

**UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**



**DISEÑO HIDRÁULICO Y ESTRUCTURAL DEL BOTADOR EL ALUVIÓN  
PARA EL CONTROL DE LAS AGUAS EN TIEMPOS DE LLUVIA EN EL  
DISTRITO DE ASCOPE - LA LIBERTAD - PERÚ**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL**

**Línea de Investigación: Hidráulica**

**AUTORES** : BACH. GÁLVEZ ARMAS, NILTON  
ALEXANDER  
BACH. VELÁSQUEZ VILLANUEVA,  
ADER MOISÉS

**ASESOR** : ING. RICARDO ANDRÉS, NARVÁEZ  
ARANDA

**TRUJILLO - PERÚ**  
**2017**

## **APROBACIÓN DE LA TESIS**

El asesor y los miembros del jurado evaluador asignados, **APRUEBAN** la tesis desarrollada por el Bachiller **Gálvez Armas Nilton Alexander** y el Bachiller **Velásquez Villanueva Ader Moises**, denominada:

**“DISEÑO HIDRAULICO Y ESTRUCTURAL DEL BOTADOR EL ALUVION  
PARA EL CONTROL DE LAS AGUAS EN TIEMPOS DE LLUVIA EN EL  
DISTRITO DE ASCOPE – LA LIBERTAD - PERÚ”**

---

Ing. Guillermo Cabanillas Quiroz  
CIP: 17902  
JURADO  
PRESIDENTE

---

Ing. Cesar Cancino Rodas  
CIP: 70103  
JURADO  
SECRETARIO

---

Ing. Ochoa Zevallos Rolando  
CIP: 9133  
JURADO  
VOCAL

---

Ing. Ricardo Narváez Arana  
CIP: 58776  
ASESOR

## **DEDICATORIA**

### ***A DIOS:***

*Dios por ser quien ha estado a mi lado en todo momento dándome las fuerzas necesarias para continuar luchando día tras día y seguir adelante rompiendo todas las barreras que se me presenten*

### ***A MI FAMILIA:***

*A mis padres, por su amor infinito entrega, dedicación, apoyo incondicional e inagotable durante toda mi vida y formación académica.*

**Bach. Nilton Alexander Gálvez Armas**

**Bach. Ader Moisés Velásquez Villanueva.**

## **AGRADECIMIENTO**

*Un agradecimiento muy especial al Ing. Narváez Aranda, Ricardo A. por sus conocimientos transmitidos y apoyo brindado para llevar adelante la presente tesis.*

*A nuestros padres a quienes les debemos la vida y nos formaron con educación, apoyo y consejos. A nuestros maestros y amigos, quienes sin su ayuda nunca hubiéramos podido hacer esta tesis. A todos ellos les estaremos agradecidos eternamente.*

**Bach. Nilton Alexander Gálvez Armas**

**Bach. Ader Moisés Velásquez Villanueva**

# ÍNDICE

	Pág.
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO .....	iv
ÍNDICE .....	v
ÍNDICE DE TABLAS.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
RESUMEN .....	viii
ABSTRACT.....	ix
INTRODUCCIÓN .....	x
CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	11
1.1. Descripción del problema.....	11
1.2. Formulación del problema.....	12
1.3. Objetivo general.....	12
1.4. Objetivos específicos .....	13
1.5. Justificación de la investigación .....	13
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....	14
2.1. Antecedentes de la investigación.....	14
2.2. Bases teóricas.....	15
2.3. Definiciones conceptuales .....	34
2.4. Hipótesis .....	36
2.5. Variables dependientes e independientes .....	36
2.6. Operacionalización de las variables (Dimensiones e indicadores).....	37
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....	38
3.1. Tipo de investigación, enfoque y alcance o nivel.....	38
3.2. Población y muestra .....	38
3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	41
3.4. Técnicas para el procesamiento y análisis de la información .....	42
CAPÍTULO IV: RESULTADOS .....	44
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	99
CONCLUSIONES.....	99
RECOMENDACIONES.....	100
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	101
ANEXOS .....	103

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: <i>Tipo de material y las velocidades permitidas</i> .....	17
Tabla 2: <i>Resistencia en relación a la profundidad</i> .....	17
Tabla 3: <i>Velocidades permisibles para diferentes tipos de revestimiento</i> .....	17
Tabla 4: <i>Velocidades permisibles para diferentes tipos de canales</i> .....	18
Tabla 5: <i>Valores permisibles para la tensión de corte y velocidades</i> .....	18
Tabla 6: <i>Pesos específicos de las cargas muertas en un canal</i> .....	20
Tabla 7: <i>Berma de Seguridad de acuerdo a la profundidad de agua</i> .....	24
Tabla 8: <i>Pendientes laterales apropiadas para canales construidos en diferentes clases de materiales</i> .....	30
Tabla 9: <i>Secciones hidráulicas óptimas</i> .....	31
Tabla 10: <i>Operacionalización de Variables</i> .....	37
Tabla 11: <i>Numeración y Abertura de Tamices</i> .....	60
Tabla 12: <i>Prueba Granulométrica</i> .....	60
Tabla 13: <i>Límites de Consistencia</i> .....	62
Tabla 14: <i>Gravedad Específica</i> .....	63
Tabla 15: <i>Contenido de Humedad (AATM-D-2216)</i> .....	64
Tabla 16: <i>Contenido de Humedad (Proctor Modificado)</i> .....	65
Tabla 17: <i>Determinación de Densidad (Proctor Modificado)</i> .....	65
Tabla 18: <i>Ancho estable, según el caudal máximo del Río (Recomendación práctica)</i> .....	68
Tabla 19: <i>Condiciones de Fondo de Río (K1)</i> .....	69
Tabla 20: <i>Factor de fondo de río (Fb)</i> .....	71
Tabla 21: <i>Coeficiente de material de cauce (K)</i> .....	73
Tabla 22: <i>Coeficiente de tipo de río (m)</i> .....	74
Tabla 23: <i>Valores del coeficientes de Ks</i> .....	75
Tabla 24: <i>Valores del coeficientes <math>\Phi</math></i> .....	76
Tabla 25: <i>Cálculo de la profundidad de socavación</i> .....	79
Tabla 26: <i>Valores del coeficiente B</i> .....	79
Tabla 27: <i>Valores tipo para ángulo de fricción interna</i> .....	82

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Muestra la distancia vertical a la cual el revestimiento del canal y las márgenes del canal deben ser extendidas por encima de la superficie normal de agua para proporcionar un borde libre adecuado.....	23
Figura 2. Berma de seguridad en un canal.....	24
Figura 3. Diferentes tipos de flujo en canales abiertos .....	26
Figura 4. Ubicación y extensión del Botador El Aluvión.....	39
Figura 5. Ubicación del área de.....	40
Figura 6. Modelo Hidrológico Precipitaciones Existente.....	46
Figura 7. Área de Influencia.....	46
Figura 8. Formula de Témez.....	49
Figura 9. Formula de Kirpich.....	49
Figura 10. Formula de Soil Conservation of California.....	49
Figura 11. Diagrama IDF.....	50
Figura 12. Curva Intensidad – Duración - Frecuencia.....	51
Figura 13. Coeficiente de Escorrentia “C”.....	53
Figura 14. Método de mac math – caudal máximo.....	55
Figura 15. Puntos del GPS.....	55
Figura 16. Puntos del GPS en Autocad Civil 3D.....	56
Figura 17. Curva de Nivel y Cotas.....	57
Figura 18. Dimensionamiento del Dique Lateral (Información Inicial).....	68
Figura 19. Recomendación Práctica.....	69
Figura 20. Método de Pettis.....	70
Figura 21. Método de Simons y Henderson.....	72
Figura 22. Método de Blench y Altunin.....	73
Figura 23. Coeficiente de Rugosidad.....	74
Figura 24. Coeficiente de Material del Cauce y Coeficiente de Tipo de Río.....	76
Figura 25. Sección Teórica del Cauce.....	77
Figura 26. Diámetro de Partícula.....	80
Figura 27. Método de LL. List Van Levediev.....	81
Figura 28. Fuerzas Actuantes sobre Dique.....	86
Figura 29. Defensa Ribereña.....	82
Figura 30. Tirante Crítico de Sección Típica.....	83

## RESUMEN

La ciudad de Ascope capital de la provincia del mismo nombre, se encuentra ubicada a 59 km de la ciudad de Trujillo a una altitud de 238 m.s.n.m. El lado este de la ciudad se encuentra próximo a cerros de donde se desprende quebradas que llegan a la ciudad. En el lado sur se ha construido un canal de tierra que funciona como botadero de aguas de escorrentía de las quebradas cercanas a la ciudad derivadas hacia el río Chicama. Debido a la acción erosiva de la zona y las quebradas que descienden, le confieren un lecho móvil, presentando material de arrastre colmatado. Se identificaron áreas expuestas a ser inundadas por máximas avenidas, que podrían causar cuantiosas pérdidas a los pobladores de la zona como lo ocurrido en el fenómeno de “El Niño” en el año de 1998 y 2017; es por ello que se realizó la presente tesis: “ DISEÑO HIDRÁULICO Y ESTRUCTURAL DEL BOTADOR EL ALUVION PARA EL CONTROL DE LAS EN TIEMPOS DE LLUVIA EN EL DISTRITO DE ASCOPE – LA LIBERTAD – PERÚ ” . Con el presente trabajo se proyecta proteger por inundación a 290 Ha., que pertenecen a los pobladores de la zona, como también se protegerá a los 6,763 habitantes que residen en la ciudad de Ascope.

Para esta investigación se realizó un estudio topográfico del Botador El Aluvión en el tramo donde hay mayor presencia expuesta a daños por inundación 2.65 Km. de toda su longitud de cauce y se utilizó una pendiente ponderada de 5.8‰. Se hizo un dimensionamiento hidrológico para visualizar la micro cuenca que afecta a la ciudad de Ascope, la cual tiene un área de 181.30 Km<sup>2</sup>. Se utilizó el método empírico para determinar su caudal de diseño obteniéndose 18 m<sup>3</sup>/s para un periodo de retorno de 50 años. El estudio de suelos realizado nos permitió conocer que el material que conforma el Botador El Aluvión era en su generalidad Arena Limo Arcillosa.

Para dar solución al problema se planteó diseñar el encauzamiento y estructuras de protección como son los Diques enrocados colocados a lo largo del cauce principal del Botador El Aluvión.

## ABSTRACT

The city of Ascope capital of the province of the same name, is located 59 km from the city of Trujillo at an altitude of 238 m.s.n.m. The east side of the city is close to hills where ravines can be seen coming to the city. On the south side, an earth channel has been built that functions as a dump of runoff water from the ravines near the city that flow into the Chicama River. Due to the erosive action of the area and the streams that descend, they give it a moving bed, presenting clogged trawl material. Areas exposed to flooding were identified by maximum avenues, which could cause considerable losses to the inhabitants of the area, such as what occurred in the phenomenon of "El Niño" in the year of 1998 and 2017; that is why the present thesis was made: "HYDRAULIC AND STRUCTURAL DESIGN OF THE BOTADOR EL ALUVION FOR THE CONTROL OF RAINFALL TIMES IN THE DISTRICT OF ASCOPE - LA LIBERTAD - PERU". With the present work is projected to protect by flood to 290 Ha., Which belong to the inhabitants of the area, as well as protect the 6,763 inhabitants who reside in the city of Ascope.

For this investigation, a topographic study of the botador El Aluvión was made in the section where there is a greater presence exposed to flood damage 2.65 km of its entire channel length and a weighted slope of 5.8 ‰ was used. A hydrological dimensioning was made to visualize the micro basin that affects the city of Ascope, which has an area of 181.30 Km<sup>2</sup>. The empirical method was used to determine its design flow rate, obtaining 18 m<sup>3</sup> / s for a return period of 50 years. The study of the soils carried out allowed us to know that the material that makes up the botador El Aluvión was in its generality Arena Limo Arcillosa.

In order to solve the problem, it was proposed to design the channeling and protection structures such as the rocky embankments placed along the main channel of the El Aluvión botador.

## INTRODUCCIÓN

La presente tesis es una investigación que tiene por objetivo realizar el diseño hidráulico y estructural del Botador El Aluvión para el control de las aguas en tiempos de lluvia en el distrito de Ascope – La Libertad. Los datos se obtuvieron visitando el área de estudio y recolectando información de la Municipalidad Provincial de Ascope.

Este trabajo presenta los siguientes capítulos:

En el CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN se presenta la descripción y formulación del problema, los objetivos y también la justificación.

En el CAPÍTULO II: MARCO TEORICO se abordan los antecedentes relacionados con el tema de investigación en un ámbito local, nacional e internacional; también presenta las bases teóricas las cuales provienen de fuentes bibliográficas tanto de libros de investigación como de tesis relacionadas a los temas afines. Se discuten conceptos básicos; así como, métodos para el desarrollo de la investigación. Se presenta la hipótesis y las variables de investigación.

En el CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN se aborda el tipo de investigación, población y muestra, las técnicas e instrumentos de recolección de datos y las técnicas para el procesamiento y análisis de información.

En el CAPÍTULO IV: RESULTADOS se ofrece el desarrollo de los resultados.

En el CAPÍTULO V: DISCUSIÓN DE RESULTADOS se presentan los resultados obtenidos en la presente tesis de investigación.

Para finalizar se ofrece las conclusiones y recomendaciones adquiridas de la presente Tesis.

# CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

## 1.1. Descripción del problema

Según la ficha técnica de intervención N° 001 – 2015 – MPA, elaborado por la Municipalidad Provincial de Ascope nos describe que: La ciudad de Ascope capital de la provincia del mismo nombre, se encuentra ubicado a 59 km de la ciudad de Trujillo a una altitud de 238 m.s.n.m. La ciudad de Ascope cuenta con aproximadamente 6,763 habitantes que habitan viviendas de material rustico en un 80% y de material noble en un 20%. El lado este de la ciudad se encuentra próximo a cerros de donde se desprende quebradas que llegan a la ciudad. En el lado sur se ha construido un canal que funciona como botadero de aguas de escorrentía de las quebradas cercanas a la ciudad derivadas hacia el río Chicama. El botadero Ascope es un canal de derivación de las aguas de escorrentía que se originan en las épocas de lluvia entre diciembre a marzo, que discurren por las quebradas que nacen en las laderas de los cerros que están próximas a la Ciudad y que en la presencia del fenómeno de “El Niño” estas incrementan sus caudales que con el material de arrastre que se encuentra en su cauce origina torrentes de lodo “Huayco” y llegan a la ciudad de Ascope originando en su recorrido, desastres en las viviendas y servicios afectando a la población de la ciudad de Ascope, como lo sucedido en el fenómeno de “El Niño” del año 1998. Para mitigar los daños de estas aguas de las quebradas de las ladera de los cerros y a raíz de los daños ocurridos en el año 1998 se construyó el Botadero Ascope, pero no se ha dado el mantenimiento adecuado y se encuentran sus diques deteriorados y el cauce se encuentra colmatado con sedimentos y vegetación, incluso ha sido invadido con los agricultores donde están realizando cultivos de menestra y de maíz, lo que origina un inminente riesgo de desastre al desborde las aguas de escorrentía y a la ciudad.

Por ello, en el año 2017 entre las fechas 13 y 15 de marzo se contempló con mayor incidencia las precipitaciones pluviales generando así la activación de las quebradas del cerro Cuculicote. Según el SISTEMA

NACIONAL DE DEFENSA CIVIL se presentó el desborde de los drenes el Tesoro, el Aluvión y la Acequia Limpia, ocasionando inundación en establecimiento de salud, educación, planta de tratamiento de agua potable, colapso de puentes peatonales, colapso de vías carrozables e infraestructura de riego, así como el desborde del río Chicama.

Entonces nuestro objetivo es realizar el diseño hidráulico y estructural del Botador el Aluvión que se encuentra ubicado según la ficha técnica de intervención N° 003 – 2015 – LIB, a 1 km. de la localidad de Ascope en las coordenadas UTM WGS84 E710158 – N9146774, el cual presenta una longitud de 5.00 km aprox. Asimismo, con la ayuda de un modelamiento y simulación hidráulica bidimensional se comprobará la efectividad del diseño propuesto, que según el Ing. Giovene Pérez Campomanes (2016) son conductos abiertos en los cuales el agua circula debido a la acción de la gravedad y sin ninguna presión, dado que la superficie libre del líquido está en contacto con la atmosfera. Esto nos permitirá analizar el comportamiento de las estructuras propuestas.

## **1.2. Formulación del problema**

Debido al cambio climático, fenómeno del niño y el asentamiento de poblaciones en las áreas de inundación; hay un alto potencial de desbordamiento de la quebrada del Cerro Cuculicote; lo cual podría afectar seriamente las áreas de cultivo y las infraestructuras de las viviendas de los pobladores. Por lo cual el problema que se plantea es:

¿Cómo realizar el diseño hidráulico y estructural del botador el aluvión para el control de las aguas en tiempos de lluvia en el distrito de Ascope – La Libertad - Perú?

## **1.3. Objetivo general**

Realizar el diseño hidráulico y estructural del botador el aluvión para el control de las aguas en tiempos de lluvia en el distrito de Ascope – La Libertad.

#### **1.4. Objetivos específicos**

- Realizar estudios básicos de Ingeniería: topografía y mecánica de suelos.
- Realizar estudios hidrológicos para determinar el caudal de diseño.
- Realizar el modelamiento y simulación hidráulica bidimensional del botador el aluvión en cauce natural para determinar zonas de desbordamiento lateral.
- Diseño hidráulico y estructural de encauzamiento.
- Analizar el comportamiento de las estructuras propuestas mediante un modelamiento y simulación hidráulica bidimensional.

#### **1.5. Justificación de la investigación**

➤ **JUSTIFICACIÓN SOCIAL:**

Porque asegurará el cuidado y protección de las construcciones cerca del canal Botador El Aluvión, así como de las zonas agrícolas aledañas ante inundaciones en épocas de máximas avenidas de la quebrada del Cerro Cuculicote, que generalmente se dan entre los meses de diciembre a marzo.

➤ **JUSTIFICACIÓN TÉCNICA**

Uso de programas para el modelamiento hidráulico y estructural; como Hec-Ras 5.0, Civil 3D, Arc Gis 10.3, River, H canales y plantillas de cálculo de Excel. Que en conjunto nos permitirá obtener el análisis óptimo del diseño hidráulico y estructural y su posterior verificación de áreas inundadas ante las nuevas estructuras y secciones del Botador El Aluvión.

## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Antecedentes de la investigación**

NOTICIA: LA LIBERTAD: HUAICOS Y DESBORDES DE RÍOS AFECTAN ASCOPE Y OTUZCO citado en la Web de RPP

El Centro de Operaciones de Emergencia Regional (COER) de La Libertad reportó el desborde de las quebradas Acequia Limpia, Acequia Sucia y Botador Aluvión en el distrito y provincia de Ascope. El hecho ha generado la inundación de las calles y el colapso de varias viviendas. Asimismo, indicaron que la acequia El Tesoro colapsó y se han perjudicado sembríos.

En tanto, pobladores pidieron a las autoridades llevar maquinaria de manera urgente debido a que el torrente de agua y lodo se lleva sus pertenencias y ellos se encuentran en riesgo.

NOTICIA: ASCOPE SE INUNDA POR TRES ACEQUIAS citado en diario La Industria

Las calles de la capital de la provincia se han vuelto ríos por donde discurre agua, lodo y piedras, debido al desborde de las acequias Limpia, Sucia y Botador Aluvión, sin mencionar el colapso de El Tesoro.

Se teme que como consecuencia de las lluvias y el incremento en caudal de los ríos y quebradas se produzca deslizamientos y huaicos que afecten en gran manera a la ciudad, procedente del cerro Cuculicote, por donde pasa la acequia Botador.

NOTICIA: ASCOPE – SE DESBORDAN ACEQUIAS E INUNDAN CALLES (14 DE MARZO DEL 2017)

El hecho ocurrió pasado las tres de la tarde del último lunes que sorprendió a todos los vecinos. Es que tres acequias se desbordaron y causaron la alarma.

Las calles de la capital de la provincia de Ascope se convirtieron en ríos luego del desborde de la acequia Limpia, Sucia y Botador Aluvión además

del colapso de la acequia El Tesoro, a esto se suma el aumento del caudal del río Chicama.

Ascope teme que las intensas lluvias no solo incrementen el caudal del río sino también las quebradas que alimentan a las acequias. Se podría producir un huaico que afecte a gran parte de la población de Ascope. Sobre todo, preocupa la acequia El Botador.

## SISTEMA NACIONAL DE DEFENSA CIVIL: ESTADO SITUACIONAL DE LA EMERGENCIA

Desde el día 12 de febrero se viene presentando precipitaciones pluviales teniendo con mayor incidencia el 13 y 15 de marzo 2017 generando la activación de las quebradas del cerro Cuculicote, el desborde de los drenes el Tesoro, el Aluvión y la Acequia Limpia, ocasionando inundación en establecimiento de salud, educación planta de tratamiento de agua potable, colapso de puentes peatonales, colapso de vías carrozables e infraestructura de riego, así como el desborde del río Chicama.

Las acciones fueron del Personal de la oficina de Defensa Civil en coordinación con el presidente de la Plataforma Distrital y Provincial de Ascope se trasladaron a la zona a fin de realizar evaluaciones de daños y análisis de necesidades, así como entrega de bienes de ayuda humanitaria. Los daños se presentaron en viviendas, infraestructura pública, riego, centros educativos y vías de comunicación.

Algunas acciones que se realizaron fueron: Se procedió a desarenar y levantar bordo del Botador El Aluvión para evitar desborde, por la activación de la Quebrada El Cuculicote.

