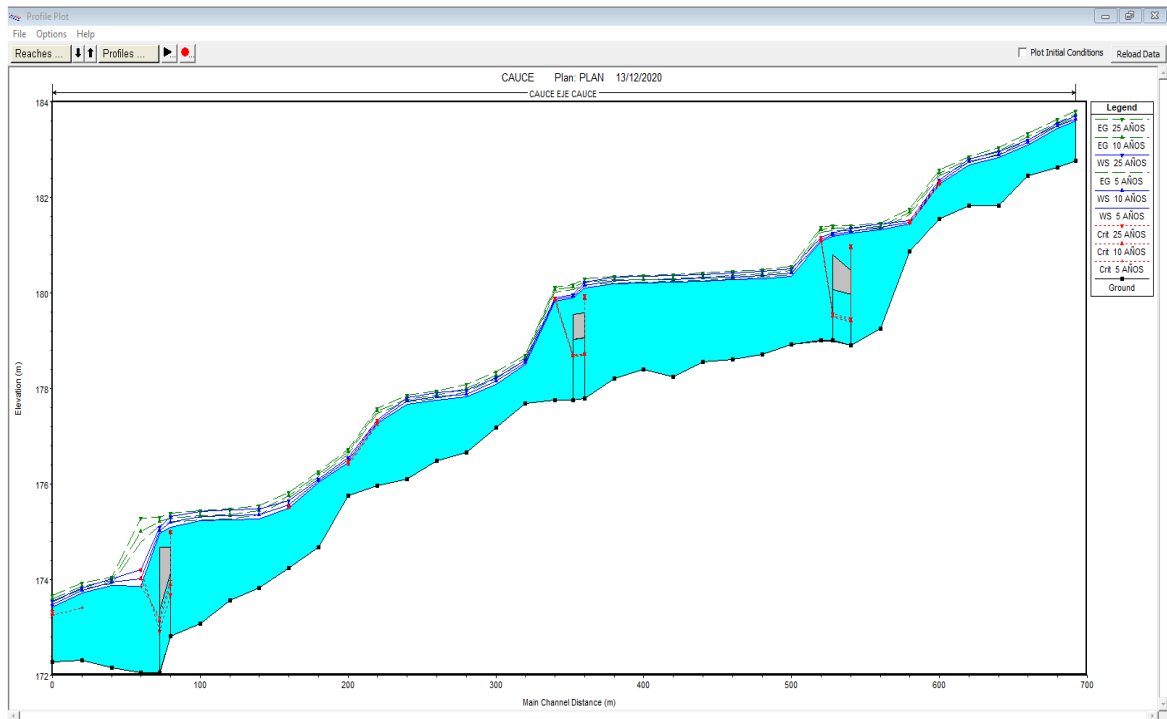
The bottom screenshot shows the 'Steady Flow Data - CAUDAL' window, which includes the following configuration and data table:

- Enter/Edit Number of Profiles (32000 max):** 3
- Locations of Flow Data Changes:**
  - River:** CAUCE
  - Reach:** EJE CAUCE
  - River Sta.:** 692.06
- Table:**

Flow Change Location			Profile Names and Flow Rates		
River	Reach	RS	5 AÑOS	10 AÑOS	25 AÑOS
1 CAUCE	EJE CAUCE	692.06	15.346	17.35	19.81

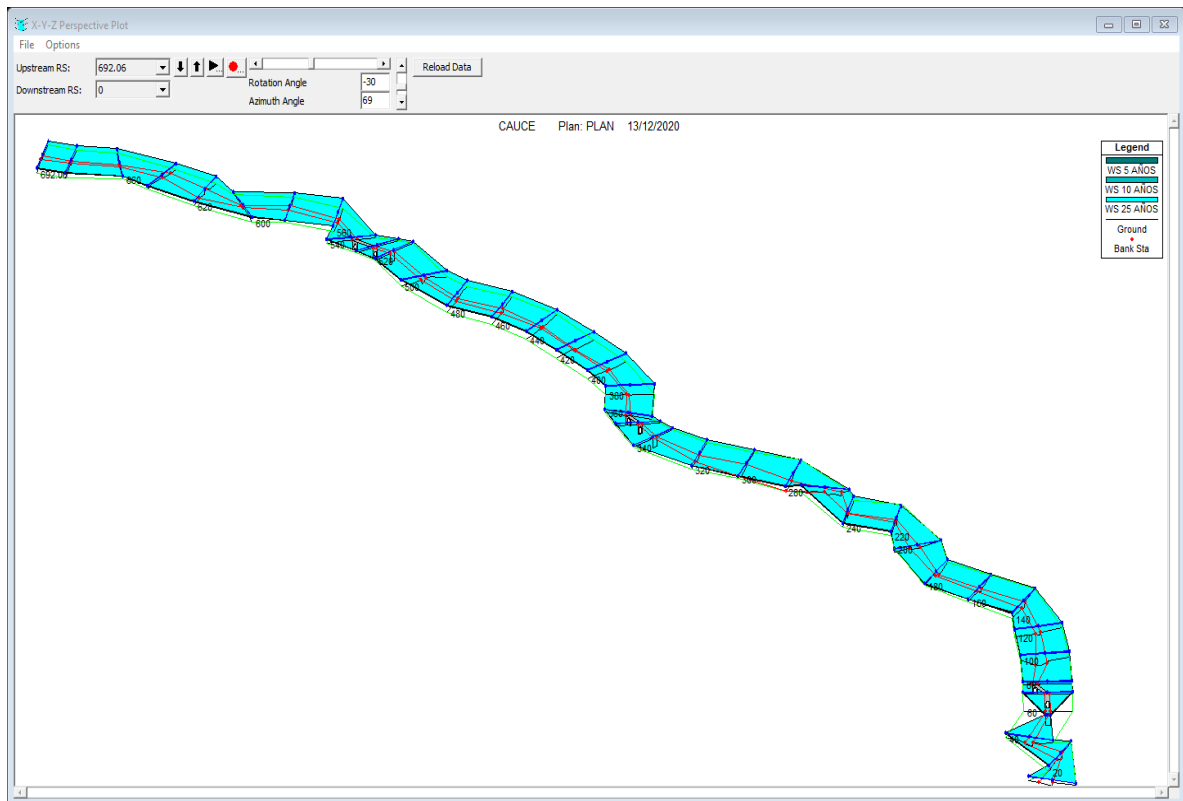
Fuente: Elaboración propia

Imagen 6: Perfil del cauce natural, modelación en HEC-RAS



Fuente: Elaboración propia

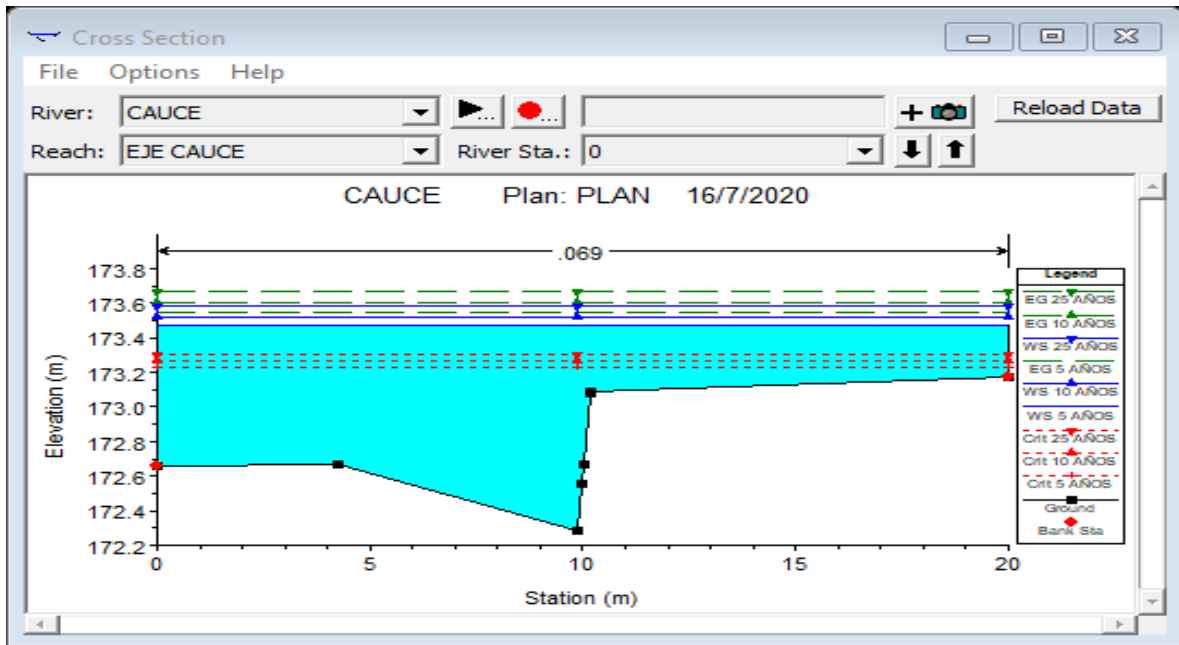
Imagen 7: Planta del cauce natural, modelación en HEC-RAS



Fuente: Elaboración propia

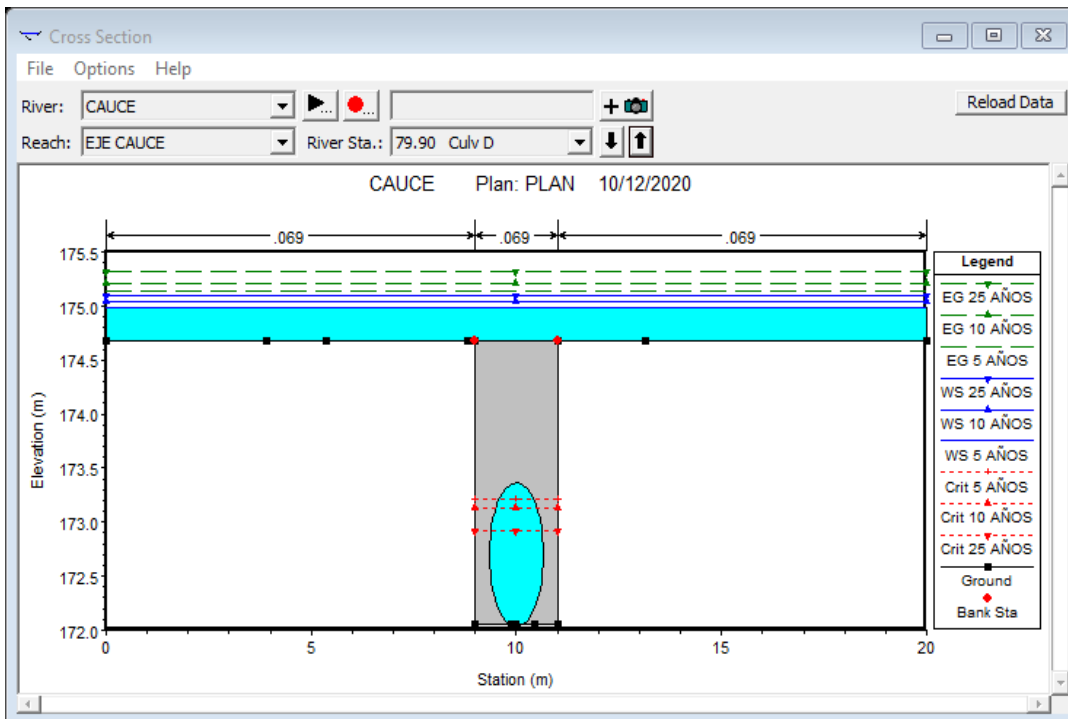
Imagen 8: Secciones transversales del cauce natural

