

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

**“DISEÑO DE ESTRUCTURAS COMPLEMENTARIAS DE LAS
BOCATOMAS CHICLIN Y CHICAMITA PARA ESTABILIZAR
EL RIO CHICAMA SECTOR CHICAMA”**

Línea de Investigación:

Hidráulica

Autor (es):

Br. OLIVA RIVERA, RODOLFO JUNIOR

Br. SILVA DIAZ, JOSÉ JHAMPIERE

Asesor:

ING. GARCÍA RIVERA, JUAN PABLO

TRUJILLO – PERÚ

2021

Fecha de Sustentación:

22/01/2021

**“DISEÑO DE ESTRUCTURAS COMPLEMENTARIAS DE LAS BOCATOMAS
CHICLIN Y CHICAMITA PARA ESTABILIZAR EL RIO CHICAMA SECTOR
CHICAMA”**

AUTOR (ES):


Br. OLIVA RIVERA, RODOLFO JUNIOR

Br. SILVA DIAZ, JOSÉ JHAMPIERE


APROBADO POR:




Ing. JOSE ALCIDES GALVEZ PAREDES
Presidente
CIP 29911



Ing. GUILLERMO JUAN CABANILLAS QUIROZ
Secretario
CIP 17902



Ing. RICARDO ANDRES NARVAEZ ARANDA
Vocal
CIP 58776



Ing. JUAN PABLO GARCIA RIVERA
Asesor
CIP 68614

DEDICATORIA

A Dios, por guiarme siempre por el camino correcto hacia mis metas y cuidar de mí en todo momento.

A mis padres Rodolfo y Marisol por ser un ejemplo de superación y perseverancia, además de ser un apoyo incondicional pese a cualquier dificultad, pero más que nada por su amor incondicional, son mi motivación diaria para ser mejor.

A mis hermanos Fabián y Yomina, por saber comprenderme y apoyarme en cualquier momento difícil del proceso.

Al resto de mi familia por siempre preocuparse por mí y brindarme de su ayuda y amor incondicional.

Br. OLIVA RIVERA, RODOLFO JUNIOR

DEDICATORIA

A Dios, ante todo, por guiarme en mi vida y darme el conocimiento para lograr mis objetivos profesionales.

A mi querida madre Julia A. Diaz Briceño, por su amor y apoyo en toda mi formación, tanto académica como personal.

A mi padre José Silva Cerdán, por ser un maestro que, desde muy pequeño, siempre me ha inculcado valores éticos y morales, que siempre tendré presente.

A mis hermanos Jorge, Gerardo y Ingrid por siempre brindarme su apoyo y sus consejos que me ayudaron a nunca rendirme a pesar de las adversidades, que uno encuentra la vida.

Finalmente, también quiero dedicar la presente tesis a mis buenos amigos de la Universidad Privada Antenor Orrego, por brindarme siempre su amistad y apoyo a lo largo de nuestra formación académica.

Br. SILVA DIAZ, JOSÉ JHAMPIERE

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por brindarme las herramientas y la salud necesaria para poder culminar este proceso.

A mis padres por haberme sabido comprender y siempre haberme motivado a seguir adelante no solo con sus consejos, sino con su buen ejemplo.

A mis compañeros y amigos obtenidos durante mi carrera universitaria, por sabernos apoyar mutuamente y crecer juntos en cada desafío venidero.

Br. OLIVA RIVERA, RODOLFO JUNIOR

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres que siempre me brindan su cariño y apoyo, para así tener la fortaleza para lograr mis objetivos y nunca rendirse ante las adversidades.

Agradezco de corazón a mis hermanos por brindarme su apoyo en todo momento y por sus consejos, que me ayudaron en mi formación profesional.

Agradezco a Rebeca Alva por brindarme su cariño, apoyo y motivación para lograr mis objetivos .

Agradezco a mis amigos de la Universidad Privada Antenor Orrego, que con su motivación y apoyo me ayudaron a ser un mejor profesional y saber que siempre contaré con su amistad.

Agradezco al Ms. Ing. García Rivera, Juan Pablo, por toda la colaboración brindada para el desarrollo de la presente tesis.

Br. SILVA DIAZ, JOSÉ JHAMPIERE

RESUMEN

La presente tesis tiene como finalidad el diseño de las estructuras complementarias de las bocatoma Chiclín y Chicamita para estabilizar el cauce del río Chicama en el sector Chicama para ello se realizó un levantamiento topográfico con estación y dron, obteniendo como resultados pendientes de 0.58 %, 0.73%, 0.84%, 0.59% a lo largo del trazo del eje principal del cauce del río Chicama (2.58 km), teniendo en cuenta el criterio que no se generen movimientos de tierra (corte y relleno) considerables.

Para el diseño de las bocatoma Chicamita y Chiclin se pudo inferir que sólo se puede diseñar la bocatoma Chicamita esto debido a la poca distancia (200m) que hay con la bocatoma Chiclin ya que el remanso que produciría el barraje fijo de esta bocatoma aguas arriba afectaría a la bocatoma Chicamita.

Se realizó el estudio de hidrología, para hallar el caudal promedio del río el cual fue de 250 m³/s, los caudales máximos recurrentes de 400 m³/s y 600 m³/s, y para hallar el caudal de diseño de la bocatoma Chicamita el cual fue de 1400 m³/s para un periodo de retorno de 100 años.

Para el diseño hidráulico de la bocatoma Chicamita, las dimensiones de las estructuras complementarias que obtuvieron fueron las siguientes: la longitud del barraje fijo de 200m, la altura del barraje fijo de 2.10 m, la longitud del barraje móvil 18m, longitud de la poza disipadora de 15m, ancho de las 2 compuertas del barraje móvil de 5m cada una, ancho de la compuerta del canal de limpia de 3m, altura de los muros de encauzamiento de 4.96m. Sin embargo con este diseño propuesto, no se logró estabilizar el cauce del río Chicama, debido a que la longitud del barraje fijo era demasiado grande (200m) pasando por esta estructura la mayoría del caudal, causando velocidades demasiadas altas a la salida de lo poza disipadora.

Se realizó un nuevo diseño de la bocatoma Chicamita cuyas dimensiones fueron: longitud del barraje fijo de 100m y longitud de barraje móvil de 100m, con este diseño se demostró que el cauce se estabiliza debido a que las velocidades a la salida de la poza disipadora son bajas tanto para un caudal promedio ($Q_p = 250$ m³/s) incluso para caudales máximo recurrentes como 400 m³/s. Al tener velocidades bajas, no habrá mucha socavación por ende el cauce se mantendrá estable.

ABSTRACT

The purpose of this thesis is to design the complementary structures of the Chiclin and Chicamita intakes to stabilize the channel of the Chicama River in the Chicama sector, for which a topographic survey was carried out with a station and drone, obtaining pending results of 0.58%, 0.73 %, 0.84%, 0.59% along the main axis of the Chicama riverbed (2.58 km), taking into account the criterion that no significant earth movements (cut and fill) are generated.

For the design of the Chicamita and Chiclin intakes it could be inferred that only the Chicamita intake can be designed due to the short distance (200m) that there is with the Chiclin intake and that the backwater that would produce the fixed bar of this intake upstream would affect to the Chicamita intake.

The hydrology study was carried out to find the average flow of the river which was $250 \text{ m}^3 / \text{s}$, the maximum recurrent flows of $400 \text{ m}^3 / \text{s}$ and $600 \text{ m}^3 / \text{s}$, and to find the design flow of the Chicamita intake which it was $1400 \text{ m}^3 / \text{s}$ for a return period of 100 years.

For the hydraulic design of the Chicamita intake, the dimensions of the complementary structures that were obtained were the following: the length of the fixed bar of 200m, the height of the fixed bar of 2.10 m, the length of the mobile bar 18m, length of the dissipating pool 15m, width of the 2 gates of the mobile bar of 5m each, width of the gate of the cleaning channel of 3m, height of the channeling walls of 4.96m. However, with this proposed design, it was not possible to stabilize the channel of the Chicama River, because the length of the fixed bar was too long (200m) passing through this structure most of the flow, causing too high speeds at the outlet of the pool. dissipative.

A new design of the Chicamita intake was made whose dimensions were: length of the fixed bar of 100m and length of mobile bar of 100m, with this design it was shown that the channel is stabilized due to the fact that the speeds at the exit of the dissipating pool are low both for an average flow ($Q_p = 250 \text{ m}^3 / \text{s}$) even for recurring maximum flows such as $400 \text{ m}^3 / \text{s}$. By having low speeds, there will not be much scour, therefore the channel will remain stable.

PRESENTACIÓN

Señores miembros del jurado:

De conformidad y en cumplimiento de los requisitos estipulados en el reglamento de Grados y títulos de la Universidad Privada Antenor Orrego y el reglamento interno de la Escuela profesional de Ing. Civil, ponemos a vuestra disposición el presente trabajo de suficiencia profesional titulado: **DISEÑO DE ESTRUCTURAS COMPLEMENTARIAS DE LAS BOCATOMAS CHICLIN Y CHICAMITA PARA ESTABILIZAR EL RIO CHICAMA SECTOR CHICAMA.**

Para obtener el título profesional de ingeniero civil, así como algunas experiencias para el desarrollo de la ingeniería.

Consideramos señores miembros del jurado que con vuestras sugerencias y recomendaciones este trabajo pueda mejorarse y contribuir a la difusión de la investigación de nuestra Universidad.

INDICE DE CONTENIDOS

INDICE	Pág
DEDICATORIA	II
DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTO	IV
AGRADECIMIENTO	V
RESUMEN	VI
ABSTRACT	VII
PRESENTACIÓN	VIII
INDICE DE CONTENIDOS	IX
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Problema	1
1.1.1. Descripción de la Realidad Problemática	1
1.1.2. Formulación del Problema	4
1.2. Objetivos	4
1.2.1. Objetivo General.....	4
1.2.2. Objetivos Específicos	4
1.3. Justificación del estudio	4
II. MARCO DE REFERENCIA	5
2.1. Antecedentes del estudio.....	5
2.1.1. A nivel Internacional	5
2.1.2. A nivel Nacional.....	5
2.1.3. A nivel Local	6
2.2. Marco Teórico.....	7
2.2.1. Modelo Digital de Elevación (DEM)	7
2.2.1.1. Herramientas.....	7
2.2.1.1.1. Estación Total	7
2.2.1.1.2. Drone	8
2.2.1.2. Softwares	8
2.2.1.2.1. Agisoft Photoscan	8

2.2.1.2.2. AutoCAD Civil 3D	8
2.2.1.3. Etapas	9
2.2.1.3.1. Planificación	9
2.2.1.3.2. Señalización.....	9
2.2.1.3.3. Ejecución del Vuelo con Drone	10
2.2.1.3.4. Captura de Datos	11
2.2.1.3.5. Procesamiento de Datos y Generación del DEM.....	11
2.2.2. Estudio Hidrológico.....	13
2.2.2.1. Avenidas y aguas altas.....	13
2.2.2.2. Análisis Estadísticos de Datos Hidrológicos	13
2.2.2.2.1. Parámetros Estadísticos	13
2.2.2.2.2. Periodo de Retorno (T).....	15
2.2.2.2.3. Modelos de Distribución	16
2.2.2.2.4. Pruebas de Bondad de Ajuste	23
2.2.3. Estudio de Hidráulica Fluvial	27
2.2.3.1. Morfología de un río	27
2.2.3.2. Perfil longitudinal de un río	28
2.2.3.3. Tipos de Ríos	29
2.2.3.3.1. Por su edad.....	29
2.2.3.3.2. Por su Geometría.....	29
2.2.3.3.3. Por tramos	30
2.2.3.3.4. Por su pendiente	30
2.2.3.3.5. Por sus grados de libertad	31
2.2.4. Bocatomas	31
2.2.4.1. Tipos de Bocatoma	31
2.2.4.1.1. Toma Directa	31
2.2.4.1.2. Toma Mixta o Convencional	31
2.2.4.1.3. Toma Móvil	32
2.2.4.1.4. Toma Tirolesa o Caucasiona.....	32
2.2.4.2. Partes de una Bocatoma	32
2.2.4.2.1. Barraje Fijo.....	32
2.2.4.2.2. Colchón disipador al pie del azud o poza disipadora	33
2.2.4.2.3. Barraje Móvil	33
2.2.4.2.4. Compuertas de Captación o ventanas de captación	33

2.2.4.2.5. Canal desripador	33
2.2.4.2.6. Canal despedrador.....	33
2.2.4.2.7. Muros de Encauzamiento.....	33
2.2.4.2.8. Diques de Encauzamiento	34
2.2.4.3. Diseño Hidráulico de la bocatoma	34
2.2.4.3.1. Ancho estable	34
2.2.4.3.2. Características Hidráulicas.....	37
2.2.4.3.3. Coeficiente de Rugosidad de Manning	39
2.2.4.3.4. Cálculo de Socavacion General	42
2.2.4.3.5. Barraje (Fijo y Móvil)	45
2.2.4.3.6. Longitud y espesor de la poza disipadora	50
2.2.4.3.7. Ventana de captación.....	52
2.2.4.3.8. Muro de encauzamiento.....	52
2.2.4.3.9. Longitud de la escollera	52
2.2.5. Diseño de Enrocado de Protección	54
2.2.5.1. Altura de Dique.....	54
2.2.5.2. Ancho de Corona	54
2.2.5.3. Talud	54
2.2.5.4. Profundidad de uña	55
2.2.5.5. Cálculo del Diámetro del Enrocado de Protección.....	55
2.2.5.6. Diseño del Filtro	56
2.2.6. Softwares	57
2.2.6.1. AutoCAD Civil 3d.....	57
2.2.6.2. Hidroesta 2.....	57
2.2.6.3. Arcgis 10.5	58
2.2.6.4. Iber 2.5.1	58
2.3. Marco Conceptual.....	59
2.4. Hipótesis.....	60
2.4.1. General	60
2.5. Variables	60
2.5.1. Variable Independiente.....	60
2.5.2. Variable Dependiente	60
2.6. Operacionalización de Variables.....	61
III. METODOLOGIA EMPLEADA	61

3.1. Tipo y Nivel de Investigación	61
3.1.1. Tipo de Investigación.....	61
3.1.2. Nivel de Investigación.....	61
3.2. Población y Muestra de Estudio.....	62
3.2.1. Población.....	62
3.2.2. Muestra	62
3.3. Diseño de Investigación.....	62
3.4. Técnicas e instrumentos de Recolección de Datos	62
3.4.1. Identificación del lugar y Entrevistas.....	62
3.4.2. Modelo Digital de Elevación (DEM)	62
3.4.3. Estudio Hidrológico.....	62
3.5. Procesamiento y Análisis de datos	64
3.5.1. Modelo Digital de Elevación	64
3.5.1.1. Software Agisoft Photoscan	64
3.5.1.2. ArcGIS 10.5.....	64
3.5.1.3. AutoCAD Civil 3D 2019	64
3.5.2. Estudio de Hidrología	64
3.5.3. Modelamiento Hidráulico	65
IV. RESULTADOS	66
4.1. Modelo Digital de Elevación.....	66
4.2. Estudio de Hidrología	66
4.2.1. Prueba de Bondad de Ajuste Smirnov Kolmogorov para una distribución Normal.....	68
4.2.2. Prueba de Bondad de Ajuste Smirnov Kolmogorov para una distribución Log Normal 2 Parámetros.....	70
4.2.3. Prueba de Bondad de Ajuste Smirnov Kolmogorov para una distribución Log Normal 3 Parámetros.....	72
4.2.4. Prueba de Bondad de Ajuste Smirnov Kolmogorov para una distribución Gamma 2 Parámetros	74
4.2.5. Prueba de Bondad de Ajuste Smirnov Kolmogorov para una distribución Gamma 3 Parámetros	76
4.2.6. Prueba de Bondad de Ajuste Smirnov Kolmogorov para una distribución Log Pearson tipo 3	78

4.2.7. Prueba de Bondad de Ajuste Smirnov Kolmogorov para una distribución Gumbel.....	80
4.2.8. Prueba de Bondad de Ajuste Smirnov Kolmogorov para una distribución Log Gumbel.....	82
4.2.9. Caudal promedio	85
4.3. Cálculo Hidráulico de la Bocatoma Chicamita.....	87
4.3.1. Pendientes Longitudinales.....	87
4.3.2. Ancho estable.....	88
4.4. Características Hidráulicas	96
4.5. Rugosidad	97
4.6. Cálculo de las partes de las partes de la bocatoma Chicamita	98
4.6.1. Barraje Fijo.....	98
4.6.2. Poza Disipadora	104
4.6.3. Cálculo de las dimensiones del barraje móvil	109
4.7. Modelamiento Hidráulico	111
4.7.1. Primer Diseño Hidráulico de la Bocatoma Chicamita.....	111
4.7.2. Modelamiento Hidráulico con el segundo diseño de la bocatoma Chicamita (Caudal Promedio).....	114
4.7.2.1. Resultados de calados con $Q_{prom} = 250 \text{ m}^3/\text{s}$	114
4.7.2.2. Resultados de velocidad $Q_{prom} = 250 \text{ m}^3/\text{s}$	116
4.7.3. Modelamiento Hidráulico con Caudales máximos recurrente	118
4.7.3.1. Resultados de calado con Caudal de $400 \text{ m}^3/\text{s}$	118
4.7.3.2. Resultados de velocidad con Caudal de $400 \text{ m}^3/\text{s}$	120
4.7.3.3. Resultados del calado con Caudal de $600 \text{ m}^3/\text{s}$	122
1.1.1.1. Resultados de velocidades con Caudal de $600 \text{ m}^3/\text{s}$	124
CONCLUSIONES	127
RECOMENDACIONES.....	129
BIBLIOGRAFÍA.....	130
ANEXOS.....	132

INDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Ubicación de la zona de estudio.....	3
Figura N° 2: Visualización de una superficie DEM de ráster.....	7
Figura N° 3: Aguas altas y avenidas en una sección de un río.....	13
Figura N° 4: Función de Distribución Normal	16
Figura N° 5: Proceso de selección de una distribución teórica	17
Figura N° 6: Esquematación del perfil longitudinal y secciones transversales típicas de un río, a lo largo de su recorrido.	28
Figura N° 7: Altura del Barraje Fijo.....	45
Figura N° 8: Compuerta tipo orificio	49
Figura N° 9: Elementos del perfil de la cresta del barraje.....	49
Figura N° 10: Disipador de energía tipo tanque amortiguador.....	50
Figura N° 11: Longitud de la escollera	53
Figura N° 12: Topografía de la zona de estudio	66
Figura N° 13: Caudales de máximos anuales	66
Figura N° 14: Caudales del río Chicama de 1971 – 2018 utilizando el software Matlab	85
Figura N° 15: Curva de caudales ordenados del río Chicama 1971 -2018	86
Figura N° 16: Diseño hidráulico de la poza disipadora	107
Figura N° 17: Escollera	108
Figura N° 18: Modelamiento Hidráulico de la Bocatoma Chicamita.....	111
Figura N° 19: Mapa de velocidades	112
Figura N° 20: Nuevo Diseño de la bocatoma Chicamita.....	113
Figura N° 21: Mapa de calado del tramo de estudio.....	114
Figura N° 22: Resultados de los calados aguas arriba y aguas debajo de la bocatoma Chicamita	115
Figura N° 23: Mapa de velocidad del tramo de estudio	116
Figura N° 24: Resultados de las velocidades aguas arriba y aguas debajo de la bocatoma Chicamita	117
Figura N° 25: Mapa de calado del tramo de estudio.....	118
Figura N° 26: Resultados de los calados aguas arriba y aguas debajo de la bocatoma Chicamita	119
Figura N° 27: Mapa de velocidad del tramo de estudio	120

Figura N° 28: Resultados de velocidades aguas arriba y aguas debajo de la bocatoma Chicamita	121
Figura N° 29: Mapa de calado del tramo de estudio.....	122
Figura N° 30: Resultados de los calados aguas arriba y aguas debajo de la bocatoma Chicamita	123
Figura N° 31: Mapa de velocidades del tramo de estudio	124
Figura N° 32: Resultados de velocidades aguas arriba y aguas debajo de la bocatoma Chicamita	125
Figura N° 33: Realizando el levantamiento topográfico con estación	132
Figura N° 34: Realizando el levantamiento topográfico con estación	132
Figura N° 35: Realizando levantamiento topográfico con Drone	133
Figura N° 36: Bocatoma Chicamita	133
Figura N° 37: Canal de aproximación para la bocatoma Chicamita.....	134
Figura N° 38: Bocatoma Chiclin	134

INDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Valores de F_b para diferente material de fondo.	35
Tabla N° 2: Valores de F_s para diferente material de orilla.	35
Tabla N° 3: Coeficiente de condiciones de tipo de fondo y orillas de río	35
Tabla N° 4: Coeficiente de condiciones de tipo de fondo y orillas de río.	36
Tabla N° 5: Coeficiente de condiciones de tipo de fondo y orillas de río.	37
Tabla N° 6: Coeficiente de rugosidad que depende del lecho natural del río	37
Tabla N° 7: Criterio de Cowan para determinar la influencia de diversos factores sobre el coeficiente n	41
Tabla N° 8: Tabla de Coeficiente de Rugosidad de Manning.....	42
Tabla N° 9: Valores del Coeficiente β	43
Tabla N° 10: Selección de x en Suelos Cohesivos (T_n/m^3) o Suelos No Cohesivos (mm).....	44
Tabla N° 11: Coeficientes de contracción de las pilas (USBR)	48
Tabla N° 12: Coeficientes de contracción de los estribos (USBR)	48
Tabla N° 13: Coeficiente de Bligh	53
Tabla N° 14: Coeficiente recomendado para calcular el borde libre del muro de encauzamiento.....	54
Tabla N° 15: Coeficientes de Corrección	55
Tabla N° 16: Registro de Caudales máximos anuales	63
Tabla N° 17: Estimación de los parámetros.....	68
Tabla N° 18: Tabla para halla el delta tabular	69
Tabla N° 19: Estimación de los parámetros.....	70
Tabla N° 20: Tabla para halla el delta tabular	71
Tabla N° 21: Estimación de los parámetros.....	72
Tabla N° 22: Tabla para halla el delta tabular	73
Tabla N° 23: Estimación de los parámetros.....	74
Tabla N° 24: Tabla para halla el delta tabular	75
Tabla N° 25: Estimación de los parámetros.....	76
Tabla N° 26: Tabla para halla el delta tabular	77
Tabla N° 27: Estimación de los parámetros.....	78
Tabla N° 28: Tabla para halla el delta tabular	79

Tabla N° 29: Estimación de los parámetros.....	80
Tabla N° 30: Tabla para halla el delta tabular	81
Tabla N° 31: Estimación de los parámetros.....	82
Tabla N° 32: Tabla para halla el delta tabular	83
Tabla N° 33: Elección de la distribución probabilística.....	84
Tabla N° 34: Tabla de pendientes longitudinales.....	87
Tabla N° 35: Cálculo del ancho estable.....	88
Tabla N° 36: Cálculo del ancho estable.....	90
Tabla N° 37: Cálculo del ancho estable.....	92
Tabla N° 38: Cálculo del ancho estable.....	94
Tabla N° 39: Cálculo Hidráulicos.....	96
Tabla N° 40: Cálculo de la rugosidad del cauce	97
Tabla N° 41: Cálculo de la cota de la cresta del barraje fijo (Cc)	98
Tabla N° 42: Cálculo de la altura del barraje	98
Tabla N° 43: Cálculo de la longitud del barraje fijo y barraje móvil	99
Tabla N° 44: Cálculo de la carga de agua sobre la cresta del barraje fijo y carga de velocidad.....	100
Tabla N° 45: Características hidráulicas del barraje fijo.....	101
Tabla N° 46: Cálculo de los parámetros	101
Tabla N° 47: Ábacos para hallar los parámetros.....	102
Tabla N° 48: Parámetros para el perfil Creager	103
Tabla N° 49: Coordenadas para el perfil Creager.....	103
Tabla N° 50: Cálculo de la poza de la disipadora	104
Tabla N° 51: Cálculo del tirante y_1 y y_2	105
Tabla N° 52: Cálculo de la longitud de la poza disipadora	105
Tabla N° 53: Curva de Transición entre el barraje y la poza disipadora.....	105
Tabla N° 54: Ancho del barraje.....	106
Tabla N° 55: Espesor de la poza disipadora	106
Tabla N° 56: Longitud de la escollera	108
Tabla N° 57: Cálculo de la cota del barraje móvil	109
Tabla N° 58: Cálculo de las dimensiones del barraje móvil	109
Tabla N° 59: Dimensiones del del barraje móvil y canal de limpia	110
Tabla N° 60: Cálculo de las dimensiones del canal de limpia.....	110

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Problema

1.1.1. Descripción de la Realidad Problemática

Los grandes problemas hidráulicos se basan en el aprovechamiento, en el déficit de captación de los recursos hídricos, la escasez de agua en áreas de cultivo lejanas a los lechos de ríos, entre otros. Desde la época prehispánica, el hombre ha buscado la manera de dar solución a estos problemas, construyendo canales y tomas de captación rudimentarias, de tal forma que estas lleguen a las áreas de cultivo y/o para otros fines. (ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA (FAO), 2013)

En el Perú existe mucha deficiencia en los sistemas de riego. Los sistemas de captación, conducción, distribución y aplicación muestran algunas deficiencias, en consecuencia, las eficiencias de riego son bajas. El uso adecuado de sistemas de captación y derivación conforman una parte importante para superar los problemas de falta de recursos hídricos en la agricultura (MINISTERIO DE AGRICULTURA Y RIEGO (MINAGRI), 2015)

En la actualidad se puede notar una gran falta de mantenimiento y deficiencia en lo que refiere a estructuras hidráulicas de los ríos de la región La Libertad.

Refiriéndonos al río Chicama, específicamente en el sector Chicama, se encuentran ubicadas las estructuras hidráulicas (bocatoma Chiclín y Chicamita), luego de haber realizado una observación de la zona, se pudo notar múltiples problemas que comprometen directamente a estas estructuras y a su vez a las zonas aledañas a estas.

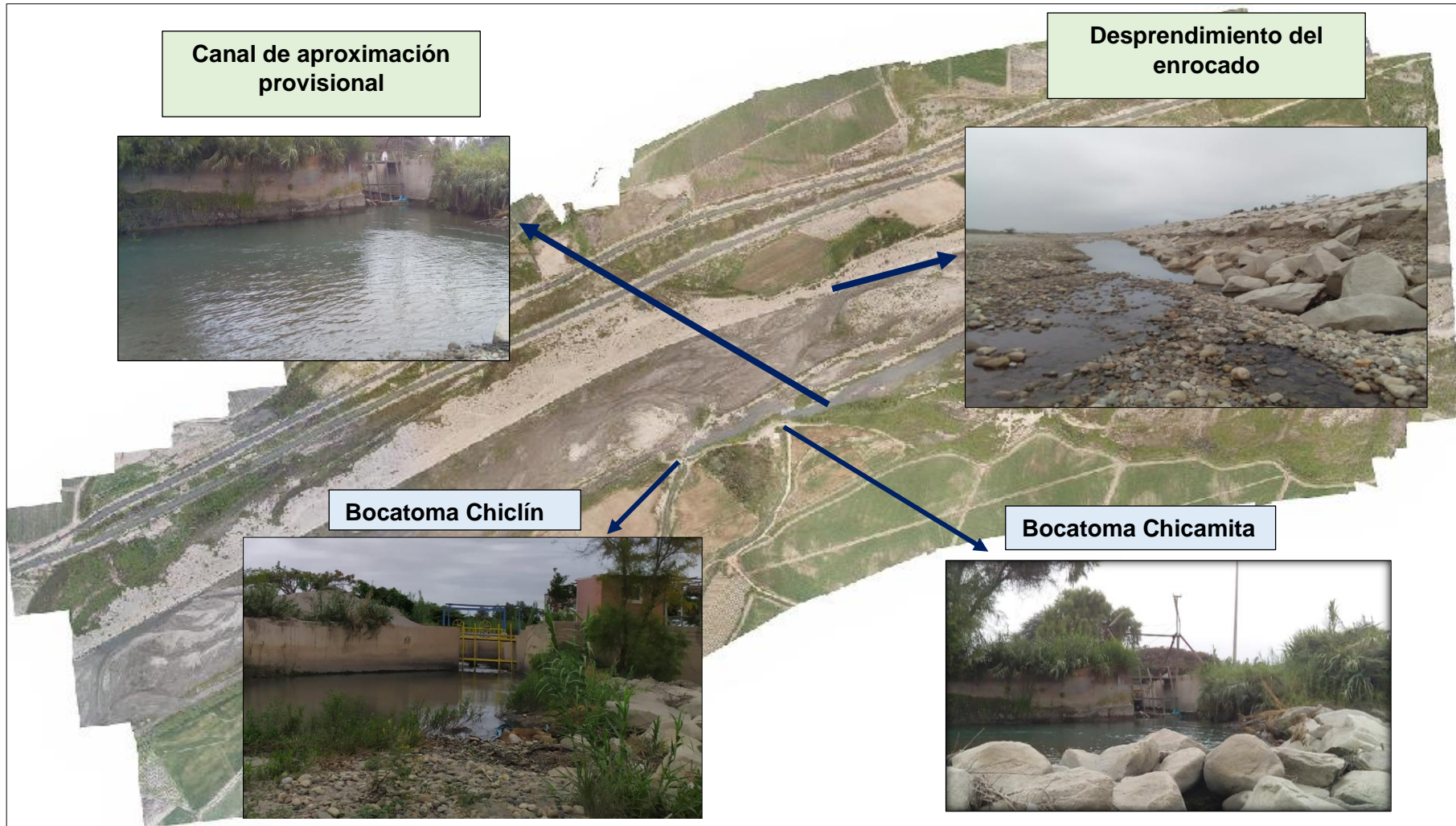
Los principales problemas son los siguientes:

Inestabilidad en el cauce del río.- A consecuencia del canal de aproximación, el río se divide en 2 márgenes, generando 2 profundidades y pendientes distintas en ambos lados, por un lado, se intenta dirigir el agua hacia la bocatoma para su captación y por otro lado la naturaleza del río (siendo trezado) da facilidad a la formación de brazos en el río que se dirigen directamente a un enrocado mal construido.

Desprendimiento del enrocado.- Debido a la división del río en 2 márgenes, sumado a ello la mala construcción del enrocado, ha ocasionado el desprendimiento de estos (enrocados) en la margen derecha del río Chicama.

La presente tesis tiene como finalidad realizar un diseño hidráulico de estructuras complementarias (barraje, canal desripador, canal despedrador, muros de encauzamiento) en la bocatoma Chicamita y en la bocatoma Chiclín para estabilizar el cauce del río Chicama en el sector Chicama.

Figura N° 1: Ubicación de la zona de estudio



Fuente : Elaboración Propia

1.1.2. Formulación del Problema

¿De qué manera el diseño de las estructuras complementarias de las bocatomas Chiclín y Chicamita influirán en la estabilidad del cauce del río Chicama en el sector Chicama?

¿Cómo influirá el diseño de las estructuras complementarias de las bocatomas Chiclín y Chicamita en la estabilidad del cauce del río Chicama en el sector Chicama?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Realizar el diseño de las estructuras complementarias de las bocatomas Chiclín y Chicamita para estabilizar el cauce del río Chicama en el sector Chicama.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Realizar el modelo digital de elevación (DEM), para obtener un modelo en 3d del terreno.
- Analizar el registro de caudales del río Chicama para obtener los caudales recurrentes y el caudal de diseño.
- Realizar el diseño de las estructuras complementarias de las bocatomas Chiclín y Chicamita.
- Realizar el modelo numérico para verificar el comportamiento hidráulico de las bocatomas Chiclín y Chicamita en el cauce del río Chicama sector Chicama.

1.3. Justificación del estudio

El presente estudio se justifica académicamente porque permite aplicar los conocimientos estudiados en la rama de hidráulica en el diseño hidráulico de las estructuras complementarias de las bocatomas Chiclín y Chicamita.

Está orientado técnicamente a realizar el diseño de las estructuras complementarias de las bocatomas Chiclín y Chicamita para estabilizar el cauce del río Chicama en el sector Chicama mediante modelos numéricos.

Socialmente orientada como un estudio base para ser tomado como referencia para las autoridades del sector Chicama acerca del diseño de las estructuras complementarias de las bocatomas Chiclín y Chicamita.

II. MARCO DE REFERENCIA

2.1. Antecedentes del estudio

2.1.1. A nivel Internacional

TÍTULO: “DISEÑO DE CAPTACIÓN Y CONDUCCIÓN DE AGUA DE RIEGO PARA DOCE COMUNIDADES DE LA PARROQUIA PUNGALA”

AUTOR: Br. Cristhian Contero Mayacela

UNIVERSIDAD: PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL ECUADOR

AÑO: 2016

La presente tesis tiene como finalidad la implementación de un sistema de agua para riego adecuado. Para solucionar esta situación se ha planificado la captación de las aguas naturales que provienen de la quebrada Chanilla que fluyen por la cuenca del río Zanampala. Las obras de disipación de energía y los niveles de los muros laterales se han diseñado para el caudal con período de retorno $TR = 100$ años, $Q_{100} = 12,30 \text{ m}^3/\text{s}$ mientras que el caudal de captación fue de $0.40 \text{ m}^3/\text{s}$. La rejilla de captación se obtuvo como dimensión de 1.25m de largo y 0.75m de ancho, el desripador 2.50 m de largo y 1 m de ancho.