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.5.1. DISEÑOS HIDRÁULICOS DE CANALES**

Según el Ing. Pérez autor del Manual de Obras Hidráulica (2016), nos dice que los canales son conductos abiertos en los cuales el agua circula debido a la acción de la gravedad y sin

ninguna presión, dado que la superficie libre del líquido está en contacto con la atmósfera.

El Ing. Pérez en el Manual de Obras Hidráulicas (2016), clasifica los canales según:

La función que cumplen en los sistemas en:

- ✓ **Canal de derivación:** Es el canal que conduce las aguas desde la toma hasta el punto inicial de reparto de las aguas.
- ✓ **Canales laterales:** Son los que llevan las aguas a las áreas de riego y finalmente a las parcelas.

De acuerdo a su origen:

- ✓ **Naturales:** Son los cursos de agua existentes en forma natural como consecuencia del escurrimiento de la lluvia.
- ✓ **Artificiales:** Son los construidos por el hombre.

#### 2.2.1.1. INFORMACIÓN BÁSICA PARA EL DISEÑO

Para la realización de un diseño de canal, se debe tener algunas consideraciones y conceptos básicos como:

- Trazado del Canal
- Canal Abierto
- Rasante de un Canal
- Filtración de Canales
- Velocidades Admisibles

Siendo ésta última una de las más importantes para el diseño de un canal, debido a que la velocidad del flujo no debe descender de cierto límite inferior que la velocidad de sedimentación del material en suspensión que transporte el agua. Hace uso de las siguientes tablas:

Tabla 1:

*Tipo de material y las velocidades permitidas*

Material	Velocidad en m/s
Limo	0.15-0.30
Arena	0.20-0.60
Grava	0.60-1.20
Suelos Arcillosos	0.70-1.20
Arcilla	1.00 - 2.00
Rocas Sedimentarias	2.5-4.5
Rocas Cristalinas	20-25

Fuente: Ing. Pérez, Manual de Obras Hidráulicas (2016)

Tabla 2:

*Resistencia en relación a la profundidad.*

	Resistencia en Kg/cm <sup>2</sup>	Profundidad en metros				
		0.5	1	3	5	10
Hormigón	50	9.6	10.6	12.3	13	14
	75	11.2	12.4	14.3	15.2	16
	100	12.7	13.8	16	17	18
	150	14	15.6	18	19.1	21
	200	15.6	17.3	20	21.2	23

Fuente: Ing. Pérez, Manual de Obras Hidráulicas (2016)

### **Velocidad de flujo m/s permisible sin erosión**

Tabla 3:

*Velocidades permisibles para diferentes tipos de revestimiento.*

Tipo de material	Tirante Y(m)		
	0.5	1	5
Roca ( sedimentaria o ígnea)	1.7-6.3	2.1-7.7	3-11
Canal de madera	26-29	28-32	3.4-38
Revestimiento de concreto	96 -15.6	10.6-17.3	1.3-21.2
Revestimiento / mampostería de piedra	4.3-7.4	5-8.7	6.7-11.6

Fuente: Ing. Pérez, Manual de Obras Hidráulicas (2016)

Tabla 4:

*Velocidades permisibles para diferentes tipos de canales.*

Material	Vn.e
Canales arenosos	0.3
Arcilla arenosa	0.40
Materiales aglomerados consistentes	2.0
Muro de piedra	2.50
Canales con roca compacta	4.00
Canales con concreto	4.50

Fuente: Ing. Pérez, Manual de Obras Hidráulicas (2016)

### Valores admisibles de la tensión de corte y velocidad media de flujo

Tabla 5:

*Valores permisibles para la tensión de corte y velocidades.*

Material	KS( m1/2/s	Agua clara		Agua c/limo	
		v( m/s)	$\tau$ (kg/m <sup>2</sup> )	v( m/s)	$\tau$ (kg/m <sup>2</sup> )
Arena fina	50	0.46	0.13	0.76	0.37
Greda arenosa	50	0.53	0.18	0.76	0.37
Greda limosa	50	0.61	0.23	0.91	0.54
Limo aluvial	50	0.61	0.23	1.07	0.73
Greda común firme	50	0.76	0.37	1.07	0.73
Arcilla dura	40	1.14	1.27	1.52	2.24
Limo aluvial	40	1.14	1.27	1.52	2.24
Grava fina	50	0.76	0.37	1.52	1.56

Fuente: Ing. Pérez, Manual de Obras Hidráulicas (2016)

#### 2.5.1. DISEÑO ESTRUCTURAL DE CANALES

Según Torres (1993) Obras Hidráulicas I Capítulo 7 Diseño Estructural de Canales, nos dice que, para el diseño de estructuras de canales, el ingeniero deberá conocer los tipos de materiales, dimensiones apropiadas, para proporcionar estabilidad hidráulica y estructural.

Según Torres (1993) Obras Hidráulicas I Capítulo 7 Diseño Estructural de Canales, nos habla de la importancia del diseño hidráulico, el diseño estructural y la estabilidad del canal, los cuales proporciona:

**Diseño Hidráulico:**

- ✓ Una capacidad adecuada para la estructura del canal cuando se quiere conducir el flujo a una profundidad deseada.
- ✓ Un borde libre adecuado, en caso de avenidas.
- ✓ Permite la disipación de energía con turbulencia mínima aguas abajo de las estructuras.
- ✓ Una proporcionalidad estructural en algunas transiciones para minimizar las pérdidas de carga hidráulicas.

**Diseño Estructural:**

- ✓ Un espesor adecuado de concreto y patrones de acero para el refuerzo, para resistir momentos de flexión, fuerzas hidrostáticas (empuje), y esfuerzos de corte originados por cargas en la estructura.

**La estabilidad del canal:**

Son dimensiones estructurales adecuadas de manera que, para la mayoría de los materiales del suelo de fundación, la estructura será:

- ✓ Resistente al deslizamiento y al volteo.
- ✓ Una estructura que previene la infiltración evitando la remoción de materiales de la fundación.
- ✓ Una estructura que su fundación esté sometida a presiones menores que la máxima presión portante permitida.

**2.2.2.1. CARGAS QUE ACTUAN EN LA ESTRUCTURA DEL CANAL**

Según Torres (1993) Obras Hidráulicas I Capítulo 7 Diseño Estructural de Canales, nos dice que la estructura de un canal debe ser capaz de resistir cargas muertas, cargas

vivas en la superficie, presiones laterales, subpresiones, cargas transmitidas por automóviles, etc.

Las cuales se dividen en:

**a) Pesos específicos de las cargas muertas**

Tabla 6:

*Pesos específicos de las cargas muertas en un canal*

<b>Carga</b>	<b>Peso específico (kg./m<sup>3</sup>)</b>
Agua	1000
Relleno precompactado	
Seco	1600
Saturado	2000
Relleno compactado	
Seco	1950
Saturado	2400
Concreto	2400

Fuente: Torres (1993) Obras Hidráulicas I Capítulo 7  
Diseño Estructural de Canales

**b) Presiones laterales**

Son aquellas que actúan en los muros de las estructuras, la cual deberá ser capaz de resistir los efectos de las fuerzas resultantes transmitidas por dichas presiones.

Las 3 principales presiones en un canal son:

- ✓ Agua
- ✓ Tierra
- ✓ Sobrecarga del Equipo de Construcción

**c) Otras Presiones**

Las cuales son:

- ✓ Subpresiones del Agua
- ✓ Sísmicas

### 2.2.2.2. ESTABILIDAD

Según Torres (1993) Obras Hidráulicas I Capítulo 7 Diseño Estructural de Canales, nos habla de 4 propiedades:

#### 1. Capacidad Portante

Decimos que para las estructuras pequeñas son de menor magnitud y por lo tanto serán menores a las presiones portantes admisibles para los diferentes tipos de suelo.

#### 2. Coeficiente de Deslizamiento

Cualquier estructura sujeta a presiones laterales diferenciales debe ser capaz de resistir efectos de deslizamiento.

Comúnmente se utiliza un coeficiente de deslizamiento admisible de 0.35, a menos que el suelo tenga características especiales. Esto puede ser expresado como:

$$\frac{\sum H}{\sum N} = 0.35 \quad (2.1)$$

Donde:

$\Sigma H$  = sumatoria de las fuerzas laterales actuantes, paralelas al plano de falla asumido.

$\Sigma N$  = sumatoria de las fuerzas que actúan normalmente al plano de falla asumido, reducidas por subpresión.

#### 3. Resistencia al Volteo

Para que no ocurra el volteo, la suma de los momentos que estabilizan la estructura debe exceder a la sumatoria de los momentos de volteo en la estructura.

#### **4. Infiltración**

Todas las estructuras de canales estandarizadas tienen suficiente longitud para permitir un factor de infiltración de 2.5 o más.

##### **2.2.2.3. BORDE LIBRE EN CANALES**

Según Torres (1993) Obras Hidráulicas I Capítulo 7 Diseño Estructural de Canales, nos dice que es la distancia vertical desde la parte superior del canal hasta la superficie del agua en la condición de diseño, la cual debe ser lo suficiente grande para prevenir que ondas o fluctuaciones en la superficie del agua causen desbordes por encima de los lados. Por eso es que nos dice que es muy importante el diseño de canaletas elevadas, ya que puede prevenir que la subestructura pueda ponerse en peligro debido a los desbordes.

También nos dice que el borde de un canal no revestido está en función a las condiciones de tamaño y la localización del canal, así como el caudal de las aguas de lluvia, fluctuaciones del nivel freático, acción del viento, características del suelo y disponibilidad de material excavado.

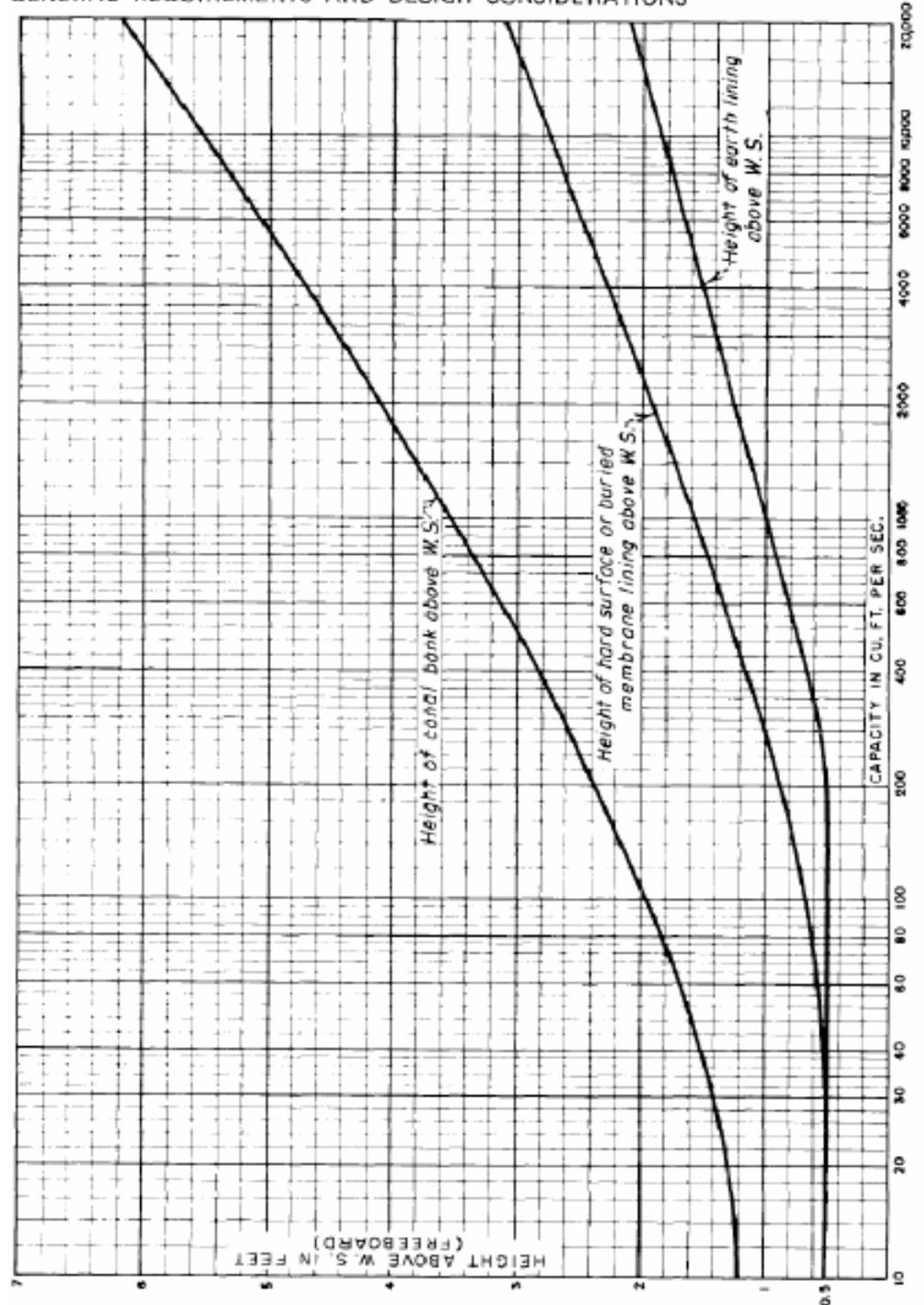


Figure 1-9. Freeboard for canal banks and freeboard for hard surface, buried membrane, and earth linings. 10.3.D-1195

Figura 1. Muestra la distancia vertical a la cual el revestimiento del canal y las márgenes del canal deben ser extendidas por encima de la superficie normal de agua para proporcionar un borde libre adecuado.

Fuente: Torres (1993) Obras Hidráulicas I Capítulo 7 Diseño Estructural de Canales.

#### 2.2.2.4. BERMA DE SEGURIDAD

La Berma de seguridad recomendada por el U.S. Bureau of Reclamation, está en función al tirante en el canal:

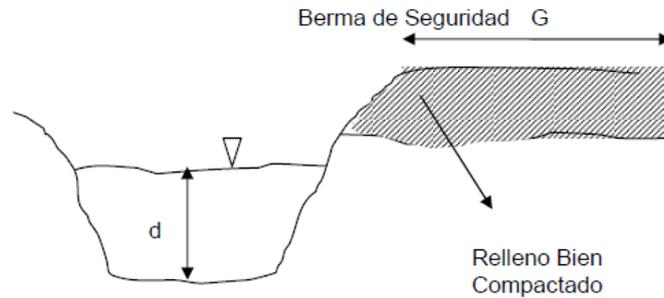


Figura 2. Berma de seguridad en un canal

Fuente: Torres (1993) Obras Hidráulicas I Capítulo 7  
Diseño Estructural de Canales

Tabla 7:

*Berma de Seguridad de acuerdo a la profundidad de agua*

d (m)	G (m)
0.6	3.1
0.6 – 2	2
> 2	2.5

Fuente: Torres (1993) Obras Hidráulicas I Capítulo 7 Diseño Estructural de Canales

#### 2.5.1. TIPOS DE FLUJOS EN CANALES HIDRÁULICOS

Según Marín, Menjívar y Zavaleta (2012), en su tesis “Diseño Y Construcción De Un Canal Hidráulico De Pendiente Variable Para Uso Didáctico E Investigación”, nos dice que existen dos tipos de flujos:

##### 2.2.3.1. FLUJO PERMANENTE Y FLUJO NO PERMANENTE

El flujo permanente es aquel que no cambia su profundidad y el cual se supone que es constante durante el intervalo de tiempo en consideración. Mientras que el

flujo es no permanente si su profundidad cambia con respecto al tiempo en consideración.

#### **2.1.3.1.1. FLUJO UNIFORME Y FLUJO VARIADO**

**El flujo uniforme permanente:** La profundidad de flujo no cambia durante el intervalo de tiempo bajo consideración.

**El flujo uniforme no permanente:** Requeriría que la superficie del agua fluctuara de un tiempo a otro, pero permaneciendo paralela al fondo del canal.

**El flujo es variado:** Si la profundidad de flujo cambia a lo largo del canal.

Este último tipo de flujo puede ser clasificado también como:

**Flujo rápidamente variado o gradualmente variado:** Si la profundidad del agua cambia de manera abrupta en distancias comparativamente cortas, sino de otro modo se comporta gradualmente variado.

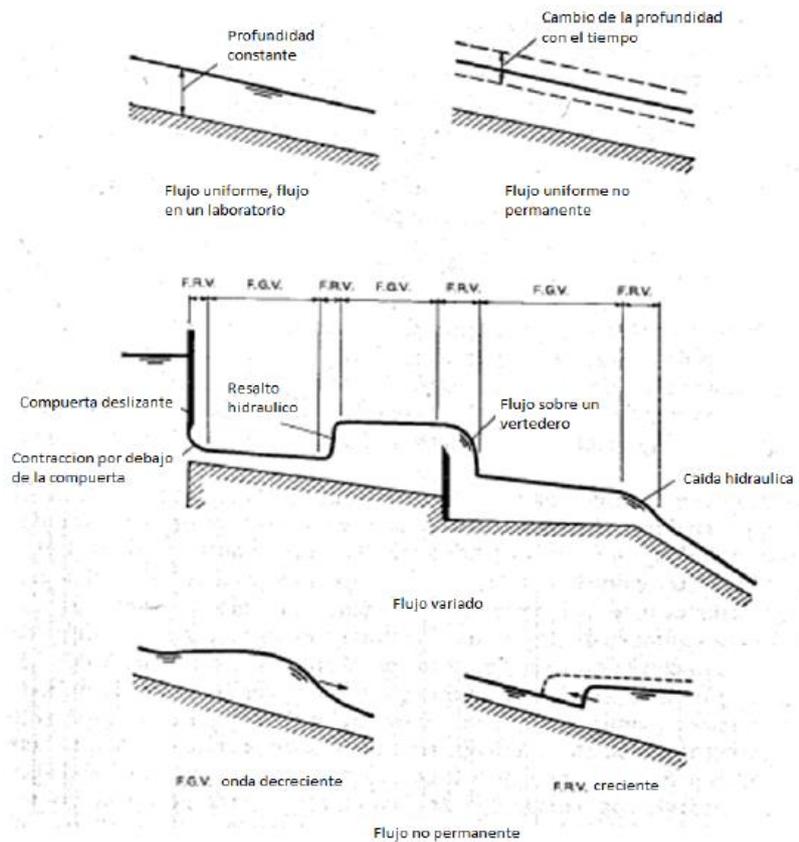


Figura 3. Diferentes tipos de flujo en canales abiertos

F.G.V= flujo gradualmente variado.

F.R.V= flujo rápidamente variado.

Fuente: Marín, Menjívar y Zavaleta (2012)

### 2.2.3.2. ESTADOS DE FLUJO

Es aquel que está gobernado básicamente por los efectos de viscosidad y gravedad en relación con las fuerzas inerciales. Se dividen en:

➤ **Efecto de la viscosidad**

El flujo puede ser laminar, turbulento o transicional según el efecto de la viscosidad en relación con la inercia.

➤ **El flujo es laminar**

Si las fuerzas viscosas son muy fuertes en relación con las fuerzas inerciales.

➤ **El flujo es turbulento**

Si las fuerzas son débiles en relación con las fuerzas inerciales.

Se representa mediante el número de Reynolds:

$$R = \frac{vL}{\nu} \quad (2.2)$$

**Donde:**

$v$ : Velocidad de flujo, en pies/s.

$L$ : Longitud, en pies.

$\nu$ : Viscosidad cinemática, en pies<sup>2</sup>/s.

➤ **Efecto de la Gravedad**

Se representa por la relación entre las fuerzas inerciales y las fuerzas gravitacionales.

Está dada por el número de Froude, el cual se representa como:

$$F = \frac{v}{\sqrt{gD}} \quad (2.3)$$

**Donde:**

$v$ : es la velocidad de flujo, en pies/s.

$g$ : es la aceleración de la gravedad, en pies<sup>2</sup>/s.

$L$ : es una longitud característica en pies.

### 2.2.3.3. CLASES DE CANALES ABIERTOS

Los cuales pueden ser natural o artificial:

➤ **Los canales naturales:** Son todos los cursos naturales del agua, como pequeños arroyuelos, quebradas, arroyos, ríos y estuarios de mareas.

➤ **Los canales artificiales:** Son aquellos que fueron construidos mediante el esfuerzo humano, por ejemplo: canales de vegetación, canales de centrales hidroeléctricas, canales y canaletas de irrigación,

cunetas de drenaje, vertederos, canales de desborde, canales de madera, etc.

#### **2.2.3.4. FLUJO EN CANALES ABIERTOS Y SUS PROPIEDADES.**

##### **2.1.3.4.1. ELEMENTOS GEOMÉTRICOS DE UNA SECCIÓN DE CANAL.**

Las definiciones de algunos de los elementos geométricos son:

- **La Profundidad De Flujo Ó Tirante (Y):**  
Es la distancia vertical desde el punto más bajo de una sección del canal hasta la superficie libre.
- **El Nivel:** Es la elevación o distancia vertical desde un nivel de referencia hasta la superficie libre.
- **El Ancho Superficial (T):** Es el ancho de la sección del canal en la superficie libre.
- **El Área Mojada (A):** Es el área de la sección transversal del flujo perpendicular a la dirección de flujo.
- **El Perímetro Mojado (P):** Es la longitud de la línea de intersección de la superficie de canal mojada y de un plano transversal perpendicular a la dirección de flujo.
- **El Radio Hidráulico (R):** Es la relación del área mojada con respecto a su perímetro mojado.

$$R = \frac{A}{P} \quad (2.4)$$

- **La Profundidad Hidráulica O Tirante Hidráulico (D):** Es la relación entre el área mojada y el ancho en la superficie.

$$D = \frac{A}{T} \quad (2.5)$$

- **El Factor De Sección Para El Cálculo De Flujo Crítico (Z):** Es el producto del área mojada y la raíz cuadrada de la profundidad hidráulica.

$$Z = A\sqrt{D} = A\sqrt{\frac{A}{T}} \quad (2.6)$$

- **El Factor De Sección Para El Cálculo De Flujo Uniforme (AR<sup>2/3</sup>):** Es el producto del área mojada y el radio hidráulico elevado a la potencia 2/3.