- Estación 0+000



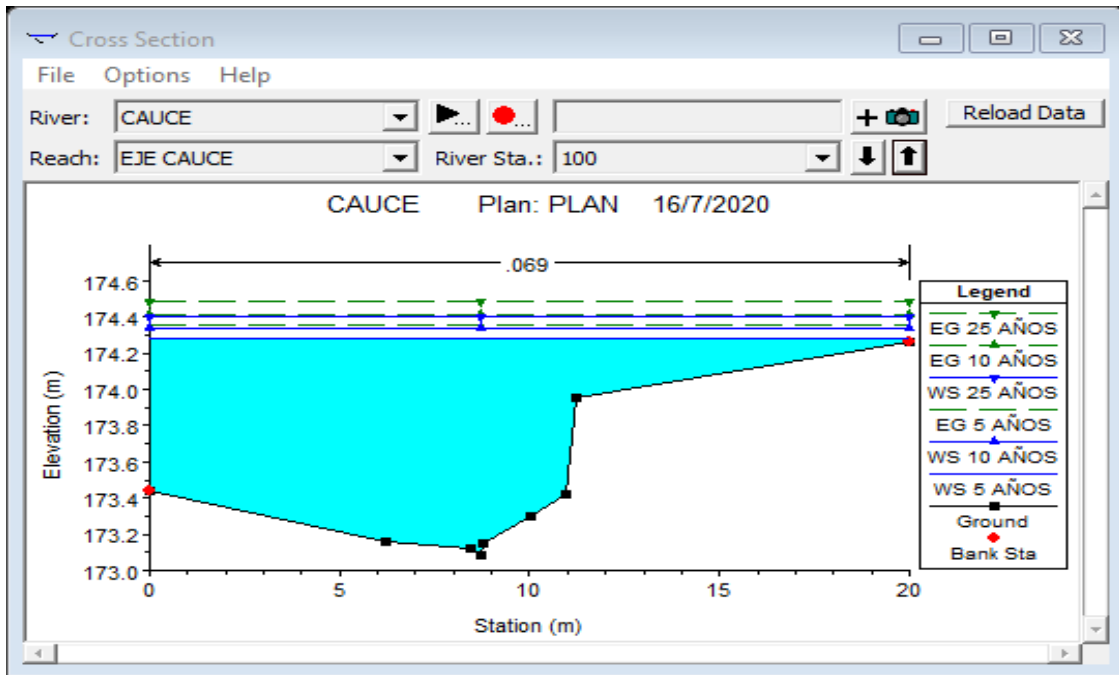
Fuente: Elaboración propia

- Sección 0+079.9



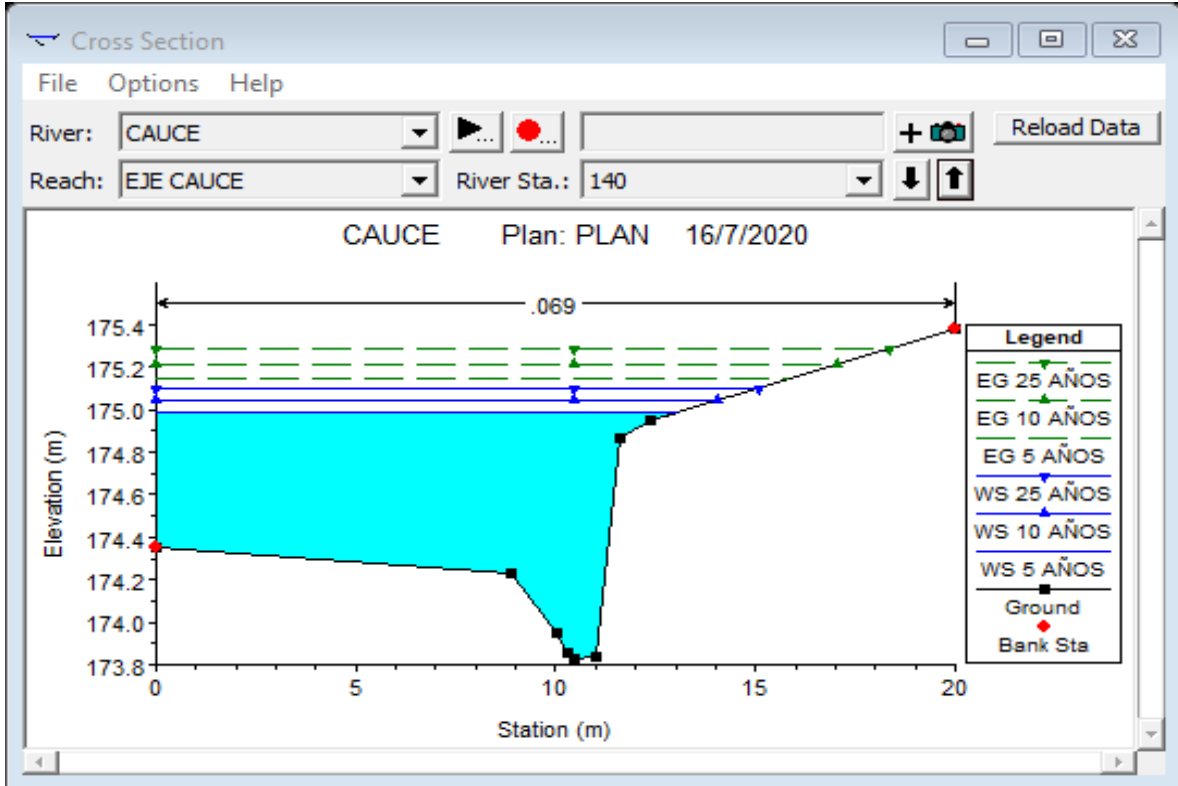
Fuente: Elaboración propia

- **Sección 0+100**



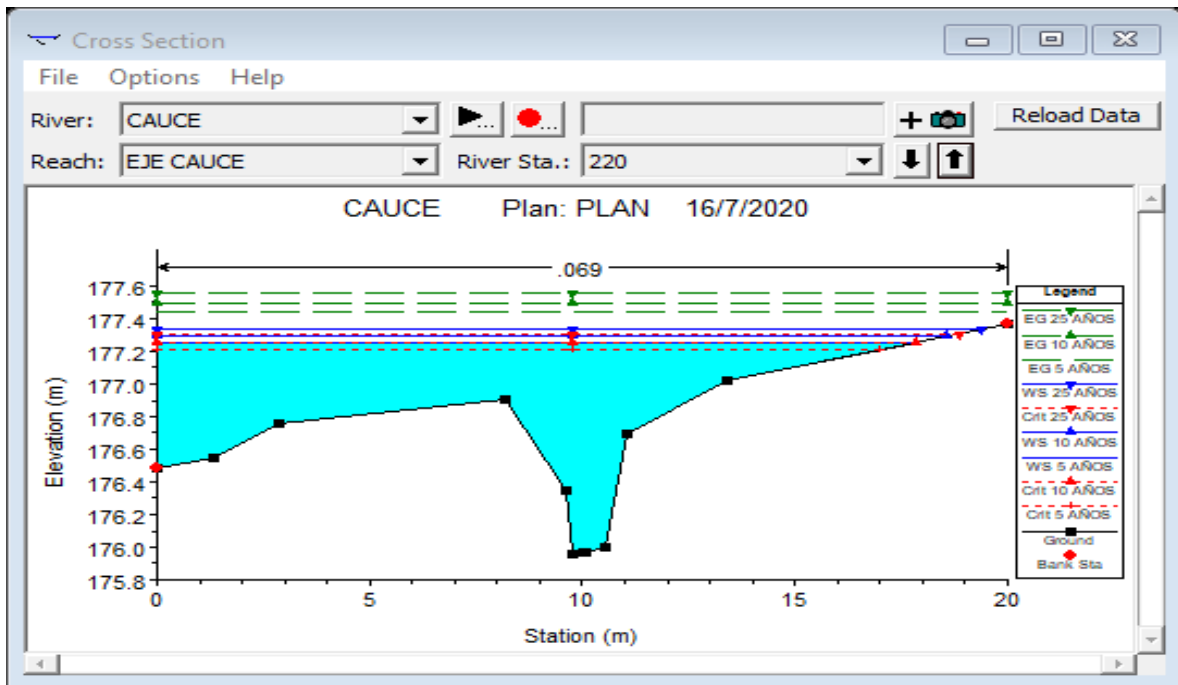
Fuente: Elaboración propia

- **Sección 0+140**



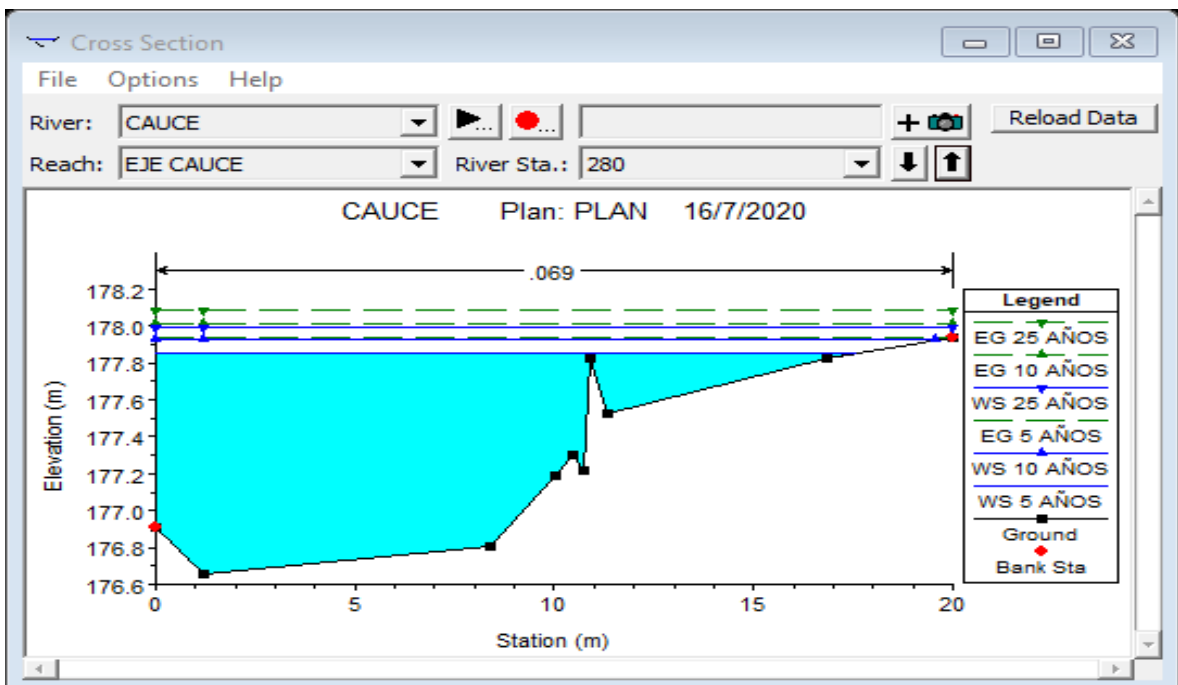
Fuente: Elaboración propia

- **Sección 0+220**



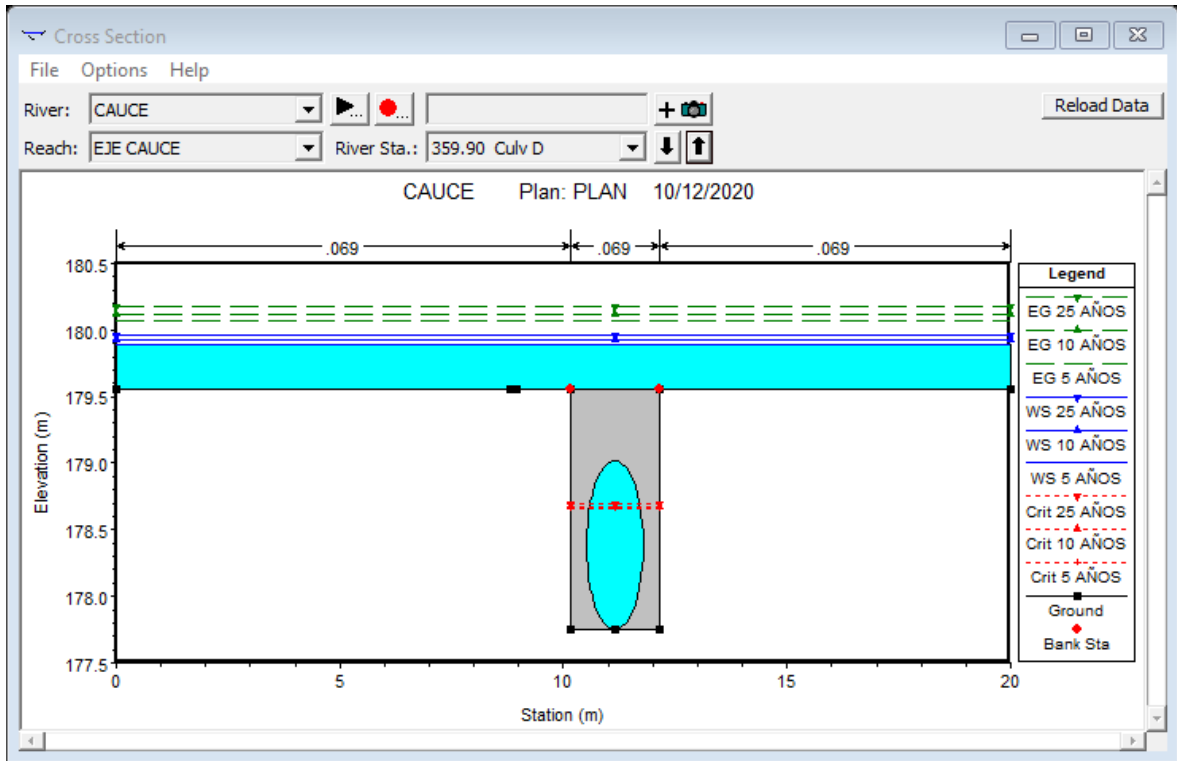
Fuente: Elaboración propia

- **Sección 0+280**



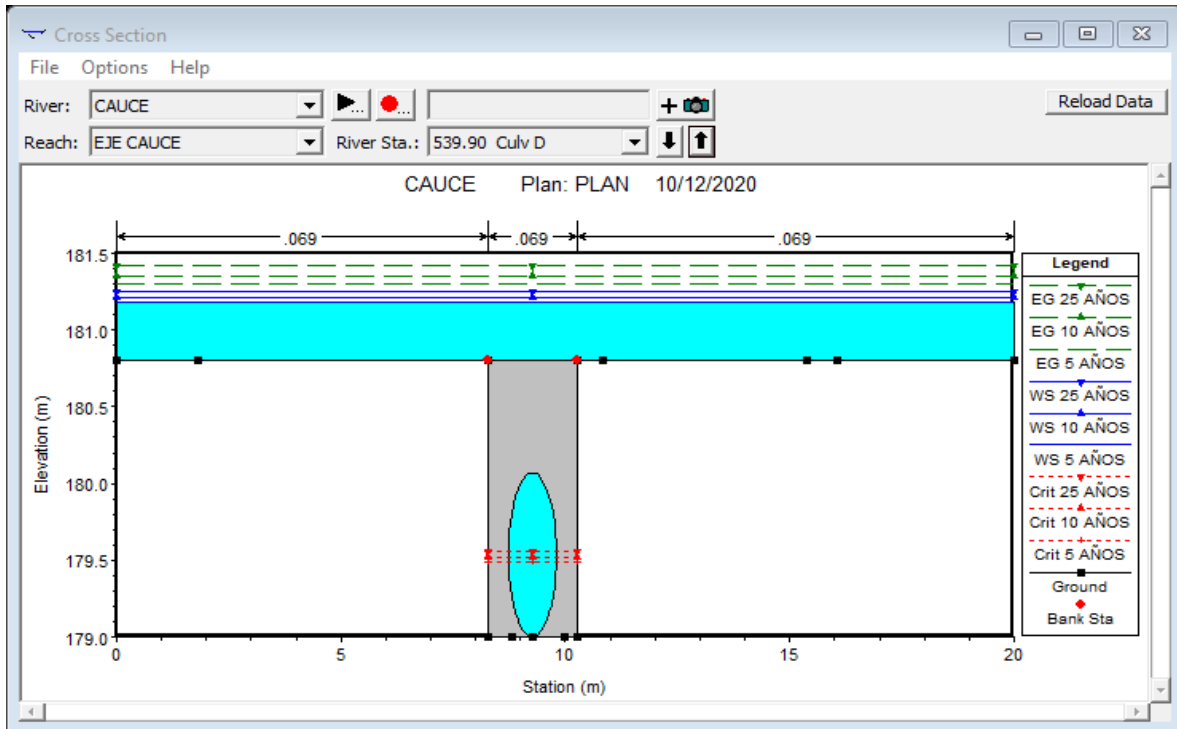
Fuente: Elaboración propia

- **Sección 0+359.90**



Fuente: Elaboración propia

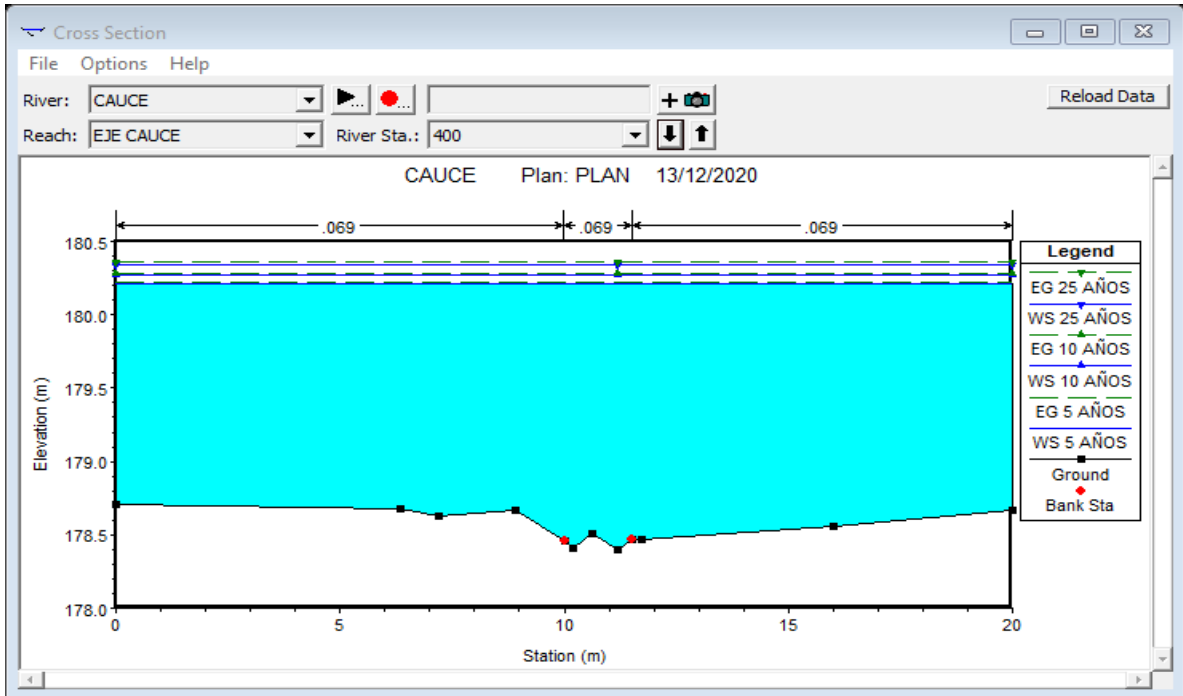
- **Sección 0+539.90**



Fuente: Elaboración propia

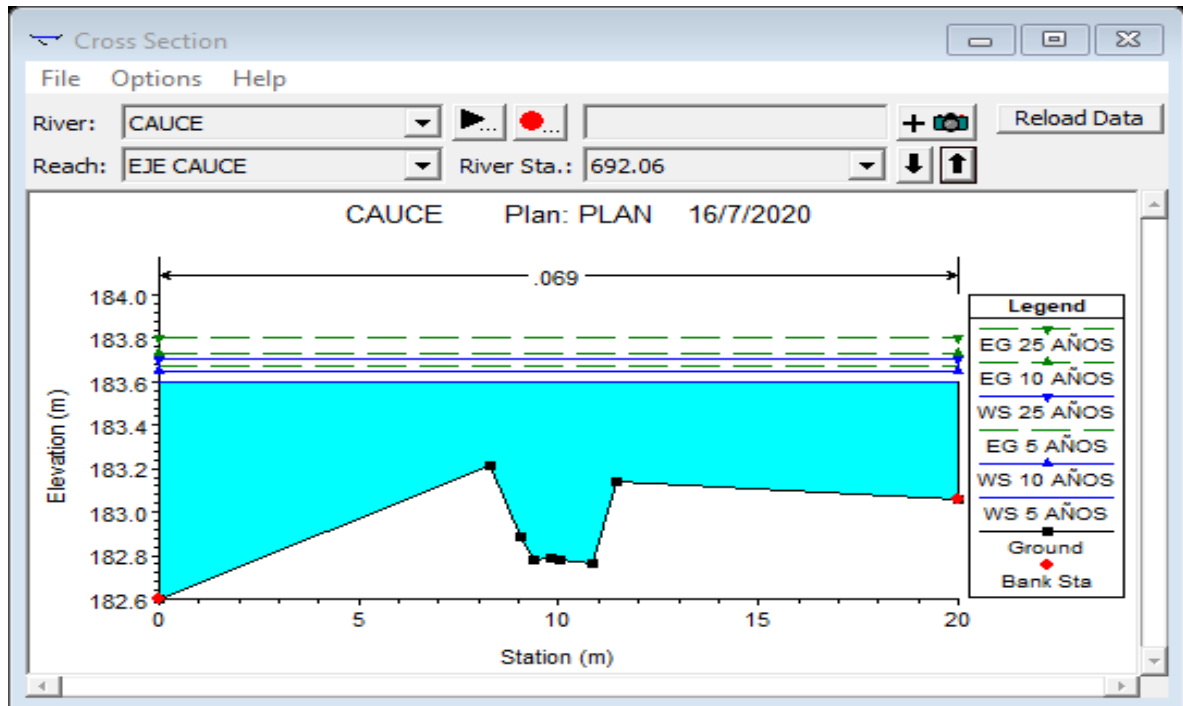


- **Sección 0+400**



Fuente: Elaboración propia

- **Sección 0+692.06**



Fuente: Elaboración propia

## 5.2.2 Resultados simulación de cauce natural

Tabla 21: Datos hidráulicos del cauce natural, Tr:5 años

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
EJE CAUCE	692.06	5 AÑOS	15.35	182.76	183.59		183.68	0.016078	1.41	12.15	20.00	0.53
EJE CAUCE	680	5 AÑOS	15.35	182.62	183.44		183.51	0.011500	1.15	13.57	20.00	0.44
EJE CAUCE	660	5 AÑOS	15.35	182.45	183.09		183.20	0.020149	1.31	10.92	20.00	0.57
EJE CAUCE	640	5 AÑOS	15.35	181.82	182.83		182.91	0.010802	1.39	13.11	20.00	0.47
EJE CAUCE	620	5 AÑOS	15.35	181.83	182.69		182.73	0.006436	0.87	16.21	20.00	0.33
EJE CAUCE	600	5 AÑOS	15.35	181.55	182.28	182.26	182.46	0.040927	2.04	8.71	20.00	0.81
EJE CAUCE	580	5 AÑOS	15.35	180.87	181.44	181.44	181.64	0.040532	1.52	8.44	20.00	0.77
EJE CAUCE	560	5 AÑOS	15.35	179.25	181.32		181.33	0.000587	0.57	33.66	20.00	0.13
EJE CAUCE	540	5 AÑOS	15.35	178.90	181.24	180.92	181.30	0.008474	1.19	15.48	20.00	0.25
EJE CAUCE	539.90		Culvert									
EJE CAUCE	520	5 AÑOS	15.35	179.00	181.07	181.07	181.27	0.038247	2.32	9.05	20.00	0.51
EJE CAUCE	500	5 AÑOS	15.35	178.93	180.35		180.39	0.004869	0.89	17.85	20.00	0.28
EJE CAUCE	480	5 AÑOS	15.35	178.72	180.30		180.33	0.001928	0.75	23.35	20.00	0.20
EJE CAUCE	460	5 AÑOS	15.35	178.60	180.27		180.29	0.001609	0.66	24.66	20.00	0.17
EJE CAUCE	440	5 AÑOS	15.35	178.56	180.24		180.26	0.001373	0.68	25.87	20.00	0.17
EJE CAUCE	420	5 AÑOS	15.35	178.24	180.22		180.24	0.000862	0.55	30.24	20.00	0.13
EJE CAUCE	400	5 AÑOS	15.35	178.40	180.21		180.22	0.000703	0.55	32.04	20.00	0.13
EJE CAUCE	380	5 AÑOS	15.35	178.21	180.20		180.21	0.000516	0.47	35.43	20.00	0.11
EJE CAUCE	360	5 AÑOS	15.35	177.79	180.11	179.86	180.17	0.011574	1.37	13.92	20.00	0.29
EJE CAUCE	359.90		Culvert									
EJE CAUCE	340	5 AÑOS	15.35	177.75	179.83	179.83	180.02	0.036514	2.27	9.22	20.00	0.50
EJE CAUCE	320	5 AÑOS	15.35	177.69	178.50		178.59	0.017024	1.50	11.89	20.00	0.57
EJE CAUCE	300	5 AÑOS	15.35	177.18	178.09		178.21	0.021108	1.68	10.58	20.00	0.63
EJE CAUCE	280	5 AÑOS	15.35	176.66	177.82		177.92	0.009959	1.53	11.68	16.67	0.47
EJE CAUCE	260	5 AÑOS	15.35	176.48	177.76		177.80	0.003218	0.85	19.64	20.00	0.25
EJE CAUCE	240	5 AÑOS	15.35	176.10	177.67		177.71	0.005312	0.93	16.89	20.00	0.28
EJE CAUCE	220	5 AÑOS	15.35	175.96	177.28	177.24	177.47	0.040538	2.33	8.46	18.20	0.78
EJE CAUCE	200	5 AÑOS	15.35	175.75	176.44	176.40	176.62	0.043701	2.17	8.65	19.93	0.89
EJE CAUCE	180	5 AÑOS	15.35	174.67	176.04		176.16	0.013521	1.75	10.97	20.00	0.53
EJE CAUCE	160	5 AÑOS	15.35	174.25	175.50	175.50	175.71	0.042962	2.50	8.35	18.71	0.86
EJE CAUCE	140	5 AÑOS	15.35	173.83	175.27		175.35	0.008222	1.29	13.20	18.08	0.38
EJE CAUCE	120	5 AÑOS	15.35	173.56	175.25		175.27	0.001540	0.71	24.93	20.00	0.18
EJE CAUCE	100	5 AÑOS	15.35	173.08	175.23		175.25	0.000885	0.69	28.66	20.00	0.15
EJE CAUCE	80	5 AÑOS	15.35	172.81	175.09	174.96	175.19	0.017802	1.66	12.01	20.00	0.35