2.1.2. A nivel Nacional

TÍTULO: “CRITERIOS DE DISEÑO DE LA BOCATOMA “EL VADO” EN EL RÍO ARMA CON FINES DE RIEGO - PROVINCIA DE CONDESUYOSAREQUIPA”

AUTOR: Br. Jorge Eduardo Orosco De La Cruz

UNIVERSIDAD: UNIVERSIDAD RICARDO PALMA

AÑO: 2015

La presente tesis fue realizada para diseñar una estructura de captación eficiente, segura y económica para la población de la

Provincia de Condesuyos y Arequipa, a fin de lograr una captación óptima, debiendo analizar diferentes soluciones hidráulicas. Se diseñó la estructura con un caudal de diseño de 32.597 m³/s y un caudal de captación de 8.58 m³/s. En el diseño hidráulico de la bocatoma está compuesto por las siguientes obras: Bocatoma con doble rebose, con barraje tipo grampa por la pendiente supercrítica, sobre la cota de fondo del cauce 4041,60 msnm, (la captación estuvo propuesta sobre la cota 4040 msnm, pues se consideraba un canal de derivación de sección trapecial y de 2,50 m de altura por debajo de la plataforma. La estructura de toma tiene defensas ribereñas con enrocado en ambos márgenes, aguas arriba y abajo de la bocatoma, muros de encauzamiento, en el muro de la izquierda se han dispuesto las ventanas de captación, que son tres, de 2,0 m de base x 1,0 m de altura, ubicadas a 1,60 m sobre el fondo. Se concluyó que el diseño de la bocatoma cumple con una eficiente captación de agua.

2.1.3. A nivel Local

TÍTULO: “DISEÑO Y MODELAMIENTO NUMÉRICO DE LA BOCATOMA POROTO, TRUJILLO, LA LIBERTAD”

AUTOR: Br. Benites García, Lucerito Del Carmen

Br. Lázaro Gutiérrez, Ana Lucia Del Pilar

UNIVERSIDAD: Universidad Privada Antenor Orrego

AÑO: 2018

En la presente tesis se realizó el diseño de la Bocatoma, canal y tomas laterales incluso con el modelamiento numérico para garantizar el funcionamiento de la Bocatoma Poroto. Para ello Se encontró el caudal máximo del río Moche para el diseño del barraje y defensas ribereñas de la Bocatoma Poroto, quedando como caudal para Tr=100 años de 575,06m³ /s y para un Tr= 500 años de Q=1916.38 m³ /s y para un régimen normal de Q=113,88 m³ /s, también se realizó el estudio Topográfico del Río de Poroto para diseñar el canal, la bocatoma y todas las estructuras que forman parte de la captación, haciendo el uso consuntivo de las áreas a servir, con un caudal de 4.14 m³ /s. El

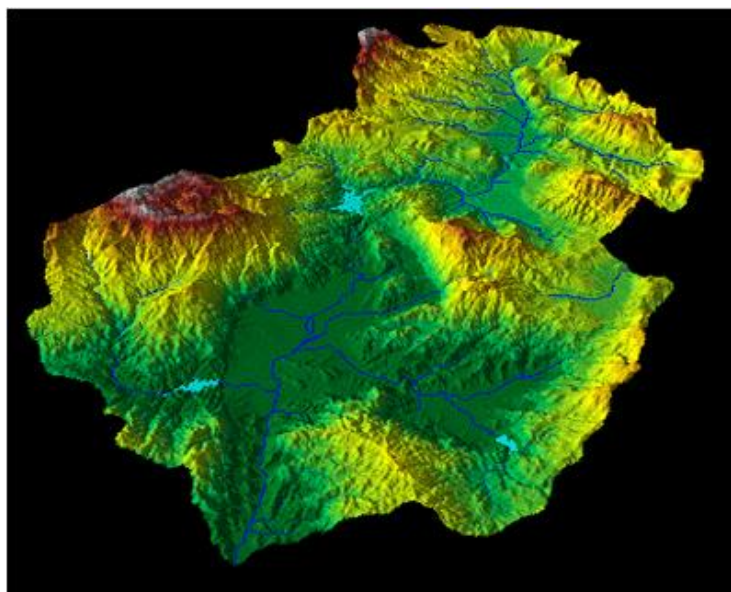
modelamiento numérico nos permitió corroborar lo obtenido mediante fórmulas empíricas y aportar con mejoras al óptimo desempeño de la bocatoma, logrando así que no retenga sedimentos y no se desborde.

2.2. Marco Teórico

2.2.1. Modelo Digital de Elevación (DEM)

Un modelo digital de elevación es una representación de ráster de una superficie continua, que en general hace referencia a la superficie de la tierra. La precisión de estos datos se determina principalmente por la resolución (la distancia entre los puntos de muestra).(ESRI, 2017)

Figura N° 2: Visualización de una superficie DEM de ráster



Fuente: ESRI, 2017

2.2.1.1. Herramientas

2.2.1.1.1. Estación Total

Está habilitado para crear data confiable y depurada a partir de un menú de cálculos estándar que comprende promedio de mediciones múltiples, corrección electrónica instantánea de distancias por constante de prisma, refracción atmosférica, presión y curvatura terrestre, reducción de distancias inclinadas a su componente horizontal y vertical,

además del cálculo de cotas. (Raquel Pachas L., 2009)

2.2.1.1.2. Drone

El drone, es un equipo de navegación autónomo que posee características técnicas particulares para realizar trabajos de todo tipo, se pueden utilizar tanto en el exterior como en el interior de algunos espacios, se le pueden incorporar como carga útil diferentes tipos de sensores ópticos: cámaras de video, cámaras fotográficas de espectro visible, infrarrojo, etc., e incluso otro tipo de sensores.(Raquel Pachas L., 2009)

2.2.1.2. Softwares

2.2.1.2.1. Agisoft Photoscan

Es un software que sirve para procesar imágenes digitales y, mediante la combinación de técnicas de fotogrametría digital y visión por computador, generar una reconstrucción 3D del entorno.(Marisa Rosana Ferreira, 2017)

2.2.1.2.2. AutoCAD Civil 3D

Permite:

- Las funciones de topografía de AutoCAD Civil 3D se pueden utilizar para descargar, crear, analizar y ajustar datos de levantamiento. (AUTODESK, 2016)
- Las herramientas de análisis, como los mínimos cuadrados, permiten realizar ajustes en las redes de topografía y en poligonales individuales. (AUTODESK. 2016)

2.2.1.3. Etapas

2.2.1.3.1. Planificación

Todo levantamiento topográfico debe contemplar una planificación, entendiéndose esta como el conjunto de actividades previas que se realizan con la finalidad de hacer uso óptimo de los recursos disponibles, en cuanto a equipos, recursos humanos, financieros y el factor tiempo, con la finalidad de obtener un producto de calidad en tanto a precisión y exactitud que cumpla con las exigencias del proyecto que se tiene planteado desarrollar. Las actividades de campo y de oficina incluyen tanto las meramente técnicas como las de logística. Esta etapa de planificación es importante para poder elaborar el plan de actividades o plan de trabajo de manera que el mismo pueda desarrollarse con los recursos que se tienen previstos. (Swanston G., 2006)

2.2.1.3.2. Señalización

Una vez que se ha establecido el plan de trabajo se hace necesario pasar a la fase de señalización; esta actividad constituye un paso importante en todo levantamiento, ya que la misma resalta la ubicación de los puntos de control y de cualquier otro punto de interés, de acuerdo al propósito y permanencia en el sitio. (Swanston G., 2006)

Las señales pueden ser:

Señales de puntería.- cuando se dirigen visuales desde otros puntos, en este tipo pueden señalarse al jalón y las miras.(Raquel Pachas L., 2009)

- Señales de observación.- se refiere a los puntos de control, generalmente se encuentran al ras del piso y debido a su importancia son resguardadas y

referenciadas por el responsable en campo.(Raquel Pachas L., 2009)

- Señales de doble propósito.- se refiere a puntos que son de control y al mismo tiempo van a ser observados desde otros puntos del terreno.(Raquel Pachas L., 2009)
- Señales permanentes.- se construyen para que sean visibles durante la fase de levantamiento y las otras etapas del proyecto y que además permanezcan aún una vez finalizado el mismo para ser utilizadas en el control de la obra que se va a construir.(Raquel Pachas L., 2009)
- Señales semipermanentes.- se espera que duren desde la fase de estudio hasta la finalización de la construcción, generalmente son construidas con concreto pobre.(Raquel Pachas L., 2009)
- Señales transitorias.- son señales que sirven solamente para materializar las verticales tanto de los puntos de control como de detalle.(Raquel Pachas L., 2009)

2.2.1.3.3. Ejecución del Vuelo con Drone

Una vez se ha realizado el plan de vuelo y se han ubicado los puntos de control se procede a cargar la lista de *waypoints* en la memoria interna del autopiloto del dron para luego ejecutar la misión de vuelo de forma automática. (Ernesto Santana, 2010)
Es importante elegir bien el día, ya que tendremos que tener en cuenta la meteorología, evitando a ser posible días con viento o lluvia. También tendremos en cuenta la presencia de líneas de alta tensión u otros objetos que obstruyan el vuelo. (Ernesto Santana, 2010)

2.2.1.3.4. Captura de Datos

Al realizar un levantamiento con GPS y Estación Total se entiende por captura de datos a la acción de registrar y almacenar las magnitudes requeridas para el cálculo de las coordenadas de los puntos levantados. (Raquel Pachas L., 2009)

Para la captura de datos mediante el drone se colocan referencias o señales en toda la superficie a fotografiar para la obtención de los puntos de apoyo con coordenadas G.P.S. Estos puntos servirán para transformar el modelo fotogramétrico en modelo del terreno. (Marisa Rosana Ferreira, 2017)

Las imágenes se obtienen según el plan de vuelo planificado, entonces se registra una imagen en cada punto *waypoint* programado. Mientras esto ocurre se puede visualizar en tiempo real toda la información de telemetría, estado del dispositivo y posición del mismo así como también se puede hacer un seguimiento en tiempo real del drone a través de la cámara de video que lleva a bordo. Las imágenes se guardan en la memoria de almacenamiento de la cámara. (Marisa Rosana Ferreira, 2017)

2.2.1.3.5. Procesamiento de Datos y Generación del DEM

A) Importación de imágenes.- Mediante el programa Agisoft Photoscan se comienza a importar las imágenes obtenidas mediante el drone, para esto vamos al “workspace” o espacio de trabajo en donde encontraremos un botón llamado “add photos” damos clic izquierdo, y procedemos a seleccionar la carpeta de las imágenes y posteriormente procedemos a cargarlas. (Marisa Rosana Ferreira, 2017)

B) Orientación de imágenes.- Corresponde al cálculo de la Orientación Interna Fotogramétrica, generando una nube de puntos 3D dispersa de correspondencia entre imágenes. Esta analogía de puntos, el software la lleva a cabo de forma interna, por correlación de píxeles homólogos, en función de las características de color de los mismos. Esta orientación se optimiza según una serie de puntos de paso, seleccionados manualmente y que ayudan y mejoran el cálculo y ajuste interno. (Marisa Rosana Ferreira, 2017)

C) Orientación absoluta.- Puede llevarse a cabo mediante puntos de control de los que se conocen las coordenadas X,Y,Z. A partir de una buena distribución de dichos puntos, se obtendrá un modelo trasladado, girado y escalado al Sistema de Referencia deseado, Modelo Georreferenciado. (Marisa Rosana Ferreira, 2017)

D) Creación de Nube de Puntos Densa.- A través del software específico de tratamiento de imágenes se genera una nube de puntos 3D, con diferentes posibilidades de calidad en función del tipo de trabajo, uso o entregable a obtener. (Marisa Rosana Ferreira, 2017)

E) Creación de Malla.- Basándose en la anterior nube de puntos, se genera una malla o triangulación con características propias en función de la aplicación y uso final del producto. (Marisa Rosana Ferreira, 2017)

F) Creación de Textura.- Corresponde a una texturización de la malla anterior, basándose en las imágenes obtenidas en el proceso inicial y

adaptando colores y formas al terreno. (Marisa Rosana Ferreira, 2017)

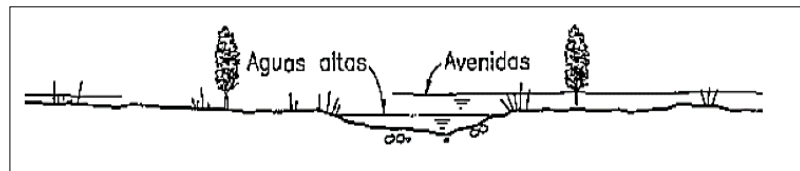
G) Creación de Ortomosaico.- Un Ortomosaico es un producto de imagen georreferenciado organizado como mosaico a partir de una colección de imágenes en el que la distorsión geométrica se ha corregido y orto-rectificado. (ESRI, 2017).

2.2.2. Estudio Hidrológico

2.2.2.1. Avenidas y aguas altas

- Las aguas altas son los caudales de baja frecuencia en el año y las avenidas son los caudales extraordinarios. (VIDE, 2002)

Figura N° 3: Aguas altas y avenidas en una sección de un río



Fuente : (Vide, 2002)

2.2.2.2. Análisis Estadísticos de Datos Hidrológicos

2.2.2.2.1. Parámetros Estadísticos

A) Media.- Es el valor esperado de la variable misma, muestra la tendencia central de la distribución. (Villón, 2007b)

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$$

Donde:

n : número de datos.

X_i : valor i de la muestra.

\bar{X} : media.

B) Varianza.- Mide la variabilidad de los datos.

$$S^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2$$

Donde:

\bar{x} : media.

S^2 : varianza.

x_i : valor i de la muestra.

- El divisor $n-1$ en lugar de n es para asegurar que la estadística de la muestra no sea sesgada, es decir que no tenga tendencia, en promedio, a ser mayor o menor que el valor verdadero. (Ministerio de transporte y comunicaciones, 2016)

C) Desviación Estándar.- La desviación estándar, se define como la raíz cuadrada positiva de la varianza. (Villón, 2007b)

$$S = \sqrt{S^2}$$

D) Coeficiente de Variación.- Es una medida que relaciona la desviación estándar y la media.(Villón, 2007b)

$$Cv = \frac{S}{\bar{X}}$$

Donde:

Cv : coeficiente de variación.

\bar{X} : media.

S : desviación estándar.

E) Coeficiente de Asimetría

$$Cs = \frac{n \sum_{i=1}^n (Xi - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)(S^3)}$$

Donde:

n : número de datos.

S : desviación estándar.

Xi : valor i de la muestra.

\bar{X} : media.

2.2.2.2.2. Periodo de Retorno (T)

- Se define el período de retorno T, como el intervalo promedio de tiempo en años, dentro del cual un evento de magnitud x puede ser igualado o excedido, por lo menos una vez en promedio. Así, si un evento igual o mayor a x, ocurre una vez en T años, su probabilidad de ocurrencia P, es igual a 1 en T casos. (Villón, 2007b)

$$P(X \geq x) = \frac{1}{T}$$

Donde:

P(X ≥ x): Probabilidad de ocurrencia de un evento ≥ x.

X: Variable aleatoria.

x: Valor particular que toma la variable aleatoria.

T : Período de retorno.

- La probabilidad de que x no ocurra en cualquier año; es decir, la probabilidad de ocurrencia <x.

$$P(x < X) = 1 - P(X \geq x)$$

De donde:

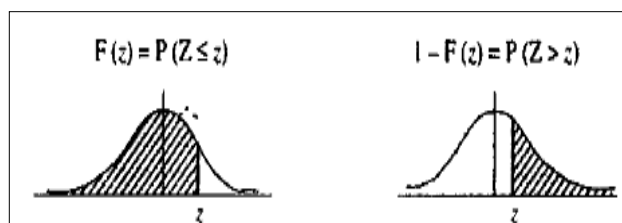
$$P(x < X) = 1 - \frac{1}{T}$$

Entonces:

$P(X > x)$: Probabilidad de excedencia.

$P(X \leq x)$: Probabilidad de no excedencia.