#### 2.2.3.5. PENDIENTES DE CANAL

Es aquella que está dada por la topografía o por la altura de energía requerida para el flujo de agua. La pendiente también depende en muchos casos del propósito del canal así mismo las pendientes laterales dependen principalmente de la clase de material, esto solo se aplica a los canales no erosionables.

Algunos factores a considerarse para las pendientes laterales son: la condición de pérdidas por infiltración, cambios climáticos, el tamaño de canal, el método de construcción, etc. En resumen, podemos decir que estas pendientes deben ser tan empinadas como sea factible y deben diseñarse con eficiencia y estabilidad hidráulica.

Tabla 8:

*Pendientes laterales apropiadas para canales construidos en diferentes clases de materiales.*

MATERIAL	PENDIENTE LATERAL
Roca	Aproximadamente vertical
Estiércol y suelos de turba	¼: 1
Arcilla rígida o tierra con recubrimiento de concreto	½: 1 a 1:1
Tierra con recubrimiento de piedras o tierra en canales grandes	1:1
Arcilla firme o tierra en canales pequeños	1 ½ : 1
Tierra arenosa suelta	2:1
Marga arenosa o arcilla porosa	3:1

Fuente: Marín, Menjívar y Zavaleta (2012)

#### **2.2.3.6. SECCIÓN HIDRÁULICA ÓPTIMA**

Decimos que la sección que tenga el menor perímetro mojado para un área determinada tiene la máxima conductividad, a esto se le conoce como sección hidráulica óptima.

Dentro de todas las secciones hidráulicas, la que tiene el menor perímetro mojado para un área determinada es el semicírculo, por lo cual es la sección hidráulica más eficiente.

De forma práctica, decimos que la sección hidráulica óptima es la sección que da el área mínima para un caudal determinado, pero no siempre es la mínima excavación, ya que solo ocurre si el nivel del agua llega hasta el tope de las bancas. En los casos en que la superficie del agua se encuentre por debajo del tope de las bancas, los canales más angostos que aquellos con la sección hidráulica óptima darán una excavación mínima. En conclusión, los canales más anchos darán una excavación mínima.

Tabla 9:

*Secciones hidráulicas óptimas.*

Sección transversal	Área A	Perímetro mojado P	Radio Hidráulico R	Ancho superficial T	Profundidad hidráulica D	Factor de sección Z
Trapezio, medio hexágono	$\sqrt{3} \cdot y^2$	$2\sqrt{3} \cdot y$	$\frac{1}{2} \cdot y$	$\frac{4}{3} \cdot \sqrt{3} \cdot y$	$\frac{3}{4} \cdot y$	$\frac{3}{2} \cdot y^{2.5}$
Rectángulo, medio cuadrado	$2 \cdot y^2$	$4 \cdot y$	$\frac{1}{2} \cdot y$	$2 \cdot y$	$y$	$2 \cdot y^{2.5}$
Triángulo, medio cuadrado	$y^2$	$2\sqrt{2} \cdot y$	$\frac{1}{4} \cdot \sqrt{2} \cdot y$	$2 \cdot y$	$\frac{1}{2} \cdot y$	$\frac{\sqrt{2}}{2} \cdot y^{2.5}$
Semicírculo	$\frac{\pi}{2} \cdot y^2$	$\pi \cdot y$	$\frac{1}{2} \cdot y$	$2 \cdot y$	$\frac{\pi}{4} \cdot y$	$\frac{\pi}{4} \cdot y^{2.5}$
Parabola $T = 2\sqrt{2} \cdot y$	$\frac{4}{3} \cdot \sqrt{2} \cdot y^2$	$\frac{8}{3} \cdot \sqrt{2} \cdot y$	$\frac{1}{2} \cdot y$	$2\sqrt{2} \cdot y$	$\frac{2}{3} \cdot y$	$\frac{8}{9} \cdot \sqrt{3} \cdot y^{2.5}$
Catenaria hidrostática	$1.39586 \cdot y^2$	$2.9836 \cdot y$	$0.46784 \cdot y$	$1.91753 \cdot y$	$0.72795 \cdot y$	$1.1909 \cdot y^{2.5}$

Fuente: Fernández, E. y Julca, J. (2013)

### 2.5.1. ¿QUÉ ES MODELADO Y SIMULACIÓN?

Según Cala Vitery Doctor en Filosofía de la Universidad Autónoma de Barcelona, el cual nos dice que, mediante el modelado se busca mejorar el conocimiento y la comprensión de un fenómeno o proceso y ello involucra el estudio de la interacción entre las partes de un sistema y el sistema como un todo. De esta perspectiva es apropiado afirmar que las teorías están integradas por dos grandes elementos conceptuales no del todo separable:

- a) Un formalismo, es decir, un aparato matemático con unas reglas operativas para calcular.
- b) Una interpretación, es decir, una ontología que cuenta, en correspondencia con el formalismo, cuál es la imagen de los fenómenos, de los procesos y del mundo que la teoría pretende describir o explicar.

La Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano (UTADEO), en su foro nos define al modelado como una herramienta que permite, al nivel de la teoría, acercar el formalismo científico a su

interpretación con el fin de lograr una mejor comprensión, explicación y descripción de los sistemas estudiados.

La efectividad de los modelos como herramientas de certidumbre científica o como instrumentos de garantía para tomar decisiones sobre procesos de ingeniería, depende del nivel de correspondencia que pueda lograrse, dentro de los rangos relevantes, entre el modelo y el sistema real representado; entre el comportamiento observado al operar el modelo y el comportamiento observado de la experimentación sobre el sistema real.

En el mismo foro de la Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano (UTADEO) define como simulación a la operación matemática y computacional de un modelo que comprende la representación temporal del comportamiento o la evolución de un sistema para formalizar, con técnicas computacionales, la experimentación artificial de un fenómeno o proceso. Es en este sentido que Shannon (1998) definió la simulación como “el proceso de diseñar un modelo de un sistema real y llevar a cabo experiencias con el mismo con la finalidad de comprender el comportamiento del sistema o de evaluar nuevas estrategias, dentro de los límites impuestos por un criterio o conjunto de ellos, para el funcionamiento del sistema.”

Por su parte Banks, Carson y Nelson (2001), la definen como “la imitación de la operación de un proceso del mundo real o sistema sobre el tiempo. La simulación comprende la generación de una historia artificial de un sistema, y la observación de tal historia artificial con el fin de extraer inferencias concernientes a las características de operación del sistema real representado.”

Entonces, podemos decir que modelado y simulación son dos conceptos que se interrelacionan entre sí a través de una misma realidad.

Definiendo conceptualmente tenemos:

Modelado: Es una herramienta teórica que permite acercarnos a la comprensión de un fenómeno con el fin de lograr una explicación y descripción del mismo.

Simulación: Es una operación matemática y computacional en la cual se genera una historia artificial de un sistema, para visualizar la experimentación de un fenómeno o proceso; con la misma finalidad de comprender el comportamiento del mismo y extraer las características del sistema real representado.

La importancia del Modelado y la Simulación actualmente se aprecia en las tendencias de las ciencias y áreas en las cuales ella se aplica (Biología, Ecología, Economía, Ciencias Ambientales, Ingeniería, Nanotecnología, Ciencias sociales, por citar algunas), y también en las disciplinas básicas que le dan su soporte (Matemáticas, Estadística, Física y Ciencias de la Computación).

En la ingeniería, en las dos últimas décadas, ha sido de suma importancia la implementación del modelado y la simulación como una herramienta indispensable y transversal para resolver problemas científicos y tecnológicos planteados desde las ingenierías de sistemas, civil, química, industrial, biomédica, mecánica y otras. Todas las disciplinas de la ingeniería -y así concluye al respecto el reporte de la National Science Foundation- deberán incorporar los beneficios y ventajas que resultan del modelado y la simulación, especialmente en lo referente a la optimización, el control, la cuantificación de incertidumbres, el diseño de mecanismos para toma de decisiones y la respuesta a desafíos en tiempo real, para su incorporación al desarrollo en el mundo competitivo del siglo XXI.

### **2.5.1. APLICACIÓN DE LA NUEVA HERRAMIENTA HEC-RAS 5.0 PARA CÁLCULOS BIDIMENSIONALES DEL FLUJO EN AGUA EN RÍOS**

Según Lluén Chero, W. (2015), nos explica sobre el nuevo HEC-RAS 5.0 el cual es un software de uso libre, cuyo proceso evolutivo ha venido desarrollando nuevas herramientas de trabajo para el análisis de flujo en diferentes condiciones. Esta evolución va desde

la versión 2.2, la cual analiza el flujo de forma unidimensional en condiciones permanentes, hasta la actual versión 5.0, que permite la modelización en una y dos dimensiones para condiciones permanentes y no permanentes.

Siendo el HEC-RAS 5.0 (versión beta), manteniendo las herramientas de su versión anterior, adiciona algunas otras que lo hacen capaz de realizar la modelización en 1D, 2D o una combinación de ambos, podemos citar las siguientes:

- Emplea las ecuaciones de Saint-Venant y Onda Difusa en 2D.
- Esquema numérico empleado: Volúmenes Finitos Implícitos
- Algoritmo de solución para el acoplamiento de modelos 1D y 2D.
- Mallas computacionales estructuradas y no estructuradas.
- Tabla detallada de propiedades hidráulicas para celdas y contornos de celdas computaciones 2D, que permiten acelerar los tiempos de cálculo.

Expone además una serie de limitaciones que presenta la versión beta del software, siendo de las más destacadas, que aún no se puede emplear la modelización en 2D para el análisis de transporte de sedimentos y calidad de agua, la cual era una limitación para nuestro tema de investigación por lo que esta actualización es de gran ayuda para el modelamiento y simulación hidráulica del Botador.

### 2.3. Definiciones conceptuales

**Área de Captación:** Lugar donde se almacenan los escurrimientos de agua de lluvia, antes de realizar su disposición final. Por lo general se utilizan superficies como los techos de las casas, escuelas, almacenes, etc., que deben estar impermeabilizados. También se puede captar el agua que escurre de calles o estacionamientos por medio de canales.

**Caudal:** Es la cantidad de fluido que circula a través de una sección del ducto (tubería, cañería, oleoducto, río, canal) por unidad de tiempo.

**Cuenca:** Es un territorio vaciado por un único sistema de drenaje natural, es decir, que sus aguas drenan al mar a través de un único río, o que vierte sus aguas a un único lago endorreico, también llamada divisoria de aguas.

**Quebrada:** Es un paso estrecho entre montañas que forma una especie de lago y por tanto equivale a desfiladero.

**Precipitaciones:** Se refiere a la caída de agua sólida o líquida debido a la condensación del vapor, sobre la superficie terrestre.

**Agua Lluvia:** Proviene de la precipitación pluvial y, debido a su efecto de lavado sobre tejados, calles y suelos, pueden contener y alta contaminación atmosférica.

**Modelamiento:** El modelado permite, al nivel de la teoría, acercar el formalismo científico a su interpretación con el fin de lograr una mejor comprensión, explicación y descripción de los sistemas estudiados. En general un modelo puede ser entendido como una representación, bien sea abstracta, análoga, fenomenológica o idealizada, de un objeto que puede ser real o ficticio.

**Simulación:** Una herramienta indispensable y transversal para resolver problemas científicos y tecnológicos planteados desde las ingenierías de sistemas, civil, química, industrial, biomédica, mecánica y otras.

**Simulación Hidráulica:** El uso de una representación matemática del sistema real (denominado modelo matemático), con el que se pretende aumentar su comprensión, hacer predicciones y posiblemente ayudar a controlar el sistema utilizándose como la base en el cálculo hidráulico para simular los diferentes estados de carga que se producen en la red de distribución.

**Botador:** Canal de tierra que funciona como drenaje de las aguas en tiempos de lluvia, la cual consta de 5km. aproximadamente y está ubicado en la provincia de Ascope.

**Encauzamiento:** Es abrir un cauce para que discurra por él una corriente o masa de aguas o conducir una corriente por un cauce.

**Escorrentía:** Se refiere al agua de lluvia que circula libremente sobre la superficie de un terreno.

## **2.4. Hipótesis**

Si proponemos estructuras de encauzamiento entonces se podrá controlar el caudal en el botador el aluvión reduciendo desbordamiento lateral e inundaciones.

## **2.5. Variables dependientes e independientes**

### **2.5.1. VARIABLE DEPENDIENTE (V-1)**

- Diseño de las estructuras de encauzamiento.

### **2.5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE (V-2)**

- Botador El Aluvión – Ascope

## 2.6. Operacionalización de las variables (Dimensiones e indicadores)

Tabla 10:

*Operacionalización de Variables.*

Variable	Definición Conceptual	Dimensiones	Indicadores	Unidad de medida
(V-1) Diseño de las estructuras de encauzamiento.	<b>Canal de encauzamiento:</b> Un canal abierto es un conducto en el que el líquido fluye con una superficie sometida a la presión atmosférica. El flujo se origina por la pendiente del canal y de la superficie del líquido.	1.) Modelamiento  2.) Simulación Hidráulica	Secciones de Estructuras Hidráulicas  Máximas Avenidas	Und Unidad M <sup>2</sup> Áreas  M <sup>3</sup> /S Caudal

Fuente: Elaboración Propia

## **CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

### **3.1. Tipo de investigación, enfoque y alcance o nivel**

#### **3.1.1. ENFOQUE**

Cuantitativo porque usa la recolección de datos, mide y analiza para establecer patrones de comportamiento y probar teorías para hacer cambios.

#### **3.1.2. ALCANCE O NIVEL**

Este estudio permitirá determinar caudal real de agua y su necesidad de profundidad para evitar desbordamientos futuros.

#### **3.1.3. DISEÑO**

Descriptivo para mejoramiento de canal botador

### **3.2. Población y muestra**

#### **3.2.1. UBICACIÓN Y EXTENSIÓN**

##### **3.2.1.1. UBICACIÓN**

El proyecto se encuentra ubicado según ficha técnica N° 003 – 2015 – LIB, a 1 km. de la localidad de Ascope en las coordenadas UTM WGS84 E710158 – N9146774.

#### **Ubicación Política**

Departamento : La Libertad  
Provincia : Ascope  
Distrito : Ascope  
Zona : Botador El Aluvión



agrícolas e infraestructuras de las viviendas de los pobladores.



Figura 5. Ubicación del área de estudio

Zona Afectada

Zona de intervención

Fuente: Google Earth

### 3.2.2. PRINCIPALES ACTIVIDADES ECONÓMICAS

La población de Ascope se dedica principalmente a la agricultura siendo sus principales productos el maíz, caña de azúcar, menestras y en algunos casos uva, por otro lado, también se dedican a la ganadería y el comercio en menor escala.

### 3.2.3. SITUACIÓN ACTUAL DE LA ZONA DEL PROYECTO

#### 3.2.3.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES

Según Espinoza y Torres (2015) nos dice que, actualmente existen áreas desprotegidas ante avenidas extraordinarias, constituyendo un peligro latente, como lo ocurrido con el fenómeno de “El Niño” en el año de 1998,

el cual produjo pérdidas no solo en la infraestructura de riego; si no que, al inundar áreas de cultivo, imposibilitó el uso de las tierras por un periodo de tiempo prolongado, debido a que quedaron totalmente saturadas. Generando pérdidas económicas a corto y largo plazo.

### **3.2.3.2. RECURSOS HÍDRICOS**

El distrito de Ascope pertenece al valle Chicama, el cual se abastece de la cuenta del mismo nombre y su principal río es el Chicama.

Por la ciudad pasan dos canales:

- Canal el Tesoro
- Canal Ascope

Los pobladores utilizan estos dos canales para la agricultura, que es el recurso más usado en la ciudad de Ascope.

El régimen que presentó es irregular, presentado caudales altos entre los meses de diciembre a mayo; mientras que en el resto del año se muestran caudales menores.

### **3.2.4. MUESTRA**

En vista que es un estudio de análisis para el beneficio de un solo lugar, entonces la población y muestra será los beneficiarios de localidad de Ascope.

## **3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Para la evaluación del Botador El Aluvión, se hizo uso del método de observación directa a la zona de estudio, a los pobladores afectados que son aledaños al canal Botador.

Para los estudios Topográficos: Se utilizó un GPS, tomando puntos para luego ser exportados a una base de datos Excel y posteriormente ubicados y dibujados en Autocad Civil 3D.

Para los estudios Geotécnicos: Se realizó calicatas para obtener muestras de suelo para luego analizarlos en los laboratorios.

Para hallar los caudales máximos: Se utilizaron graficos IDF con datos obtenidos del SENAMHI y procesados con ayuda del programa RIVER.

Para el análisis y diseño de estructuras hidráulicas se usó los datos conseguidos anteriormente para luego ser utilizados en el software HEC-RAS 5.0.

### **3.4. Técnicas para el procesamiento y análisis de la información**

#### **3.4.1. Procesamiento de recolección de datos**

Para el procesamiento de los datos obtenidos se utilizó los siguientes programas:

- Word 2016: Procesamiento de datos
- Excel 2016: Procesamiento de datos numéricos y de diseño
- MS Project 2016: Diseño de Cronograma de Actividades
- AutoCAD Civil 3D: Diseño de planos, tanto planimetría como altimetría.
- RIVER: Diseño de defensas Rivereñas
- HEC- RAS: Modelación hidráulica bidimensional de Hidrográfico.
- Google Earth Pro: Analizar sistemas de información geográfica
- AutoCAD – Earth 2016: Analizar sistemas de información geográfica

#### **3.4.2. Análisis de datos**

##### **TRABAJO DE CAMPO:**

Realizamos visitas técnicas para la evaluación de las zonas afectadas.

Se realizó 2 calicatas para la obtención de muestras de suelos, esas muestras se analizaron en el Laboratorio Geotécnico y ensayos de materiales de construcción de Huertas Ingenieros S.A.C. para

analizar la clasificación de estos, realizando ensayos como: Granulometría, ensayo de plasticidad, gravedad específica, ensayo de contenido de humedad y para la resistencia de suelos: ensayo de densidad relativa (proctor modificado).

El estudio topográfico se realizó con la ayuda de un GPS, se tomaron puntos los cuales nos dan sus coordenadas, altitud y ubicación exacta. Estos puntos se pasaron a una base de datos Excel para luego ubicarlos y dibujarlos en el software AutoCad Civil 3D.

### **TRABAJO DE GABINETE:**

Se utilizó las Curvas IDF obtenidos del SENAMHI y el software RIVER para realizar y determinar el caudal de diseño.

Usando el software HEC-RAS v5.0 realizamos una simulación hidráulica para visualizar los efectos de una máxima avenida en las condiciones actuales. Luego propusimos nuevas estructuras y secciones del Botador El Aluvión, a los cuales sometimos a una modelación y simulación hidráulica para comprobar que estas nuevas estructuras previnieron el desborde del Botador El Aluvión y se evitó las inundaciones de los terrenos de los cultivos aledaños.

Luego de tener todos los datos necesarios, se usó el software HEC-RAS el cual se puso todos los datos que requiso y que necesitó el programa, para la realización del modelamiento y simulación hidráulica que ejecuto dicho programa.

## **CAPÍTULO IV: RESULTADOS**

### **4.1. HIDROLOGÍA**

#### **4.1.1. HIDROLOGÍA DEL BOTADOR EL ALUVIÓN**

Según el Ministerio de Agricultura y Riego, Hidrográficamente el Perú está dividido por tres vertientes: La del Pacífico, Atlántico y Titicaca, esto como resultado de la presencia de la cordillera de los andes que atraviesa el territorio nacional. La vertiente del Pacífico a la que pertenece el Río Chicama, tiene una extensión aproximada de 4 517.7 Km<sup>2</sup>, limita por el sur con la cuenca del río Moche y la quebrada de río Seco, por el norte con la cuenca del río Jequetepeque, por el este con la quebrada del río Marañón y por el oeste con el océano Pacífico.

El Curso de la Quebrada El Botador El Aluvión que desemboca en el Río Chicama, desde sus orígenes hasta su desembocadura en el mar es muy irregular y torrencioso. Con sus puntos extremos entre los paralelos 7°21' y 7°59' de Latitud Sur y 78°14' y 79°20' de Longitud Oeste.

#### **4.1.2. HIDROLOGÍA SUPERFICIAL**

Desde el punto de vista Geográfico, la quebrada del Botador El Aluvión limita por el norte, con la cuenca Jequetepeque; por el Este, con la cuenca Crisnejas; por el Sur, con la cuenca Moche; y por el Oeste, con el océano pacífico.

La longitud de su cauce principal es de 5 km, presentando una pendiente promedio de 0.58%.

##### **4.1.2.1. INFORMACIÓN HIDROMETERIOLÓGICA**

###### **A. CLIMA E HIDROGRAFÍA**

Según Dirección General Parlamentaria (2016) En la costa, el clima es semitropical con una temperatura promedio de 18°C y precipitaciones inferiores a 50 o 20 mm anuales. En la zona andina existe un clima variado,

cuyas temperaturas, lluvias y vegetación cambian a medida que se asciende en altura; así la temperatura fluctúa entre 14°C y 2 °C en invierno; mientras que en verano fluctúa entre 24°C y 13° C.

El sistema hidrográfico está conformado principalmente por seis ríos. Los que se forman en la vertiente occidental de los Andes y riegan los valles costeros son Jequetepeque, Chicama, Moche, Virú y Chao, cuyos caudales son variables debido a que se alimentan de precipitaciones pluviales que estacionalmente se registran en verano. En la vertiente amazónica se ubica el río Marañón que dispone de agua todo el año.