EJE CAUCE	79.90		Culvert									
EJE CAUCE	60	5 AÑOS	15.35	172.05	173.87	173.87	174.78	0.152273	4.22	3.63	2.00	1.00
EJE CAUCE	40	5 AÑOS	15.35	172.16	173.88		173.92	0.003048	0.99	19.83	20.00	0.25
EJE CAUCE	20	5 AÑOS	15.35	172.31	173.71	173.41	173.80	0.012420	1.46	12.48	20.00	0.47
EJE CAUCE	0	5 AÑOS	15.35	172.28	173.43	173.25	173.53	0.014315	1.57	11.84	20.00	0.52

Fuente: Elaboración propia, modelación HEC-RAS

Tabla 22: Datos hidráulicos del cauce natural, Tr:10 años

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
EJE CAUCE	692.06	10 AÑOS	17.35	182.76	183.64		183.73	0.015920	1.47	13.16	20.00	0.54
EJE CAUCE	680	10 AÑOS	17.35	182.62	183.49		183.56	0.011690	1.21	14.56	20.00	0.45
EJE CAUCE	660	10 AÑOS	17.35	182.45	183.14		183.26	0.019476	1.37	11.98	20.00	0.57
EJE CAUCE	640	10 AÑOS	17.35	181.82	182.88		182.97	0.010774	1.45	14.27	20.00	0.47
EJE CAUCE	620	10 AÑOS	17.35	181.83	182.74		182.79	0.006717	0.93	17.28	20.00	0.35
EJE CAUCE	600	10 AÑOS	17.35	181.55	182.32	182.29	182.51	0.040619	2.12	9.49	20.00	0.82
EJE CAUCE	580	10 AÑOS	17.35	180.87	181.48	181.48	181.69	0.040836	1.62	9.21	20.00	0.79
EJE CAUCE	560	10 AÑOS	17.35	179.25	181.38		181.39	0.000680	0.62	34.77	20.00	0.14
EJE CAUCE	540	10 AÑOS	17.35	178.90	181.29	180.95	181.35	0.009047	1.25	16.41	20.00	0.26
EJE CAUCE	539.90		Culvert									
EJE CAUCE	520	10 AÑOS	17.35	179.00	181.11	181.11	181.32	0.039192	2.38	9.87	20.00	0.52
EJE CAUCE	500	10 AÑOS	17.35	178.93	180.42		180.46	0.004850	0.92	19.29	20.00	0.28
EJE CAUCE	480	10 AÑOS	17.35	178.72	180.37		180.40	0.002051	0.80	24.76	20.00	0.21
EJE CAUCE	460	10 AÑOS	17.35	178.60	180.34		180.36	0.001740	0.71	26.01	20.00	0.18
EJE CAUCE	440	10 AÑOS	17.35	178.56	180.31		180.33	0.001504	0.73	27.17	20.00	0.18
EJE CAUCE	420	10 AÑOS	17.35	178.24	180.29		180.30	0.000969	0.59	31.50	20.00	0.13
EJE CAUCE	400	10 AÑOS	17.35	178.40	180.27		180.28	0.000798	0.60	33.26	20.00	0.14
EJE CAUCE	380	10 AÑOS	17.35	178.21	180.26		180.27	0.000594	0.52	36.63	20.00	0.12
EJE CAUCE	360	10 AÑOS	17.35	177.79	180.16	179.90	180.23	0.011895	1.41	14.97	20.00	0.29
EJE CAUCE	359.90		Culvert									
EJE CAUCE	340	10 AÑOS	17.35	177.75	179.86	179.86	180.07	0.038982	2.37	9.89	20.00	0.52
EJE CAUCE	320	10 AÑOS	17.35	177.69	178.54		178.64	0.017785	1.59	12.66	20.00	0.58
EJE CAUCE	300	10 AÑOS	17.35	177.18	178.16		178.28	0.017991	1.66	12.08	20.00	0.59
EJE CAUCE	280	10 AÑOS	17.35	176.66	177.88		178.00	0.010907	1.66	12.80	18.40	0.49
EJE CAUCE	260	10 AÑOS	17.35	176.48	177.83		177.87	0.003349	0.90	20.98	20.00	0.26
EJE CAUCE	240	10 AÑOS	17.35	176.10	177.73		177.78	0.005436	0.98	18.16	20.00	0.29
EJE CAUCE	220	10 AÑOS	17.35	175.96	177.30	177.28	177.52	0.045710	2.51	8.86	18.62	0.84
EJE CAUCE	200	10 AÑOS	17.35	175.75	176.50	176.46	176.67	0.038337	2.16	9.74	19.94	0.84
EJE CAUCE	180	10 AÑOS	17.35	174.67	176.07		176.21	0.015016	1.88	11.63	20.00	0.56
EJE CAUCE	160	10 AÑOS	17.35	174.25	175.57	175.53	175.76	0.035519	2.40	9.77	19.62	0.79
EJE CAUCE	140	10 AÑOS	17.35	173.83	175.36		175.44	0.007699	1.31	14.93	19.70	0.37
EJE CAUCE	120	10 AÑOS	17.35	173.56	175.34		175.36	0.001574	0.74	26.77	20.00	0.19
EJE CAUCE	100	10 AÑOS	17.35	173.08	175.32		175.34	0.000938	0.73	30.47	20.00	0.16
EJE CAUCE	80	10 AÑOS	17.35	172.81	175.20	174.99	175.29	0.014029	1.52	14.18	20.00	0.31
EJE CAUCE	79.90		Culvert									
EJE CAUCE	60	10 AÑOS	17.35	172.05	174.02	174.02	175.01	0.159246	4.40	3.94	2.00	1.00
EJE CAUCE	40	10 AÑOS	17.35	172.16	173.94		173.98	0.003229	1.04	21.07	20.00	0.26
EJE CAUCE	20	10 AÑOS	17.35	172.31	173.77	173.47	173.86	0.012507	1.52	13.58	20.00	0.47
EJE CAUCE	0	10 AÑOS	17.35	172.28	173.49	173.29	173.59	0.014314	1.63	12.90	20.00	0.52