Figura N° 4: Función de Distribución Normal



Fuente: Villon,2007

$$Fz = P(Z \leq z) = z$$

$$Fz = 1 - P(Z > z) = z$$

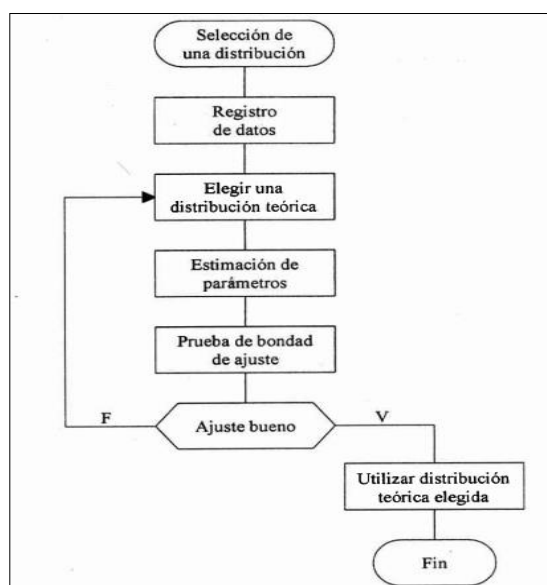
2.2.2.2.3. Modelos de Distribución

- En la estadística existen diversas funciones de distribución de probabilidad teóricas; recomendándose utilizar las siguientes funciones:
 - Distribución Normal.
 - Distribución Log Normal 2 parámetros.
 - Distribución Log Normal 3 parámetros.
 - Distribución Gamma 2 parámetros.
 - Distribución Gamma 3 parámetros.
 - Distribución Log Pearson tipo III.
 - Distribución Gumbel.
 - Distribución Log Gumbel.
- Si existen datos de aforo en cantidad suficiente, se realiza un análisis estadístico de los caudales máximos instantáneos anuales para la estación más cercana al punto de interés. Se calculan los caudales para los períodos de retorno de interés (2,

5, 10, 20, 50, 100 y 500 años) usando las distribuciones de probabilidad teórica. Cuando no existen datos de aforo, se utilizan los datos de precipitación como datos de entrada a una cuenca y que producen un caudal Q, ((MTC), 2015) , entre los métodos utilizados son:

- Método IILA.
- Método Racional.
- Método Racional Modificado.
- Hidrógrafa Unitario.

Figura N° 5: Proceso de selección de una distribución teórica



Fuente : Villón, 2007

A) Distribución Normal

- Es una distribución simétrica en forma de campana, también conocida como Campana de Gauss. (Villón, 2007b)

a) Estimación de Parámetros

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$$

$$S^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2$$

b) Cálculo del caudal de diseño

$$Q = X_t = \bar{X} + K * S$$

Donde:

\bar{X} : Media aritmética de x.

$K = z$: Factor de frecuencia calculado.

S = Desviación Estándar.

B) Distribución Log Normal II Parámetros

a) Estimación de Parámetros

$$\mu_y = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \ln X_i$$

$$\sigma_y^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(\ln x_i - \mu_y)^2}{n-1}$$

$$\sigma_y = \sqrt{\sigma_y^2}$$

b) Cálculo del caudal de diseño

$$\ln Q = \ln(Xt) = \mu_y + K * \sigma_y$$

Donde:

μ_y : Media de los logaritmos de la población.

σ_y : Desviación estándar de los logaritmos de la población.

x : Variable independiente.(Q máximo para cada año).

$K=z$ Factor de frecuencia calculado.

C) Distribución Log Normal III Parámetros

a) Estimación de Parámetros

$$\mu_y = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \ln(xi - x_0)$$

$$\sigma_y^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(\ln(xi - x_0) - \mu_y)^2}{n - 1}$$

$$\sigma_y = \sqrt{\sigma_y^2}$$

$$X_0 = \frac{x_i x_n - x^2 \text{mediana}}{x_i + x_n - 2x \text{mediana}}$$

b) Cálculo del caudal de diseño

$$Q = Xt = x_0 + \text{Exp}[\mu_y + \sigma_y * K]$$

Donde:

μ_y : Media de los logaritmos de la población.

σ_y : Desviación estándar de los logaritmos de la población.

x_0 : Parámetro de posición

$K=z$: Factor de frecuencia calculado.

D) Distribución Gamma II Parámetros

a) Estimación de Parámetros

$$0 \leq Y \leq 0.5772$$

$$Y = \frac{(0.5000876 + 0.1648852Y - 0.0544274Y^2)}{Y}$$

$$0.5772 \leq Y \leq 17.0$$

De donde:

$$Y = \frac{(8.898919 + 9.05995Y + 0.9775373Y^2)}{Y(17.79728 + 11.968477 + Y^2)}$$

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$$
$$\overline{\ln X} = \sum_{i=1}^n \ln x_i$$

$$Y = \ln \bar{X} - \overline{\ln X}$$

Donde:

\bar{X} : Media aritmética de x.

$\overline{\ln X}$: Media de los logaritmos.

Y : Diferencia de la media aritmética y la media de logaritmos

Y = Parámetro de forma.

$$\beta = \frac{\bar{X}}{Y}$$

Donde:

β : Parámetro de escala.

b) Cálculo del caudal de diseño

$$Q = X_t = \frac{\chi^2 \beta}{2}$$

Donde:

χ^2 : Chi cuadrado calculado de la tabla N° en función de $\nu = 2Y$ y $1-F(Z)$.

β : Parámetro de escala.

E) Distribución Gamma III Parámetros

a) Estimación de Parámetros

$$\Upsilon = \frac{4}{C_s}$$

$$\beta = \frac{C_s * S}{2}$$

$$x_0 = \bar{X} - \frac{2 * S}{C_s}$$

Donde:

Υ : Parámetro de escala

β : Parámetro de forma.

x_0 : Parámetro de posición.

\bar{X} : Media aritmética de x.

b) Cálculo del caudal de diseño

$$Q = X_t = \bar{X} + K * S$$

Donde:

\bar{X} : Media aritmética de x.

S : Desviación estándar.

K: Valor está en función del C_x y la probabilidad de excedencia $P(X>x)$.

Cs: Coeficiente de asimetría.

F) Distribución Log Pearson tipo III

a) Estimación de Parámetros

$$\Upsilon = \frac{4}{C_s \ln x^2}$$

$$\beta = \frac{C_s \ln x * S \ln x}{2}$$

Donde: $x_0 = \bar{X} \ln x - \frac{2 * S \ln x}{C_s \ln x}$

Υ : Parámetro de escala

β : Parámetro de forma.

x_0 : Parámetro de posición.

$\bar{X}_{\ln x}$: Media de los logaritmos.

$S_{\ln x}$: Desviación estándar de los logaritmos.

$C_{s \ln x}$: Coeficiente de asimetría de los logaritmos.

b) Cálculo del caudal de diseño

$$\ln Q = \ln X_t = \bar{X}_{\ln x} + K S_{\ln x}$$

Donde:

$\bar{X}_{\ln x}$: Media de los logaritmos.

$S_{\ln x}$: Desviación estándar de los logaritmos.

K: Factor de frecuencia calculado cuyo valor está en función del C_x y la probabilidad de excedencia $P(X > x)$.

G) Distribución Gumbel

a) Estimación de Parámetros

$$\alpha = \frac{\sqrt{6}}{\pi} * S$$

$$\mu = \bar{X} - 0.45S$$

Donde:

μ : Parámetro de posición.

S : Desviación estándar.

α : Parámetro de escala.

b) Cálculo del caudal de diseño

$$Q = X_t = \mu + K * \alpha$$

$$Y = (-\ln(-\ln(F(z))))$$

Donde:

μ : Parámetro de posición.

α : Parámetro de escala.

K= Y: Factor de frecuencia.

H) Distribución Log Gumbel

a) Estimación de Parámetros

$$\alpha = \frac{\sqrt{6}}{\pi} * S \ln x$$

$$\mu = \bar{X} \ln x - 0.45 S \ln x$$

Donde:

μ : Parámetro de posición.

$S \ln x$: Desviación estándar de los logaritmos.

$\bar{X} \ln x$: Media de los logaritmos.

α : Parámetro de escala.

b) Cálculo del caudal de diseño

$$\ln Q = \ln X_t = \mu + K * \alpha$$

$$Y = (-\ln(-\ln(F(z))))$$

Donde:

μ : Parámetro de posición.

α : Parámetro de escala.

$K= Y$: Factor de frecuencia.

2.2.2.2.4. Pruebas de Bondad de Ajuste

Las pruebas de bondad de ajuste, consisten en comprobar gráfica y estadísticamente, si la frecuencia empírica de la serie analizada, se ajusta a una determinada función de probabilidades teórica seleccionada a priori, con los parámetros estimados con base en los valores muestrales. (Villón, 2007b)

A) Chi Cuadrado

- La prueba Chi-cuadrado se basa en el cálculo de frecuencias, tanto de valores observados, como

valores esperados, para un número determinado de intervalos. (Villón, 2007b)

a) Expresión General

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(\theta_i - e_i)^2}{e_i}$$

$$\sum_{i=1}^k \theta_i = \sum_{i=1}^k e_i = N$$

Donde:

χ^2 : Valor calculado de Chi-cuadrado, a partir de los datos.

θ_i : Número de valores observados en el intervalo de clase i.

e_i : Número de valores esperados en el intervalo de clase i.

k: Número de intervalos de clase.

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(N_i - N P_i)^2}{N P_i}$$

Donde:

N_i: Número de observaciones que caen dentro de los límites de clases ajustadas del intervalo i.

N: Tamaño muestral.

P_i : Probabilidad igual para todos los intervalos de clases.

$$P_i = \frac{1}{k} \quad \text{o} \quad e_i = P_i N$$

Se obtiene la siguiente formulando simplificando:

$$\chi^2 = \frac{K}{N} \sum_{i=1}^K N_i^2 - N$$

- El valor de χ_c^2 se compara con el χ_t^2 de la tabla N°, cuyo valor se denomina con:

Nivel de significación : $\alpha = 0.05$ ó $\alpha = 0.01$

Grado de libertad : $g.l = k - 1 - h$

Donde:

h : es el número de parámetros a estimarse, así:

h : 2, para la distribución normal

h: 3, para la distribución log-normal de 3 parámetros.

b) Criterio de decisión

- El cálculo de decisión se fundamenta en la comparación del valor calculado de Chi cuadrado con el valor tabulado encontrado, es decir:

$$\chi_c^2 \leq \chi_t^2 \quad \text{Ajuste Bueno}$$

$$\chi_c^2 \geq \chi_t^2 \quad \text{Ajuste Malo}$$

c) Consideraciones

- Es aplicable sólo para ajustes a la distribución normal, puesto que ha sido desarrollado con base en los datos normales e independientes. (Villón, 2007b)
- En la práctica se usa para cualquier modelo de ajuste, pero estrictamente es válido sólo para la normal. (Villón, 2007b)

B) Smirnov- Kolmogorov

- Consiste en comparar las diferencias existentes, entre la probabilidad empírica de los datos de la muestra y la probabilidad teórica, tomando el valor máximo del valor absoluto, de la diferencia entre el valor observado y el valor de la recta teórica del modelo. (Villón, 2007b)

a) Expresión General

$$\Delta = \text{máx} |F(x) - P(x)|$$

Donde:

Δ : Estadístico de Smirnov- Kolmogorov, cuyo valor es igual a la diferencia máxima existente entre la probabilidad ajustada y la probabilidad empírica.

$F(x)$: Probabilidad de la distribución teórica.

$P(x)$: Probabilidad experimental o empírica de los datos, denominada también frecuencia acumulada.

- El delta teórico Δ tiene su función de distribución de probabilidades.
- Sí Δ_0 (tabular) es valor crítico para un nivel de significación α , se tiene que :

$$P[\text{máx}|F(x) - P(x)| \geq \Delta_0] = \alpha$$

$$\text{o } P(\Delta \geq \Delta_0) = 1 - \alpha$$

También:

$$P = (\Delta < \Delta_0) = 1 - \alpha$$

- El procedimiento para efectuar el ajuste, mediante el estadístico de Smirnov-Kolmogorov, es el siguiente:
 - Calcular la probabilidad empírica o experimental (P_x) de los datos, para esto usar la fórmula de Weibull.

$$P(x) = \frac{M}{N + 1}$$

Donde:

P(x) : Probabilidad empírica o experimental.

M: Muestra de orden

N: Número de datos

- Calcular la probabilidad teórica F(x).
- Calcular las diferencias P(x)-F(x), para todos los valores de x.

- Seleccionar la máxima diferencia:

$$\Delta = \text{máx}|F(x) - P(x)|$$

- Calcular el valor crítico estadístico Δ , es decir Δ_0 (valor tabular), para $\alpha=0.05$ y N igual al número de datos . Los valores de Δ_0 .

b) Criterio de decisión

$\Delta < \Delta_0$ **Ajuste bueno**

$\Delta \geq \Delta_0$ **Ajuste malo**

c) Consideraciones

- Es aplicable a distribuciones de datos no agrupados, es decir no se requiere hacer intervalos de clase. (Villón, 2007b)
- Es aplicable a cualquier distribución.(Villón, 2007b)

2.2.3. Estudio de Hidráulica Fluvial

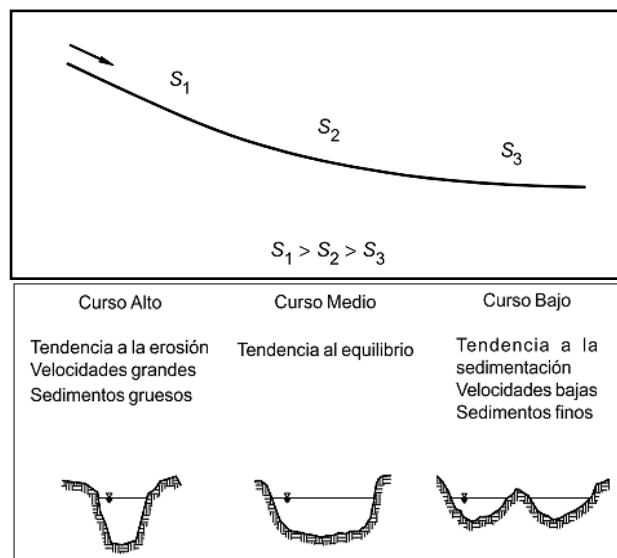
2.2.3.1. Morfología de un río

La morfología de un río implica el estudio de los cambios que experimenta un río, tanto en su recorrido, como en su sección transversal (lecho y márgenes). Su comportamiento depende mucho de la topografía, asociada a las condiciones geológicas. Además, el desarrollo de un río y las formas que adopta son diferentes en una zona plana y en una zona de fuerte pendiente. (ROCHA, 1998)

2.2.3.2. Perfil longitudinal de un río

- El eje hidráulico de los ríos no es una línea recta. El recorrido fluvial tiene una tendencia natural a la sinuosidad. (ROCHA, 1998)
- Los ríos tienden naturalmente a la sinuosidad, a que su recorrido esté formado por una sucesión de curvas. (ROCHA, 1998)
- La pendiente fluvial es variable a lo largo del recorrido que el río hace desde sus nacientes hasta la desembocadura. En general en las partes altas están las mayores pendientes. En las partes bajas de los cauces fluviales la pendiente disminuye notablemente. (ROCHA, 1998)
- En la Figura N° 5 se aprecia, muy esquematizado, el perfil longitudinal representativo de un río. Como se ve, el perfil típico es cóncavo hacia arriba y resulta así del balance que se establece entre la capacidad de transporte de la corriente y el tamaño y cantidad de los sólidos aportados por la cuenca. En la mencionada figura se aprecia tres tramos principales y las secciones transversales típicas para cada uno de ellos. (ROCHA, 1998)

Figura N° 6: Esquematización del perfil longitudinal y secciones transversales típicas de un río, a lo largo de su recorrido.