#### **4.1.2.2. INFORMACIÓN HIDROLÓGICA**

El principal objetivo del análisis hidrológico es la determinación de los caudales extremos o caudales máximos.

La Quebrada El Botador El Aluvión, no cuenta con datos de descargas medias diarias. La Quebrada El Aluvión; cabe mencionar que actualmente no cuenta con estación de aforos.

#### **4.1.3. ESTUDIO HIDROLÓGICO**

##### **4.1.3.1. DETERMINACIÓN DE LAS MÁXIMAS AVENIDAS**

Por máxima avenida se entiende al incremento del escurrimiento de una corriente o río debido a las precipitaciones. Para el diseño de obras de ingeniería es de gran importancia conocer el gasto máximo producto de una avenida y en muchas ocasiones la distribución de esta avenida respecto al tiempo.

Se utilizó el programa ArcGIS 10.3 para la delimitación de la micro cuenca que afecta a la ciudad de Ascope.

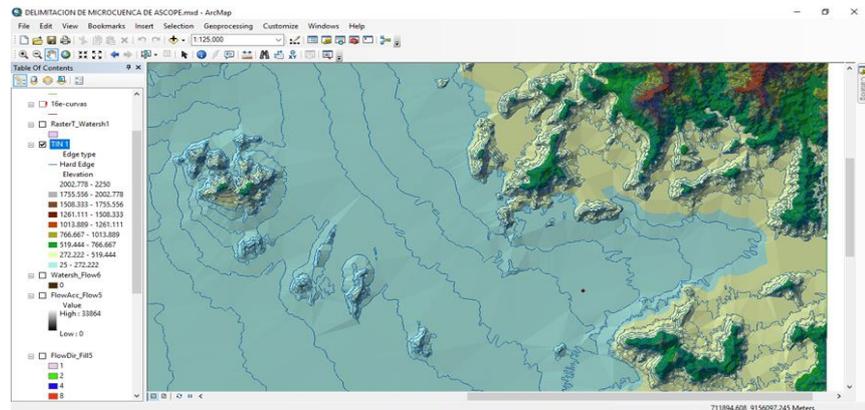


Figura 6. Modelo Hidrológico Precipitaciones Existente  
Fuente: Elaboración Propia

En la imagen se puede apreciar un modelo hidrológico de acuerdo a las precipitaciones existentes en la zona. El área de la Cuenca Chicama es 4493.738km<sup>2</sup>.

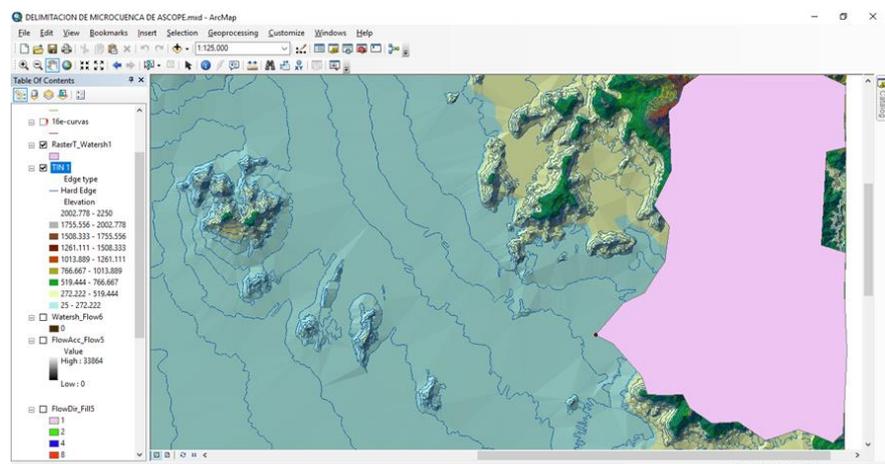


Figura 7. Área de Influencia  
Fuente: Elaboración Propia

La zona delimitada de color rosa, representa el área de influencia de las precipitaciones en la ciudad de Ascope. Su área es 181.30 km<sup>2</sup>. Su perímetro es 62.79km.

#### **4.1.4. CAUDAL DE DISEÑO (Q)**

El caudal de diseño es el volumen de agua que llegara a las obras de drenaje. El objetivo del cálculo de la crecida de diseño es asociar una probabilidad de ocurrencia a las distintas magnitudes de la crecida. Su determinación debe ser precisa para poder fijar económicamente el tamaño de la estructura requerida y evitar daños a la carretera.

Como no se cuenta con datos de caudales, las descargas máximas serán estimadas en base a las precipitaciones y las características de la cuenca y el cauce, tomando el Método Racional de Mac Math.

#### **FORMULAS PARA HALLAR EL CAUDAL DE DISEÑO**

##### **TIEMPO DE CONCENTRACIÓN:**

Según Ibañez, Moreno & Gisbert (2014) Metodos para la determinación del tiempo de concentración ( $t_c$ ) de una cuenca hidrográfica. Define como el tiempo mínimo necesario para que todos los puntos de una cuenca estén aportando agua de escorrentía de forma simultánea al punto de salida, punto de desagüe o punto de cierre. Esta determinado por el tiempo que tarda en llegar a la salida de la cuenca el agua que procede del punto hidrológicamente más alejado, y representa el momento a partir del cual el caudal de escorrentía es constante.

##### **FORMULA DE R. TEMEZ**

Para calcular el tiempo de concentración según R. Temez, se requiere:  $L$ =Longitud del cauce principal (Km),  $S$ =Pendiente media del Tramo.

Formula de R. Temez	
$T_c = 0.3 (L / S_j^{0.25})^{0.75}$	
Longitud del cauce principal (Km)	5.00
Pendiente media del Tramo	0.0058
Tiempo de Concentracion (Horas)	3.2989

Figura 8. Formula de Temez

Fuente: Elaboración Propia

### FORMULA DE KIRPICH

Para calcular el tiempo de concentración según el método de Kirpich, se requiere: L=Longitud del Cauce, k=Diferencias de Cotas Extremas (m), S=Pendiente Cauce Principal (Manning) y el Tc=Tiempo de Concentración (horas) que es lo que hallaremos.

Formula de Kirpich	
$T_c = 0.06628 (L^{0.77})(Sk^{-0.385})$	
Longitud del Cauce Principal (Km)	5.00
Diferencia de Cotas Extremas (m)	40.00
Pendiente cauce principal (Manning)	0.0058
Tiempo de Concentracion (Horas)	3.2616

Figura 9. Formula de Kirpich

Fuente: Elaboración Propia

### FORMULA DE SOIL CONSERVATION SERVICE OF CALIFORNIA

Para calcular el tiempo de concentración según el método de Soil Conservation of California, se requiere: L=Longitud del Cauce, H=Diferencias de Cotas Extremas (m), Tc=Tiempo de Concentración (horas) que es lo que hallaremos.

Soil Conservation Service of California	
$T_c = (0.871 (L^3 / H))^{0.385}$	
Diferencia de cotas extremas (m)	40.00
Longitud del cauce principal (Km)	5.00
Tiempo de Concentracion (Horas)	4.0417

Figura 10. Formula de Soil Conservation of California

Fuente: Elaboración Propia

## **PROMEDIO DE TIEMPO DE CONCENTRACION**

M. TAMEZ= 3.29 Hrs.

M. KIRPICH= 3.26 Hrs.

M. SOIL CONSERVATION OF CALIFORNIA= 4.04 Hrs.

PROMEDIO = 3.53 ≈ 3.50 Hrs.

## **CALCULO DE LA INTENSIDAD DE PRECIPITACION:**

Para el cálculo de la intensidad de usaron las Curvas Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF) proporcionadas por el SENAMHI.

### **CURVAS IDF:**

Según Témez (1978) las curvas intensidad-duración-frecuencia (IDF) resultan de unir los puntos representativos de la intensidad media en intervalos de duración diferente, correspondientes a una misma frecuencia o período de retorno.

### **Construcción de las curvas IDF:**

La construcción de las curvas IDF, según diversos autores, plantean distintas formas o métodos para su construcción. Para Aparicio (1997), El método, llamado de intensidad-período de retorno, relaciona estas dos variables por separado para cada duración, mediante alguna de las funciones de distribución de probabilidad usadas en hidrología. Este método relaciona simultáneamente la intensidad, la duración y el período de retorno en una familia de curvas mediante la ecuación siguiente:

$$I=k*Tm/(d+c)^n \quad (4.1)$$

Donde:

k, m, n y c: son constantes que se calculan mediante un análisis de correlación lineal múltiple.

I y d: corresponden a la intensidad y la duración de la precipitación, respectivamente.

Estas curvas corresponden a la representación gráfica de la relación que existe entre la intensidad y la duración, asociado a la frecuencia o período de retorno de la precipitación.

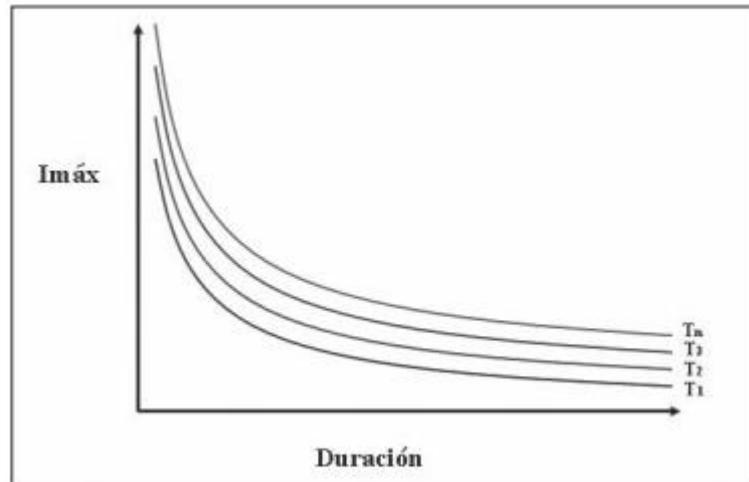


Figura 11. Diagrama IDF

Fuente: Témez (1978)

Según Témez (1978) Es importante señalar que la construcción de las curvas IDF se realiza en base a los datos provenientes de los pluviogramas de una determinada estación. Las intensidades que se obtienen para cada duración, derivados del análisis realizado a los pluviogramas, son características para cada zona.

Sin embargo, uno de los principales problemas a la hora de diseñar obras de ingeniería es la determinación de las intensidades máximas de precipitación por la falta de disponibilidad de pluviógrafos, que son los instrumentos que proporcionan datos con intervalos de tiempo adecuados a las necesidades de diseño.

### **Aplicación de las Curvas Intensidad-Duración-Frecuencia**

Las curvas Intensidad – Duración – Frecuencia, son una de las herramientas más útiles para el diseño hidrológico de caudales

máximos, cuando se utilizan modelos lluvia-escorrentía como los hidrogramas unitarios o el método racional (Nanía, 2003).

Por otra parte, las curvas IDF son de gran ayuda en la construcción de obras de control de erosión y recuperación de suelos degradados. En obras como zanjas de infiltración, canales de desviación, diques de postes, gaviones y otras destinadas al control de cárcavas y procesos erosivos en laderas, se hace necesario conocer los máximos valores de intensidades de precipitación que se pueden alcanzar, con el fin de dimensionar dichas obras (Pizarro et al., 2005).

### Selección de Curvas IDF:

La ciudad de Ascope se encuentra ubicada en la zona denominada Subcuenca Bajo Chicama. Por lo cual usaremos el gráfico IDF correspondiente a la zona.

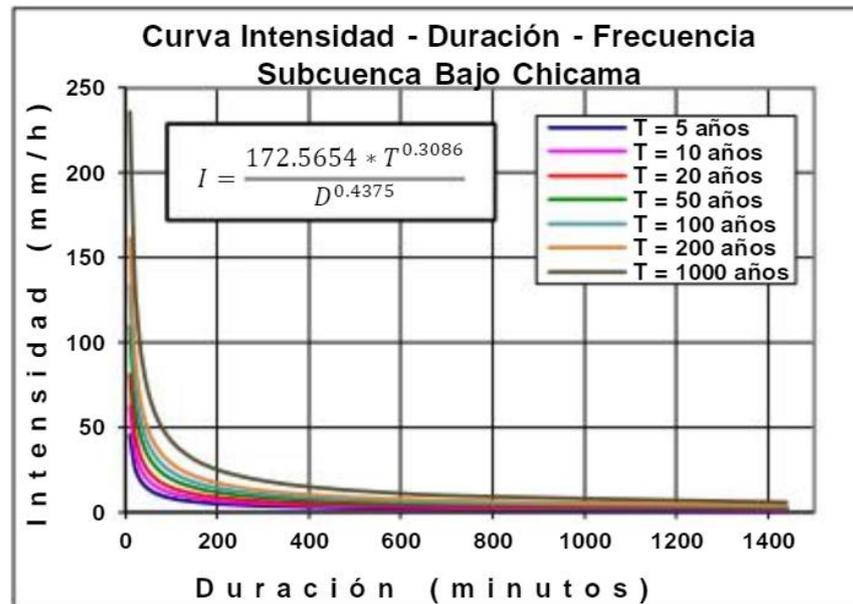


Figura 12. Curva Intensidad – Duración - Frecuencia

Fuente: SENAMH, 2013. Extremos Hidrológicos en Cuenca del Río Chicama.

$$I = \frac{172.5654 * (T^{0.03086})}{D} \quad (4.2)$$

**Donde:**

I= Intensidad máxima de lluvia (mm/hr).

T= Periodo de retorno (años)

D= Duración igual al tiempo de concentración (min)

Reemplazando en (4.2):

$$I = \frac{172.5654 * (50^{0.03086})}{210^{0.4375}}$$

$$I = 55.62 \text{ mm/hr}$$

**MÉTODO RACIONAL DE MAC MATH:**

$$Q = 0.001 x C x P x A^{0.58} x S^{0.45} \quad (4.3)$$

**Donde:**

Q= Caudal máximo (m<sup>3</sup>/s)

C= Factor de Escorrentia

P= Intensidad máxima de lluvia para una duración igual al tiempo de concentración (Tc) y un periodo de retorno de T años (mm/hr).

A= Área de la cuenca (Has)

S= Pendiente del cauce principal en (0/00).

Coeficiente de Escorrentía (C), se trata de la proporción de lluvia real que produce escorrentía superficial.

COEFICIENTE DE ESCORRENTIA "C"				
Características de la Superficie	Período de retorno en años			
	10	25	50	100
<b>Áreas desarrolladas</b>				
Asfáltico	0.81	0.86	0.9	0.95
Concreto lecho	0.83	0.86	0.92	0.97
<b>Zonas Verdes (jardines, parques, etc)</b>				
<b>Condición pobre (cubierta de pasto &lt;50 % del área)</b>				
Plano (0 - 2) %	0.37	0.4	0.44	0.47
Promedio (2 - 7) %	0.43	0.46	0.49	0.53
Superior al 7 %	0.45	0.49	0.52	0.55
<b>Condición prom. (cubierta de pasto 50 - 75 % del área)</b>				
Plano (0 - 2) %	0.3	0.34	0.37	0.41
Promedio (2 - 7) %	0.38	0.42	0.45	0.49
Superior al 7 %	0.42	0.46	0.49	0.53
<b>Condición alta (cubierta de pasto &gt; 75 % del área)</b>				
Plano (0 - 2) %	0.25	0.29	0.32	0.36
Promedio (2 - 7) %	0.35	0.39	0.42	0.46
Superior al 7 %	0.4	0.44	0.47	0.51

Figura 13. Coeficiente de Escorrentia "C"

Fuente: Manual de RIVER

Se escogió el valor del coeficiente de Escorrentia de acuerdo al período de retorno y a la condición promedio cubierta de pasto

$$C = 0.49$$

Reemplazando en (4.3):

$$Q = 0.001 * 0.49 * 55.62 * (18130^{0.58}) * (5.8^{0.45})$$

$$Q = 17.73 \cong 18 \text{ m}^3/\text{s}$$

## 4.2. TOPOGRAFÍA

El Botador El Aluvión tiene una topografía ondulada, característica de la sierra Liberteña, la cual discurren sus aguas de este a oeste. Tiene una sección bastante irregular que en promedio es 5 m, debido a la erosión causada por las grandes avenidas del Fenómeno de "El Niño".

Para este proyecto se realizó un levantamiento topográfico del Botador El Aluvión, usando como instrumento de toma de datos: GPS.

#### **4.2.1. RECONOCIMIENTO DEL TERRENO**

Se realizaron varias visitas de campo, que fueron indispensables para la actualización y confirmación del estado del Botador, tomas, diques existentes.

El Botadero presenta rastros de colmatación y pequeñas erosiones por lo que es necesario que se realicen trabajos de encauzamiento.

De esta forma se pudo reconocer los posibles puntos más críticos, identificando las zonas que estarían propensas a ser destruidas con la próxima avenida que origine el fenómeno de “El Niño”, siendo corroboradas con el modelamiento hidráulico utilizando el software Hec-RAS 5.0.3.

#### **4.2.2. TRABAJO DE CAMPO**

Se realizó las visitas técnicas correspondientes y se alquiló un equipo de GPS, para la toma de coordenadas y cotas, el cual nos facilita la localización de un punto en específico en el plano, asimismo el replanteo para ubicar y definir el área a intervenir. Se han tomado todos los detalles de la Quebrada El Aluvión, así como las variaciones del lecho y su colindancia con las áreas agrícolas afectadas.

Este levantamiento se hizo a **escala 1:5000**, con curvas de nivel **cada 0.5m abarcando** la quebrada el Botador El Aluvión en ambas márgenes.

#### **4.2.3. TRABAJO DE GABINETE**

En gabinete se procedió a correr los puntos tomados por el GPS, los cuales fueron almacenados en una celda de Excel y luego se exporto al programa AutoCAD Civil3D. De acuerdo a los datos

hidrológicos e hidráulicos se fijó el eje central, el ancho del cauce y los taludes, lo que permitirá fijar las áreas ribereñas a proteger, recuperar, ganar y la ubicación de las estructuras hechas de roca.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W
1	1	709831	9147230	249																			
2	2	709834	9147234	243																			
3	3	709837	9147236	242																			
4	4	709843	9147236	241																			
5	5	709848	9147239	242																			
6	6	709887	9147155	249																			
7	7	709909	9147163	244																			
8	8	709900	9147164	243																			
9	9	709903	9147167	242																			
10	10	709905	9147169	239																			
11	11	709939	9147079	249																			
12	12	709946	9147082	246																			
13	13	709948	9147084	245																			
14	14	709953	9147085	244																			
15	15	709955	9147087	246																			
16	16	709993	9147002	247																			
17	17	709996	9147005	243																			
18	18	710002	9147005	241																			
19	19	710004	9147006	242																			
20	20	710009	9147070	245																			
21	21	710059	9146923	246																			
22	22	710053	9146927	244																			
23	23	710057	9146923	243																			
24	24	710059	9146930	242																			
25	25	710061	9146932	242																			
26	26	710102	9146844	244																			
27	27	710110	9146849	245																			
28	28	710112	9146851	242																			
29	29	710116	9146853	242																			
30	30	710118	9146853	241																			
31	31	710199	9146940	244																			

Figura 14. Puntos del GPS

Fuente: Elaboración Propia

Se puede apreciar los puntos tomados por el GPS los cuales fueron exportados a una celda de Excel.

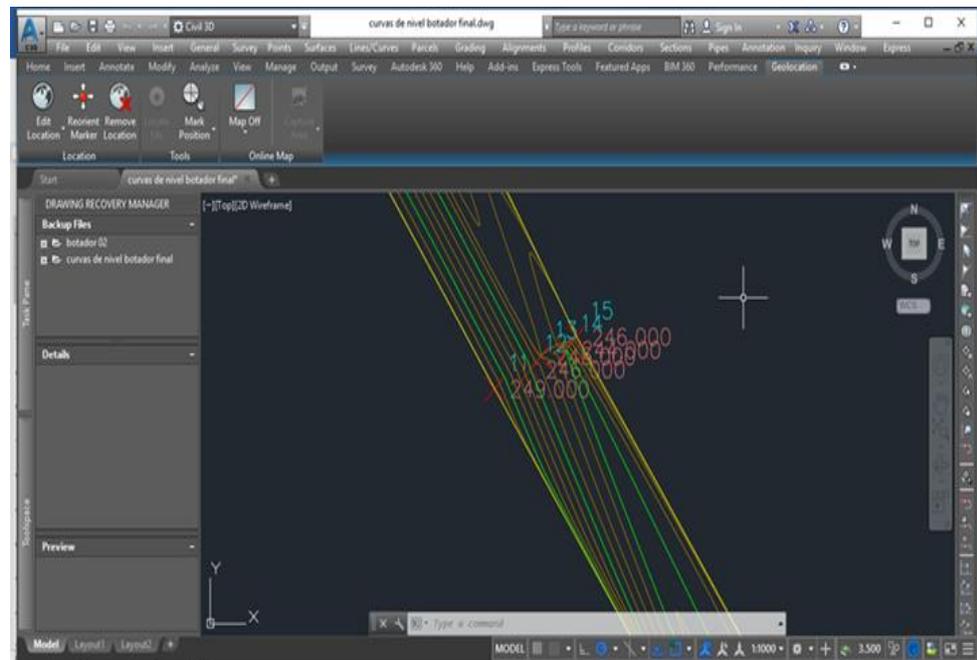


Figura 15. Puntos del GPS en Autocad Civil 3D

Fuente: Elaboración Propia

Se importa los puntos de excel en AutoCad Civil 3D, ubicandolos según sus coordenadas.