Fuente: Elaboración propia, modelación HEC-RAS

Tabla 23: Datos hidráulicos del cauce natural, Tr:25 años

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
EJE CAUCE	692.06	25 AÑOS	19.81	182.76	183.70		183.80	0.015764	1.53	14.34	20.00	0.54
EJE CAUCE	680	25 AÑOS	19.81	182.62	183.55		183.63	0.011882	1.28	15.73	20.00	0.46
EJE CAUCE	660	25 AÑOS	19.81	182.45	183.21		183.33	0.018811	1.44	13.21	20.00	0.57
EJE CAUCE	640	25 AÑOS	19.81	181.82	182.95		183.04	0.010782	1.51	15.59	20.00	0.48
EJE CAUCE	620	25 AÑOS	19.81	181.83	182.80		182.86	0.007049	1.00	18.50	20.00	0.36
EJE CAUCE	600	25 AÑOS	19.81	181.55	182.36	182.33	182.57	0.039786	2.19	10.45	20.00	0.82
EJE CAUCE	580	25 AÑOS	19.81	180.87	181.52	181.52	181.75	0.041732	1.74	10.04	20.00	0.81
EJE CAUCE	560	25 AÑOS	19.81	179.25	181.44		181.46	0.000788	0.68	36.11	20.00	0.15
EJE CAUCE	540	25 AÑOS	19.81	178.90	181.35	180.99	181.42	0.009552	1.30	17.56	20.00	0.27
EJE CAUCE	539.90		Culvert									
EJE CAUCE	520	25 AÑOS	19.81	179.00	181.16	181.16	181.37	0.039946	2.44	10.81	20.00	0.53
EJE CAUCE	500	25 AÑOS	19.81	178.93	180.51		180.55	0.004824	0.97	20.99	20.00	0.28
EJE CAUCE	480	25 AÑOS	19.81	178.72	180.46		180.49	0.002180	0.85	26.42	20.00	0.21
EJE CAUCE	460	25 AÑOS	19.81	178.60	180.42		180.44	0.001881	0.76	27.62	20.00	0.19
EJE CAUCE	440	25 AÑOS	19.81	178.56	180.38		180.41	0.001646	0.79	28.73	20.00	0.19
EJE CAUCE	420	25 AÑOS	19.81	178.24	180.36		180.38	0.001090	0.64	33.01	20.00	0.14
EJE CAUCE	400	25 AÑOS	19.81	178.40	180.34		180.36	0.000909	0.66	34.73	20.00	0.15
EJE CAUCE	380	25 AÑOS	19.81	178.21	180.33		180.34	0.000687	0.57	38.06	20.00	0.13
EJE CAUCE	360	25 AÑOS	19.81	177.79	180.22	179.94	180.30	0.012111	1.45	16.23	20.00	0.30
EJE CAUCE	359.90		Culvert									
EJE CAUCE	340	25 AÑOS	19.81	177.75	179.89	179.89	180.12	0.044126	2.55	10.42	20.00	0.56
EJE CAUCE	320	25 AÑOS	19.81	177.69	178.59		178.70	0.018035	1.67	13.69	20.00	0.59
EJE CAUCE	300	25 AÑOS	19.81	177.18	178.23		178.35	0.016533	1.69	13.53	20.00	0.58
EJE CAUCE	280	25 AÑOS	19.81	176.66	177.96		178.09	0.010997	1.74	14.25	20.00	0.50
EJE CAUCE	260	25 AÑOS	19.81	176.48	177.90		177.95	0.003535	0.96	22.44	20.00	0.27
EJE CAUCE	240	25 AÑOS	19.81	176.10	177.80		177.86	0.005675	1.04	19.52	20.00	0.30
EJE CAUCE	220	25 AÑOS	19.81	175.96	177.34	177.34	177.59	0.046706	2.62	9.70	19.45	0.85
EJE CAUCE	200	25 AÑOS	19.81	175.75	176.56	176.49	176.74	0.034341	2.17	10.98	20.00	0.81
EJE CAUCE	180	25 AÑOS	19.81	174.67	176.11		176.27	0.016940	2.04	12.33	20.00	0.60
EJE CAUCE	160	25 AÑOS	19.81	174.25	175.66		175.83	0.028736	2.29	11.49	20.00	0.73
EJE CAUCE	140	25 AÑOS	19.81	173.83	175.47		175.55	0.006950	1.32	17.16	20.00	0.35
EJE CAUCE	120	25 AÑOS	19.81	173.56	175.45		175.48	0.001599	0.78	28.98	20.00	0.19
EJE CAUCE	100	25 AÑOS	19.81	173.08	175.43		175.45	0.000988	0.77	32.66	20.00	0.17
EJE CAUCE	80	25 AÑOS	19.81	172.81	175.32	175.02	175.40	0.011339	1.41	16.59	20.00	0.28
EJE CAUCE	79.90		Culvert									
EJE CAUCE	60	25 AÑOS	19.81	172.05	174.20	174.20	175.28	0.167656	4.60	4.31	2.00	1.00
EJE CAUCE	40	25 AÑOS	19.81	172.16	174.01		174.06	0.003439	1.11	22.48	20.00	0.27
EJE CAUCE	20	25 AÑOS	19.81	172.31	173.83	173.54	173.93	0.012629	1.58	14.83	20.00	0.48
EJE CAUCE	0	25 AÑOS	19.81	172.28	173.55	173.34	173.66	0.014309	1.70	14.13	20.00	0.53

Fuente: Elaboración propia, modelación HEC-RAS

Las corrientes desbordan el cauce se desbordan y hay velocidades menores al valor mínimo permisible para evitar sedimentación, es decir; menores a 0.76 m/s. El flujo es supercrítico.

### 5.2.3 Propuesta de diseño hidráulico

La propuesta de sección se obtuvo del software H-Canales, para dicha sección se deberá realizar movimiento de tierra en el sitio, todo esto con el fin de; mejorar el control del flujo. Se propone una sección típica con revestimiento de concreto en la solera con Manning de 0.016 y en los taludes mampostería bolón con n: 0.023.

Tabla 24: Coeficientes de Manning en propuesta

River Station	Frctn (n/K)	n #1	n #2	n #3
1 680	n	0.023	0.016	0.023
2 660	n	0.023	0.016	0.023
3 640	n	0.023	0.016	0.023
4 620	n	0.023	0.016	0.023
5 600	n	0.023	0.016	0.023
6 580	n	0.023	0.016	0.023
7 560	n	0.023	0.016	0.023
8 540	n	0.023	0.016	0.023
9 520	n	0.023	0.016	0.023
10 500	n	0.023	0.016	0.023
11 480	n	0.023	0.016	0.023
12 460	n	0.023	0.016	0.023
13 440	n	0.023	0.016	0.023
14 420	n	0.023	0.016	0.023
15 400	n	0.023	0.016	0.023
16 380	n	0.023	0.016	0.023
17 360	n	0.023	0.016	0.023
18 340	n	0.023	0.016	0.023
19 320	n	0.023	0.016	0.023
20 300	n	0.023	0.016	0.023
21 280	n	0.023	0.016	0.023
22 260	n	0.023	0.016	0.023
23 240	n	0.023	0.016	0.023
24 220	n	0.023	0.016	0.023

Fuente: Elaboración propia, modelación HEC-RAS

Imagen 9: Sección transversal propuesta; H-Canales

**Lugar:** Nueva Guinea **Proyecto:** Revestimiento de Cauce  
**Tramo:** Zona #2 **Revestimiento:** Concreto

**Datos:**  
 Caudal (Q): 19.81 m<sup>3</sup>/s  
 Ancho de solera (b): 3.5 m  
 Talud (Z): 2  
 Rugosidad (n): 0.016  
 Pendiente (S): 0.0015 m/m

**Resultados:**  
 Tirante normal (y): 1.3949 m  
 Área hidráulica (A): 8.7733 m<sup>2</sup>  
 Espejo de agua (T): 9.0795 m  
 Número de Froude (F): 0.7334  
 Tipo de flujo: Subcrítico

Perímetro (p): 9.7380 m  
 Radio hidráulico (R): 0.9009 m  
 Velocidad (v): 2.2580 m/s  
 Energía específica (E): 1.6547 m-Kg/Kg

Botones: Calcular, Limpiar Pantalla, Imprimir, Menú Principal, Calculadora

Ingresar el nombre del tramo del canal | 03:07 | 16/7/2020

Fuente: Elaboración propia, H-Canales



Es necesario mencionar que en las estaciones 0+300, 0+420 y 0+560; se implementará elementos caja puente con una sección transversalmente rectangular.

Los caudales máximos fueron obtenidos gracias al método racional (CIA) puesto que, el área de la cuenca es menor a 5 km<sup>2</sup>; obteniendo con ello, para un período de retorno de 25 años –por ser la propuesta un cauce revestido- 19.82m<sup>3</sup>/s.

La propuesta de sección se obtuvo del software H-Canales: espejo de agua de 9 m y ancho de solera de 3.5. Pendiente de 0.0015 m/m y velocidades que evitan la sedimentación y no resultan erosivas. A su vez, para dicha sección típica se propuso revestimiento de concreto en la solera y en los taludes mampostería bolón.

Se logró modelar el cauce según los caudales obtenidos para cada período de retorno, utilizando como herramienta el software HEC-RAS.

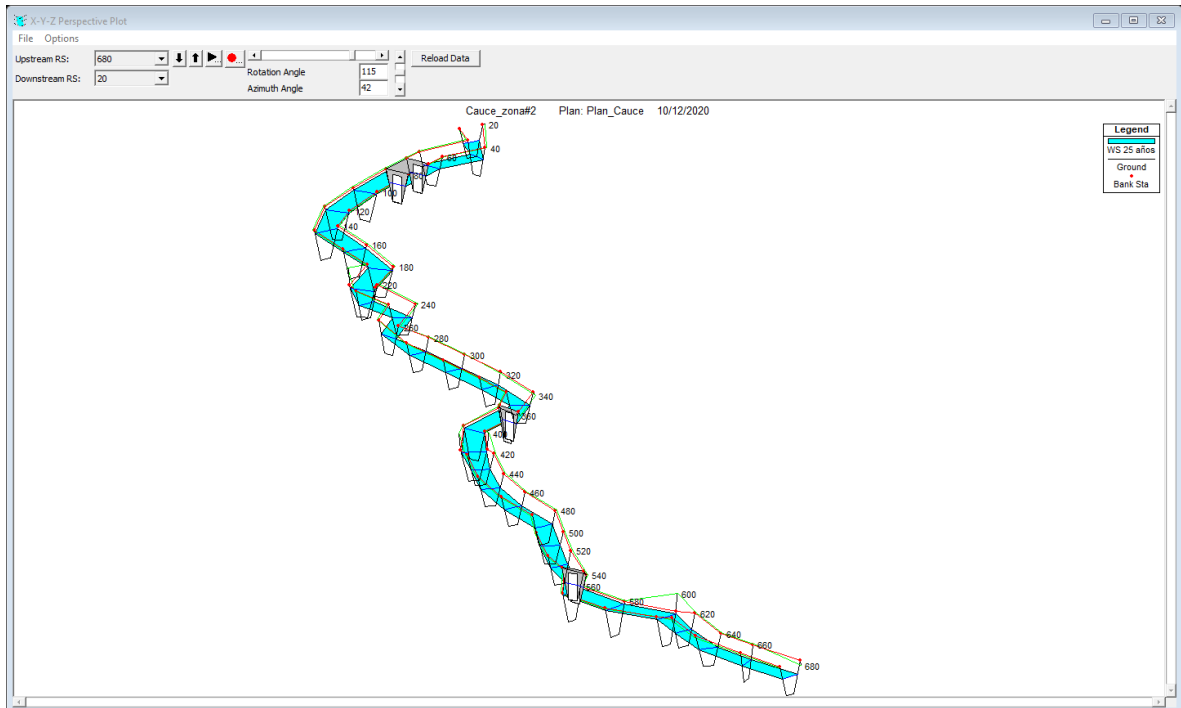
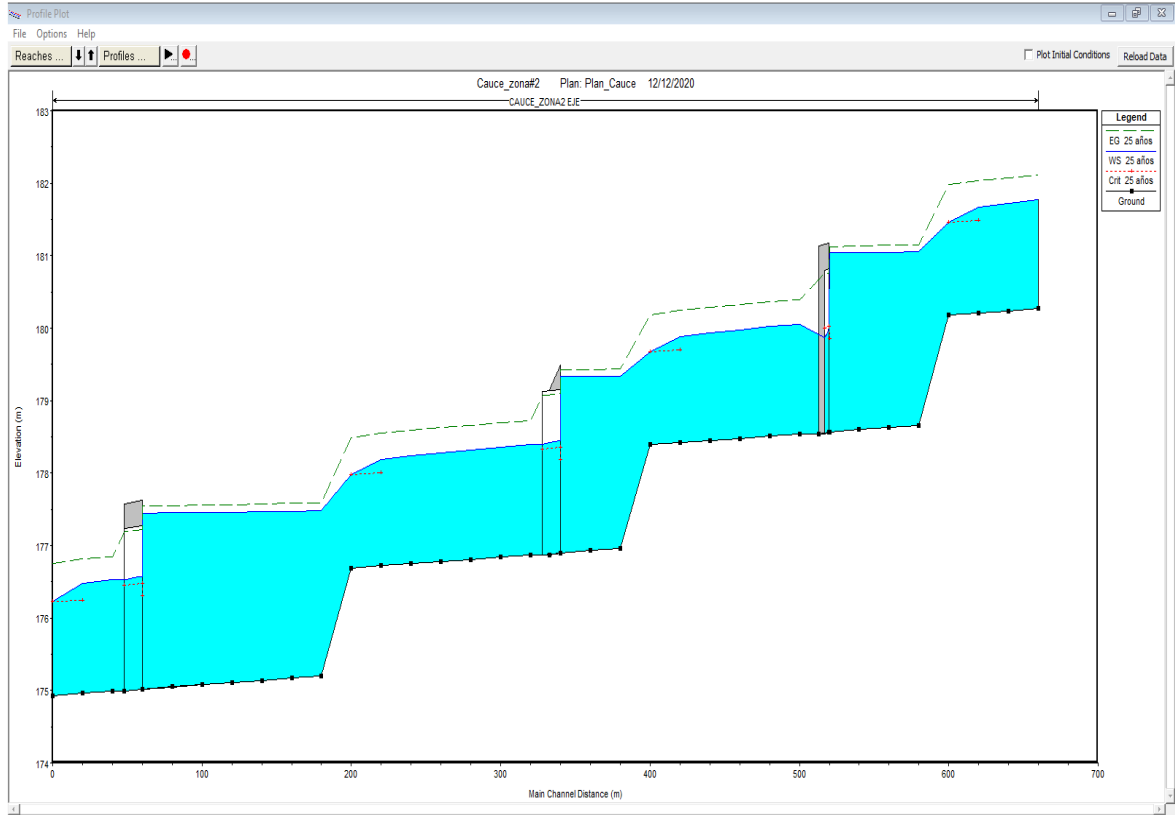
#### 5.2.4 Perfil de cauce propuesto

The screenshot displays the HEC-RAS 5.0.3 software interface. The main window shows project settings for 'Cauce\_zona#2'. Below this, a 'Steady Flow Data - Caudal\_Cauce' window is open, showing the configuration for flow data changes. A table at the bottom of this window lists the flow change locations.