Fuente : Rocha ,1998

2.2.3.3. Tipos de Ríos

2.2.3.3.1. Por su edad

Ríos Jóvenes.- La morfología de un río implica el estudio de los cambios que experimenta un río, tanto en su recorrido, como en su sección transversal (lecho y márgenes). Su comportamiento depende mucho de la topografía, asociada a las condiciones geológicas. (ROCHA, 1998)

Ríos Maduros.- Cuando el río se convierte en maduro, se amplía su sección transversal. El valle es más ancho. Disminuye la pendiente. El río está en estado de equilibrio o próximo a él.(ROCHA, 1998)

Ríos Viejos.- Los ríos viejos corresponden a un estado más avanzado de desarrollo. La pendiente del río sigue disminuyendo, su ancho aumenta. El río está confinado, encauzado, controlado. (ROCHA, 1998)

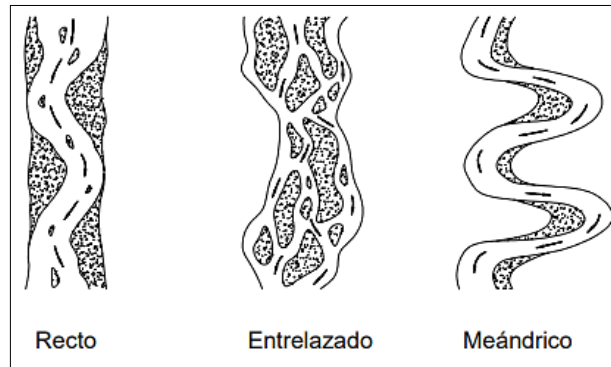
2.2.3.3.2. Por su Geometría

Ríos Rectos.- Normalmente esto ocurre en pequeños tramos y son transitorios, ya que con cualquier irregularidad en la forma del cauce o en su alineamiento o con la formación de bancos, o bien alguna obstrucción temporal, se originan disturbios locales que producen flujos transversales que inician la formación de curvas y meandros.(MAZA ALVAREZ, 1998)

Ríos Entrelazados.- A veces se les llama ríos trenzados. Corresponden generalmente a ríos anchos, cuya pendiente es fuerte, lo que da lugar a pequeños tirantes (calados) y el río corre en forma de varios canales o brazos alrededor de pequeñas islas. (MAZA ALVAREZ, 1998)

Ríos Meándricos.- Están formados por una sucesión de curvas. La característica de estas curvas, que son muy dinámicas, es que no se deben esencialmente a las propiedades del terreno, sino a la naturaleza del comportamiento fluvial.(MAZA ALVAREZ, 1998)

Figura N°1 : Clasificación Morfológica de los ríos



Fuente: Rocha, 1998

2.2.3.3.3. Por tramos

Alta montaña .- El número de Froude es > 1 . (MAZA ALVAREZ, 1998)

Montaña.- El número de Froude es de 0.7 a 1. (MAZA ALVAREZ, 1998)

Faldas de montaña.- El número de Froude es de 0.045 a 0.7.(MAZA ALVAREZ, 1998)

Intermedio.- El número de Froude es de 0.2 a 0.45.(MAZA ALVAREZ, 1998)

Planicie (cauce arenos).- Para ríos caudalosos el número de Froude es de 0.14 a 0.44 y para ríos poco caudalosos el número de Froude es de 0.44 a 0.55.(MAZA ALVAREZ, 1998)

2.2.3.3.4. Por su pendiente

Ríos Torrenciales .- Son los que tienen una pendiente mayor de 1.5%. (VIDE, 2002)

Ríos Torrentes.- Son los que tienen una pendiente mayor a 6%.(VIDE, 2002)

2.2.3.3.5. Por sus grados de libertad

Un grado de libertad.- Se da cuando es un canal de sección geométrica constante con el fondo y las paredes rígidas y pendiente conocida, como puede ser un canal revestido. Al pasar un gasto líquido Q , se establecerá un escurrimiento con un tirante d , cuyo valor siempre será constante siempre que escurra el mismo gasto. (MAZA ALVAREZ, 1998)

Dos grados de libertad.- Un río tiene dos grados de libertad cuando se ajusta libremente a dos variables geométricas como son el tirante (d) y la pendiente (S). Esto ocurre cuando se tiene un canal con paredes rígidas y el fondo está formado por material que puede ser arrastrado por el líquido. (MAZA ALVAREZ, 1998)

Tres grados de libertad.- Una corriente tiene tres grados de libertad cuando ajusta libremente tres variables geométricas como son el tirante (d), el ancho (B) y la pendiente (S). Este ajuste se logra en aquellos cauces cuyos márgenes y fondo estén formados por un material susceptible de ser movido y transportado por la corriente. (MAZA ALVAREZ, 1998)

2.2.4. Bocatomas

2.2.4.1. Tipos de Bocatoma

2.2.4.1.1. Toma Directa

- Se trata de una toma que capta directamente mediante un canal lateral, que por lo general es un brazo fijo del río que permite discurrir un caudal mayor que el que se va a captar. (MANZEN, 2003)

2.2.4.1.2. Toma Mixta o Convencional

- Se trata de una toma que realiza la captación mediante el cierre del río con una estructura

llamada azud o presa de derivación, el cual puede ser fija o móvil dependiendo del tipo del material usado. Será fija cuando se utiliza un elemento rígido, por lo general concreto, y será móvil cuando se utilizan compuertas de acero o madera. (MANZEN, 2003)

2.2.4.1.3. Toma Móvil

- Se llama así aquella toma que para crear la carga hidráulica se vale de un barraje móvil. Son tomas que por la variación de niveles en forma muy marcada entre la época de estiaje y avenida, necesitan disponer de un barraje relativamente bajo, pero que para poder captar el caudal deseado necesitan de compuertas que le den la cota a nivel de agua adecuado. (MANZEN, 2003)

2.2.4.1.4. Toma Tirolesa o Caucasiona

- Son tomas cuyas estructuras de captación se encuentran dentro de la sección del azud, en un espacio dejado en él, protegido por una rejilla que impide el ingreso de materiales gruesos. Estas tomas no son recomendables en ríos donde el arrastre de sedimentos es intenso, ya que podrían causar rápida obstrucción de las rejillas. (MANZEN, 2003)

2.2.4.2. Partes de una Bocatoma

2.2.4.2.1. Barraje Fijo

- Su función es elevar el nivel del agua para alcanzar el requerido por las necesidades de captación. Crea la carga necesaria sobre el canal de derivación para que pueda ingresar el caudal de diseño, es decir, obliga al agua a entrar a la captación. (ROCHA, 2003)

2.2.4.2.2. Colchón disipador al pie del azud o poza disipadora

- Sirven para disipar la energía con la que cae al agua desde el azud en épocas de lluvia, y así evitar que se erosione la zona del pozo de quietamiento. El fenómeno, si no es controlado, puede socavar las estructuras y causar su destrucción. (AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA (ANA), 2010)

2.2.4.2.3. Barraje Móvil

- Es una estructura compuesta por una o más compuertas que permiten el paso de las avenidas de líquidos y de sólidos, además tiene la función de eliminar los sólidos que pudiesen encontrarse. (ROCHA, 2003)

2.2.4.2.4. Compuertas de Captación o ventanas de captación

- Son las que regulan el ingreso de agua al canal de captación. (ROCHA, 2003)

2.2.4.2.5. Canal desripador

- Es un pequeño canal paralelo a la corriente principal, ubicado junto a las ventanas de captación y que es normal a la dirección de la corriente que ingresa a la captación. Permite la eliminación de los sólidos cuando las circunstancias hidráulicas y topográficas lo permiten. (ROCHA, 2003)

2.2.4.2.6. Canal despedrador

- Canal que elimina las gravas. (ROCHA, 1998)

2.2.4.2.7. Muros de Encauzamiento

- Son estructuras que permiten encauzar el flujo del río entre determinados límites con el fin de formar las condiciones de diseño pres-establecidos (ancho, tirante, etc.). (MANZEN, 2003)

2.2.4.2.8. Diques de Encauzamiento

- En la mayoría de los casos, al colocar un obstáculo (barraje) en un río, por un remanso hacia aguas arriba podría causar inundaciones a los terrenos ribereños. Para controlar esta situación se construyen diques de encauzamiento. (MANZEN, 2003)

2.2.4.3. Diseño Hidráulico de la bocatoma

2.2.4.3.1. Ancho estable

A) Método de Lacey (1934 y 1958)

a.- Fórmula

$$B = mQ^n$$

Donde:

B: Ancho de la superficie libre de agua (m).

Q: Caudal de diseño (m³/s).

m: constante =4.83

n: constante =0.50

Material de fondo : No cohesivo (arena con Dm entre 0.15 y 0.40 mm).

B) Método de Blench (1939 y 1941)

a.- Fórmula

$$B = 1.81(Q F_b/F_s)^{1/2}$$

Donde:

B: Ancho de la superficie libre de agua (m).

Q: Caudal de diseño (m³/s)

Fb : Factor de Fondo.

Fs: Factor de Orilla.

Material de fondo : No cohesivo (arena)

Tabla N° 1: Valores de Fb para diferente material de fondo.

Tipo de Material de fondo	Factor de Fondo (Fb)
Material Fino	0.80
Material Grueso	1.20

Fuente : Estabilidad de Cauces, Maza Álvarez, (1975)

Tabla N° 2: Valores de Fs para diferente material de orilla.

Tipo de Material de Orilla	Factor de Orilla (Fs)
Material poco cohesivo como, arena.	0.1
Material medianamente cohesivo.	0.2
Material muy cohesivo, como arcilla.	0.3

Fuente : Estabilidad de Cauces, Maza Álvarez, (1975)

C) Método de Simons y Albertson (1963) - (Maza Álvarez)

a.- Fórmula

$$B = 0.9K1 Q^{0.512}$$

Donde:

B: Ancho de la superficie libre de agua (m).

Q: Caudal de diseño (m³/s)

K1: Coeficiente de condiciones de fondo de río.

Material de fondo : No cohesivo (grava com Dm entre 0.028mm y 80 mm).

Tabla N° 3: Coeficiente de condiciones de tipo de fondo y orillas de río

Tipo de fondo y orillas	K1
Fondo y orillas de arena	6.30
Fondo de arena y orillas cohesivas	4.74
Fondo y orillas cohesivas	3.96
Fondo y orillas con material grueso no cohesivo	3.16
Igual que 2 pero con mucho transporte 2000 ppm ≤ C ≤ 8000 ppm	3.09

Fuente: Open Channel Flow, Henderson, (1966)

D) Método de Simons y Albertson (1963) - (Henderson)

a.- Fórmula

$$B = 0.9K1 Q^{0.512}$$

Donde:

B: Ancho de la superficie libre de agua (m).

Q: Caudal de diseño (m³/s).

K1: Coeficiente de condiciones de fondo de río.

Material de fondo: No cohesivo (Grava con Dm entre 0.028mm y 80 mm).

Tabla N° 4: Coeficiente de condiciones de tipo de fondo y orillas de río.

Tipo de fondo y orillas	K1
Fondo y orillas de arena	3.50
Fondo de arena y orillas cohesivas	2.60
Fondo y orillas cohesivas	2.20
Fondo y orillas con material grueso no cohesivo	1.75
Igual que 2 pero con mucho transporte 2000 ppm ≤ C ≤ 8000 ppm	1.70

Fuente : Estabilidad de Cauces, Maza Álvarez, (1975)

E) Método de Altunin y Manning (1962)

a.- Fórmula

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

Donde:

B: Ancho de la superficie libre de agua (m).

Q: Caudal de diseño (m³/s).

K: Coeficiente de material de cauce.

S: Pendiente.

n: Coeficiente de rugosidad de Manning

m: Coeficiente de tipo de río.

Material de fondo: No cohesivo (Grava Gruesa)

Tabla N° 5: Coeficiente de condiciones de tipo de fondo y orillas de río.

Tipo de material	Coeficiente de material de cauce (K)
Material de cauce muy resistente.	3
Material fácilmente erosionable.	16
Material aluvial	12
Valor práctico	10

Fuente : Estabilidad de Cauces, Maza Álvarez, (1975)

2.2.4.3.2. Características Hidráulicas

A) Tirante

Fórmula de Manning - Strickler

$$y = ((Q / (K_s * B * S^{1/2}))^{3/5}$$

Donde:

y: Tirante (m)

Ks: Coeficiente de rugosidad que depende del lecho natural del río.

Q: Caudal de diseño (m³/s).

B: Ancho estable. (m)

S: Pendiente.

Tabla N° 6: Coeficiente de rugosidad que depende del lecho natural del río

Tipos de Cauces Naturales	Ks
Cauces con fondo sólido sin irregularidades.	40
Cauces de ríos con acarreo irregular.	33
Cauces de ríos con vegetación.	35
Cauces naturales con derrubio e irregularidades.	30
Cauces de ríos con fuerte transporte de acarreo.	28
Torrentes con piedras de tamaño de una cabeza.	25
Torrentes con derrubio grueso y acarreo móvil.	20

Fuente: Nuovo Colombo, Manuale dell'Ingegnere, (1990)

B) Área Hidráulica

$$A=(B+Zy)y$$

Donde:

A: Área Hidráulica (m²).

B: Ancho Estable (m).

Z: Talud.

y: Tirante (m).

C) Perímetro Mojado

$$P=B+2y*(1+Z^2)^{1/2}$$

Donde:

P: Perímetro mojado (m).

B: Ancho estable (m).

Z: Talud.

y: Tirante (m).

D) Radio Hidráulico

$$R= A/P$$

Donde:

R: Radio Hidráulico (m)

A: Área Hidráulica (m²).

P: Perímetro mojado (m).

E) Velocidad Media

$$V = (R^{2/3} * S^{1/2})/n$$

Donde:

V: Velocidad media (m/s)

R: Radio Hidráulico (m)

S: Pendiente.

n: Rugosidad de Manning.

F) Profundidad Hidráulica Media

$$Y_m = A/B$$

Donde:

Y_m: Profundidad hidráulica media (m).

A: Área hidráulica (m²).

B: Ancho estable (m).

G) Número de Froude

$$F = V/(g*Y_m)^{1/2}$$

Donde:

F: Número de Froude.

V: Velocidad media (m/s).

g: Aceleración de la gravedad (m/s²).

Y_m: Profundidad hidráulica media (m).

F > 1 —————> Flujo Supercrítico

F = 1 —————> Flujo Crítico

F < 1 —————> Flujo Subcrítico

2.2.4.3.3. Coeficiente de Rugosidad de Manning

A) Selección del Coeficiente de Rugosidad de Manning

- Al aplicar la ecuación de Manning la mayor dificultad está en la determinación del coeficiente de rugosidad *n*, ya que no existe un método exacto para la selección del valor *n*.(Chow, 1994)

B) Factores que Afectan el Coeficiente de Rugosidad de Manning

- A partir de varios factores que afectan el coeficiente de rugosidad, Cowan desarrollo un procedimiento para estimar el valor de n. Mediante este procedimiento, el valor de n puede calcularse:

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

Donde:

n₀ :Rugosidad base para un canal recto, uniforme, prismático y con rugosidad homogénea.

n₁ :Rugosidad adicional debida a irregularidades superficiales del perímetro mojado a lo largo del tramo en estudio.

n₂ : Rugosidad adicional equivalente debida a variación de forma y de dimensiones de las secciones a lo largo del tramo en estudio.

n₃:Rugosidad equivalente debida a obstrucciones existentes en el cauce.

n₄ : Rugosidad adicional equivalente debida a la presencia de vegetación.

m₅ : Factor de corrección para incorporar efecto de sinuosidad del cauce o presencia de meandros.

Tabla N° 7: Criterio de Cowan para determinar la influencia de diversos factores sobre el coeficiente n

CONDICIONES DEL CANAL		VALORES	
MATERIAL INVOLUCRADO	Tierra	no	0.020
	Corte en Roca		0.025
	Grava Fina		0.024
	Grava Gruesa		0.028
GRADO DE IRREGULARIDAD	Suave	n1	0.000
	Menor		0.005
	Moderada		0.010
	Severo		0.020
VARIACIONES DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL	Gradual	n2	0.000
	Ocasionalmente Alternante		0.005
	Frecuentemente Alternante		0.010-0.015
EFECTO RELATIVO DE LAS OBSTRUCCIONES	Insignificante	n3	0.000
	Menor		0.010-0.015
	Apreciable		0.020-0.030
	Severo		0.040-0.060
VEGETACIÓN	Baja	n4	0.005-0.010
	Media		0.010-0.025
	Alta		0.025-0.050
	Muy Alta		0.050-0.100
GRADO DE LOS EFECTIVOS POR MEANDRO	Menor	m5	1.000
	Apreciable		1.150
	Severo		1.300

Fuente: Vent te Chow (1959)

C) Tabla de Coeficiente de Rugosidad de Manning

- La tabla de coeficientes de rugosidad de Manning presenta una lista de valores de n para canales de diferentes clases.