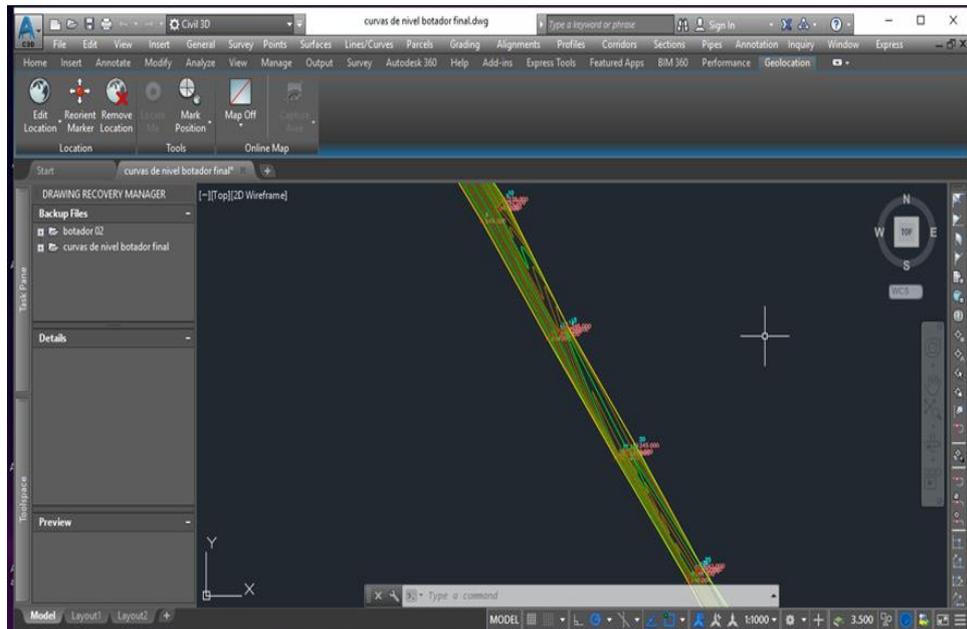


Figura 16. Curva de Nivel y Cotas

Fuente: Elaboración Propia

Luego se traza la superficie del terreno con su respectiva curva de nivel y cotas.

Los planos producidos a partir de la información adquirida son:

- Plano de Ubicación y Localización del Botador el Aluvión
- Plano de planta con curvas de nivel a una equidistancia de 5 m en el cual se especifica la ubicación de los diques existentes, Ver Plano PP-01, PP-02 y PP-03.
- Planos de perfil longitudinal a escala H: 1/2500 V: 1/500 del eje del rio y de las estructuras de encauzamiento, Ver Planos: PP-01, PP-02 y PP-03.
- Plano de Secciones Transversales a escala 1/500, el seccionamiento se hizo cada 20 m para tramos rectos y curvas, las cuales nos dan una configuración aproximada de las estructuras y encauzamiento, Ver Planos: ST-01, ST-02 y ST-03.

#### **4.2.4. ESTUDIOS GEOTECNICOS**

Los estudios geotécnicos constituyen una técnica excelente para conocer en detalle las características de cualquier terreno. De hecho, realizar un estudio geotécnico del terreno es una tarea fundamental antes de acometer cualquier proyecto u obra de ingeniería civil o edificación.

El análisis se realizará con la finalidad de examinar y determinar las características del suelo, sobre el cual se proyectarán los muros enrocados para las estructuras de encauzamiento.

El estudio de campo consistirá en realizar la perforación directa mediante calicatas a cielo abierto, en un número adecuado para que sea representativa de todo el tramo en estudio.

##### **4.2.4.1. LA EXPLORACIÓN DEL SUELO**

Es determinar la ubicación y espesor de los estratos del suelo, para así obtener el perfil del subsuelo, tomar muestras del suelo, realizar ensayos in-situ para estimar parámetros de los materiales, en exploraciones poco profundas como nuestro estudio se recurre a calicatas y/o zanjas.

##### **4.2.4.2. MUESTREO DEL SUELO**

La importancia de tomar muestras del suelo, radica en que es la etapa inicial y fundamental para realizar ensayos que posteriormente determinaran sus propiedades físicas y mecánicas del suelo, la cual vendría ser la interpretación de los resultados obtenidos en el laboratorio

#### **TIPOS DE MUESTRA:**

##### **A. MUESTRAS ALTERADAS**

Según Pérez (2013), Son aquellas que están constituidas por el material disgregado o fragmentado,

en las que no se toman precauciones especiales para conservar las características de estructura y humedad; no obstante, en algunas ocasiones conviene conocer el contenido de agua original del suelo, para lo cual las muestras se envasan y transportan en forma adecuada.

Las muestras alteradas, de suelos podrán obtenerse de una excavación, de un frente, ya sea de corte o de banco o bien, de perforaciones llevadas a profundidad con herramientas especiales. Las muestras deberán ser representativas de cada capa que se atravesase, hasta llegar a una profundidad que puede corresponder al nivel más bajo de explotación, al nivel de aguas freáticas o aquel el cual sea necesario extender el estudio.

## **B. MUESTRAS INALTERADAS**

Según Pérez (2013), Son aquellas en las que se conserva la estructura y la humedad que tiene el suelo en el lugar en donde se obtenga la muestra.

Las muestras inalteradas se obtendrán de suelos finos que puedan labrarse sin que se disgreguen. La obtención puede efectuarse en el piso o en una de las paredes de una excavación, en la superficie del terreno natural o en la de una terracería.

Para la selección y ubicación de los puntos de muestreo se realizarán 2 calicatas, ubicadas a lo largo del canal El Botador. La excavación se realizará hasta llegar a la profundidad de desplante, condicionado de alguna u otra manera por la presencia de piedra, bolonería y nivel freático. La toma de muestras se realizará tomando como base una separación de hasta

200 m. entre perforaciones, debido a que la longitud del canal es de 5km aproximadamente

Para el presente estudio, los ensayos de laboratorio se llevarán a cabo en el Laboratorio Geotécnico y Ensayos de Materiales de Construcción de Huertas Ingenieros S.A.C., siendo estos:

Para la Clasificación General de Suelos (M. Alteradas)

- ✓ Análisis Granulométrico.
  - ✓ Ensayo de Plasticidad (Límite Líquido y Límite Plástico).
  - ✓ Gravedad específica
  - ✓ Ensayos de contenido de humedad
- Para Determinar la Resistencia del Suelo. (M. Inalteradas)
- ✓ Ensayo de Densidad Relativa (Proctor Modificado).  
Relación de vacíos

#### **4.2.5. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO**

Su finalidad es obtener la distribución por tamaño de las partículas presentes en una muestra de suelo. Así es posible también su clasificación mediante sistemas como AASHTO o SUCS. El ensayo es importante, ya que gran parte de los criterios de aceptación de suelos para ser utilizados en bases o sub bases de carreteras, presas de tierra o diques, drenajes, etc., depende de este análisis.

Para obtener la distribución de tamaños, se emplean tamices normalizados y numerados, dispuestos en orden decreciente. Tamaño de las Partículas del Suelo.



#### **4.2.6. ENSAYO DE PLASTICIDAD (LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO)**

Los límites de Atterberg son ensayos de laboratorio normalizados que permiten obtener los límites del rango de humedad dentro del cual el suelo se mantiene en estado plástico. Con ellos, es posible clasificar el suelo en la Clasificación Unificada de Suelos (Unified Soil Classification System, USCS)

Para obtener estos límites se requiere remoldear (manipular) la muestra de suelo destruyendo su estructura original y por ello es que una descripción del suelo en sus condiciones naturales es absolutamente necesaria y complementaria.

##### **4.2.6.1. LÍMITE LÍQUIDO**

Es el contenido de humedad del suelo en el límite entre el estado semi-líquido y plástico.

El límite líquido es una medida de resistencia al corte del suelo a un determinado contenido de humedad.

En la práctica, el límite líquido se determina sabiendo que el suelo remoldeado a  $w = w_L$  tiene una pequeña resistencia al corte (aprox.  $0.02 \text{ kg/cm}^2$ ) de tal modo que la muestra de suelo remoldeado necesita de 25 golpes para cerrar en  $\frac{1}{2}$  pulgada dos secciones de una pasta de suelo de dimensiones especificadas más adelante.

##### **4.2.6.2. LÍMITE PLÁSTICO**

Es el contenido de humedad del suelo en el límite entre los estados semi-sólido y plástico.

Indica el contenido de humedad al cual es más fácil compactar un suelo.

El límite plástico es el contenido de humedad para el cual el suelo se fractura al ser amasado en bastoncitos de diámetro 1/8" (3 mm) cuando se amasa una pequeña porción de suelo entre la palma de la mano y una superficie lisa.

Tabla 13:

*Límites de Consistencia*

**LIMITES DE CONSISTENCIA (NTP 339.129)**

**LIMITE LIQUIDO**

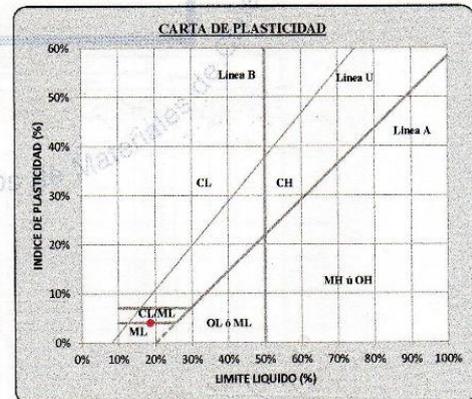
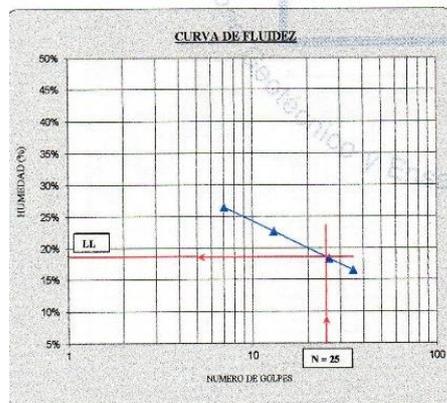
ENSAYO N°	1	2	3	4
Tara + suelo húmedo	60.89	51.00	44.99	66.05
Tara + suelo seco	52.36	45.46	40.16	59.32
Agua	8.53	5.54	4.83	6.73
Peso de la tara	20.20	21.03	13.87	18.60
Peso del suelo seco	32.16	24.43	26.29	40.72
% humedad	26.52%	22.68%	18.37%	16.53%
No. golpes	7	13	26	35
LIMITE LIQUIDO	<b>18.62%</b>			

**LIMITE PLASTICO**

ENSAYO N°	1	2		
Tara + suelo húmedo	38.73	21.84		
Tara + suelo seco	38.31	21.37		
Agua	0.42	0.47		
Peso de la tara	35.42	18.13		
Peso del suelo seco	2.89	3.24		
% humedad	14.53%	14.51%		
LIMITE PLASTICO	<b>14.52%</b>			

**RESULTADOS:**

Límite Líquido:	<b>18.62%</b>
Líquido Plástico:	<b>14.52%</b>
Límite de Contracción:	<b>13.58%</b>
Índice de Plasticidad:	<b>4.10%</b>



Fuente: Huertas Ingenieros S.A.C.

**4.2.7. GRAVEDAD ESPECÍFICA**

Es la relación de un volumen dado de un material, con el peso de igual volumen de otra substancia usada como estándar.

Se define como el cociente de densidad de una sustancia dada a la densidad de agua, cuando ambos están en la misma temperatura, es por lo tanto una cantidad sin dimensiones.

La gravedad específica está definida como el peso unitario del material dividido por el peso unitario del agua destilada a 4 grados centígrados. Se representa la Gravedad Especifica por Gs, y también se puede calcular utilizando cualquier relación de peso de la sustancia a peso del agua siempre y cuando se consideren volúmenes iguales de material y agua.

Tabla 14:

*Gravedad Específica*

Ord.	Denominación	Ensayo 1	Ensayo 2
1	Peso Fiola (g)	110.12	110.12
2	Peso Fiola + Peso Agua 1(g)	364.31	365.24
3	Peso Fiola + Peso Muestra Seca (g)	189.65	189.42
4	Peso Fiola + Peso Muestra Seca + Peso Agua 2 (g)	473.89	474.16
5	Peso Muestra Seca (g): Ws	79.53	79.30
6	Peso Agua desplazada : Wwd = Vs (cm³)	30.05	29.62
7	<b>Gravedad Específica</b>	<b>2.65</b>	<b>2.68</b>
8	<b>Gravedad Específica Promedio (Gs)</b>	<b>2.66</b>	
9	<b>Peso Específico de los Sólidos (g/cm³):</b>	<b>2.66</b>	

Fuente: Huertas Ingenieros S.A.C.

#### 4.2.8. ENSAYOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA DEL SUELO. (M. INALTERADAS)

El contenido de humedad de una masa de suelo, está formado por la suma de sus aguas libre, capilar e higroscópica.

La importancia del contenido de agua que presenta un suelo representa junto con la cantidad de aire, una de las características más importantes para explicar el comportamiento de este

(especialmente en aquellos de textura más fina), como por ejemplo cambios de volumen, cohesión, estabilidad mecánica.

El método tradicional de determinación de la humedad del suelo en laboratorio, es por medio del secado a horno, donde la humedad de un suelo es la relación expresada en porcentaje entre el peso del agua existente en una determinada masa de suelo y el peso de las partículas sólidas

Tabla 15:

*Contenido de Humedad (AATM-D-2216)*

**CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM-D-2216)**

MUESTRA:	M-1	M-2	M-3
Peso Suelo Húmeda + Cápsula(gr)	24.29	25.35	26.41
Peso Suelo Seco+ Cápsula(gr)	24.12	25.26	26.38
Peso del Agua(gr)	0.17	0.09	0.03
Peso Cápsula(gr)	19.02	19.70	19.80
Peso suelo Seco(gr)	5.10	5.56	6.58
Porcentaje de Humedad(%)	3.33	1.62	0.46
<b>PROMEDIO (%)</b>	<b>1.80</b>		

Fuente: Huertas Ingenieros S.A.C.

**4.2.9. ENSAYO DE DENSIDAD RELATIVA (PROCTOR MODIFICADO).  
RELACIÓN DE VACÍOS**

La Densidad Relativa es una propiedad índice de los suelos y se emplea normalmente en gravas y arenas, es decir, en suelos que contienen casi exclusivamente partículas mayores que 0.074 mm. (malla # 200).

La densidad relativa es una manera de indicar el grado de compactación de un suelo y se puede emplear tanto para suelos granulares naturales como para rellenos compactados de estos suelos.

Conceptualmente, la densidad relativa indica el estado de compactación de cualquier tipo de suelo.

Dimensiones del molde:

Diámetro: 10.20 cm.

Altura: 11.70 cm.

Volumen: 947.85 cm<sup>3</sup>

Tabla 16:

*Contenido de Humedad (Proctor Modificado)*

### DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

MUESTRA No	1	2	3	4	5
Tara No	1	2	3	4	5
Peso Tara + Suelo Húmedo (gr)	61.84	67.34	62.40	64.25	61.85
Peso Tara + Suelo Seco (gr)	59.36	64.18	58.60	59.85	57.25
Peso del Agua (gr)	2.48	3.16	3.80	4.40	4.60
Peso tara (gr)	18.75	19.61	19.43	20.14	22.41
Peso Suelo Seco (gr)	40.61	44.57	39.17	39.71	34.84
Contenido de humedad (%)	6.11	7.09	9.70	11.08	13.20

Fuente: Huertas Ingenieros S.A.C.

Tabla 17:

*Determinación de la Densidad (Proctor Modificado)*

### DETERMINACION DE LA DENSIDAD

MUESTRA No	1	2	3	4	5
Peso Molde+Peso Suelo Húmedo (gr)	4006	4045	4140	4150	4130
Peso Molde (gr)	2004	2004	2004	2004	2004
Peso Suelo Húmedo (gr)	2002	2041	2136	2146	2126
Volumen Suelo Húmedo (gr)	947.85	947.85	947.85	947.85	947.85
Densidad Humeda (gr/cm3)	2.11	2.15	2.25	2.26	2.24
Densidad Seca (gr/cm3)	1.99	2.01	2.05	2.04	1.98



Fuente: Huertas Ingenieros S.A.C.

**DSM(g/cc): 2.05**

**OCH(%): 9.70**

### **4.3. CÁLCULO HIDRÁULICO Y ESTRUCTURAL**

#### **4.3.1. CONDICIONES PARA EL ENCAUZAMIENTO**

##### **4.3.1.1 PENDIENTE HIDRAULICA**

La pendiente hidráulica promedio se obtuvo a través del levantamiento topográfico, después de haber trazado el perfil longitudinal se obtuvo una pendiente promedio de 5.8 ‰

##### **4.3.1.2 RUGOSIDAD**

Según Chugnas Avalos C. y Mantari Cruz W. en su Tesis: “Determinación experimental del coeficiente de rugosidad de Manning superficies granulares mediante la simulación de un cauce natural de sección rectangular” (2015) determinaron un valor experimental de  $n=0.02634$ , el cual por pertenecer a la misma cuenca hidrográfica y la cercanía a la zona de estudio se decidió usar ese valor para nuestro proyecto.

##### **4.3.1.3 TALUD**

El Botador El Aluvión presenta a lo largo de todo su cauce un talud variado, Para este caso se utilizó un talud 2:1.

##### **4.3.1.4 ANCHO DEL CAUCE**

Se ha tomado en cuenta las fórmulas de Altunin-Manning, Simon Henderson y Pettis; las cuales son dadas para régimen estable.

Obteniéndose un ancho de cauce promedio de 15 m.

#### 4.4. DISEÑO DE ENROCADO PARA DIQUE

Haremos uso del Programa “River”, el cual ha incluido dos tipos de obras: Laterales y Espigonales. Para lo cual emplearemos el primer tipo de obra.

##### 4.4.1. LATERALES

Primero se debe ingresar la información inicial, la cual nos pide el programa “River”.

#### A. DIMENSIONAMIENTO DEL DIQUE LATERAL INFORMACIÓN INICIAL

- **CAUDAL:** Por defecto seleccionara el caudal hallado en Hidrología.
- **PERIODO DE RETORNO:** El cual consideramos de 50 años.
- **PENDIENTE:** Se refiere a la pendiente en m/m en el tramo de estudio, el cual es 0.058%

Se ingresaron los valores correspondientes al estudio.

PROYECTO: CAUCE DEL BOTADOR EL ALUVION

Información Inicial

Caudal (Q)	P. Retorno	Pendiente
18.00	50.00	0.05800

Ancho Estable del Cauce (B)

- Recomendación Práctica
- Método de Petz
- Método de Simons y Henderson
- Método de Blench y Alunan
- Método de Manning y Strickler

Figura 17. Dimensionamiento del Dique Lateral (Información Inicial)

Fuente: Elaboración Propia

## ANCHO ESTABLE DEL CAUCE

### 1. RECOMENDACIÓN PRÁCTICA

Está en función del caudal, para acceder a la tabla de valores, solo hacemos click en la opción de “Recomendación Práctica”

Tabla 18:

*Ancho estable, según el caudal máximo del Rio (Recomendación práctica)*

Caudal Máximo Q ( m <sup>3</sup> /s )	Ancho estable B ( m )
2400 - 3000	200
1000 - 2400	190
500 - 1000	100
≤ 500	70

Fuente: Terán, 1998

CALCULOS HIDRAULICOS - DIQUES LATER

PROCESAR PAGINA IMPRIMIR

PROYECTO: [ ]

Información Inicial

Caudal (Q)	P. Retomo	Pendiente
18.00	50.00	0.05800

Ancho Estable del Cauce (B)

Recomendación Práctica	8.79
Método de Petts	[ ]
Método de Simons y Henderson	[ ]
Método de Blench y Alunin	[ ]
Método de Manning y Strickler	[ ]

Figura 18. Recomendación Práctica

Fuente: Elaboración Propia

## 2. MÉTODO DE PETTIS

Esta fórmula está en función del caudal de diseño.

$$B = 4.44 * \sqrt{Q} \quad (4.4)$$

Donde:

$B$ : Ancho medio de la sección

$Q$ : Caudal de diseño (m<sup>3</sup>/s)

CALCULOS HIDRAULICOS - DIQUES LATEI

PROCESAR PAGINA IMPRIMIR

PROYECTO: [ ]

Información Inicial

Caudal (Q)	P. Retomo	Pendiente
18.00	50.00	0.05800

Ancho Estable del Cauce (B)

Recomendacion Practica	8.79
Metodo de Pettis	18.84
Metodo de Simons y Henderson	
Metodo de Blench y Altunin	
Metodo de Manning y Strickler	

Figura 19. Método de Pettis

Fuente: Elaboración Propia

## 3. MÉTODO DE SIMONS Y HENDERSON

Está basado en la teoría de régimen estable y está en función del caudal de diseño y de las condiciones de fondo del río.

$$B = K_1 * Q^{\frac{1}{2}} \quad (4.5)$$

Donde:

$Q$ : Caudal (m<sup>3</sup>/s)

$K_1$ : Condición de fondo de río

Tabla 19:

*Condiciones de Fondo de Río (K1)*

Condiciones de Fondo de Rio	$K_1$
Fondo arena y orillas de material	4.2
Fondo y orillas de material	3.6
Fondo y orillas de grava	2.9
Fondo arena y orillas material no	2.80

Fuente: Terán, 1998

Según el estudio de suelos realizado, se determinó un suelo de: arena - arcillo – limosa.

Con un porcentaje de:

%GRAVA: 17.23%

%ARENA: 66.36%

%FINOS: 16.41%

Por lo cual el coeficiente K se da el valor de  $K=2.80$  por ser un material no cohesivo.