Flow Change Location			Profile Names and Flow Rates	
River	Reach	RS	25 años	
1 CAUCE_ZONA2	EJE	680	19.81	

Fuente: Elaboración propia, modelación HEC-RAS

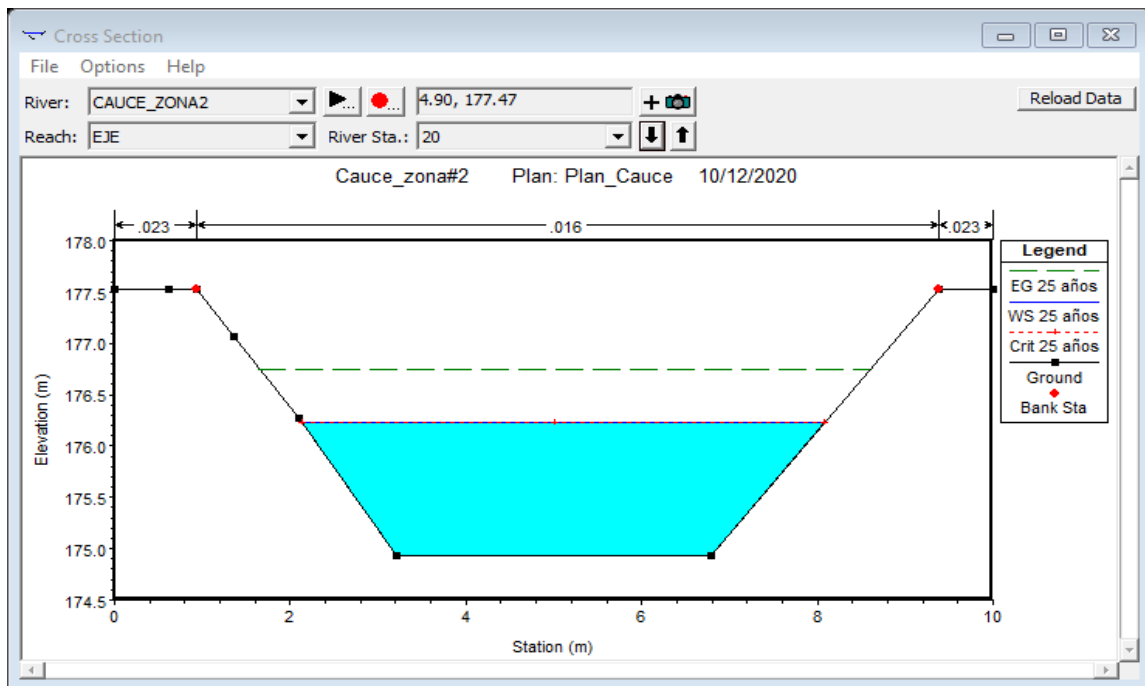
Imagen 10: Perfil del cauce propuesto



Fuente: Elaboración propia, modelación HEC-RAS

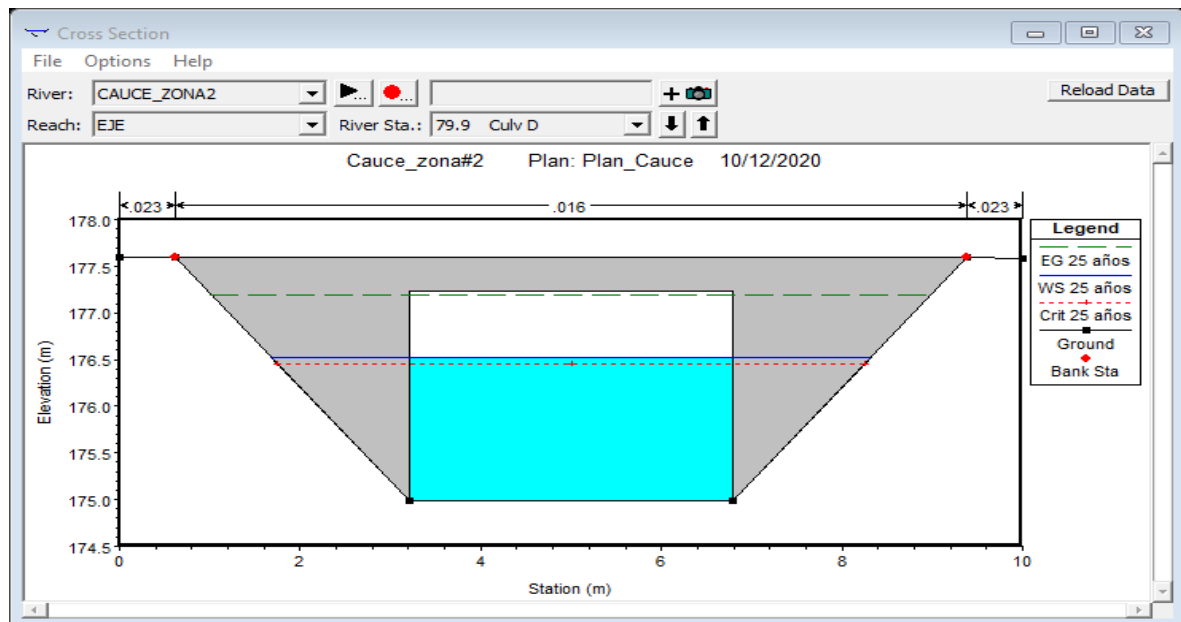
## 5.2.5 Secciones transversales de propuesta de diseño

- Estación 0+020



Fuente: Elaboración propia, modelación HEC-RAS

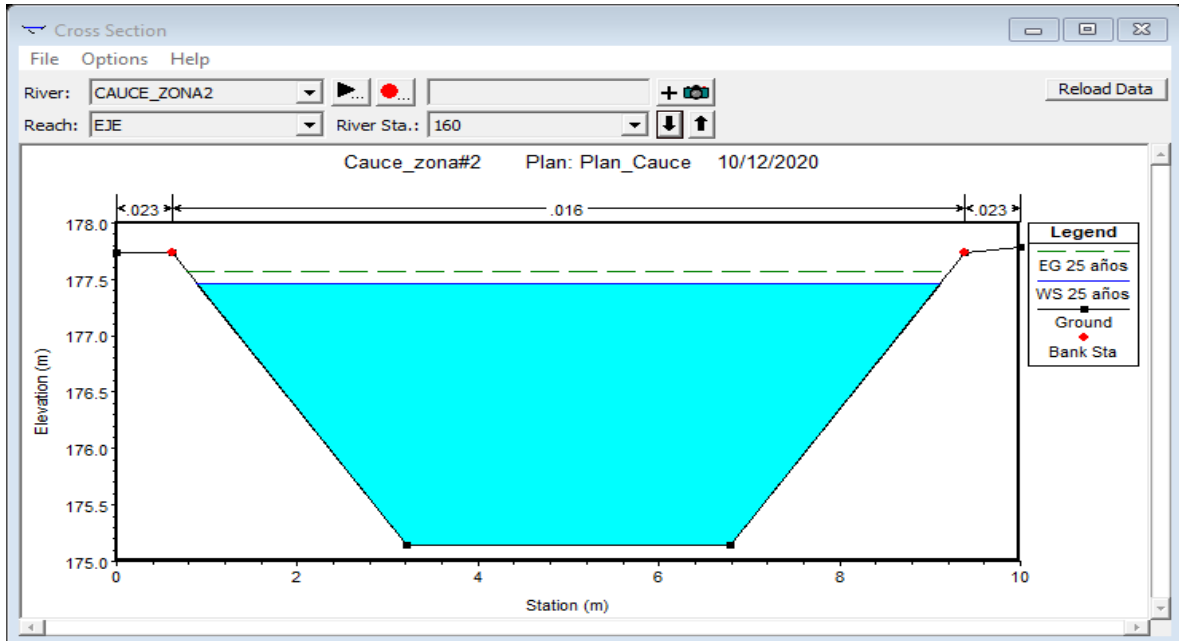
- Estación 0+79.90



Fuente: Elaboración propia, modelación HEC-RAS

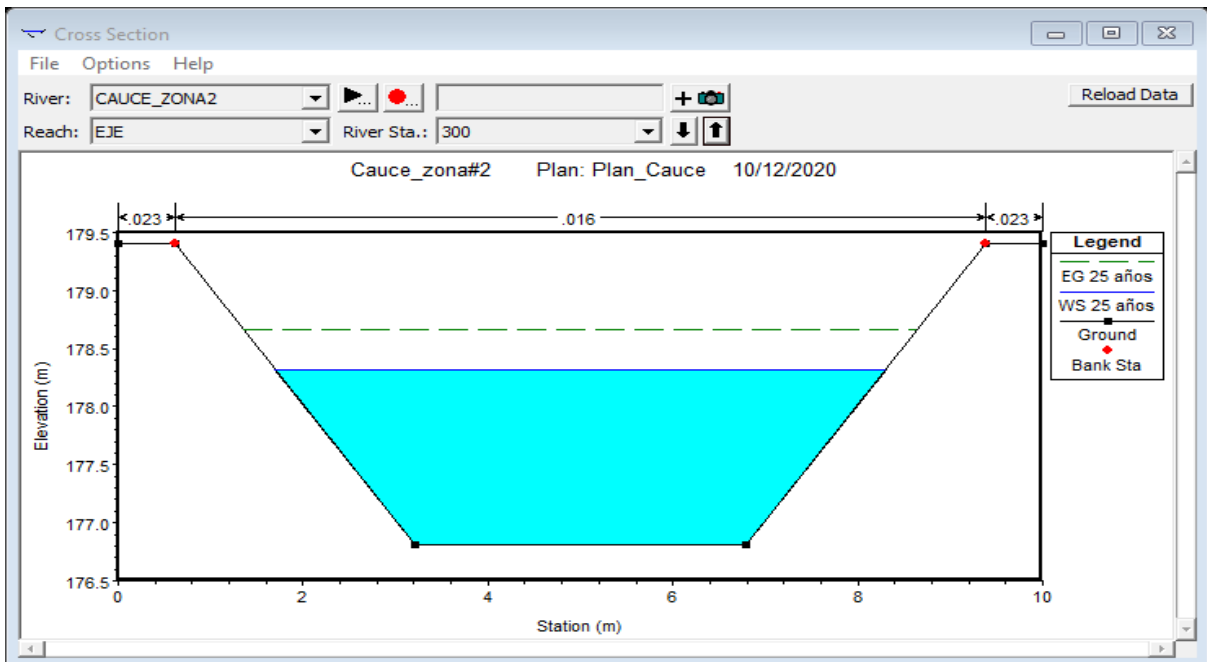


- Estación 0+160



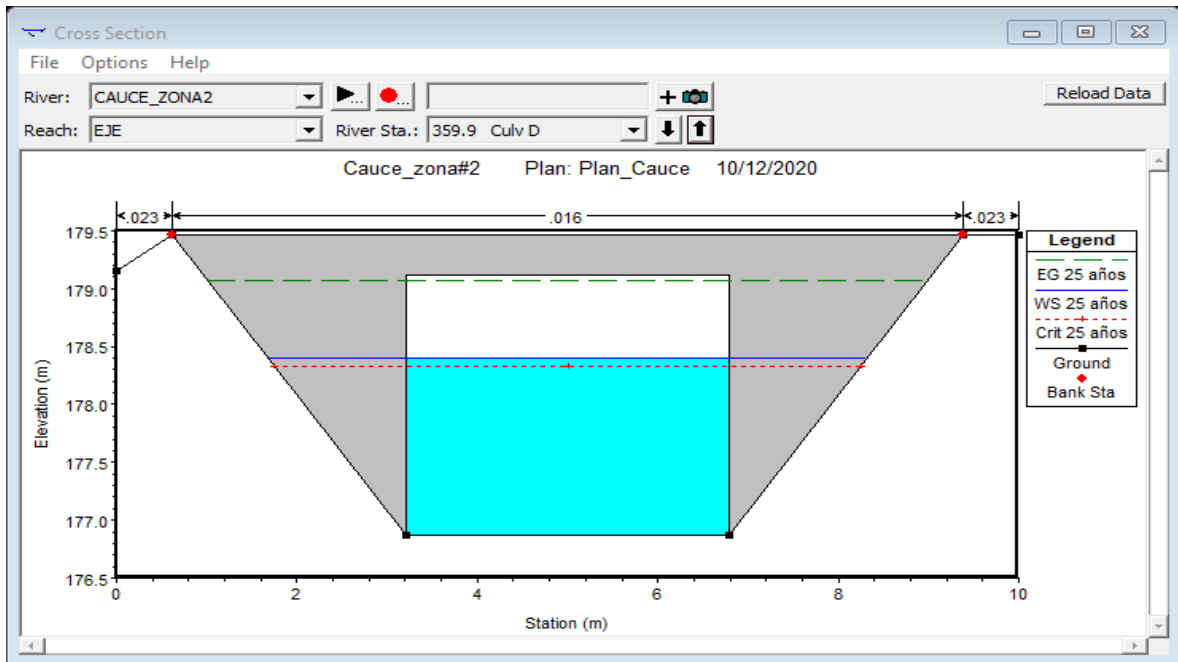
Fuente: Elaboración propia, modelación HEC-RAS

- Sección 0+300



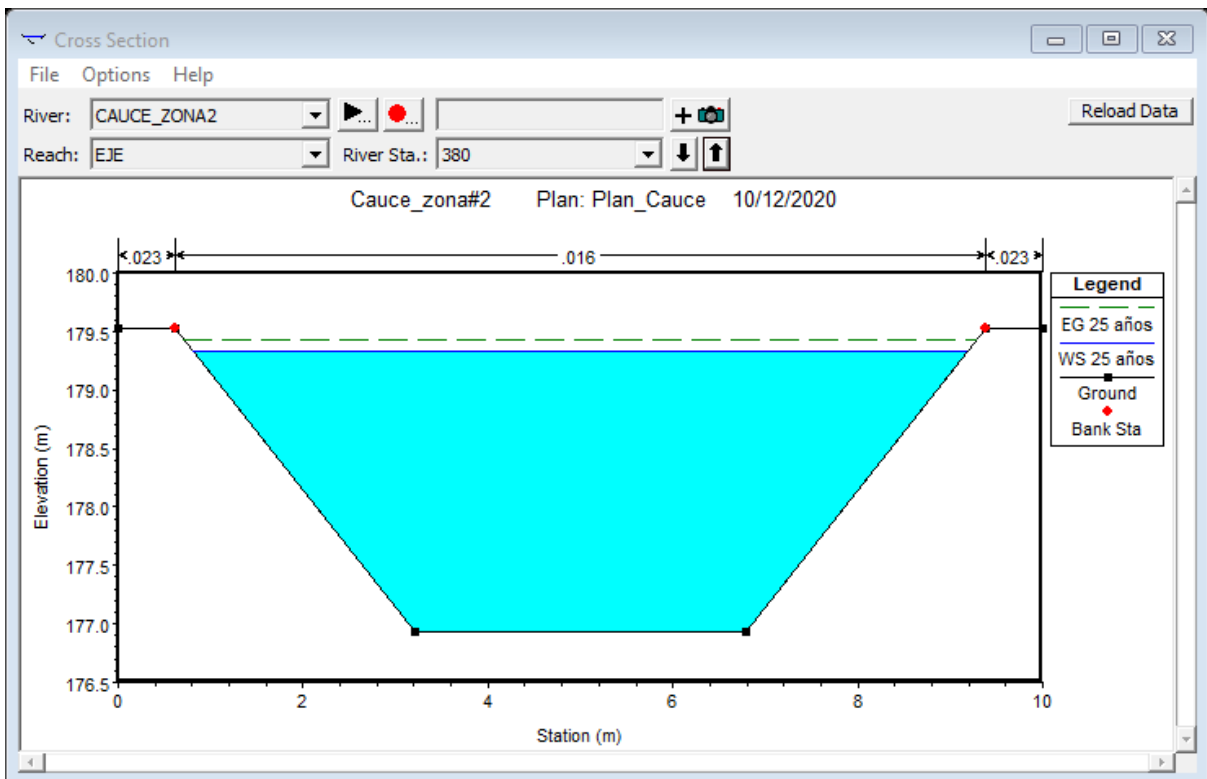
Fuente: Elaboración propia, modelación HEC-RAS

- **Sección 0+359.90**



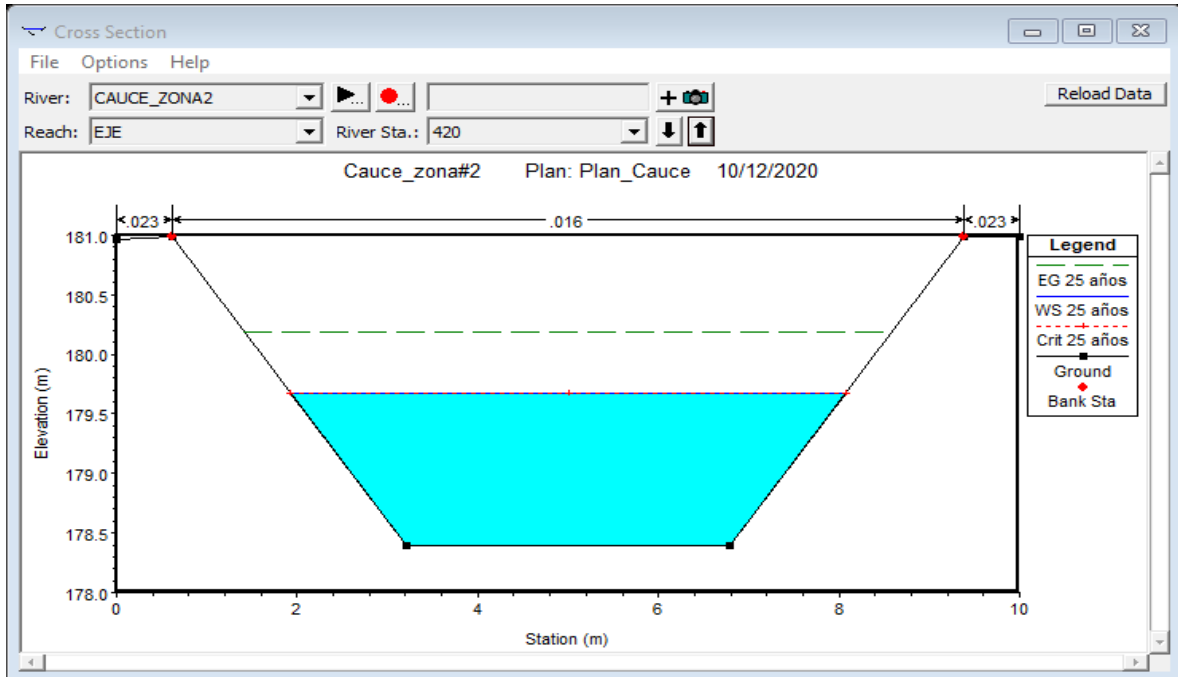
Fuente: Elaboración propia, modelación HEC-RAS