Tabla N° 8: Tabla de Coeficiente de Rugosidad de Manning

Tipo de cauce y descripción	Valor de <i>n</i>		
	Mínimo	Normal	Máximo
D. Cauces naturales menores (ancho superior a nivel de crecida menor que 30 m)			
D1) Cauces en planicie			
1) Limpio, recto, nivel lleno, sin fallas o pozos profundos	0.025	0.030	0.033
2) Igual que arriba pero más piedras y pastos	0.030	0.035	0.040
3) Limpio, curvado, algunos pozos y bancos	0.033	0.040	0.045
4) Igual que arriba pero algunos pastos y piedras	0.035	0.045	0.050
5) Igual que arriba, niveles más bajos, pendiente y secciones más inefectivas	0.040	0.048	0.055
6) Igual que 4, pero más piedras	0.045	0.050	0.060
7) Tramos sucios, con pastos y pozos profundos	0.050	0.070	0.080
8) Tramos con muchos pastos, pozos profundos o recorridos de la crecida con mucha madera o arbustos bajos	0.075	0.100	0.150
D2) Cauces de montaña, sin vegetación en el canal, laderas con pendientes usualmente pronunciadas, árboles y arbustos a lo largo de las laderas y sumergidos para niveles altos			
1) Fondo: grava, canto rodado y algunas rocas	0.030	0.040	0.050
2) Fondo: canto rodado y algunas rocas	0.040	0.050	0.070
E) Cauces con planicie crecida			
1) Pastos, sin arbustos			
· Pastos cortos	0.025	0.030	0.035
· Pastos altos	0.030	0.035	0.050
2) Áreas cultivadas			
· Sin cultivo	0.020	0.030	0.040
· Cultivos maduros alineados	0.025	0.035	0.045
· Campo de cultivos maduros	0.030	0.040	0.050
3) Arbustos			
· Arbustos escasos, muchos pastos	0.035	0.050	0.070
· Pequeños arbustos y árboles, en invierno	0.035	0.050	0.060
· Pequeños arbustos y árboles, en verano	0.040	0.060	0.080
· Arbustos medianos a densos, en invierno	0.045	0.070	0.110
· Arbustos medianos a densos, en verano	0.070	0.100	0.160
4) Árboles			
· Sauces densos, en verano, y rectos	0.110	0.150	0.200
· Tierra clara con ramas, sin brotes	0.030	0.040	0.050
· Igual que arriba pero con gran crecimiento de brotes	0.050	0.060	0.080
· Grupos grandes de madera, algunos árboles caídos, poco crecimiento inferior y nivel de la inundación por debajo de las ramas	0.080	0.100	0.120
· Igual que arriba, pero con el nivel de inundación alcanzando las ramas	0.100	0.120	0.160
F) Cursos de agua importantes (ancho superior a nivel de inundación mayor que 30 m). Los valores de <i>n</i> son menores que los de los cursos menores de descripción similar, ya que las bancas ofrecen menor resistencia efectiva.			
1) Sección regular sin rocas y arbustos	0.025	-	0.060
2) Sección irregular y áspera	0.035	-	0.100

Fuente: Vent te Chow (1959)

2.2.4.3.4. Cálculo de Socavacion General

A) Método de Lischvan-Levediev - Modificado por Maza Álvarez

a.- Para Suelos Cohesivos

$$H_s = ((\alpha y^{5/3}) / (0.60 \gamma d^{1.18} \beta))^{1/(x+1)}$$

Donde:

HS: Profundidad de socavación en el punto de análisis (m)

α : Coeficiente ($\alpha = Q / (Y_m^{5/3} B \mu)$) \rightarrow (μ) Coefic. de contracción

y : Tirante (m).

γd: Peso Volumétrico.

β : Coeficiente.

x : Exponente Variable.

b.- Para Suelos No Cohesivos

$$H_s = ((\alpha y^{5/3}) / (0.68 D_{50}^{0.28} \beta))^{1/(x+1)}$$

Donde:

HS: Profundidad de socavación en el punto de análisis (m)

α : Coeficiente ($\alpha = Q / (Y_m^{5/3} B \mu)$) $\rightarrow (\mu) =$
Coeficiente de Contracción.2

y : Tirante (m).

D50: Diámetro por el que pasa el 50% total de las partículas.(m)

β : Coeficiente.

x : Exponente Variable.

Tabla N° 9: Valores del Coeficiente β

Probabilidad de Retorno (%)	Periodo de Retorno (Años)	Coeficiente β
100.00	1.00	0.77
50.00	2.00	0.82
20.00	5.00	0.86
10.00	10.00	0.90
5.00	20.00	0.94
2.00	50.00	0.97
1.00	100.00	1.00
0.33	300.00	1.03
0.20	500.00	1.05
0.10	1,000.00	1.07

Fuente : Mecánica de Suelos, Juárez Badillo E. y Rico Rodríguez A. (1974)

Tabla N° 10: Selección de x en Suelos Cohesivos (Tn/m3) o Suelos No Cohesivos (mm)

Suelos Cohesivos			Suelos No Cohesivos		
Peso volumétrico 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			

Fuente : Mecánica de Suelos, Juárez Badillo E. y Rico Rodríguez A. (1974)

B) Método de Maza Y Echevarría

$$H_s = 0.365 * (Q^{0.784} / B^{0.784} * D_{50}^{0.157})$$

Donde:

HS: Profundidad de socavación en el punto de análisis (m)

Q: Caudal de diseño (m^3/s)

B: Ancho estable (m).

D50: Diámetro por el que pasa el 50% total de las partículas.(m)

2.2.4.3.5. Barraje (Fijo y Móvil)

A.- Altura del Barraje fijo

$$P = C_c - C_o$$

Pero:

$$C_c = C_o + h_o + h + 0.20$$

Donde:

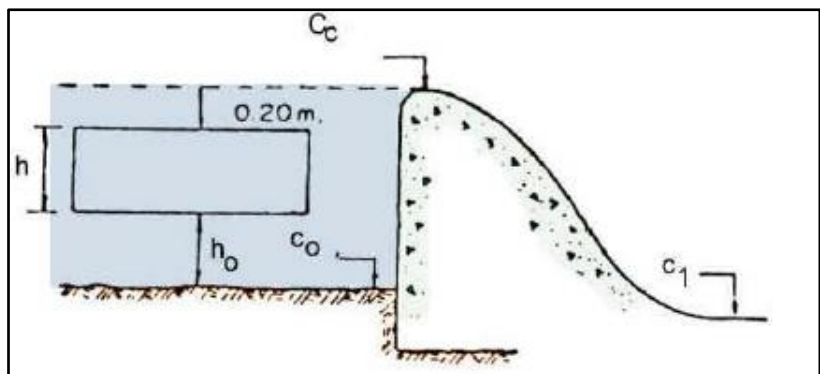
C_c : Cota de corona del barraje fijo.

C_o : Cota del lecho del río. (m.s.n.m)

h: Altura de la Ventana de Captación. (m)

h_o: Altura necesaria para evitar el ingreso de material de arrastre (se recomienda $h_o \geq 0.60$ m). (m)

Figura N° 7: Altura del Barraje Fijo



Fuente: Manzen (2006)

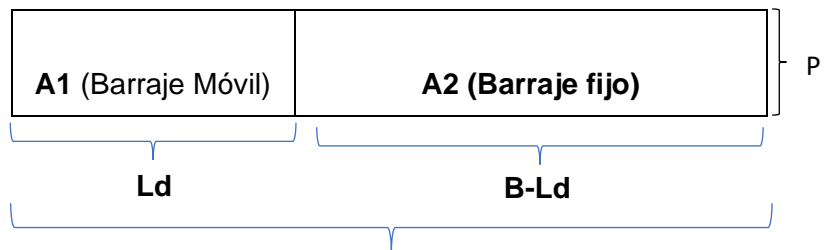
B.- Longitud del barrage móvil y barrage fijo

$$A1 = A2 / 10$$

Donde:

A1: Área del barrage fijo. (m²)

A2: Área del barrage móvil. (m²)



B= ancho del rio

Entonces:

$$A1 = Ld * P$$

$$A2 = (B-Ld)*P$$

Finalmente :

$$Ld*P = (B-Ld)*P/13$$

C.- Predimensionamiento del Pilar

$$e = Ld/4$$

Donde:

e: espesor del pilar. (m)

Ld: Ancho del barrage móvil. (m)

D.- Carga total de agua sobre la cresta del barrage

$$Q_{\text{barrage fijo}} = C * L_e * H_o^{\frac{3}{2}}$$

Donde:

C: Coeficiente de descarga. m^{1/2}/s. Ver Figura N°

Ho: Carga de agua sobre la cresta del barrage incluye la carga de velocidad. (m)

Le: Longitud efectiva de la cresta. (m)

Pero:

$$Le = L - 2 (N * Kp + Ka) * Ho$$

Donde:

Le: Longitud efectiva de la cresta.

L: Longitud bruta o total de la cresta

N: Número de pilares que atraviesan el barraje.

Kp: Coeficiente de contracción en los pilares. Ver tabla N°1

Ka: Coeficiente de contracción de estribos. Ver Figura N°

Ho: Carga total de agua sobre la cresta del barraje incluye la carga de velocidad. (m)

E.- Canal de Limpia

***Si funciona como compuerta con vertedero**

$$Q_{cl} = C_o * Le * Ho^{\frac{3}{2}}$$

Donde:

Co: Coeficiente de descarga. (m^{1/2}/s). Ver Figura N°

Ho: Carga de agua sobre la cresta del barraje incluye la carga de velocidad. (m)

Le: Longitud efectiva de la cresta. (m)

Pero:

$$Le = L - 2 (N * Kp + Ka) * Ho$$

Donde:

Le: Longitud efectiva de la cresta.

L: Longitud bruta o total de la cresta

N: Número de pilares que atraviesan el barraje.

Kp: Coeficiente de contracción en los pilares.
Ver tabla N°1

Ka: Coeficiente de contracción de estribos. Ver
Figura N°

Ho: Carga sobre la cresta del barraje. (m)

Tabla N° 11: Coeficientes de contracción de las pilas (USBR)

Forma	K _p
Para pilas de tajamar cuadrado con esquinas redondeadas con un radio aproximadamente de 0.1 del espesor de la pila	0.02
Para pilas de tajamar redondo	0.01
Para pilas de tajamar triangular	0

Fuente: Diseño de pequeñas presas (traducido),
USBR (2005)

Tabla N° 12: Coeficientes de contracción de los estribos (USBR)

Forma	K _a
Para estribos cuadrados con los muros de cabeza a 90° con la dirección de la corriente.	0.20
Para estribos redondeados con muros de cabeza a 90° con la dirección de la corriente, cuando $0.15H_e \leq r \leq 0.5H_e$	0.10
Para estribos redondeados en los que $r > 0.5H_e$ y el muro de cabeza está colocado a no más de 45° con la dirección de la corriente	0

Fuente: Diseño de pequeñas presas (traducido),
USBR (2005)

***Si funciona como compuerta con orificio**

$$Q = C_d * b * a * (2gy_1)^{\frac{1}{2}}$$

Donde:

Q: Caudal. (m³/s)

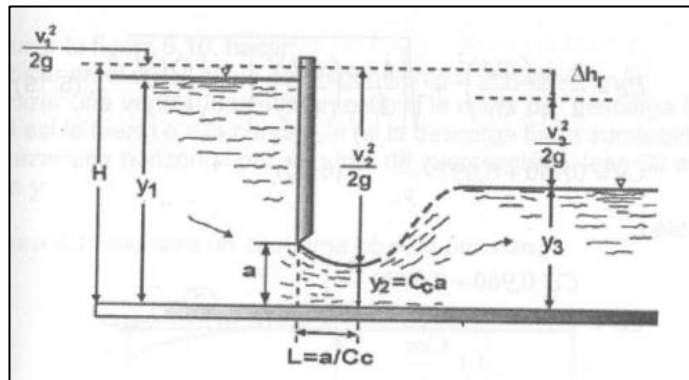
Cd: Coeficiente de descarga, entre 0.50 y 0.70
(m^{1/2}/s).

a: Abertura de la compuerta. (m)

b: Ancho de la compuerta. (m)

y1: Tirantes aguas arriba de la compuerta.(m)

Figura N° 8: Compuerta tipo orificio



Fuente: Hidráulica de canales, Villón (2007)

F.- Cálculo de la cresta del Cimacio tipo Creager

$$\frac{Y}{H_0} = -K \left(\frac{X}{H_0} \right)^n$$

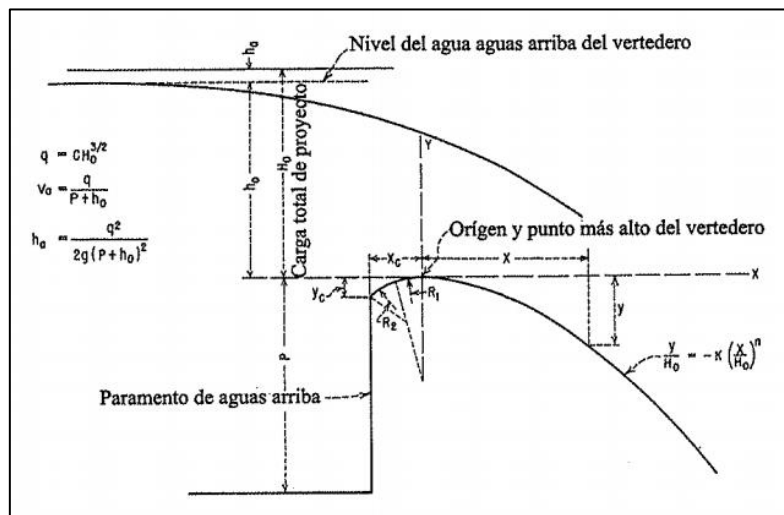
Donde:

X,Y: Coordenadas del perfil de la cresta del barraje con origen en el punto más alto de la cresta.

Ho: Carga total de agua sobre la cresta del barraje incluye la carga de velocidad. (m)

K,n: Parámetros que dependen de la inclinación de la superficie aguas arriba del barraje, cimacio o azud. Figura N°

Figura N° 9: Elementos del perfil de la cresta del barraje



Fuente : Diseño de pequeñas presas (traducido), USBR (2005)

2.2.4.3.6. Longitud y espesor de la poza disipadora

A) Longitud de la poza disipadora

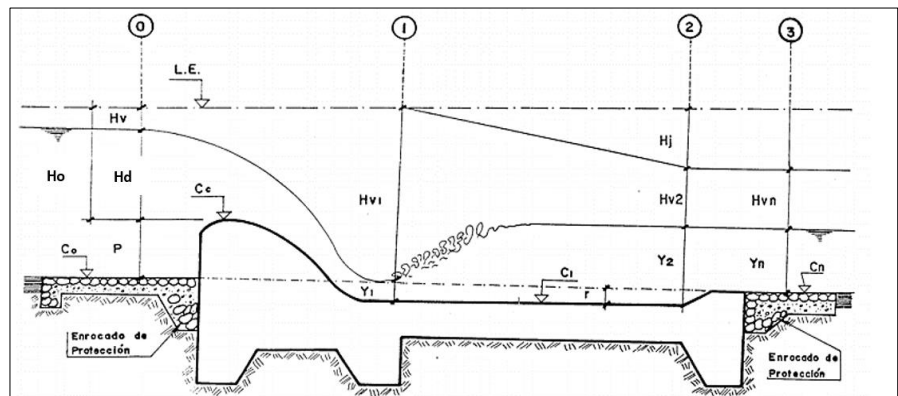
$$E_0 = E_1 + hf_{0-1} \text{ (Ecuación de Bernoulli entre 0 y 1)}$$

Donde:

$$E_0 = C_0 + P + h_d + h_v$$

$$E_1 = C_1 + y_1 + \frac{v_1^2}{2g}$$

Figura N° 10: Disipador de energía tipo tanque amortiguador



Fuente: Krochin (1982)

$$C_0 + P + H_d + H_v = C_1 + y_1 + \frac{v_1^2}{2g} + hf_{0-1}$$

Donde:

C₀ : cota del terreno.

C₁ : cota del colchón disipador.