 CALCULOS HIDRAULICOS - DIQUES LATERALES

**PROCESAR** **PAGINA** **IMPRIMIR**

**PROYECTO:**

Información Inicial

Caudal (Q)	P. Retomo	Pendiente
<input type="text" value="18.00"/>	<input type="text" value="50.00"/>	<input type="text" value="0.05800"/>

Ancho Estable del Cauze (B)

Recomendacion Practica	<input type="text" value="8.79"/>
Metodo de Petits	<input type="text" value="18.84"/>
Metodo de Simons y Henderson	<input type="text" value="11.88"/>
Metodo de Blench y Altunin	<input type="text"/>
Metodo de Manning y Strickler	<input type="text"/>

Figura 20. Método de Simons y Henderson

Fuente: Elaboración Propia

#### 4. MÉTODO DE BLENCH Y ALTUNIN

Está basado en la teoría de régimen estable y en función del caudal de diseño, factor de fondo ( $F_b$ ) y en el factor de orilla ( $F_s$ ).

$$B = 1.81 * \sqrt{\frac{Q * F_b}{F_s}} \quad (4.6)$$

Donde:

Q: Caudal (m<sup>3</sup>/s)

$F_b$ : Factor de fondo

$F_s$ : Factor de orilla

$F_b$  y  $F_s$ , tienen en cuenta la concentración del material transportado en suspensión, el diámetro de las partículas de fondo y la resistencia de las orillas a ser erosionada.

Un factor de orilla ( $F_s$ ) puede tomar los siguientes valores:

- Orilla de barro y arena toma el valor de  $F_s$ : 0.1.
- Orilla de barro, arcilla, fangosa toma un valor de  $F_s$ : 0.2.
- Orilla de material muy cohesivo, toma un valor de  $F_s$ : 0.3.

El factor de fondo  $F_b$ , puede ser valuado mediante las expresiones siguientes:

Tabla 20:

*Factor de fondo de río ( $F_b$ )*

<b>Factor de Fondo</b>	<b><math>F_b</math></b>
Para material fino	0.8
Para material grueso	1.2

Fuente: Terán, 1998

CALCULOS HIDRAULICOS - DIQUES LATER

PROCESAR PAGINA IMPRIMIR

PROYECTO: [ ]

Informacion Inicial

Caudal (Q)	P. Retomo	Pendiente
18.00	50.00	0.05800

Ancho Estable del Cauce (B)

Recomendacion Practica	8.79
Metodo de Petits	18.84
Metodo de Simons y Henderson	11.88
Metodo de Blench y Altunin	21.72
Metodo de Manning y Strickler	

Figura 21. Método de Blench y Altunin

Fuente: Elaboración Propia

## 5. MÉTODO DE MANNING Y STRICKLER

Este método pide seleccionar el coeficiente de rugosidad "n", el coeficiente del tipo material (K) y el coeficiente del cauce (m).

El programa incluye tablas de valores recomendados, para los 3 coeficientes.

Para el caso del coeficiente de rugosidad (n) los valores recomendados varían de 0.025 a 0.045, según el tipo de material presente.



Figura 22. Coeficiente de Rugosidad

Fuente: Elaboración Propia

La variación de los valores para K, va a depender del tipo de material, si es aluvial, erosionable o muy resistente; sin embargo, el programa incluye un valor práctico.

Tabla 21:

*Coeficiente de material de cauce (K)*

<b>Coeficiente de Material de Cauce</b>	<b>K</b>
Material de cauce muy resistente	De, 3 a 4
Material fácilmente erosionable	16 a 20
Material aluvial	8 a 12
En los problemas de Ingeniería ( Valor Practico )	10

Fuente: Terán, 1998

En el caso del coeficiente “m”, los valores varían de 0.5 a 1, según el tipo de cauce: aluvial, arenoso o de montaña

Tabla 22:

*Coefficiente de tipo de río (m)*

<b>Coefficiente de Tipo de Río</b>	<b>m</b>
Para ríos de montaña	0.5
Para cauces arenosos	0.7
Para cauces aluviales	1.0

Fuente: Terán, 1998

CALCULOS HIDRAULICOS - DIQUES LATERALES

PROCESAR PAGINA IMPRIMIR

**PROYECTO:** CAUCE DEL BOTADOR EL ALUVION

Información Inicial

Caudal (Q)	P. Retomo	Pendiente
18.00	50.00	0.05800

Ancho Estable del Cauce (B)

Recomendación Práctica	8.79
Método de Petts	18.84
Método de Simons y Henderson	11.88
Método de Blench y Altunan	21.72
Método de Manning y Strickler	9.60

Sección Transversal del Cauce

Método de Manning y Strickler

$$B = (Q^{1/2} / S^{1/5}) (n K^{5/3})^{3/(3+5m)}$$

**n** **K** **m**

Coefficiente - Tipo de Material (K)	Coefficiente Cauce (m)
<input type="radio"/> 10 - Valor Práctico	<input checked="" type="radio"/> 0.50 - Ríos de Cauces Aluviales
<input checked="" type="radio"/> 12 - Mat. Aluvial	<input type="radio"/> 0.70 - Ríos de Cauces Arenosos
<input type="radio"/> 16 - Mat. Fácilmente erosionable	<input type="radio"/> 1.00 - Ríos de Cauce de Montaña
<input type="radio"/> 03 - Mat. muy resistente	

Figura 23. Coeficiente de Material del Cauce y Coeficiente de Tipo de Río

Fuente: Elaboración Propia

Seleccionamos los valores apropiados de los coeficientes y damos un clic en la fórmula para obtener el valor de "B".

Finalmente se podrá apreciar los valores del ancho estable del río “B”, mediante los 5 métodos.

### SECCIÓN TEÓRICA DEL CAUCE

Comprende calcular el tirante (Y), ancho (T), área (A), perímetro, velocidad y N° Fraude; mediante el método de Manning y Strickler.

$$V = K_s R^{2/3} S^{1/2} \quad (4.7)$$

$$Y = (Q / (K_s * b * S^{0.5}))^{3/5} = t \quad (4.8)$$

$$F = V / (g * A / T)^{1/2} \quad (4.9)$$

Donde:

$K_s$ , inversa del coeficiente de rugosidad,

V, velocidad en m/s,

R, radio hidráulico,

S, pendiente

Y, tirante hidráulico,

Q, caudal en m<sup>3</sup>/s,

b, ancho medio de la sección estable

A, área mojada (m<sup>2</sup>)

#### Valores para $K_s$

Tabla 23:

*Valores del coeficientes de  $K_s$*

Descripción	$K_s$
Lechos naturales de río con fondo sólido sin irregularidades	40
Lechos naturales de río con acarreo regular	33 - 35
Lechos naturales de río con vegetación	30 - 35
Lechos naturales de río con derrubio e irregularidades	30
Lechos naturales de río con fuerte transporte de acarreo	28
Torrentes con derrubios gruesos (piedras $\phi \approx 0.20$ m) con acarreo inmóvil	25 - 28
Torrentes con derrubio grueso con acarreo móvil	19 - 22

Fuente: ACI-UNI, Diseño de obras hidráulicas, 1994

Antes del procesamiento, el programa pide ingresar los siguientes datos:

Ancho del Cauce "B", por defecto se tiene el promedio de los métodos anteriores Talud (Z)

Borde libre (Bl),

$$Bl = \phi \frac{V^2}{2g} \quad (4.10)$$

Rugosidad

Tabla 24:

Valores del coeficiente  $\Phi$

Caudal máximo m <sup>3</sup> /s		$\Phi$
3000.00	4000.00	2
2000.00	3000.00	1.7
1000.00	2000.00	1.4
500.00	1000.00	1.2
100.00	500.00	1.1

Fuente: ACI-UNI, Diseño de obras hidráulicas, 1994

Mediante el método de Manning, el programa calculará los elementos hidráulicos de la sección del cauce, haciendo click en el cajetín del Método de Manning.

Sección Teórica del Cauce

Método de Manning		Plantilla (B)
Tirante (Y)	Ancho (T)	Talud (Z)
0.30	15.19	2.00
Area (A)	Perimetro	B. Libre (Bl)
4.35	15.33	0.40
Velocidad	Nº Froude	Rugosidad
4.159	2.432	0.0250

Figura 24. Sección Teórica del Cauce

## CÁLCULO DE LAS DIMENSIONES DEL DIQUE

El programa requiere definir el tipo del dique y el tipo de suelo. El programa incluye dique recto y dique curvo, con respecto al tipo de suelo, éste considera dos tipos: suelo cohesivo y no cohesivo.

Tanto para el dique recto y curvo se debe ingresar el diámetro de la partícula en milímetros.

Dimensiones del Dique	
Forma Dique	Tipo de Suelo
<input type="radio"/> Recto	<input checked="" type="radio"/> No Cohesivo
<input checked="" type="radio"/> Curva	<input type="radio"/> Cohesivo
Dm (mm)	Radio Curva
1.02	61.00

Figura 25. Diámetro de Partícula

Fuente: Elaboración Propia

## CÁLCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACIÓN

El programa incluye al método de LL. List Van Levediev para el cálculo de la socavación. Este método está basado para cauces naturales definidos, donde la erosión de fondo se detendrá cuando se llegue a un equilibrio entre la velocidad media y la velocidad erosiva.

Para suelos no cohesivos la expresión considerada es:

$$ts = \left[ \frac{\theta * t^{5/3}}{0.60 * w^{1.18} * \beta} \right]^{1/x+1} \quad (4.11)$$

Para suelos cohesivos la expresión la expresión considerada es:

$$ts = \left[ \frac{\theta * t^{5/3}}{0.68 * w^{0.28} * \beta} \right]^{\frac{1}{x+1}} \quad (4.12)$$

$$\theta = \frac{Q}{t^{5/3} * B * \mu} \quad (4.13)$$

$$\mu = 1 - 0.387 \frac{V}{B} \quad (4.14)$$

Donde:

Q = caudal (m<sup>3</sup>/s)

t = tirante hidráulico (m)

w = peso específico del suelo (Tn/m<sup>3</sup>)

β = coeficiente por tiempo de retorno, ver tabla para determinar los valores

ts = tirante de socavación

B = Ancho del cauce (m)

μ = coeficiente de contracción

x = valor de tabla

1/(x + 1) = valor de tabla

Tabla 25:

*Cálculo de la profundidad de socavación*

Cuadro 4. SELECCIÓN DE x EN SUELOS COHESIVOS (Tn/m3) o SUELOS NO COHESIVOS (mm)					
Suelos Cohesivos (1)			Suelos No Cohesivos (2)		
Peso específico Tn/m3	x	1/(x + 1)	D (mm)	x	1/(x + 1)
0.80	0.52	0.66	0.05	0.43	0.70
0.83	0.51	0.66	0.15	0.42	0.70
0.86	0.50	0.67	0.50	0.41	0.71
0.88	0.49	0.67	1.00	0.40	0.71
0.90	0.48	0.68	1.50	0.39	0.72
0.93	0.47	0.68	2.50	0.38	0.72
0.96	0.46	0.68	4.00	0.37	0.73
0.98	0.45	0.69	6.00	0.36	0.74
1.00	0.44	0.69	8.00	0.35	0.74
1.04	0.43	0.70	10.00	0.34	0.75
1.08	0.42	0.70	15.00	0.33	0.75
1.12	0.41	0.71	20.00	0.32	0.76
1.16	0.40	0.71	25.00	0.31	0.76
1.20	0.39	0.72	40.00	0.30	0.77
1.24	0.38	0.72	60.00	0.29	0.78
1.28	0.37	0.73	90.00	0.28	0.78
1.34	0.36	0.74	140.00	0.27	0.79
1.40	0.35	0.74	190.00	0.26	0.79
1.46	0.34	0.75	250.00	0.25	0.80
1.52	0.33	0.75	310.00	0.24	0.81
1.58	0.32	0.76	370.00	0.23	0.81
1.64	0.31	0.76	450.00	0.22	0.82
1.71	0.30	0.77	570.00	0.21	0.83
1.80	0.29	0.78	750.00	0.20	0.83
1.89	0.28	0.78	1,000.00	0.19	0.84
2.00	0.27	0.79			

Tabla 26:

*Valores del coeficiente B.*

Cuadro 5. Valores del Coeficiente $\beta$		
$\beta = 0.6416 + 0.03342 \ln (T)$		
15 <= T <= 1500		
Periodo de Retorno (Años)	Probabilidad de Retorno (%)	Coeficiente $\beta$
	0.00	0.77
2.00	50.00	0.82
5.00	20.00	0.86
10.00	10.00	0.90
20.00	5.00	0.94
50.00	2.00	0.97
100.00	1.00	1.00
300.00	0.33	1.03
500.00	0.20	1.05
1,000.00	0.10	1.07

El programa solicita el diámetro de partícula y el radio de curva, haciendo un clic en el cajetín del método LL. List Van Levediev, se obtendrá los valores de: Tirante de socavación

(m), profundidad de socavación, altura de uña, altura de dique y altura total.

Por lo tanto, se tiene:  $H_s$  (profundidad de socavación) =  $t_s$  (tirante de socavación) –  $t$  (tirante hidráulico)

Metodo de LL. List Van Levediev	
Dique en Recta	Dique en Curva
Tirante de Socavacion (m)	
1.64	1.64
Profundidad de Socavacion (m)	
1.34	1.34
Altura de Uña	
1.40	1.40
Altura de Dique	
0.70	0.70
Altura Total (m)	
2.10	2.10

Figura 26. Método de LL. List Van Levediev

Fuente: Elaboración Propia

### DISEÑO PRELIMINAR SUGERIDO

Se puede hacer uso de la opción diseño preliminar, accediendo al menú Procesar, luego la opción Diseño Preliminar.

Para continuar con el diseño de la estructura de protección, ir al menú Procesar, y seguido por Continuar.

Diseño Preliminar Sugerido		
	D.Recto	D.Curva
Ancho Corona (m)	4.00	4.00
Altura Dique (m)	0.70	0.70
Altura Enrocado	0.70	0.70
Altura Uña (m)	1.40	1.40
Ancho de Uña (m)	2.10	2.10
Altura Total (m)	2.10	2.10



Figura 27. Diseño Preliminar Sugerido  
Fuente: Elaboración Propia

## B. DIMENSIONAMIENTO DEL ENROCADO

La estabilidad de rocas, en enrocados ha sido analizado por varios autores.

Tomando un valor seguro y a partir del criterio del inicio del movimiento a partir del esfuerzo crítico y el diámetro de la partícula, se obtuvo la siguiente relación:

$$Dm = \frac{b \cdot V^2}{\Delta \cdot f \cdot 2 \cdot g} \quad (4.15)$$

Donde:

$Dm$  = Diámetro medio de las rocas (m)

$b$  = Factor de para condiciones de mucha turbulencia, piedras redondeadas y sin que se permita movimiento de piedra, se adopta un valor de  $b=1.4$

$V$  = Velocidad media de flujo (m/s)

$g$  = Gravedad =  $9.81 \text{ m/s}^2$

Factor de Talud (f):

$$f = \sqrt{1 - \frac{\text{sen}^2 \beta}{\text{sen}^2 \phi}} \quad (4.16)$$

Donde:

$\beta$  = Angulo del talud del dique = 2:1

$\beta = \text{Arctang } \frac{1}{2} = 26.57$

$\phi$  = Angulo de fricción interna del material

$\phi = 45^\circ$

Se Obtiene:

$$f = \sqrt{1 - \frac{\text{sen}^2 26.57}{\text{sen}^2 45}} = 0.775$$

Tabla N° 27: Valores Tipo para Angulo de Fricción Interna

TIPO	MATERIAL	PESO ESPECIFICO (Tn/m3)	ANGULO DE FRICCION		
			MATERIAL	GRADOS	
NO COHESIVO	ARENA	Gruesa y seca	1.44	-Compacta, bien graduada, uniforme	40-45
		Fina y seca	1.60	-Uniforme, gruesa, arena fina o suelta	35-40
		Húmeda	1.84	-Arena bien suelta graduada	35-40
		Muy húmeda	1.92	-Arena fina seca	30-35
	GRAVA	Común mixta	1.76	-Común mixta	35-40
		Fluvial	2.24	-Grava	40
		Suelta	1.84	-Compacta arenosa	40-45
		Arenosa	1.92	-Suelta arenosa	35-40
	ROCA SUELTA	Granito	1.60-2.00	-Piedra partida en fragmentos	35-45
		Basalto	1.76-2.24	-Yeso fragmentado	35-45
		Calcárea	1.28-1.92		
		Yeso	1.00-1.28		
COHESIVO	ARCILLA	Seca	1.76	-Bloques de arcilla seca	30
		Húmeda	1.84	-Bloques de arcilla húmeda	40
		Saturada marga arenosa	1.92	-Arcilla compacta	10-20
			1.60	-Arcilla blanda	5-7
		Marga	1.76	-Material calcáreo de zona de deslizamiento	20-27
		Con grava	2.00	-Material de falla	14-22
	COBERTURA	Suelo superficial	1.36	-Suelo de Cobertura	30-35
		Suelo seco	1.44		
		Suelo húmedo	1.60		
		Suelo saturado	1.68		
	MACIZO ROCOSO	Granito	2.61	-Granito	30-50
		Cuarcita	2.61	-Cuarcita	30-45
		Arenisca	1.95	-Arenisca	30-45
		Caliza	3.17	-Caliza	30-50
		Pórfido	2.58	-Pórfido	30-40
Yeso		1.76	-Yeso	30-40	

Fuente: Rubén Terán (1998)

Densidad Relativa ( $\Delta$ ):

$$\Delta = \frac{Y_r - Y}{Y} \quad (4.17)$$

Donde:

$Y_r$  = Densidad de la Roca ( $\text{Kg/m}^3$ ) =  $2600 \text{ Kg/cm}^3$

$Y$  = Densidad del Agua =  $1000 \text{ Kg/m}^3$

Se Obtiene:

$$\Delta = \frac{2600 - 1000}{1000} = 1.6$$

Los datos obtenidos son reemplazados:

$$Dm = \frac{1.4 * 4.159^2}{1.6 * 0.775 * 2 * 9.81}$$

$$Dm = 0.99 \text{ m}$$

$$Dm \approx 1.00 \text{ m}$$

### **C. FACTOR DE SEGURIDAD PARA ENROCADOS**

La estabilidad de rocas sobre un talud está en función de la velocidad de flujo, ángulo del talud y características de las rocas. Esto significa que el momento resistente tiene que ser mayor en 1.5 veces el momento de volteo.

$$F.S. = \frac{MOMENTO RESISTENTE}{MOMENTO DE VOLTEO} \geq 1.5 \quad (4.18)$$

$$n = 0.56 * \frac{V^2}{2g\Delta Dm} \quad (4.19)$$

Datos:

$$V = 4.159 \text{ m/s}$$

$$Dm = 1.00 \text{ m}$$

$$\Delta = 1.60$$

$$g = \text{Aceleración de la Gravedad} = 9.81 \text{ m/s}^2$$

Se Obtiene:

$$n = 0.56 * \frac{4.159^2}{2 * 9.81 * 1 * 1.6}$$

$$n = 0.30$$

Se debe cumplir:

$$\frac{1}{n} > 0.99$$

$$\frac{1}{0.30} = 3.33$$

$$3.33 > 0.99 \text{ OK La roca es estable}$$

Calculo de peso de la piedra con diámetro Dm:

$$Wm = \Delta Ys Dm^3 \quad (4.20)$$

Datos:

$\Delta = 0.65$  (factor que representa la aproximación del volumen de una piedra a la forma de cubo  $\Delta=1$ , para esferas  $\Delta=0.5$  y piedra chancada  $\Delta=0.65$ )

$$Y_s = 2600 \text{ Kg/m}^3$$

$$D_m = 1.00 \text{ m.}$$

Se Obtiene:

$$W_m = 0.65 * 2600 * 1^3$$

$$W_m = 1690 \text{ Kg.}$$

#### D. CALCULO DE LA ESTABILIDAD DEL TERRAPLEN PARA DIQUE ENROCADO

$$R = WxTg\phi \quad (4.21)$$

$$P = \frac{Ya*t^2}{2} \quad (4.22)$$

Calculo de la fuerza resistente:

$$R = \left[ \frac{5.87 + 4}{2} \right] * 0.7 * 1703 * \tan 32$$

$$R = 8745.20 \text{ Kg/m}$$

Calculo de Presión:

$$P = \frac{1000 * 030^2}{2}$$

$$P = 45 \text{ Kg/m}$$

Conclusión:

$$R \geq 194P$$

Cuando se compara los resultados podemos observar que la fuerza resistente es 194 veces mayor que la presión que ejerce el agua sobre el dique, lo que significa que el dique es lo suficientemente estable a la presión del agua.

## E. ANALISIS DE ESTABILIDAD DEL DIQUE

Empuje del agua sobre el dique:

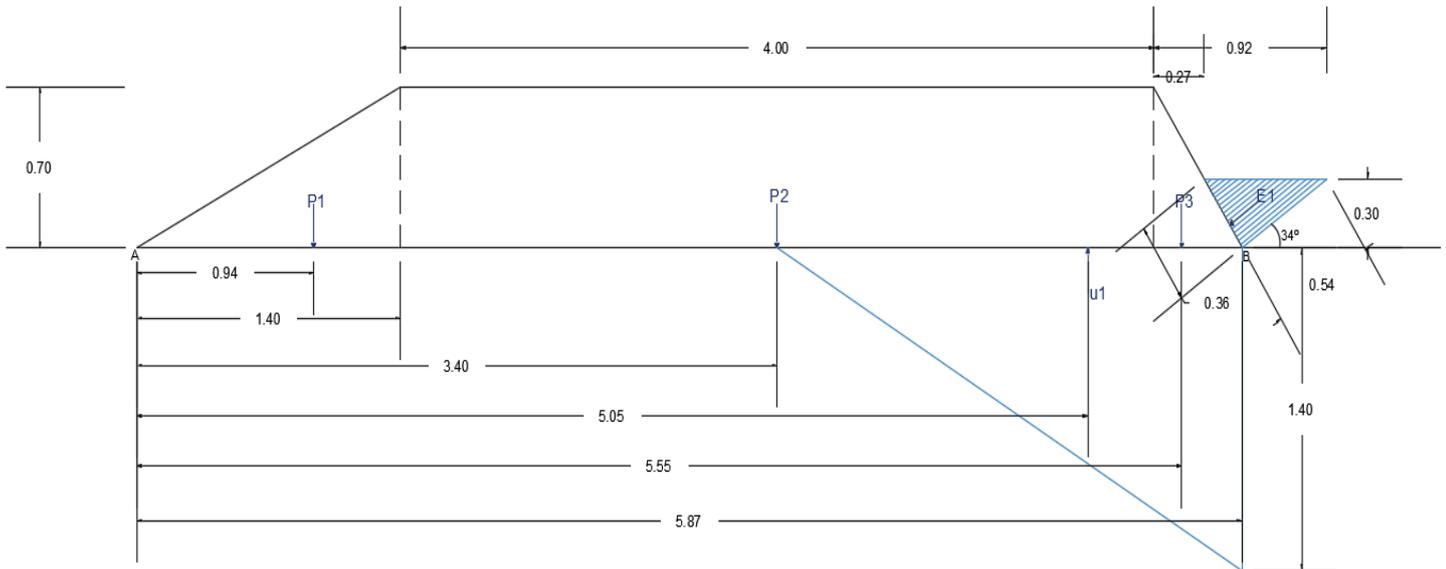


Figura N° 28. Fuerzas Actuantes sobre el dique.