- **Sección 0+380**



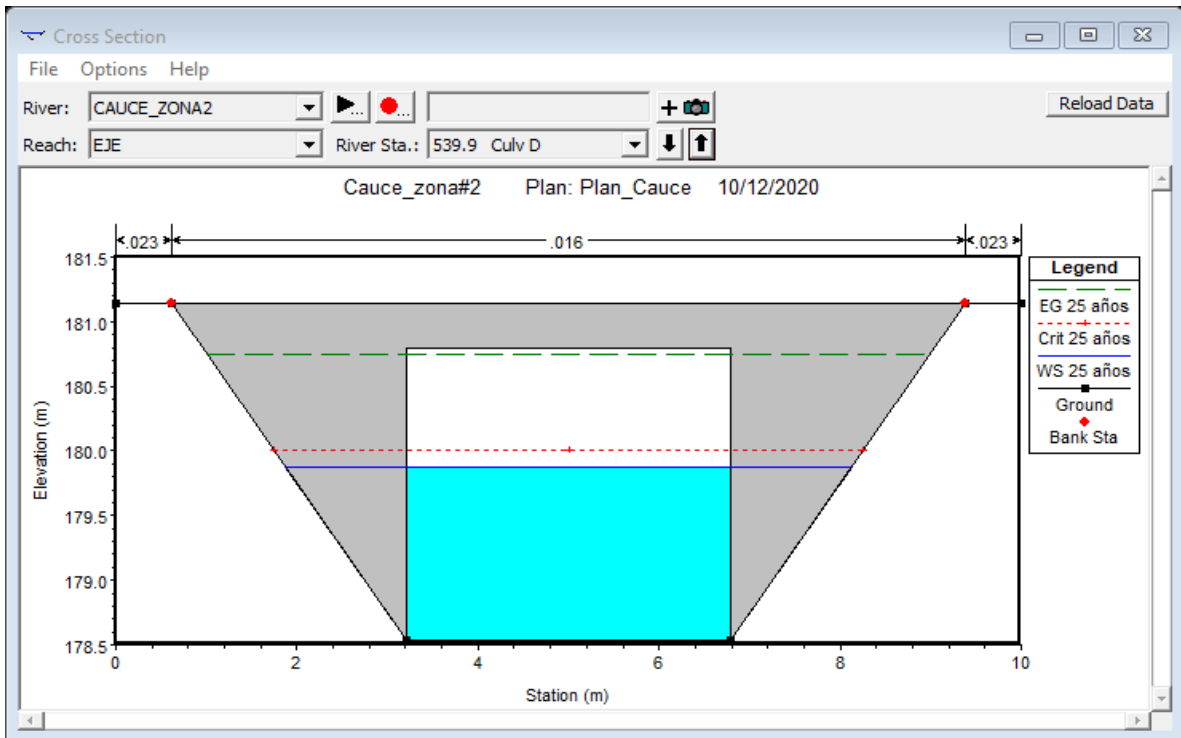
Fuente: Elaboración propia, modelación HEC-RAS

- **Sección 0+420**



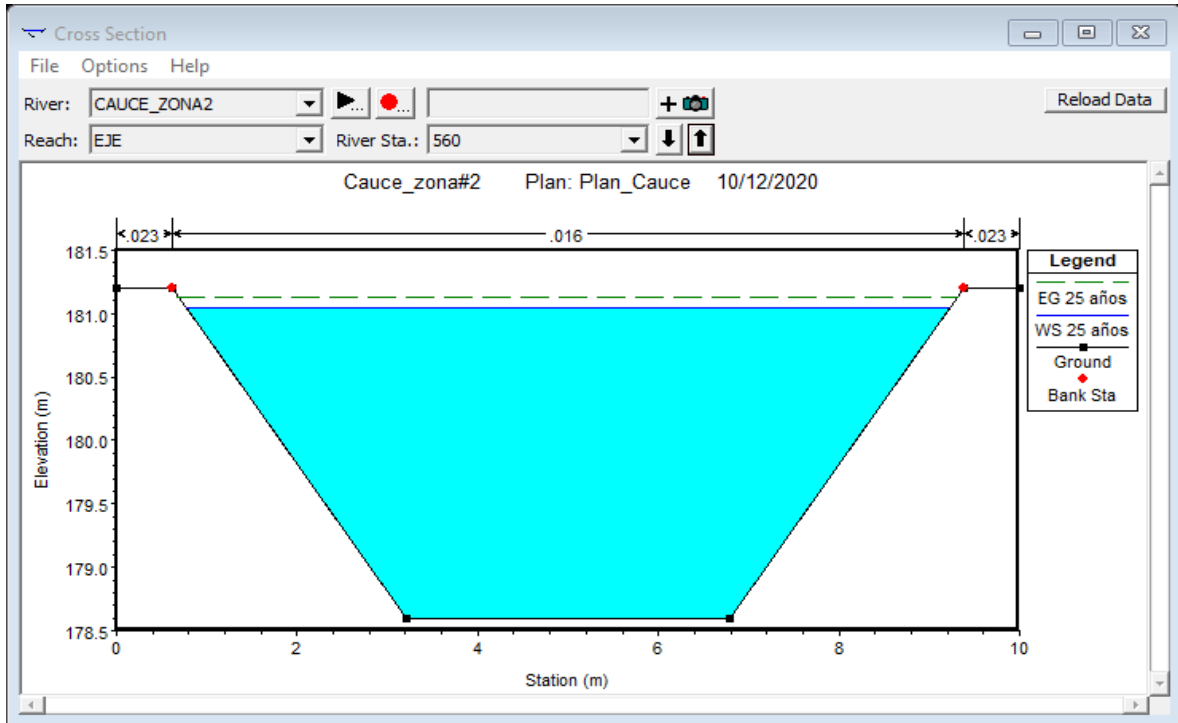
Fuente: Elaboración propia, modelación HEC-RAS

- **Sección 0+539.90**



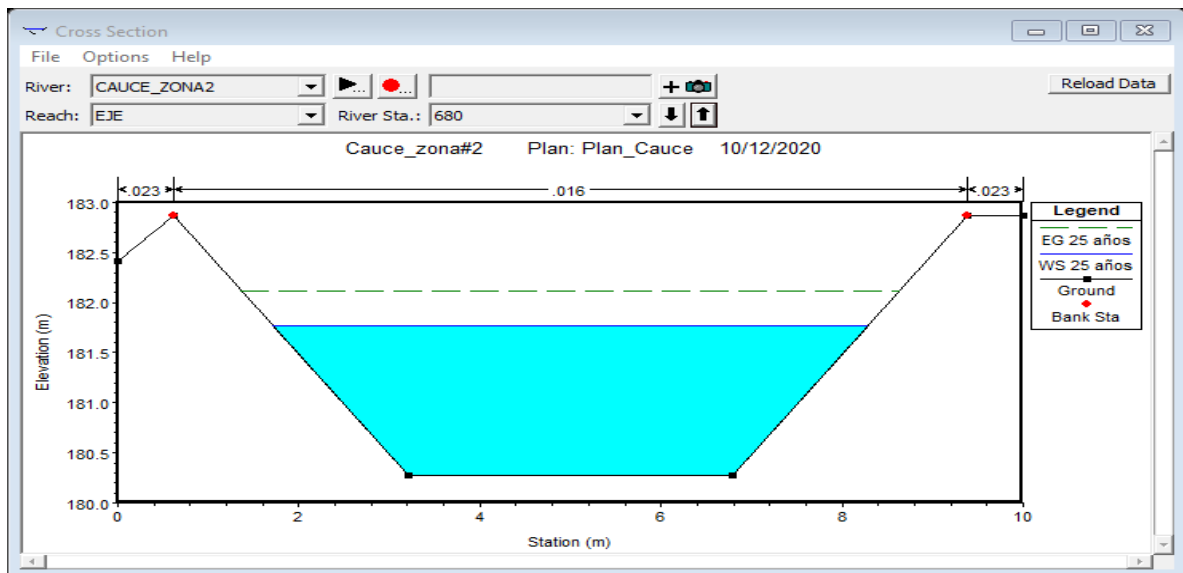
Fuente: Elaboración propia, modelación HEC-RAS

- **Sección 0+560**



Fuente: Elaboración propia, modelación HEC-RAS

- **Sección 0+680**



Fuente: Elaboración propia, modelación HEC-RAS

## 5.2.6 Tablas de resultados

Tabla 25: Resultados de simulación con Tr:5 años

Profile Output Table - Standard Table 1												
HEC-RAS Plan: Plan_Cauce River: CAUCE_ZONA2 Reach: EJE Profile: 5 AÑOS												Reload Data
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
EJE	680	5 AÑOS	15.35	180.27	181.57		181.87	0.001785	2.42	6.35	6.18	0.76
EJE	660	5 AÑOS	15.35	180.24	181.53		181.83	0.001853	2.45	6.27	6.16	0.77
EJE	640	5 AÑOS	15.35	180.21	181.48	181.31	181.80	0.001966	2.50	6.14	6.11	0.80
EJE	620	5 AÑOS	15.35	180.18	181.28	181.28	181.73	0.003207	2.97	5.16	5.78	1.01
EJE	600	5 AÑOS	15.35	178.66	180.65		180.75	0.000380	1.38	11.12	7.57	0.36
EJE	580	5 AÑOS	15.35	178.63	180.65		180.74	0.000363	1.36	11.31	7.62	0.36
EJE	560	5 AÑOS	15.35	178.60	180.64		180.74	0.000347	1.33	11.50	7.67	0.35
EJE	540	5 AÑOS	15.35	178.57	180.64	179.67	180.73	0.000331	1.31	11.70	7.72	0.34
EJE	539.9		Culvert									
EJE	520	5 AÑOS	15.35	178.54	179.86		180.15	0.001704	2.38	6.46	6.22	0.74
EJE	500	5 AÑOS	15.35	178.51	179.82		180.11	0.001741	2.39	6.41	6.20	0.75
EJE	480	5 AÑOS	15.35	178.48	179.78		180.08	0.001785	2.42	6.35	6.18	0.76
EJE	460	5 AÑOS	15.35	178.45	179.74		180.04	0.001854	2.45	6.27	6.16	0.77
EJE	440	5 AÑOS	15.35	178.42	179.69	179.52	180.01	0.001967	2.50	6.14	6.11	0.80
EJE	420	5 AÑOS	15.35	178.39	179.49	179.49	179.94	0.003206	2.97	5.16	5.78	1.01
EJE	400	5 AÑOS	15.35	176.96	178.94		179.04	0.000388	1.39	11.03	7.55	0.37
EJE	380	5 AÑOS	15.35	176.93	178.94		179.03	0.000371	1.37	11.22	7.60	0.36
EJE	360	5 AÑOS	15.35	176.90	178.93	178.00	179.02	0.000355	1.35	11.41	7.64	0.35
EJE	359.9		Culvert									
EJE	340	5 AÑOS	15.35	176.87	178.20		178.48	0.001670	2.36	6.51	6.23	0.74
EJE	320	5 AÑOS	15.35	176.84	178.16		178.45	0.001700	2.37	6.47	6.22	0.74
EJE	300	5 AÑOS	15.35	176.81	178.12		178.41	0.001734	2.39	6.42	6.20	0.75
EJE	280	5 AÑOS	15.35	176.78	178.08		178.38	0.001786	2.42	6.35	6.18	0.76
EJE	260	5 AÑOS	15.35	176.75	178.04		178.34	0.001851	2.45	6.27	6.16	0.77
EJE	240	5 AÑOS	15.35	176.72	177.99	177.82	178.31	0.001966	2.50	6.14	6.11	0.80
EJE	220	5 AÑOS	15.35	176.69	177.79	177.79	178.24	0.003205	2.97	5.16	5.78	1.01
EJE	200	5 AÑOS	15.35	175.20	177.09		177.20	0.000465	1.49	10.33	7.36	0.40
EJE	180	5 AÑOS	15.35	175.17	177.08		177.19	0.000449	1.47	10.48	7.42	0.39
EJE	160	5 AÑOS	15.35	175.14	177.08		177.18	0.000425	1.44	10.68	7.45	0.38
EJE	140	5 AÑOS	15.35	175.11	177.07		177.17	0.000406	1.41	10.86	7.50	0.38
EJE	120	5 AÑOS	15.35	175.08	177.06		177.16	0.000388	1.39	11.04	7.55	0.37
EJE	100	5 AÑOS	15.35	175.05	177.06		177.15	0.000370	1.37	11.23	7.60	0.36
EJE	80	5 AÑOS	15.35	175.02	177.05	176.12	177.15	0.000354	1.34	11.42	7.65	0.35
EJE	79.9		Culvert									
EJE	60	5 AÑOS	15.35	174.99	176.31		176.60	0.001677	2.36	6.50	6.23	0.74
EJE	40	5 AÑOS	15.35	174.96	176.27	176.06	176.56	0.001743	2.40	6.41	6.20	0.75
EJE	20	5 AÑOS	15.35	174.93	176.04	176.04	176.50	0.003251	3.00	5.11	5.62	1.01

Total flow in cross section.