P : altura del barraje. (m)

H_d : carga de agua sobre la cresta del barraje. (m)

H_v: Carga de velocidad. (m)

Y₁ : tirante del río al pie del talud. (m)

H_{f0-1} : pérdida por fricción entre 0 y 1. (m)

V₁ : velocidad al pie del talud. (m/s)

Cálculo del tirante conjugado

$$y_2 = -\frac{y_1}{2} + \sqrt{\frac{y_1^2}{4} + \frac{2v_1^2 y_1}{g}}$$

Cálculo del tirante normal

$$r = y_2 - y_n$$

Donde:

y_n: tirante normal. (m)

r: profundidad de la poza disipadora. (m)

Para que forme el resalto :

$$y_n + r > y_2$$

$$r = C_0 - C_1 \text{ (entre 0.5 y 1.0 m)}$$

Donde:

r: Profundidad del colchón disipador. (m)

Longitud de la poza disipadora:

$$L = 4y_2 \text{ (U.S. Bureau of Reclamation)}$$

$$L = 5(y_2 - y_1) \text{ (Baklemnetev - Martzke)}$$

$$L = 6 * y_1 * \frac{v_1}{\sqrt{g * y_1}} \text{ (Safranez)}$$

$$L = (5 \text{ a } 6) \times (y_2 - y_1) \text{ (Schoklitsch)}$$

B) Espesor de la poza disipadora

$$e = 0.60 * q^{\frac{1}{2}} * \left(\frac{H_0 + P}{g} \right)^{\frac{1}{2}}$$

Donde:

e : Espesor de poza disipadora. (m)

q: Caudal unitario. (m²/s)

H₀: Carga total de agua sobre la cresta del barraje
incluye la carga de velocidad. (m)

P: Altura del barraje. (m)

2.2.4.3.7. Ventana de captación

$$Q = C_d * L * H^{\frac{3}{2}}$$

Donde:

Q: Caudal de captación. (m³/s)

Cd: Coeficiente de descarga, ver Figura N°. (m^{1/2}/s)

H: altura de la ventana. (m)

L: Longitud de la ventana. L=3H o 4H

2.2.4.3.8. Muro de encauzamiento

$$H_{enc} = P + H_o + f$$

Donde:

Henc: Altura de encauzamiento. (m)

P: Altura del barraje. (m)

Ho: Carga total de agua sobre la cresta del barraje incluye la carga de velocidad. (m)

f : Margen libre. (m) → 0.20*(P+Ho)

2.2.4.3.9. Longitud de la escollera

$$L_e = L_o - L_d$$

$$L_o = 0.67 * C * \sqrt{D_b * q}$$

$$L_d = 0.60 * C * \sqrt{D_1}$$

Donde:

Le: Longitud de escollera. (m)

Lo: Longitud total del dental. (m)

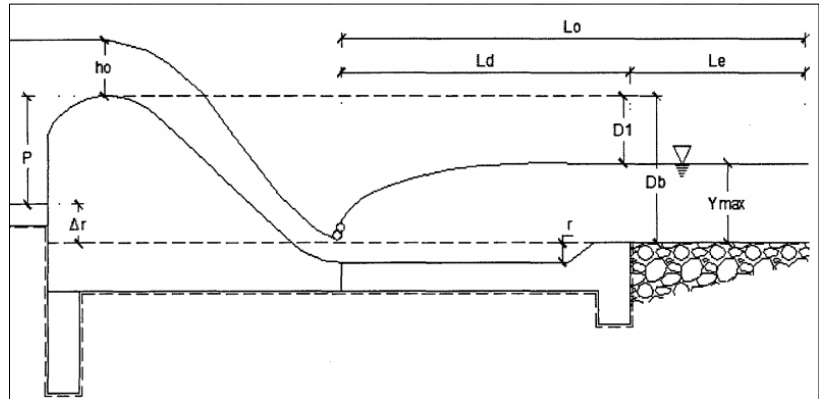
Ld: Longitud de la poza de disipadora. (m)

C: Coeficiente de Bligh. Ver tabla N°

Db: Altura comprendida entre la cota de la cresta del barraje y la cota del extremo aguas abajo del disipador de energía. (m)

D1: Altura comprendida entre la cota de la cresta del barraje y la cota del extremo aguas abajo. (m)

Figura N° 11: Longitud de la escollera



Fuente : Krochin (1982)

Tabla N° 13: Coeficiente de Bligh

<i>MATERIAL</i>	<i>VALORES DE C</i>
<i>Arenas finas y limos</i>	<i>15-18</i>
<i>Arenas comunes</i>	<i>9-12</i>
<i>Canto rodado grava y arena</i>	<i>4-9</i>
<i>Suelos arcillosos</i>	<i>6-7</i>

Fuente : Krochin (1982)

2.2.5. Diseño de Enrocado de Protección

2.2.5.1. Altura de Dique

$$H=BL+y$$

Donde:

H: Altura de dique (m).

BL: Borde Libre (m).

y: Tirante (m).

Pero:

$$BL=e*\phi$$

Donde:

e: Carga de velocidad (m).

ϕ : Coeficiente recomendado para calcular el borde libre del muro de encauzamiento.

Tabla N° 14: Coeficiente recomendado para calcular el borde libre del muro de encauzamiento.

Qdiseño (m³/s)	ϕ
3000.00 - 4000.00	2.00
2000.00 - 3000.00	1.70
1000.00 - 2000.00	1.40
500.00 - 1000.00	1.20
100.00 - 500.00	1.10

Fuente: Diseño y Construcción de Defensas Ribereñas, Rubén Terán, (1998)

2.2.5.2. Ancho de Corona

- Por procesos constructivos se tomó un ancho de corona de 4.00 m.

2.2.5.3. Talud

- Se diseñó el talud con las siguientes características:

Cara húmeda: 1V:2H

Cara seca: 1V:1.5H

2.2.5.4. Profundidad de uña

$$\text{Puña} = F_s * \text{Profundidad de Socavación}$$

Donde:

F_s: Factor de Seguridad.

2.2.5.5. Cálculo del Diámetro del Enrocado de Protección

A) Fórmula de Maynard

$$d = t * C_1 * F^3$$

d: Diámetro del enrocado (m).

t: Tirante (m).

C₁: Coeficiente de corrección

F: Numero de Froude $\rightarrow F = C_2 \left(\frac{V}{\sqrt{g * y}} \right)$

C₂: Coeficiente de corrección.

Tabla N° 15: Coeficientes de Corrección

Coeficientes		Condición
C ₁	0.28	Fondo plano
	0.28	Talud 1V : 3H
	0.32	Talud 1V : 2H
C ₂	1.50	Tramos en curva
	1.25	Tramos rectos
	2.00	Extremo de espigones

Fuente: Manual de Hidrología , hidráulica y drenaje, MTC (2014)

B) Fórmula de Lopardo -Estellé

$$\frac{V}{\sqrt{g * \Delta * d}} = 1.3 * \left(\frac{H}{d} \right)^{\frac{1}{6}} * \left(1 - \left(\frac{\sin \theta}{\sin \phi} \right)^2 \right)^{\frac{1}{4}}$$

Donde:

Δ : Densidad Relativa del material.

ρ_s : Densidad de la roca. (Kg/m³)

ρ : Densidad del agua. (Kg/m³)

u : Velocidad media del flujo. (m/s).

H : Tirante. (m)

g : Aceleración Gravedad: 9.81 m/s²

ϕ : Angulo de reposo del material

θ : Ángulo del talud respecto a la horizontal

d : Diámetro de la roca. (m)

C) Fórmula de California División of Highways

$$\frac{u}{\sqrt{g * \Delta * D}} = 1.92 * [\sin(\phi - \theta)]^{\frac{1}{2}}$$

Donde:

u : Velocidad media el flujo. (m/s)

Δ : Densidad Relativa del material.

d : Diámetro. (m)

ρ_s : Densidad de la roca. (Kg/m³)

ρ : Densidad del agua. (Kg/m³)

g : Aceleración Gravedad: 9.81 m/s²

θ : Ángulo de talud.

ϕ : Ángulo de Fricción Interna del material.

2.2.5.6. Diseño del Filtro

- La protección del talud donde el enrocado descansará, es fundamental para la estabilidad del revestimiento, ya que protege al suelo de la erosión debido a la corriente de agua, ataque de olas y de flujos subterráneos; evitando así el movimiento de las partículas finas que conforma el suelo protegido. (TERÁN, 1998)

A) Determinación del Tamaño de Filtro de Grava

- El filtro a usarse debe estar constituido por gravilla, cuyo criterio granulométrico para obtener el espesor correspondiente será:

$$e=(20 \text{ a } 25) *D50 \text{ Filtro}$$

- El D50 de la gravilla (obtenido en laboratorio) generalmente se encuentra entre 1 cm a 1.5 cm; por lo cual asumimos $D50_{\text{filtro}} = 1.5 \text{ cm}$.
- En la selección del espesor del filtro se debe tener en cuenta, lo siguiente:

Si **efiltro** > 30cm , (El filtro usado se desliza o Chorrea)

Si **efiltro** < 30cm , (El filtro usado, es ESTABLE)

2.2.6. Softwares

2.2.6.1. AutoCAD Civil 3d

Es un software dirigido al diseño y generación de documentación para una gran variedad de proyectos de ingeniería civil que soporta los flujos de trabajo BIM (Building Information Modeling): carreteras y vías de alta capacidad (autovías/autopistas) con todo tipo de complejidad, ferrocarriles, aeropuertos, etc. (AUTODESK, 2018)

2.2.6.2. Hidroesta 2

Es un software importante para cálculos de hidrología de obras hidráulicas, facilitando y simplificando los cálculos laboriosos.

Permite:

- El cálculo de los parámetros estadísticos, para datos agrupados y no agrupados. (VILLÓN, 2017)
- El cálculo de caudales máximos, con métodos empíricos (racional y Mac Math) y estadísticos (Gumbel y Nash). (VILLÓN, 2017)
- Evaluar si una serie de datos se ajustan a una serie de distribuciones: normal, log-normal de 2 y 3 parámetros,

gamma de 2 y 3 parámetros, log-Pearson tipo III, Gumbel y log-Gumbel, tanto con momentos ordinarios, como con momentos lineales. (VILLÓN, 2017).

2.2.6.3. Arcgis 10.5

- Permite :
 - Generar datos de elevación usando el asistente de DEM. (ESRI. 2016)
 - Crear y analizar superficies y otros datos en 3D. (ESRI. 2016)
 - Importar datos de entidades 3D de diversas fuentes. (ESRI. 2016)
 - Utilizar un TIN como fuentes de elevación. (ESRI. 2016)
 - Administrar, mantener y editar datos LIDAR. (ESRI. 2016)

2.2.6.4. Iber 2.5.1

Es un programa que sirve para modelar aguas someras en flujo bidimensional resolviendo las ecuaciones completas de Saint Venant en 2 dimensiones.

Iber es un modelo numérico bidimensional de simulación de flujo turbulento en lámina libre en régimen no permanente para ríos y estuarios. (Flumen, 2013)

Donde:

$$\frac{dh}{dt} + \frac{dq_x}{dx} + \frac{dq_y}{dy} = 0$$

$$\frac{dq_x}{dt} + \frac{d}{dx} \left(\frac{q_x}{h} + g \frac{h^2}{2} \right) + \frac{d}{dy} \left(\frac{q_x q_y}{h} \right) = -gh \frac{dz_b}{dx} - \frac{\tau_{hx}}{\rho} - \frac{d}{dx} (h u_x' u_x') - \frac{d}{dy} (h u_y' u_y')$$

$$\frac{dq_y}{dt} + \frac{d}{dx} \left(\frac{q_x q_y}{h} \right) + \frac{d}{dy} \left(\frac{q_y^2}{h} + g \frac{h^2}{2} \right) = -gh \frac{dz_b}{dy} - \frac{\tau_{hy}}{\rho} - \frac{d}{dx} (h u_x' u_y') - \frac{d}{dy} (h u_y' u_y')$$

Donde:

h: Profundidad de la lámina de agua.

qx: Caudal específico en dirección X.

qy: Caudal específico en dirección Y.

z_b: Cota del fondo g: gravedad.

ρ : Densidad del agua.

$\tau_{b,x}$: Componente en x de la tensión tangencial que ejerce el fondo.

2.3. Marco Conceptual

Bocatoma.- Estructuras hidráulicas construidas sobre un río o canal con el objeto de captar, es decir, extraer una parte o la totalidad del caudal de la corriente principal. (ROCHA, 2003)

Vertedero.- Se llama vertedero, a un dispositivo hidráulico que consiste en una escotadura, a través de la cual se hace circular el caudal que se desea determinar. (Villón, 2007)

Hidráulica Fluvial: Estudia el comportamiento hidráulico de los ríos en lo que se refiere a los caudales, niveles medios y extremos, las velocidades de flujo, las variaciones del fondo por socavación y sedimentación, la capacidad de transporte de sedimentos y los ataques contra las márgenes. (ROCHA, 1998)

Hidrología.- Es la ciencia natural que estudia el agua, su ocurrencia, circulación y distribución en la superficie terrestre, sus propiedades químicas y físicas, y su relación con el medio ambiente(VILLÓN,2002)

Tirante de agua.- Es la profundidad máxima del agua en el canal. (Villón, 2007)

Cauce: Continente de las aguas durante sus máximas crecientes, constituye un bien de dominio público hidráulico. (Autoridad Nacional del Agua (ANA), 2014)

Período de Retorno: Se denomina a el período promedio, en donde el valor del caudal pico de una avenida determinada es asemejado o sobrepasado una vez cada "T" años. (GUEVARA, 2016)

Enrocado: La forma más simple de proteger una pila o estribo es por medio de enrocado. El enrocado a usarse es de tamaño mayor que el que se requiere para proteger cauces con flujo sin obstrucciones (GUEVARA, 2016).

2.4. Hipótesis

2.4.1. General

El diseño de las estructuras complementarias de la bocatoma Chicamita y Chiclin permitirán estabilizar el cauce del río Chicama-sector Chicama.

2.5. Variables

2.5.1. Variable Independiente

Diseño de las estructuras complementarias de la bocatoma Chicamita y Chiclin.

2.5.2. Variable Dependiente

Estabilidad del cauce del río Chicama.

2.6. Operacionalización de Variables

	Variables	Dimensión	Indicadores	Unidad de Medida	Instrumento de Investigación
Variable Dependiente	Estabilidad del cauce del río Chicama	Parámetros	Velocidad	m/s	Software Iber 2.5.1
			Tirante	m	Software Iber 2.5.1
Variable Independiente	Diseño de las estructuras complementarias de la bocatoma Chicamita y Chiclin	Data de caudales	Caudal de diseño	m ³ /s	Hidroesta 2

III. METODOLOGIA EMPLEADA

3.1. Tipo y Nivel de Investigación

3.1.1. Tipo de Investigación

- Aplicada.

3.1.2. Nivel de Investigación

- Descriptiva.

3.2. Población y Muestra de Estudio

3.2.1. Población

- Río Chicama.

3.2.2. Muestra

- Tramo del río Chicama - sector Chicama

3.3. Diseño de Investigación

- No experimental; porque se hará la recolección de datos directamente del tramo de estudio (sector Chicama) para luego someter a un objeto o grupo de individuos a determinadas condiciones o estímulos (variable independiente), para observar los efectos que se producen (variable dependiente).

3.4. Técnicas e instrumentos de Recolección de Datos

3.4.1. Identificación del lugar y Entrevistas

- Reconocer el tramo de estudio e identificar los sectores críticos.
- Entrevistar a los pobladores de los sectores cercanos al río Chicama (Sector Chicama).

3.4.2. Modelo Digital de Elevación (DEM)

- Se realizó el levantamiento topográfico con Estación total Topcon ES-105 y Drone DJI PHANTOM 4 PRO, el cual consta de 2.58 km a lo largo del cauce el río Chicama (1.28km aguas arriba y 1.3km aguas abajo de la bocatoma Chicamita) y 430 m adicionales a cada margen del eje principal del cauce.

3.4.3. Estudio Hidrológico

- Se obtuvo los caudales máximos anuales del río Chicama. Para este estudio hidrológico, se tomó los reportes históricos desde 1971 al 2018 registrados por la Estación Salinar y Tambo. Estos datos fueron obtenidos de la Gerencia Regional de Agricultura de la región La Libertad.

Tabla N° 16: Registro de Caudales máximos anuales

AÑO	CAUDAL MAXIMO (m³/s)
1971	427.09
1972	556.72
1973	466.69
1974	192.40
1975	406.90
1976	256.02
1977	382.00
1978	49.44
1979	181.52
1980	58.20
1981	326.50
1982	84.62
1983	900.00
1984	510.00
1985	71.00
1986	163.70
1987	153.78
1988	77.86
1989	178.21
1990	35.00
1991	79.51
1992	123.70
1993	297.94
1994	167.57
1995	77.27
1996	158.82
1997	112.42
1998	1500.00
1999	313.15
2000	309.98
2001	328.94
2002	157.76
2003	44.45
2004	43.76
2005	63.81
2006	168.10
2007	120.94
2008	196.50
2009	186.21
2010	82.94
2011	114.42
2012	185.12

2013	226.38
2014	85.66
2015	298.22
2016	112.50
2017	647.95
2018	86.29

Fuente: Gerencia Regional de Agricultura de la región La Libertad.

3.5. Procesamiento y Análisis de datos

3.5.1. Modelo Digital de Elevación

3.5.1.1. Software Agisoft Photoscan

- Alinear imágenes.
- Crear nube de puntos.
- Clasificar la nube de puntos (filtrado de terreno).

3.5.1.2. ArcGIS 10.5

- Generar el modelo digital de terreno.

3.5.1.3. AutoCAD Civil 3D 2019

- Crear el alineamiento, perfil longitudinal y secciones transversales del eje del río.

3.5.2. Estudio de Hidrología

- Con los datos proporcionados por Gerencia Regional de Agricultura de la región La Libertad se realizó los siguientes pasos:
 - Se ordenó los registros de caudales máximos anuales del río Chicama de menor a mayor.
 - Se aplicó la prueba de bondad de ajuste Smirnov Kolmogorov para ver que distribución probabilística se ajusta mejor.
 - Se aplicó la distribución probabilística para hallar el caudal de diseño para un periodo de retorno de 100 años.
 - Se calculó el caudal promedio del rio Moche mediante el software Matlab.