Fuente: Elaboración Propia

Datos:

Altura de Muro (m):  $h = 0.70$

Peso específico del material del cauce ( $\text{Kg/m}^3$ ):  $P_s = 2660$

Peso específico del agua ( $\text{Kg/m}^3$ ):  $P_a = 1000$

Angulo de fricción interna ( $^\circ$ ):  $\phi = 32^\circ$

Capacidad portante ( $\text{Kg/cm}^2$ ):  $\sigma_a = 2.2$

Factor de seguridad al Volteo: F.V. = 2.00

Factor de seguridad al deslizamiento: F.D. = 1.50

Factor de fricción:  $f = \tan\phi = \tan 32 = 0.62$

### Empuje Activo del Agua:

$$E1 = 0.36 * \left(\frac{0.54}{2}\right) * 1000 * 1 = 97.2 \text{ Kg}$$

Descomponiendo en las direcciones vertical y horizontal:

$$E1V = E1 * \cos(34) = 97.2 * \cos(34) = 80.57 \text{ Kg}$$

$$E1H = E1 * \text{sen}(34) = 97.2 * \text{sen}(34) = 54.35 \text{ Kg}$$

Tomando al punto A como punto de análisis de estabilidad:

#### 1. Fuerzas estabilizadoras:

$$P1 = 0.70 * \left(\frac{1.40}{2}\right) * 2660 * 1 = 1303.4 \text{ Kg}$$

$$P2 = 1.40 * 4 * 2660 * 1 = 14896 \text{ Kg}$$

$$P3 = 0.47 * \left(\frac{1.40}{2}\right) * 2660 * 1 = 875.14 \text{ Kg}$$

Peso	Fv	Distancia (m)	Momento (M)
P1	1303.4	0.94	1225.196
P2	14896	3.4	50646.4
P3	875.14	5.55	4857.07
E1V	80.85	5.80	469.104
TOTAL			57197.727

## 2. Fuerzas desestabilizadoras:

$$\mu = 2.47 * \left(\frac{1.40}{2}\right) * 1000 = 1729 \text{ Kg}$$

Peso	Fv	Distancia	Momento
$\mu$	1729	5.05	8731.45
E1H	54.35	5.80	315.23
TOTAL			9046.68

### A. Factor de seguridad al volteo:

$$F.V. = \frac{\sum Mv}{\sum Mh} \quad (4.23)$$

$$F.V. = \frac{57197.727}{9046.68} = 6.32 > 2.00 \text{ OK}$$

### B. Factor de seguridad al deslizamiento:

$$F.D. = f * \frac{\sum Fv}{\sum Fh} \quad (4.24)$$

$$F.D. = 0.62 * \frac{17155.12 - 1729}{54.35} = 175.97 > 1.50 \text{ OK}$$

### C. Factor de seguridad por asentamiento:

$$qa > qt$$
$$qt = \frac{R}{A} \left[ 1 \pm 6 * \frac{e}{B} \right] \quad (4.25)$$

Donde:

$q_a$  = Esfuerzo admisible del terreno (Kg/cm<sup>2</sup>)

$q_t$  = Esfuerzo actuante de la estructura (Kg/cm<sup>2</sup>)

R = Sumatoria de esfuerzos verticales (Kg)

A = Área de la base del bordo (m<sup>2</sup>)

B = Base del dique (m)

e = Excentricidad (m)

Ubicación Resultante:

$$\bar{X} = \frac{\sum Mv - \sum Mh}{\sum Fv} \quad (4.26)$$

$$\bar{X} = \frac{57197.727 - 9046.68}{17155.12} = 2.80 \text{ m.}$$

Calculo de la excentricidad:

$$e = \frac{B}{2} - \bar{X} \quad (4.27)$$

$$e = \frac{5.87}{2} - 2.80 = 0.135 \text{ m}$$

Luego debe cumplirse:

$$e < \frac{B}{6}$$
$$e = 0.135 < \frac{B}{6} = \frac{5.87}{6} = 0.97 \text{ OK}$$

Calculando el esfuerzo actuante de la estructura,  $q_t$ :

$$q_t = \frac{15426.12}{5.87} \left[ 1 \pm 6 * \frac{0.135}{5.87} \right]$$

$q_{\max} = 2953.11 \text{ Kg/m}^2$ , siendo:  $q_{\max} = 0.2953 \text{ Kg/cm}^2$

$q_{\min} = 2241.46 \text{ Kg/m}^2$ , siendo:  $q_{\min} = 0.2241 \text{ Kg/cm}^2$

Luego el esfuerzo de compresión máxima actuante es de  $0.29 \text{ kg/cm}^2$ , un valor por debajo al que soporta el suelo antes de la falla, determinado por la fórmula de Terzaghi para cimientos corridos  $q_a = 2.2 \text{ Kg/cm}^2$ , por lo que no habrá falla por asentamiento.

$$q_a = 2.2 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} > 0.29 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} \quad \text{OK}$$

Adicionalmente se puede visualizar gráficamente la estructura con sus dimensiones mediante el software RIVER, tanto para el dique de forma recta como curva.

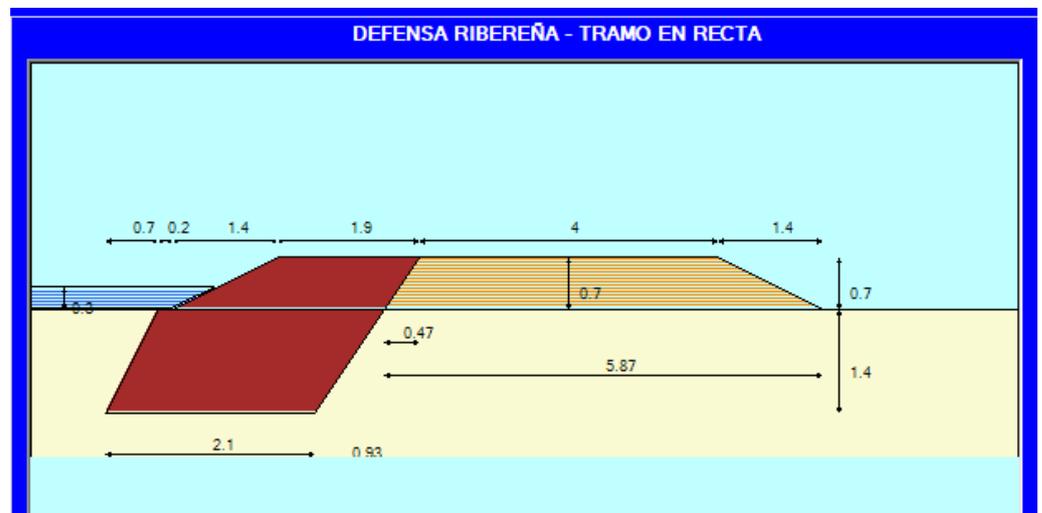


Figura 29. Defensa Ribereña

Fuente: Elaboración Propia

## TIRANTE CRITICO DE SECCION TIPICA

Según Manning el valor de  $b = 15\text{m}$ .

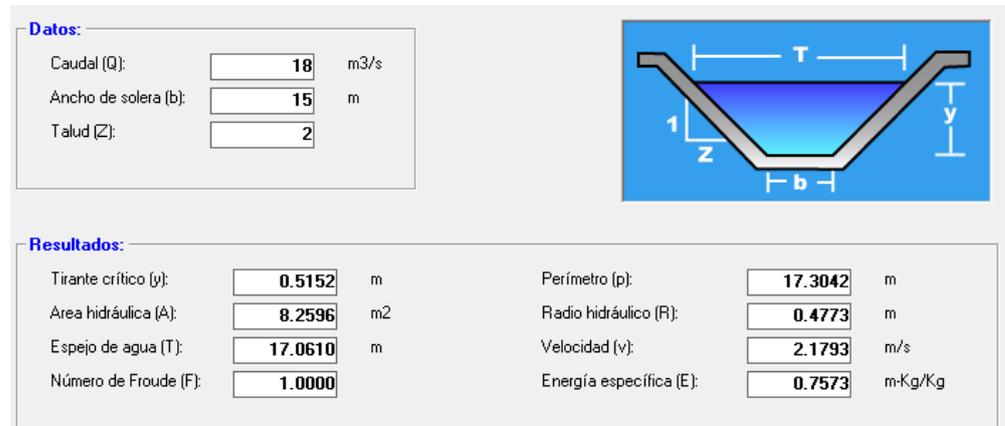


Figura 30. Tirante Crítico de Sección Típica

Fuente: Elaboración Propia

Mediante el Software H-CANALES se puede observar las condiciones en máximas avenidas, donde obtenemos los siguientes resultados:

Tirante Crítico ( $y$ ) = 0.5152 m. Nos muestra que la altura máxima alcanzada es controlada por el canal enrocado propuesto.

Velocidad de Flujo ( $v$ ) = 2.1793 m/s. La velocidad de flujo es la permitida para el diseño del canal, el fondo de cauce y tipo de material.

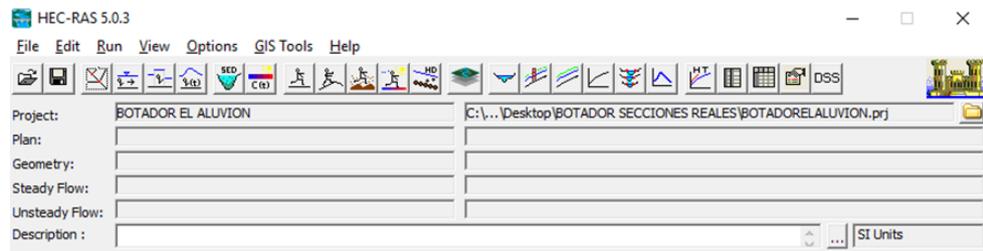
### 4.5. MODELAMIENTO HIDRÁULICO CON EL HEC RAS 5.0.3

Se realizó el modelado hidráulico en la zona de estudio mediante el software Hec- Ras 5.0.3.

#### 4.5.1. ÁREAS DE INUNDACIÓN ANTES DE COLOCAR DIQUE DE PROTECCIÓN

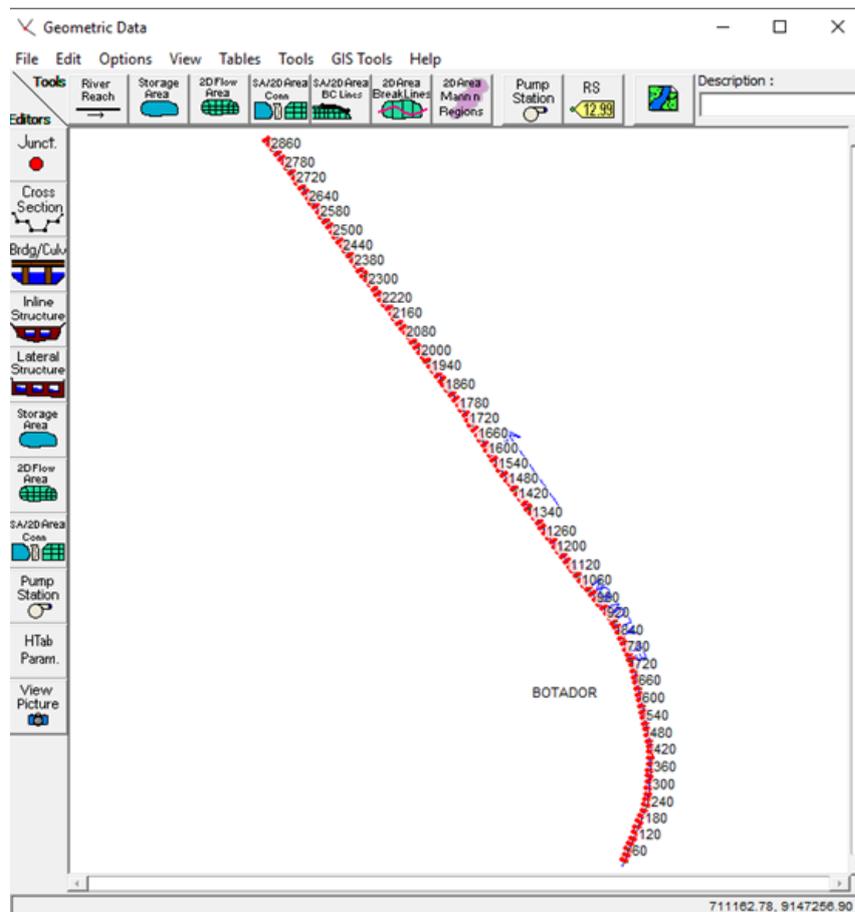
Se determinó las zonas vulnerables a inundación ante una situación de máximas avenidas que podrían presentarse en la zona de estudio. De esta manera se visualizará la superficie de inundación para el periodo de retorno de 50 años.

Creamos un nuevo proyecto para el modelado.



Se introducen los datos geométricos a través de AutoCAD Civil 3D y se exporta la geometría junto con las secciones transversales.

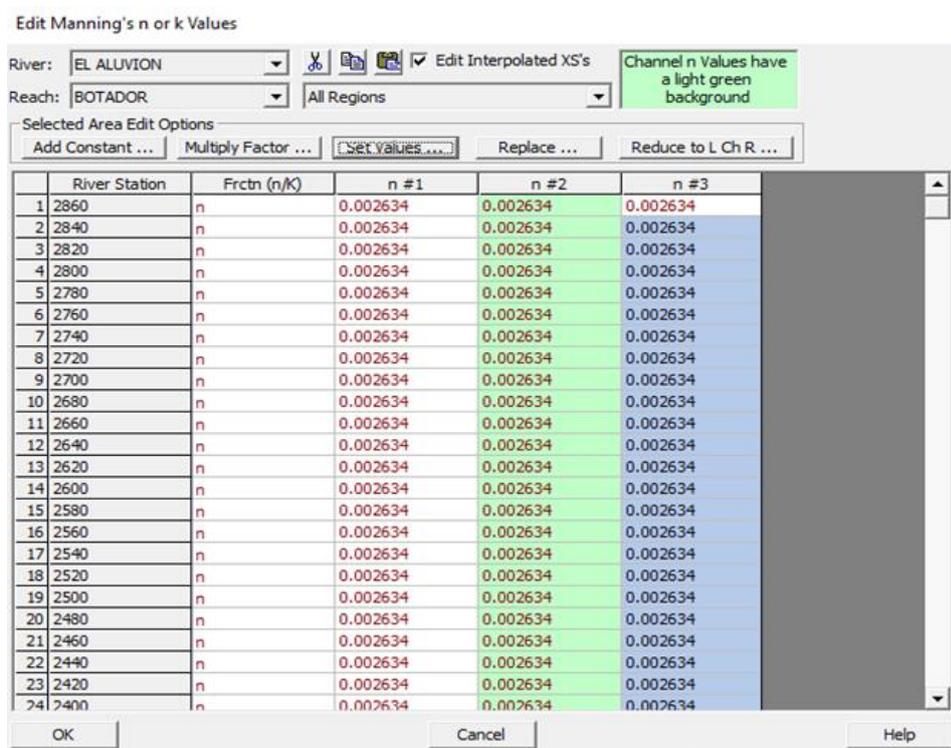
Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia

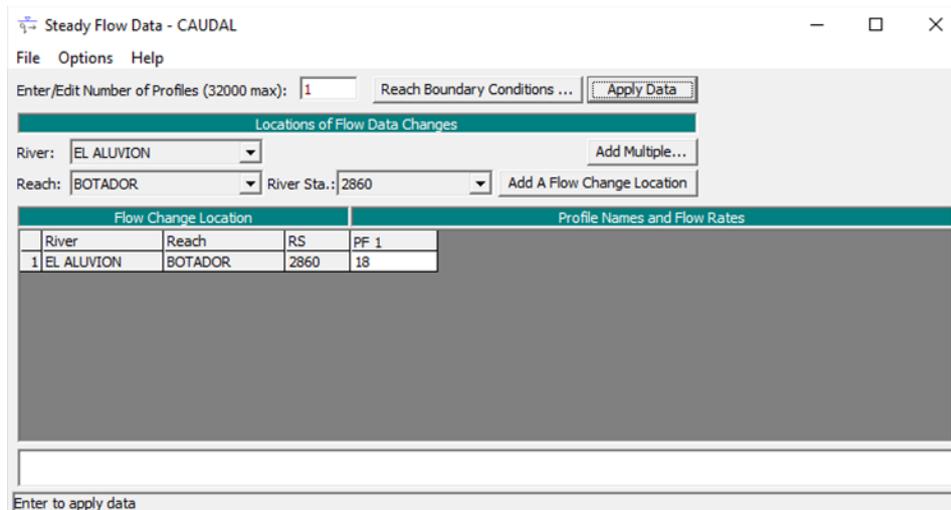
Se puede apreciar la geometría y secciones pertenecientes al cauce del Botador El Aluvión.

Se ingresan los valores de Manning en los márgenes del cauce.  
Se usó coeficiente de manning  $n=0.02634$ .



Fuente: Elaboración Propia

Se ingresan los datos Hidraulicos.  $Q= 18m^3/s$  y para un periodo de retorno de  $Tr = 50$  años.

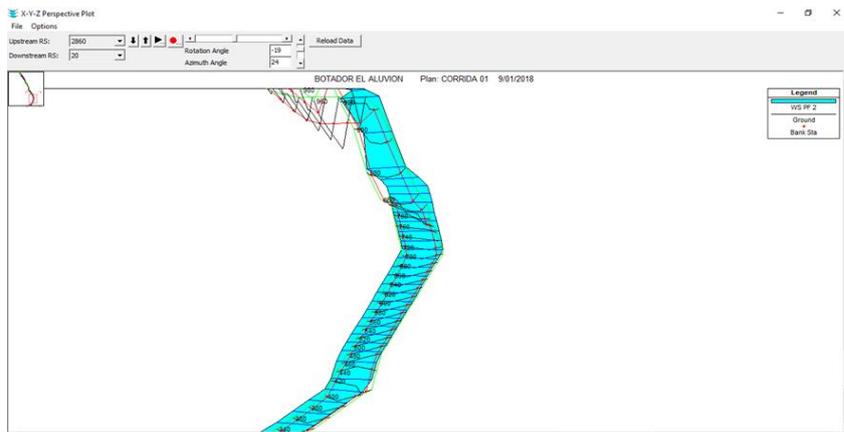
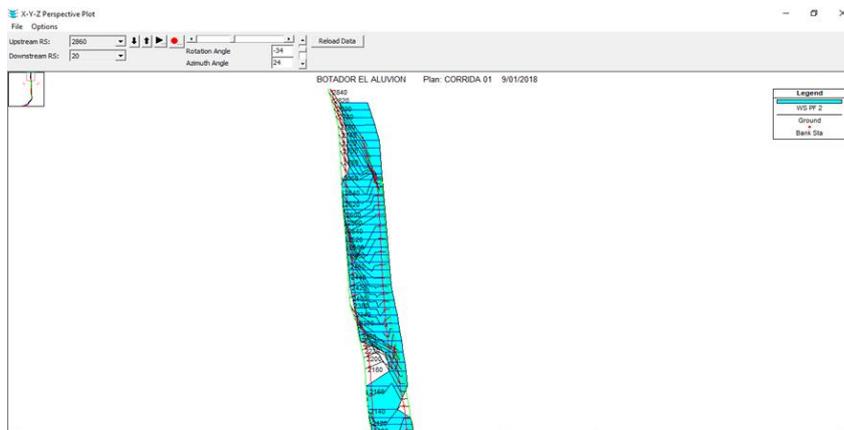


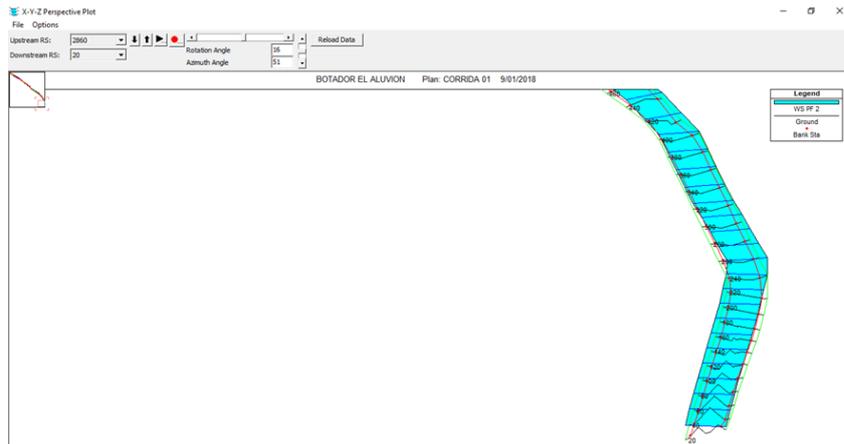
Fuente: Elaboración Propia

## Creación del Plan de análisis y ejecución de la simulación

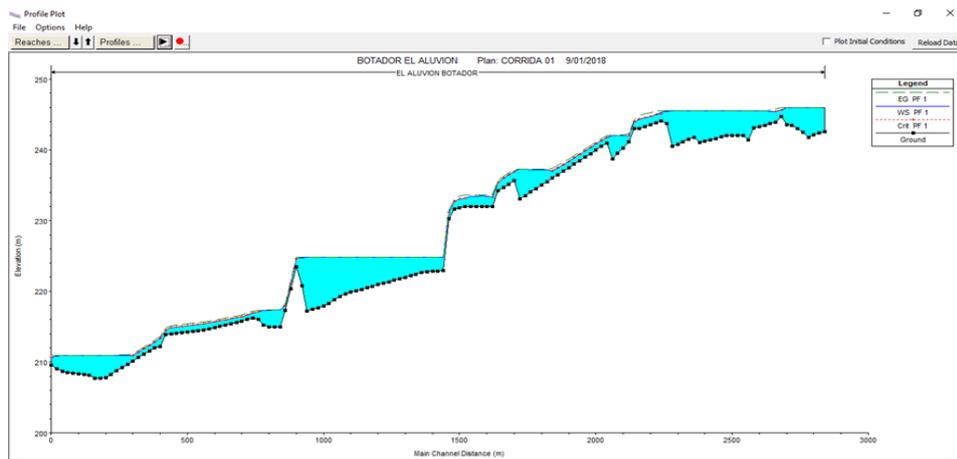
Para generar el plan de análisis se requiere las condiciones límite del régimen de flujo. En nuestro caso el análisis será realizado bajo la condición subcrítica.