Fuente: Elaboración propia, modelación HEC-RAS

Tabla 26: Resultados de simulación con Tr:25 años

Profile Output Table - Standard Table 1												
HEC-RAS Plan: Plan_Cauce River: CAUCE_ZONA2 Reach: EJE Profile: 25 años												
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
EJE	640	25 años	19.81	180.21	181.67	181.49	182.04	0.001966	2.69	7.37	6.50	0.81
EJE	620	25 años	19.81	180.18	181.46	181.46	181.98	0.003125	3.17	6.24	6.15	1.01
EJE	600	25 años	19.81	178.66	181.05		181.15	0.000321	1.39	14.27	8.36	0.34
EJE	580	25 años	19.81	178.63	181.05		181.14	0.000308	1.37	14.49	8.41	0.33
EJE	560	25 años	19.81	178.60	181.04		181.13	0.000296	1.35	14.71	8.46	0.33
EJE	540	25 años	19.81	178.57	181.04	179.85	181.13	0.000284	1.33	14.93	8.52	0.32
EJE	539.9											
EJE	520	25 años	19.81	178.54	180.06		180.39	0.001714	2.56	7.74	6.62	0.76
EJE	500	25 años	19.81	178.51	180.02		180.36	0.001749	2.58	7.69	6.60	0.76
EJE	480	25 años	19.81	178.48	179.98		180.32	0.001796	2.60	7.61	6.58	0.77
EJE	460	25 años	19.81	178.45	179.93		180.29	0.001866	2.64	7.51	6.55	0.79
EJE	440	25 años	19.81	178.42	179.88	179.70	180.25	0.001966	2.69	7.37	6.50	0.81
EJE	420	25 años	19.81	178.39	179.67	179.67	180.19	0.003125	3.17	6.24	6.15	1.01
EJE	400	25 años	19.81	176.96	179.34		179.44	0.000327	1.40	14.18	8.34	0.34
EJE	380	25 años	19.81	176.93	179.34		179.43	0.000314	1.38	14.40	8.39	0.34
EJE	360	25 años	19.81	176.90	179.33	178.18	179.42	0.000301	1.36	14.61	8.44	0.33
EJE	359.9											
EJE	340	25 años	19.81	176.87	178.40		178.73	0.001686	2.54	7.79	6.63	0.75
EJE	320	25 años	19.81	176.84	178.36		178.69	0.001715	2.56	7.74	6.62	0.76
EJE	300	25 años	19.81	176.81	178.32		178.66	0.001747	2.58	7.69	6.60	0.76
EJE	280	25 años	19.81	176.78	178.28		178.62	0.001796	2.60	7.61	6.58	0.77
EJE	260	25 años	19.81	176.75	178.23		178.59	0.001864	2.64	7.51	6.55	0.79
EJE	240	25 años	19.81	176.72	178.18	178.00	178.55	0.001965	2.69	7.37	6.50	0.81
EJE	220	25 años	19.81	176.69	177.97	177.97	178.49	0.003125	3.17	6.24	6.15	1.01
EJE	200	25 años	19.81	175.20	177.48		177.59	0.000385	1.48	13.34	8.14	0.37
EJE	180	25 años	19.81	175.17	177.47		177.58	0.000372	1.46	13.53	8.19	0.36
EJE	160	25 años	19.81	175.14	177.47		177.57	0.000355	1.44	13.75	8.24	0.36
EJE	140	25 años	19.81	175.11	177.46		177.57	0.000341	1.42	13.96	8.29	0.35
EJE	120	25 años	19.81	175.08	177.46		177.56	0.000327	1.40	14.17	8.34	0.34
EJE	100	25 años	19.81	175.05	177.45		177.55	0.000314	1.38	14.38	8.39	0.34
EJE	80	25 años	19.81	175.02	177.45	176.30	177.54	0.000302	1.36	14.60	8.44	0.33
EJE	79.9											
EJE	60	25 años	19.81	174.99	176.53		176.85	0.001647	2.52	7.85	6.65	0.74
EJE	40	25 años	19.81	174.96	176.48	176.24	176.81	0.001698	2.55	7.77	6.63	0.75

Total flow in cross section.

Fuente: Elaboración propia

### 5.3 Costo del proyecto

El costo aproximado de inversión para la ejecución del proyecto de **“UN CANAL SOBRE CAUCE NATURAL DEL TRAMO, ZONA N°2 - RIO ZAPOTE, EN EL MUNICIPIO DE NUEVA GUINEA, RAACS”** de C\$ 12,672,596.92 (Doce millones, seiscientos setenta y dos mil, quinientos noventa y seis córdobas, con noventa y dos centavos). (Ver ANEXO 9)

### 5.4 Cronograma del proyecto

El tiempo estimado para la ejecución del proyecto **“UN CANAL SOBRE CAUCE NATURAL DEL TRAMO, ZONA N°2 - RIO ZAPOTE, MUNICIPIO DE NUEVA GUINEA, RAACS”** es de 3 meses (tres meses/12 semanas). (Ver ANEXO 10)



# CAPÍTULO VI.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



**"Donde haya un árbol que plantar, plántalo tú  
Donde haya un error que enmendar, enmiéndalo tú  
Donde haya un esfuerzo que todos esquivan, hazlo tú  
Se tú el que aparta la piedra del camino".**

Gabriela Mistral

## CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1 Conclusiones

Las principales conclusiones obtenidas por el trabajo se enuncian a continuación:

1. Según la alternativa técnica propuesta para el cauce en estudio y de acuerdo con los resultados del levantamiento topográfico y los estudios/análisis realizados; no hay inconvenientes en implementar el sistema.
2. La cuenca en análisis pertenece al municipio de Nueva guinea, de ArcGis e Idrisi Selva se obtuvo: un área de drenaje de 0.67 km<sup>2</sup> y un perímetro de 4.44 km. Por su área se determinó como pequeña (Criterios Tabla 3). Por el coeficiente de 1.53 compacidad de Gravelius, es rectangular oblonga (Tabla 4). Por factor de forma de 0.29, es ligeramente achatada (Criterios tabla 5). Estos parámetros indican que la cuenca no presenta tendencia a crecidas.
3. Según estudio de suelos predominan el tipo A-7 que son altamente plásticos (arcillosos), por tanto; se propone hacer un mejoramiento de suelo para aumentar la capacidad portante en el sitio una buena base en la estructura.
4. Los caudales máximos fueron obtenidos gracias al método racional (CIA) puesto que, el área de la cuenca es menor a 5 km<sup>2</sup>; obteniendo con ello la avenida máxima para un período de retorno de 25 años.
5. Se logró modelar el cauce según los caudales de cada período de retorno, en el software HEC-RAS. La propuesta de sección se obtuvo del software H-Canales. Para la sección típica se propuso revestimiento de concreto en la solera y en los taludes mampostería bolón. El sistema cumple con los parámetros de velocidades que evitan la sedimentación y no resultan erosivas. Las condiciones que propician un flujo subcrítico.
6. El costo total del proyecto es de es de C\$ 12, 672, 596.92 (Doce millones, seiscientos setenta y dos mil, quinientos noventa y seis córdobas, con noventa y dos centavos). Con un tiempo de ejecución que parte, del tomar en cuenta que en la zona únicamente hay tres meses secos/verano.



## 6.2 Recomendaciones

1. Diseñar un desarenador al final del cauce para evitar que residuos inorgánicos entren al río principal.
2. Elaborar el diseño estructural para todas las cajas puentes ubicadas en el tramo.
3. Realizar una planificación pertinente/adecuada en el casco urbano, con el fin de, evitar asentamientos/edificaciones en áreas con alta propensión a la inundación en las cercanías de cauces.
4. Se recomienda realizar un programa de reforestación en toda la parte alta de la cuenca, con el fin de aumentar el coeficiente de infiltración y de esta manera reducir paulatinamente los incrementos de escorrentías que provocan inundaciones en la capital. A su vez, aumentar de esta forma la productividad de agua de la cuenca, garantizando de esta forma el aprovechamiento sostenible de las aguas subterráneas.
5. Sobre la base del presente estudio, elaborar mapas de riesgos y amenazas de inundaciones en los alrededores del cauce en cuestión.
6. Implementar programas de mantenimiento del cauce que incluyan, entre otras cosas, limpiezas periódicas del caudal y sus orillas.
7. Capacitar y concienciar a la comunidad en la solución y mitigación del problema de la basura en el control de inundaciones.
8. Suministrar y/o mejorar los puentes existentes en el cruce de calles del tramo en estudio, suministrar más sistemas de cunetas en calles y proyecto de aguas negras para un mejor manejo de desechos sólidos y basura, para inhibir el problema de la inundación.

# CAPÍTULO VII.

## BIBLIOGRAFÍA



**"Los niños de una cultura nacen en un medioambiente rico en agua. Nunca hemos aprendido realmente lo importante que es el agua para nosotros. Lo entendemos, pero no lo respetamos."**

William Ashworth.

## **Capítulo VII. Bibliografía**

- Aparicio Mijares, F. J. (1992). *Fundamentos de Hidrología de Superficie*. México, DF.: Miembro de la Cámara Nacional de Industria.
- Chow, V., Maidment, D., & Mays, L. (1998). *Hidrología aplicada*. Colombia: Colombiana, Nomos S.A.
- French, R. H. (1988). *Hidráulico de canales abiertos*. México: McGraw-Hill Latinoamericana S.A.
- International Institute For Land Reclamation And Improvement . (1978). *Principios y aplicaciones del drenaje, Tomo IV*. Wageningen The Netherlands: ILRI.
- Lanza Mejía, N. J. (2013). Manual HEC-RAS. Managua, Nicaragua: Universidad Nacional de Ingeniería (UNI).
- López Mairena, E. (2012). Caracterización del Municipio de Nueva Guinea. *Revista Universitaria del Caribe, 9(1)*.
- Ministerios de Transporte e Infraestructura (MTI). (2007). *Informe hidrotécnico final: Estudio de Factibilidad y Diseño final de la carretera Acoyapa - San Carlos, frontera con Costa Rica*. Nicaragua: MTI.
- Rodríguez Ruíz, P. (2008). *Hidráulica II*. México: Mc Graw-Hill.
- Sáenz Monsalve, G. (1999). *Hidrología en la Ingeniería*. Bogotá: Marcombo.
- Ven Te Chow, P. (2004). *Hidráulica de Canales Abiertos*. Santa Fe, Bogotá, Colombia: Nomos S.A.
- Ven Te Chow, P. D. (2000). *Hidráulica de canales abiertos*. Santa Fé, Bogotá, Colombia: Martha Edna Suárez, R.
- Woodward, S. M., & Posey, C. J. (1941). *Hydraulics of Steady Flow in Open Channels*. New York: J. Wiley & Sons.

# CAPÍTULO VIII.

## ANEXOS



**"Sé el cambio que quieres ver en el mundo"**

Mahatma Gandhi.

## **VIII. Anexos**



## ANEXO I: Estado actual del cauce



Fuente: Elaboración propia



## ANEXO II: Levantamiento topográfico



Fuente: Elaboración propia



### ANEXO III: Muestras de suelo



Fuente: Elaboración propia





*Líder en Ciencia y Tecnología*

## **Revisión documental**

### **Universidad Nacional de Ingeniería.**

#### **I. Introducción**

Nosotros como estudiantes de la carrera de ingeniería civil, estamos aplicando esta técnica para sustentar con principios teóricos básicos; la realización de un canal sobre cauce natural del tramo, zona n°2 - Río Zapote, en el Municipio de Nueva Guinea, RAACS.

#### **II. Objetivo**

Conceptualizar los principios y teorías que aporten a la realización de un sistema de drenaje pluvial para que las crecientes máximas ordinarias escurran sin generar inundaciones en la comunidad en análisis.

#### **III. Desarrollo**

1. ¿Cuál es la importancia del estudio en la comunidad en análisis?
2. ¿Qué define la avenida máxima en un proyecto de esta índole?
3. ¿Cuál es la función de los cauces?
4. ¿Cuáles son los parámetros, normas y principios para dicho sistema?
5. ¿Qué Factores de riesgo atentan a una comunidad ante la carencia de un sistema de esta índole?

## ANEXO V: Guía de observación



*Líder en Ciencia y Tecnología*

### Guía de observación

## Universidad Nacional de Ingeniería.

### IV. Introducción

Nosotros como estudiantes de la carrera de ingeniería civil, estamos aplicando esta técnica para sustentar en base a lo observado, el modo de vida, las condiciones naturales actuales y lo importante que resulta la realización de un canal sobre cauce natural del tramo, zona n°2 - Río Zapote, en el Municipio de Nueva Guinea, RAACS.

### V. Objetivo

Conocer las condiciones naturales actuales, los hábitos modo y/o calidad de vida de los pobladores a beneficiar con la sistematización de un sistema de drenaje pluvial para que las crecientes máximas ordinarias escurran sin generar inundaciones en la comunidad en análisis.

### VI. Desarrollo

1. ¿Cuáles son las condiciones actuales del canal, estado infraestructural e higiénico sanitario de estos?
2. ¿Qué material, grado de irregularidad, variaciones de sección transversal, obstrucciones y vegetación; se visualizan en el sitio?
3. ¿Al momento de la visita de campo, los hogares cercanos y el cauce mismo se encuentran limpios?
4. ¿Qué instituciones hay en el sitio (Escuelas, iglesias, entre otros...)?
5. ¿Presencia de criaderos de roedores y/o mosquitos en los hogares o en el cauce mismo, o cercano a este?

## ANEXO VI: Datos de Estación Hidrometeorológica Ordinaria (HMO)



### INSTITUTO NICARAGUENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES INETER

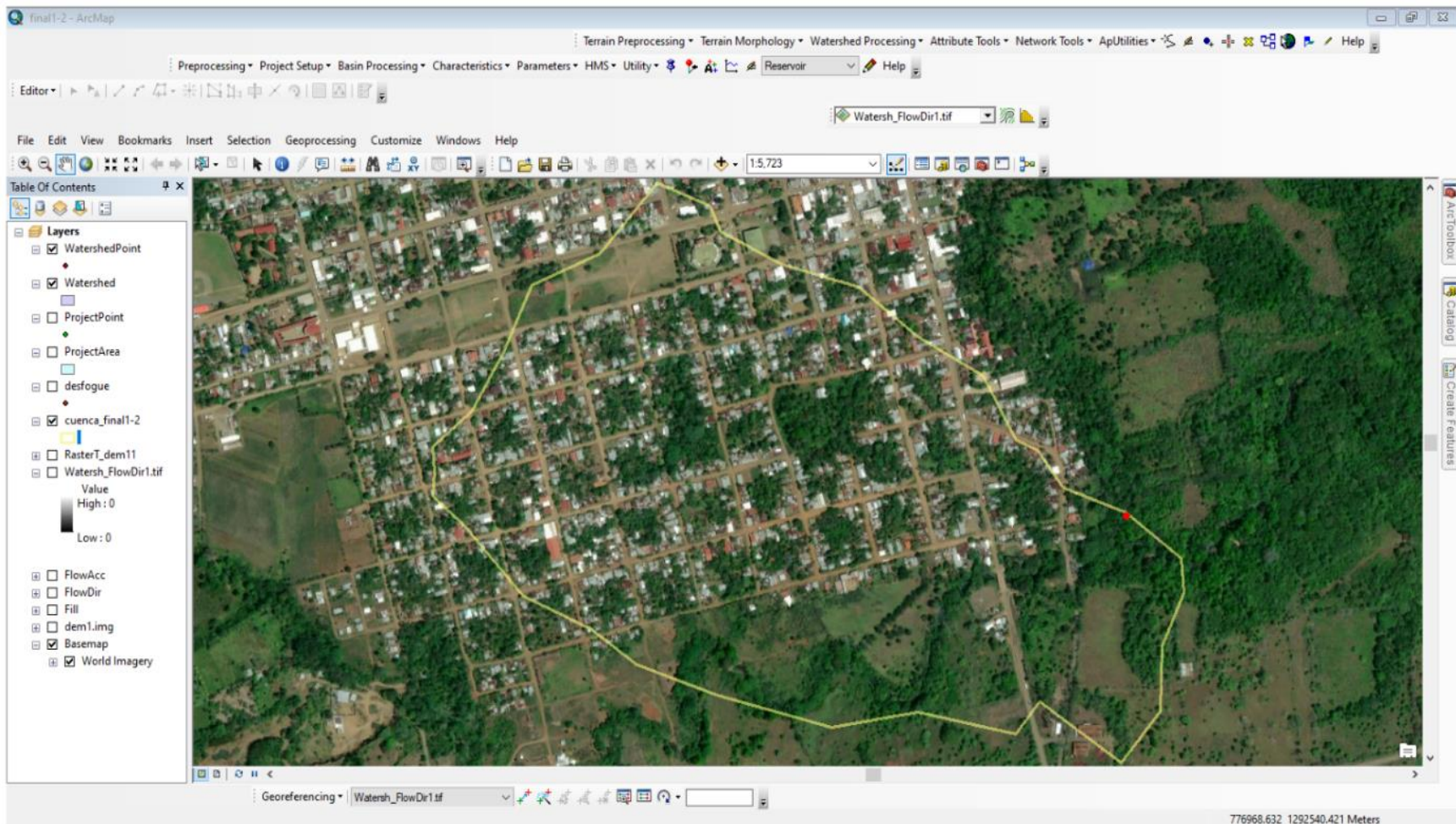
#### INTENSIDADES MAXIMAS ANUALES DE PRECIPITACION (mm).