Con toda la información requerida se ejecutó la simulación

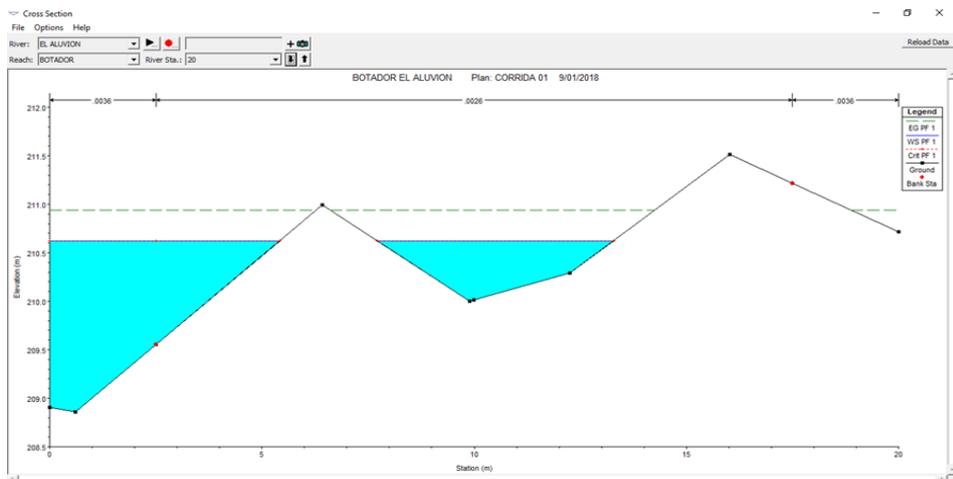
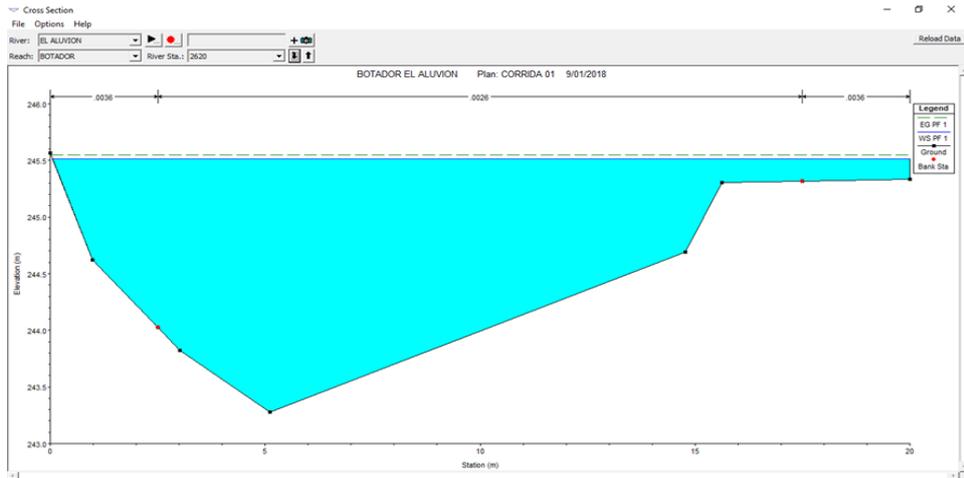




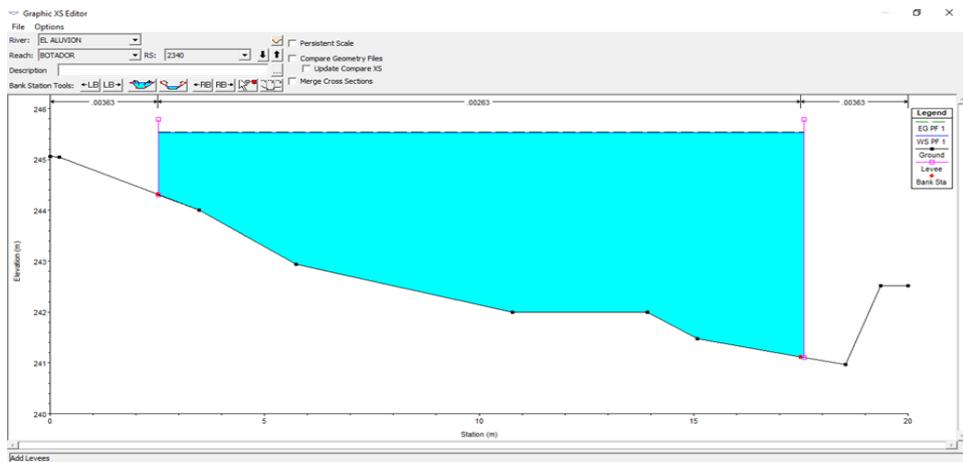
Se pueden apreciar que las zonas de inundación no se comportan de manera esperada para controlar las máximas avenidas. Se observa gran presencia de desbordamientos laterales.

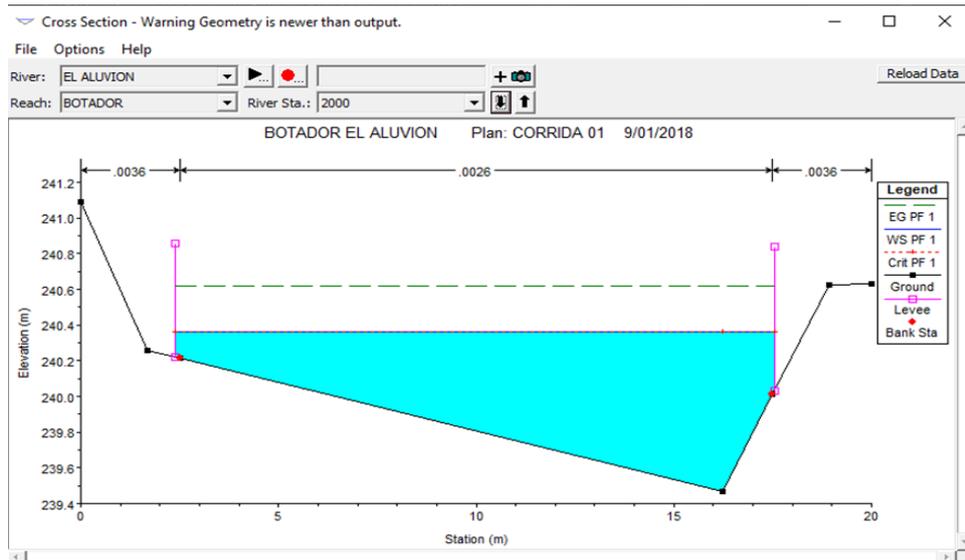


En el perfil longitudinal se puede apreciar el comportamiento de inundaciones en periodos de máximas avenidas.

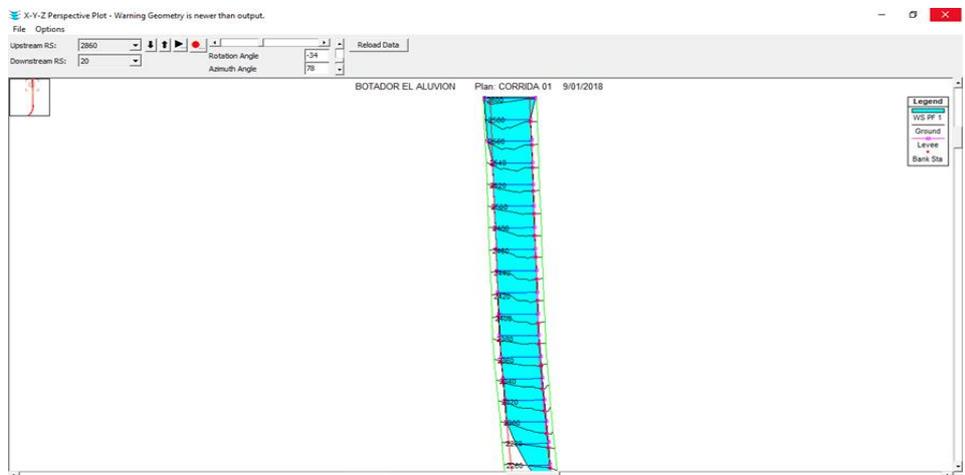
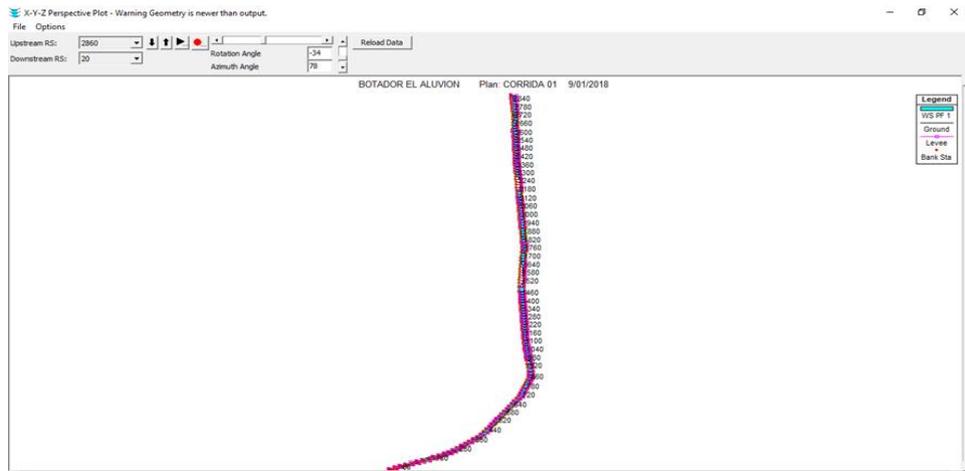


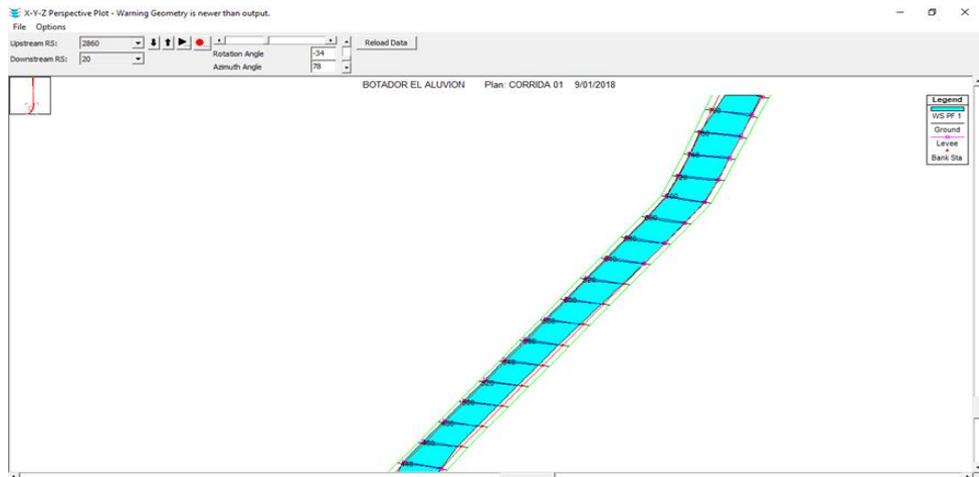
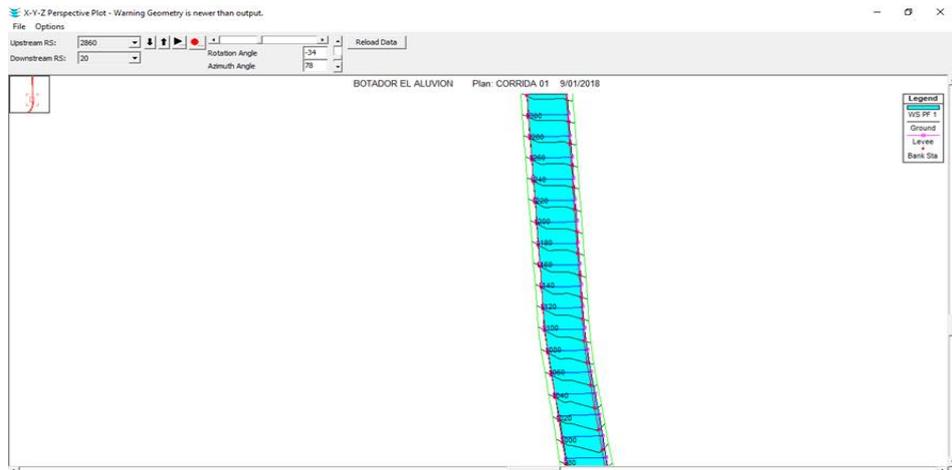
Se muestran las secciones cuyo sentido de inundación no es el adecuado. Esto se puede corregir agregando Levees (diques).





Se agregan Levees en las secciones en donde se aprecian un sentido de inundación inadecuado.





Se aprecia la geometría del cauce ingresando los diques correspondientes en las secciones para el control de inundaciones y de desbordamiento lateral.

## CAPÍTULO V: DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### CONCLUSIONES

- Con el estudio topográfico en el Botador El Aluvión, se determinó la pendiente en la zona, tomando el valor de 5.8 ‰.
- Con el estudio de suelos realizados a 2 calicatas, se obtuvo un perfil de suelo del tipo: ARENA ARCILLO – LIMOSA para las dos calicatas. Obteniendo 17.23% de Grava (3" a #4), 66.36% de Arena (#4 a #200) y 16.41% de materiales finos (menor a #200). Con un diámetro de partícula de  $D_{50}$  (mm): 1.02. La capacidad de carga admisible del terreno fue de  $qa = 2.2 \text{ Kg/cm}^2$ .
- El caudal máximo de diseño fue calculado con el método empírico (Mac Math), debido a los escasos datos hidrológicos en la zona y alrededores y a la falta de estaciones pluviométricas en la ciudad de Ascope. El caudal obtenido fue de 18 m<sup>3</sup>/s, para un periodo de retorno de 50 años.
- Al realizar el modelamiento y simulación hidráulica en cauce natural pudimos observar desbordamientos laterales del Botador El Aluvión. Necesitando un diseño de defensa laterales para el control de las aguas en periodos de máximas avenidas.
- Se realizó el diseño Hidráulico y Estructural de Diques (2874.10 ml. En total) para el encauzamiento del río, tomando en cuenta un ancho estable de 15 m. Se dimensionó el diámetro de rocas a utilizar obteniendo  $D_{roca}$ : 1.90m. De los resultados arrojados por el programa RIVER; se comprobó que el dique es estable ante cargas actuantes; debido al cumplimiento de los factores de seguridad al volteo y al deslizamiento.
- Se generó un nuevo modelamiento y simulación hidráulica con las estructuras propuestas, donde pudimos observar que dichas estructuras cumplen con la función requerida, protegiendo a la ciudad y terrenos de cultivos de desbordamientos e inundaciones laterales.

## RECOMENDACIONES

- Debido al impacto positivo que generará la construcción de los diques propuestos, se recomienda la ejecución del mismo para proteger las áreas de cultivo e infraestructura de riego aledañas a la zona de estudio, siendo de interés público y privado.
- El levantamiento topográfico se realizó con GPS por el corto periodo de tiempo, se recomienda realizar un levantamiento topográfico usando Estación total y/o Teodolito, para obtener un mayor grado de confiabilidad.
- El coeficiente de manning (n) que se utilizó fue de zonas cercanas al proyecto, se recomienda obtener el valor experimentalmente con estudios adecuados, para obtener un valor con mayor grado de confiabilidad.
- Luego de ejecutado el proyecto, se deberá dar mantenimiento periódico de limpieza al cauce del río, para mantener el ancho estable y así evitar problemas por sedimentación y/o erosión de material.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Espinoza, L. & Ruiz, J. (2015): "Diseño hidráulico y estructural de diques para el encauzamiento del río Virú entre Zaraque y Tomabal, Provincia de Virú – Departamento de La Libertad". Tesis para optar el título profesional de Ingeniería Civil. Universidad Privada Antenor Orrego.

Chungas, C. & Mantari, W. (2015): "Determinación experimental del coeficiente de Rugosidad de manning superficiales granulares mediante la simulación de un cauce natural de sección rectangular.

MARÍN, C. & MENJÍVAR, M. & ZAVALA, J. (2012): "Diseño y construcción de un canal de pendiente variable para uso didáctico e investigación". Tesis para optar el título profesional de: Ingeniero Mecánico. Universidad de el Salvador.

Pérez. G. (2016): "Manual de Obras Hidráulicas".

Plan de Capacitación en Riesgo de Desastre y Ordenamiento Territorial (2014). Bloque 2, Evaluación de Riesgos Desastres, Caso de Estudio: Evaluación Probabilística de la Peligrosidad y la Vulnerabilidad frente a Desastre Naturales Basado en Proyecciones de cambio Climático en el Área Metropolitana de Trujillo (PERU), Riesgo Hidrológico – Mg Ing. Eden Atalaya Haro – 2014

Lizares G. (2012) "Evaluación Hidrológica de la Quebrada El Silencio adyacente al Canal Madre Chavimochic". Gobierno Regional de La Libertad - Proyecto Especial Chavimochic

Puelles J. (2015) "Estudio Hidráulico e hidrológico de la cuenca Alto Perú Y El Porvenir en el Asentamiento Humando Las Mercedes Alto Perú, distrito de la Oroya, provincia de Yauli – Junín para la construcción futura de

obras de arte ante amenazas de derrumbes provocado por la crecida del río, mediante el uso de los modelos matemáticos HEC-HMS y HEC-GEORAS". Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas

Villón B. (2011). HEC-RAS - Ejemplos. Costa Rica: Ediciones Centro de Desarrollo de Materiales Bibliográfico (CDMB).

Kohler, P. (1977): "Hidrología para Ingenieros" – Segunda Edición. Bogotá: Editorial Mc Graw-Hill Latinoamericana S.A.

Senamhi. (2010). "Registros diarios y mensuales de precipitación y caudal" (para las cuencas interesadas). Oficinas de atención al público en general. Evaluación de recursos hídricos superficiales en la cuenca del río mantáro, ministerio de agricultura, Lima.

Cáceres, M. (1999). "Diccionario de hidrología y ciencias afines". México: Editorial Plaza y Valdéz-UNAM.

## ANEXOS



Obtención de muestras para el estudio de suelos.  
Fuente: Elaboración Propia.



Toma del primer punto en inicio del Botador El Aluvión  
Fuente: Elaboración Propia



Continúa la toma de puntos en el Botador El Aluvión  
Fuente: Elaboración Propia



Reconocimiento de puntos críticos en el Botador El Aluvión  
Fuente: Elaboración Propia



Reconocimiento de puntos críticos en el Botador El Aluvión  
Fuente: Elaboración Propia



Parte final del Botador El Aluvión y desembocadura sobre el río Chicama  
Fuente: Elaboración Propia



Día de toma de Puntos con GPS y reconocimiento del tramo completo del  
Botador El Aluvión  
Fuente: Elaboración Propia

# PLANOS

## RELACION DE PLANOS PARA EL ENCAUZAMIENTO DEL BOTADOR EL ALUVION EN EL DISTRITO DE ASCOPE – LA LIBERTAD – PERÚ.

Nº DE LAMINA	CODIGO	NOMBRE
01	U-01	UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN
02	PP-01	VISTA EN PLANTA BOTADOR ASCOPE, PERFIL LONGITUDINAL Y SECCION TIPICATRAMO KM 0+00 – 0+850
03	PP-02	VISTA EN PLANTA BOTADOR ASCOPE, PERFIL LONGITUDINAL Y SECCION TIPICATRAMO KM 0+850 – 1+750
04	PP-03	VISTA EN PLANTA BOTADOR ASCOPE, PERFIL LONGITUDINAL Y SECCION TIPICATRAMO KM 1+750 – 2+870
05	ST-01	SECCIONES TRANSVERSALES
06	ST-02	SECCIONES TRANSVERSALES
07	ST-03	SECCIONES TRANSVERSALES