ESTACION : BLUEFUIELDS      NUEVA GUINEA      Latitud : 11°41'00"  
 CODIGO : 06I018      Elevación : 150 msnm  
 PERIODO : 1971 - 1998      Tipo : HMO

AÑOS	5	10	15	30	60	120
1970	150.0	120.0	112.0	70.8	40.0	15.7
1971	186.0	122.2	78.8	46.6	31.8	19.7
1972	122.4	103.8	90.4	81.6	28.0	16.4
1973	138.0	103.8	90.4	81.6	37.4	28.8
1974	128.4	116.4	116.0	70.6	44.8	32.0
1975	112.8	107.4	92.4	63.8	50.4	24.3
1976	100.8	67.2	64.8	45.2	27.1	18.9
1977	108.0	71.0	69.2	42.8	28.8	20.8
1978	150.0	120.0	104.0	82.0	63.6	59.8
1979	62.4	43.2	31.6	23.6	14.6	8.0
1980	169.2	118.8	101.2	71.8	50.3	33.1
1981	116.4	93.6	79.2	57.8	41.5	21.8
1982	96.0	62.2	53.2	44.4	25.7	11.3
1983	158.4	129.6	96.8	54.4	28.1	20.4
1984	112.8	76.2	64.8	48.6	33.9	24.1
1985	116.4	79.2	60.4	55.6	42.3	30.4
1986	116.4	100.2	92.4	57.2	41.8	28.8
1987	120.0	105.0	94.0	63.2	53.5	29.0
1988	60.0	60.0	54.8	30.0	23.7	12.7
1991	144.0	120.0	88.0	64.0	50.0	33.0

Fuente: Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER)

## ANEXO VII: Delimitación de la cuenca



Fuente: Elaboración propia en Software Idrisi Selva

## **ANEXO VIII: Informe general de estudios de suelo**

### **I. INFORMACION GENERAL**

En este informe se presentan los resultados de las investigaciones efectuadas en Nueva Guinea. Dicho estudio se realizó con el propósito de obtener las características principales del sub-suelo.

Estas investigaciones fueron realizadas en el Laboratorio de Materiales y Suelos, de la Universidad Nacional de Ingeniería.

En este informe se presentan los resultados de laboratorio y de clasificación de las muestras obtenidas en el campo.

#### **1.1. NOMBRE DEL PROYECTO**

El proyecto se denominará **“DISEÑO DE UN CANAL SOBRE CAUCE NATURAL DEL TRAMO, ZONA N°2 - RIO ZAPOTE, EN EL MUNICIPIO DE NUEVA GUINEA, RAACS.”**

#### **1.2. UBICACIÓN**

El proyecto se encuentra localizado en la Región Autónoma de la Costa Caribe Sur (RACCS); esta última se encuentra ubicada entre los 12°00´ de latitud norte y 83°45´ de longitud oeste.

#### **1.3. OBJETIVOS**

El objetivo general del presente estudio fue el de investigar las características principales del sub-suelo.

### **II. INVESTIGACION EFECTUADA**

Con el propósito de conocer las condiciones y características del sub-suelo a lo largo del tramo en estudio, se procedió a la ejecución de 4 sondeos manuales (dos muestras por sondeo) con una profundidad máxima de 1.50 metros cada uno, los que se distribuyeron de forma racional en el tramo investigado.

Las muestras obtenidas en el campo se examinaron y clasificaron In Situ, mediante procedimientos rutinarios de campo, tomándose muestras alteradas, correspondiente a cada estrato, las cuales se trasladaron al laboratorio para realizarle los ensayos básicos necesarios.

## 2.2. ESTUDIO DE LABORATORIO

Las diferentes muestras de suelos que se obtuvieron en la exploración, se reagruparon y fueron sometidas a ensayos de laboratorio. A continuación, se indican los tipos de ensayos efectuados y la designación **S.U.C.S.** correspondiente:

Tipo de Ensayo	Designación S.U.C.S
Análisis granulométrica de los suelos	A.S.T.M D- 422
Limites de consistencia de los suelos	A.S.T.M D - 4318
Contenido de humedad	A.S.T.M C - 2216

Todos los suelos en estudio se clasificaron por el sistema **S.U.C.S. (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos)**, según la **A.S.T.M.**, en su designación **D 2487**.

### III. RESULTADOS OBTENIDOS

Sobre la base de los reportes técnicos de campo y los resultados de laboratorio, se puede afirmar que en todo el tramo en estudio predominan los tipos de suelo que a continuación se describen: Suelos elásticos, los que están constituidos por limos arcillosos inorgánicos, de color café. Según el sistema de clasificación de suelos, **SUCS**, este material se clasifica del tipo **MH**. Este material es de alta compresibilidad y de alta plasticidad. La estratigrafía del tramo en estudio se describe a continuación, iniciando desde la superficie hasta la profundidad investigada:

- Sondeo Sm-1

En este sitio de exploración, se observa desde la superficie hasta la profundidad investigada de 1.50 metros, un suelo elástico, el cual se encuentra conformado por limos arcillosos de alta plasticidad, de color café. Este material se clasifica del tipo **A-7-5 (MH)**.

- Sondeo Sm-2

En este sitio de exploración, se observa desde la superficie hasta la profundidad investigada de 1.50 metros, un suelo elástico, el cual se encuentra conformado por limos arcillosos de alta plasticidad, de color café. Este material se clasifica del tipo **A-7-5 (MH)**.

- Sondeo Sm-3

En este sitio de exploración, se observa desde la superficie hasta la profundidad investigada de 1.50 metros, un suelo elástico, el cual se encuentra conformado por limos arcillosos de alta plasticidad, de color café. Este material se clasifica del tipo **A-7-5 (MH)**.

- Sondeo Sm-4

En este sitio de exploración, se observa desde la superficie hasta la profundidad investigada de 1.50 metros, un suelo elástico, el cual se encuentra conformado por limos arcillosos de alta plasticidad, de color café. Este material se clasifica del tipo **A-7-5 (MH)**.

- Sondeo Sm-5

En este sitio de exploración, se observa desde la superficie hasta la profundidad investigada de 1.50 metros, un suelo elástico, el cual se encuentra conformado por limos arcillosos de alta plasticidad, de color café. Este material se clasifica del tipo **A-7-5 (MH)**.

- Sondeo Sm-6

En este sitio de exploración, se observa desde la superficie hasta la profundidad investigada de 1.50 metros, un suelo elástico, el cual se encuentra conformado por limos arcillosos de alta plasticidad, de color café. Este material se clasifica del tipo **A-7-5 (MH)**.

- Sondeo Sm-7

En este sitio de exploración, se observa desde la superficie hasta la profundidad investigada de 1.50 metros, un suelo elástico, el cual se encuentra conformado por limos arcillosos de alta plasticidad, de color café. Este material se clasifica del tipo **A-7-5 (MH)**.

- Sondeo Sm-8

En este sitio de exploración, se observa desde la superficie hasta la profundidad investigada de 1.50 metros, un suelo elástico, el cual se encuentra conformado por limos arcillosos de alta plasticidad, de color café. Este material se clasifica del tipo **A-7-5 (MH)**.

#### **IV. CONCLUSIONES**

- ✓ En general los suelos predominantes en los sitios en estudio, hasta la profundidad investigada de 1.50 metros, corresponden a suelos elásticos, conformados por limos arcillosos inorgánicos de media plasticidad, que se clasifican del tipo **A-7-5 (MH)**.
- ✓ En los sondeos realizados no se detectó la presencia del nivel freático a las profundidades investigadas.




## Sondeos manuales

### Resultados de ensayos de suelos

Sondeo N°	Muestra N°	Profundidad (metros)	% Que Pasa por el Tamiz										L.L. (%)	I.P. (%)	Clasificación		Contenido de humedad
			2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°200			SUCS	Dmedio (mm)	
			<b>Sm - 1; Estación 0 + 100, Línea Central</b>														
Sm - 1	1	0.00 - 1.5					100	97	93	85	80	66.6	26.7	<b>MH</b>	<b>1.28</b>	<b>50.9</b>	
Sm - 1	2	-						100	100	99	98	74.6	34.0	<b>MH</b>	<b>0.39</b>	<b>44.2</b>	
			<b>Sm - 2; Estación 0 + 300, Línea Central</b>														
Sm - 2	1	0.00 - 1.5					100	99	98	94	89	65.8	25.8	<b>MH</b>	<b>0.67</b>	<b>45.7</b>	
Sm - 2	2							100	100	98	95	87.7	36.9	<b>MH</b>	<b>0.35</b>	<b>59.2</b>	
			<b>Sm - 3; Estación 0 + 500, Línea Central</b>														
Sm - 3	1	0.00 - 1.5						100	100	99	98	75.0	34.1	<b>MH</b>	<b>0.39</b>	<b>35.6</b>	
Sm - 3	2							100	100	98	96	65.3	21.7	<b>MH</b>	<b>0.31</b>	<b>34.5</b>	
			<b>Sm - 4; Estación 0 + 700, Línea Central</b>														
Sm - 4	1	0.00 - 1.5						100	100	99	97	94.2	40.1	<b>MH</b>	<b>0.15</b>	<b>71.0</b>	
Sm - 4	2						100	95	92	84	77	66.9	25.4	<b>MH</b>	<b>1.45</b>	<b>62.3</b>	
<b>OBSERVACIONES:</b>																	
			<b>L.L. : Límite Líquido</b>				<b>I.P. : Índice Plástico</b>				<b>I.G. : Índice de Grupo</b>				<b>N.P. : Suelo No Plástico</b>		

## ANEXO IX: Presupuesto

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA													
COSTOS UNITARIOS PARA REVESTIMIENTO DE CAUCE DE TEMA MONOGRAFICO													
ITEM	DESCRIPCION	U.M.	CANT.	MATERIALES		MANO DE OBRA		TRANSPORTE		SUB-CONTRATOS		TOTALES	
				P.Unit \$	Total \$	P.Unit \$	Total \$	P.Unit \$	Total \$	P.Unit \$	Total \$	P.Unit \$	Total \$
<b>010</b>	<b>PRELIMINARES</b>												
10.01	Limpieza Inicial	glb	1.00	-	-	20,000.00	20,000.00	807.20	807.20	-	-	20,807.20	20,807.20
10.02	Construcciones Temporales	glb	1.00	10,000.00	10,000.00	3,000.00	3,000.00	500.00	500.00	-	-	13,500.00	13,500.00
10.03	Trazo y nivelación	m2	3,094.38	5.88	18,194.95	8.00	24,755.04	2.00	6,188.76	-	-	15.88	49,138.75
<b>020</b>	<b>FUNDACIONES</b>												
20.01	Excavacion estructural	m3	1,616.49	-	-	455.00	735,502.95	5.00	8,082.45	-	-	460.00	743,585.40
20.02	Acarreo de material selecto	m3	400.92	240.00	96,220.80	-	-	160.00	64,147.20	-	-	400.00	160,368.00
20.03	Relleno compensado con material del sitio	m3	400.92	-	-	130.00	52,119.60	-	-	-	-	130.00	52,119.60
20.03	Relleno y compactacion con material selecto	m3	420.96	-	-	366.21	154,159.76	-	-	-	-	366.21	154,159.76
20.05	Regar material de excavacion	m3	1,616.49	-	-	120.00	193,978.80	-	-	-	-	120.00	193,978.80
20.06	Formaleta con madera suave	m2	152.71	160.00	24,433.60	150.00	22,906.50	50.00	7,635.50	-	-	360.00	54,975.60
20.07	Acero de 1/2" std Corrugado grado 40	Kg	372.61	36.30	13,525.74	18.00	6,706.98	1.00	372.61	-	-	55.30	20,605.33
20.08	Revestimiento de base de cauce, con concreto de 3000 PSI de 0.10 m de espesor	m3	242.19	4,316.20	1,045,353.43	2,220.60	537,813.78	150.00	36,328.95	-	-	6,686.80	1,619,496.15
<b>030</b>	<b>ESTRUCTURA DE CONCRETO</b>												
30.01	<b>MUROS DE CONCRETO</b>												
20.04	Acarreo de piedra bolon	m3	1,320.27	280.00	369,675.60	-	-	175.00	231,047.25	-	-	455.00	600,722.85
30.02	Zampeado de talud con piedra bruta y mortero proporcion 1:6	m3	1,320.27	2,307.67	3,046,743.07	641.97	847,573.73	100.00	132,027.00	-	-	3,049.64	4,026,343.80
30.03	Tubos de 2" pvc para drenes en talud	und	733.00	155.00	113,615.00	15.00	10,995.00	-	-	-	-	170.00	124,610.00
30.04	Formaleta	m2	500.00	160.00	80,000.00	150.00	75,000.00	2.74	1,370.00	-	-	312.74	156,370.00
30.05	Repello con mortero en taludes	m2	4,400.00	89.92	395,648.00	125.00	550,000.00	80.00	352,000.00	-	-	294.92	1,297,648.00
<b>150</b>	<b>LIMPIEZA FINAL Y ENTREGA</b>												
150.01	Limpieza final y entrega	glb	1.00	-	-	25,000.00	25,000.00	-	-	-	-	25,000.00	25,000.00
	<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS "A"</b>												<b>9,313,429.25</b>
	TOTAL COSTOS INDIRECTOS												186,268.59
	SUB TOTAL 1												9,499,697.84
	ADMINISTRACION Y UTILIDAD												<b>1,424,954.68</b>
	SUB TOTAL 2												10,924,652.51
	IMPUESTO MUNICIPAL												109,246.53
	IVA												1,638,697.88
	GRAN TOTAL												<b>12,672,596.92</b>
													<b>370,543.77</b>
													<b>370,543.77</b>

Fuente: Elaboración propia



ITEM	DESCRIPCION DE LA ETAPA Y/O SUB-ETAPA	U/M	CANT ESTIMADA	Tiempo de ejecucion (90 dias calendario)																																			
				TERCER MES														CUARTO MES																					
				SEMANA 3				SEMANA 4					SEMANA 1					SEMANA 2				SEMANA 3																	
				DIAS				DIAS					DIAS					DIAS				DIAS																	
Días Calendario				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	
20.04	Acarreo de piedra bolón	m3	1,320.27	146.67	146.67	146.67	146.67																																
30.02	Zampeado de talud con piedra bruta y mortero proporcion 1:6	m3	1,320.27	146.67	146.67	146.67	146.67																																
30.03	Tubos de 2" pvc para drenes en talud	und	733.00	146.67	146.67	146.67	146.67																																
30.04	Formaleta	m2	500.00	146.67	146.67	146.67	146.67																																
30.05	Repello con mortero en taludes	m2	4,400.00	146.67	146.67	146.67	146.67	146.67	146.67	146.67	146.67																												
150	<b>LIMPIEZA FINAL Y ENTREGA</b>																																						
150.01	Limpieza final y entrega	glb	1.00									0.20	0.20	0.20	0.20	0.20																							

Fuente: Elaboración propia

**ANEXO 11: Set de planos**