3.5.3. Modelamiento Hidráulico

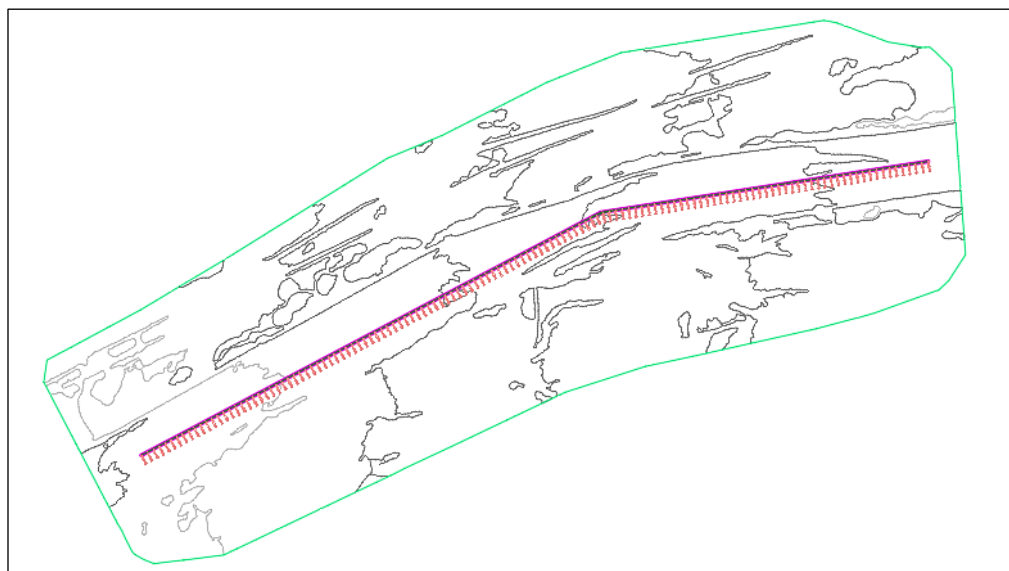
- Se importó en formato "DXF" en el programa Iber los contornos creados en el software AutoCAD Civil 3d, debidamente georeferenciados.
- Se colapsó el modelo.
- Importar la ortofoto del área de estudio.
- Se dibujó la geometría del modelo con las herramientas del software Iber, separando en diferentes capas las estructuras, elementos verticales, cauce del río, planicies con vegetación y área de la ciudad.
- Se creó superficies por cada capa de la geometría.
- Se asignó datos del problema: tiempo de simulación, intervalo de paso y resultados a obtener del modelo.
- Se asignó condiciones de contorno, ingreso y salida del agua.
- Se asignó rugosidades a cada superficie creada de la geometría.
- Se asignó condiciones iniciales.
- Se creó de la malla del modelo, para ello debemos bloquear los elementos verticales para que el programa reconozca que no debe pasar el agua por ellos.
- Se editó la malla creada con el archivo original de la topografía.
- Se inició el proceso de cálculo.
- Modificar el modo de visualización para una mejor apreciación del movimiento del flujo.
- Seleccionar el resultado a visualizar.
- Generar las gráficas de los resultados de características hidráulicas y comportamiento del flujo determinados en los cortes transversales.

IV. RESULTADOS

4.1. Modelo Digital de Elevación

- El levantamiento topográfico abarcó 2.58 km para el río Moche (1.3km aguas arriba y 700 m aguas abajo de la confluencia entre el río Moche y la quebrada Avendaño) además 240 m adicionales a cada margen del eje principal del cauce.

Figura N° 12: Topografía de la zona de estudio



Fuente: Elaboración Propia

4.2. Estudio de Hidrología

Figura N° 13: Caudales de máximos anuales

AÑO	CAUDAL MAXIMO (m ³ /s)
1971	427.09
1972	556.72
1973	466.69
1974	192.40
1975	406.90
1976	256.02
1977	382.00
1978	49.44
1979	181.52
1980	58.20
1981	326.50
1982	84.62
1983	900.00
1984	510.00
1985	71.00

1986	163.70
1987	153.78
1988	77.86
1989	178.21
1990	35.00
1991	79.51
1992	123.70
1993	297.94
1994	167.57
1995	77.27
1996	158.82
1997	112.42
1998	1500.00
1999	313.15
2000	309.98
2001	328.94
2002	157.76
2003	44.45
2004	43.76
2005	63.81
2006	168.10
2007	120.94
2008	196.50
2009	186.21
2010	82.94
2011	114.42
2012	185.12
2013	226.38
2014	85.66
2015	298.22
2016	112.50
2017	647.95
2018	86.29

Fuente: Elaboración Propia

4.2.1. Prueba de Bondad de Ajuste Smirnov Kolmogorov para una distribución Normal

Tabla N° 17: Estimación de los parámetros

N°=m	Q=X(m³/s)	P (X) =m/n+1	Z = (X - \bar{X})/S	F(Z)	Δ (P(X)-F(Z))
1	35	0.0204	-0.8208	0.2059	0.1855
2	43.76	0.0408	-0.7866	0.2158	0.1750
3	44.448	0.0612	-0.7839	0.2166	0.1553
4	49.44	0.0816	-0.7644	0.2223	0.1407
5	58.2	0.1020	-0.7302	0.2326	0.1306
6	63.808	0.1224	-0.7083	0.2394	0.1169
7	71	0.1429	-0.6802	0.2482	0.1053
8	77.272	0.1633	-0.6557	0.2560	0.0928
9	77.856	0.1837	-0.6534	0.2568	0.0731
10	79.51	0.2041	-0.6469	0.2588	0.0548
11	82.944	0.2245	-0.6335	0.2632	0.0387
12	84.62	0.2449	-0.6270	0.2653	0.0204
13	85.664	0.2653	-0.6229	0.2667	0.0014
14	86.288	0.2857	-0.6205	0.2675	0.0182
15	112.416	0.3061	-0.5184	0.3021	0.0040
16	112.496	0.3265	-0.5181	0.3022	0.0243
17	114.416	0.3469	-0.5106	0.3048	0.0421
18	120.944	0.3673	-0.4851	0.3138	0.0536
19	123.704	0.3878	-0.4743	0.3176	0.0701
20	153.776	0.4082	-0.3569	0.3606	0.0476
21	157.76	0.4286	-0.3413	0.3664	0.0622
22	158.816	0.4490	-0.3372	0.3680	0.0810
23	163.7	0.4694	-0.3181	0.3752	0.0942
24	167.572	0.4898	-0.3030	0.3809	0.1089
25	168.096	0.5102	-0.3010	0.3817	0.1285
26	178.208	0.5306	-0.2615	0.3969	0.1338
27	181.52	0.5510	-0.2486	0.4019	0.1492
28	185.12	0.5714	-0.2345	0.4073	0.1641
29	186.208	0.5918	-0.2302	0.4089	0.1829
30	192.4	0.6122	-0.2061	0.4184	0.1939
31	196.496	0.6327	-0.1901	0.4246	0.2080
32	226.384	0.6531	-0.0733	0.4708	0.1823
33	256.016	0.6735	0.0424	0.5169	0.1566
34	297.936	0.6939	0.2061	0.5816	0.1122
35	298.224	0.7143	0.2072	0.5821	0.1322
36	309.984	0.7347	0.2531	0.5999	0.1348
37	313.152	0.7551	0.2655	0.6047	0.1504
38	326.5	0.7755	0.3176	0.6246	0.1509
39	328.944	0.7959	0.3272	0.6282	0.1677
40	382	0.8163	0.5344	0.7035	0.1129
41	406.9	0.8367	0.6316	0.7362	0.1006
42	427.088	0.8571	0.7105	0.7613	0.0959
43	466.688	0.8776	0.8651	0.8065	0.0710
44	510	0.8980	1.0343	0.8495	0.0485
45	556.72	0.9184	1.2167	0.8881	0.0302
46	647.952	0.9388	1.5730	0.9421	0.0034
47	900	0.9592	2.5573	0.9947	0.0355
48	1500	0.9796	4.9005	1.0000	0.0204
PARÁMETRO ESTADÍSTICOS					
DATOS (n)		MEDIA (\bar{X})		DESV. ESTÁNDAR (S)	
48		245.17		256.06	

Fuente: Elaboración Propia

El máximo valor del delta teórico obtenido es :

Δ teórico	0.2080
------------------	---------------

Tabla N° 18: Tabla para halla el delta tabular

TAMAÑO DE MUESTRA n	NIVEL DE SIGNIFICANCIA α				
	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01
1	0.9	0.1	0.975	0.99	0.995
2	0.684	0.776	0.842	0.9	0.929
3	0.565	0.636	0.708	0.689	0.829
4	0.493	0.565	0.624	0.689	0.829
5	0.477	0.509	0.563	0.627	0.669
6	0.41	0.468	0.519	0.577	0.617
7	0.381	0.436	0.483	0.538	0.576
8	0.359	0.41	0.454	0.507	0.542
9	0.339	0.387	0.43	0.48	0.513
10	0.323	0.369	0.409	0.457	0.486
11	0.308	0.352	0.391	0.437	0.468
12	0.295	0.338	0.375	0.419	0.449
13	0.285	0.325	0.361	0.404	0.432
14	0.275	0.314	0.349	0.39	0.418
15	0.266	0.304	0.338	0.377	0.404
20	0.232	0.265	0.294	0.329	0.352
25	0.208	0.238	0.264	0.295	0.317
30	0.19	0.218	0.242	0.27	0.29
40	0.165	0.189	0.21	0.235	0.252
n grande	$1.07/n^{1/2}$	$1.22/n^{1/2}$	$1.36/n^{1/2}$	$1.52/n^{1/2}$	$1.63/n^{1/2}$

Fuente: Fundamentos de la hidrología de superficie, Aparicio (1992)

El delta tabular hallado es:

Δ tabular	0.1963
------------------	---------------

Entonces:

Δ teórico	0.2080	No cumple
Δ tabular	0.1963	

4.2.2. Prueba de Bondad de Ajuste Smirnov Kolmogorov para una distribución Log Normal 2 Parámetros

Tabla N° 19: Estimación de los parámetros

N°=m	Q=X(m ² /s)	LnX	P (X) =m/n+1	Z = (LnX- \bar{X} LnX)/ σ_y	F(Z)	$\Delta =(P(X)-F(Z))$
1	35.00	3.5553	0.0204	-1.8993	0.0288	0.0084
2	43.76	3.7787	0.0408	-1.6318	0.0514	0.0105
3	44.45	3.7943	0.0612	-1.6131	0.0534	0.0079
4	49.44	3.9008	0.0816	-1.4856	0.0687	0.0129
5	58.20	4.0639	0.1020	-1.2902	0.0985	0.0035
6	63.81	4.1559	0.1224	-1.1800	0.1190	0.0034
7	71.00	4.2627	0.1429	-1.0520	0.1464	0.0035
8	77.27	4.3473	0.1633	-0.9506	0.1709	0.0076
9	77.86	4.3549	0.1837	-0.9416	0.1732	0.0105
10	79.51	4.3759	0.2041	-0.9164	0.1797	0.0244
11	82.94	4.4182	0.2245	-0.8658	0.1933	0.0312
12	84.62	4.4382	0.2449	-0.8418	0.1999	0.0450
13	85.66	4.4504	0.2653	-0.8271	0.2041	0.0612
14	86.29	4.4577	0.2857	-0.8184	0.2066	0.0792
15	112.42	4.7222	0.3061	-0.5016	0.3080	0.0019
16	112.50	4.7229	0.3265	-0.5007	0.3083	0.0183
17	114.42	4.7398	0.3469	-0.4805	0.3154	0.0315
18	120.94	4.7953	0.3673	-0.4140	0.3394	0.0279
19	123.70	4.8179	0.3878	-0.3870	0.3494	0.0384
20	153.78	5.0355	0.4082	-0.1263	0.4497	0.0416
21	157.76	5.0611	0.4286	-0.0957	0.4619	0.0333
22	158.82	5.0677	0.4490	-0.0877	0.4651	0.0161
23	163.70	5.0980	0.4694	-0.0514	0.4795	0.0101
24	167.57	5.1214	0.4898	-0.0234	0.4907	0.0009
25	168.10	5.1245	0.5102	-0.0197	0.4922	0.0180
26	178.21	5.1830	0.5306	0.0503	0.5201	0.0105
27	181.52	5.2014	0.5510	0.0724	0.5288	0.0222
28	185.12	5.2210	0.5714	0.0959	0.5382	0.0332
29	186.21	5.2269	0.5918	0.1029	0.5410	0.0508
30	192.40	5.2596	0.6122	0.1421	0.5565	0.0557
31	196.50	5.2806	0.6327	0.1673	0.5664	0.0662
32	226.38	5.4222	0.6531	0.3369	0.6319	0.0211
33	256.02	5.5452	0.6735	0.4843	0.6859	0.0124
34	297.94	5.6969	0.6939	0.6659	0.7473	0.0534
35	298.22	5.6978	0.7143	0.6671	0.7476	0.0334
36	309.98	5.7365	0.7347	0.7134	0.7622	0.0275
37	313.15	5.7467	0.7551	0.7256	0.7660	0.0109
38	326.50	5.7884	0.7755	0.7756	0.7810	0.0055
39	328.94	5.7959	0.7959	0.7845	0.7836	0.0123
40	382.00	5.9454	0.8163	0.9637	0.8324	0.0161
41	406.90	6.0086	0.8367	1.0393	0.8507	0.0139
42	427.09	6.0570	0.8571	1.0973	0.8637	0.0066
43	466.69	6.1457	0.8776	1.2035	0.8856	0.0081
44	510.00	6.2344	0.8980	1.3098	0.9049	0.0069
45	556.72	6.3221	0.9184	1.4148	0.9214	0.0031
46	647.95	6.4738	0.9388	1.5966	0.9448	0.0060
47	900.00	6.8024	0.9592	1.9902	0.9767	0.0175
48	1500.00	7.3132	0.9796	2.6021	0.9954	0.0158
PARÁMETROS ESTADÍSTICOS						
Datos (n)	MEDIA (\bar{X})	MEDIA LON (\bar{X} LnX)	Desv. E(S)	Desv. E(σ_y)	Coef. Variación (Cv= \bar{X}/S)	
48	245.17	5.14	256.06	0.83	1.04	

Fuente: Elaboración Propia

El máximo valor del delta teórico obtenido es :

Δ teórico	0.0792
------------------------------------	---------------

Tabla N° 20: Tabla para halla el delta tabular

TAMAÑO DE MUESTRA n	NIVEL DE SIGNIFICANCIA α				
	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01
1	0.9	0.1	0.975	0.99	0.995
2	0.684	0.776	0.842	0.9	0.929
3	0.565	0.636	0.708	0.689	0.829
4	0.493	0.565	0.624	0.689	0.829
5	0.477	0.509	0.563	0.627	0.669
6	0.41	0.468	0.519	0.577	0.617
7	0.381	0.436	0.483	0.538	0.576
8	0.359	0.41	0.454	0.507	0.542
9	0.339	0.387	0.43	0.48	0.513
10	0.323	0.369	0.409	0.457	0.486
11	0.308	0.352	0.391	0.437	0.468
12	0.295	0.338	0.375	0.419	0.449
13	0.285	0.325	0.361	0.404	0.432
14	0.275	0.314	0.349	0.39	0.418
15	0.266	0.304	0.338	0.377	0.404
20	0.232	0.265	0.294	0.329	0.352
25	0.208	0.238	0.264	0.295	0.317
30	0.19	0.218	0.242	0.27	0.29
40	0.165	0.189	0.21	0.235	0.252
n grande	$1.07/n^{1/2}$	$1.22/n^{1/2}$	$1.36/n^{1/2}$	$1.52/n^{1/2}$	$1.63/n^{1/2}$

Fuente: Fundamentos de la hidrología de superficie, Aparicio (1992)

El delta tabular hallado es:

Δ tabular	0.1963
------------------------------------	---------------

Entonces:

Δ teórico	0.0792	Cumple
Δ tabular	0.1963	

4.2.3. Prueba de Bondad de Ajuste Smirnov Kolmogorov para una distribución Log Normal 3 Parámetros

Tabla N° 21: Estimación de los parámetros

N°=m	Q=X(m³/s)	P (X) =m/n+1	(X-X0)	Ln (X-X0)	[Ln (X-X0)- μy]²	Z	F(Z)	Δ =(P(X)- F(Z))
1	35.00	0.0204	14.71	2.689	5.115	-2.3054	0.0106	0.0098
2	43.76	0.0408	23.47	3.156	3.220	-1.8292	0.0337	0.0071
3	44.45	0.0612	24.16	3.185	3.118	-1.7998	0.0359	0.0253
4	49.44	0.0816	29.15	3.373	2.490	-1.6083	0.0539	0.0278
5	58.20	0.1020	37.91	3.635	1.730	-1.3405	0.0900	0.0120
6	63.81	0.1224	43.52	3.773	1.386	-1.1999	0.1151	0.0074
7	71.00	0.1429	50.71	3.926	1.049	-1.0440	0.1482	0.0054
8	77.27	0.1633	56.98	4.043	0.824	-0.9252	0.1774	0.0142
9	77.86	0.1837	57.57	4.053	0.805	-0.9148	0.1802	0.0035
10	79.51	0.2041	59.22	4.081	0.755	-0.8859	0.1878	0.0162
11	82.94	0.2245	62.66	4.138	0.661	-0.8284	0.2037	0.0208
12	84.62	0.2449	64.33	4.164	0.618	-0.8015	0.2114	0.0335
13	85.66	0.2653	65.38	4.180	0.593	-0.7851	0.2162	0.0491
14	86.29	0.2857	66.00	4.190	0.579	-0.7754	0.2190	0.0667
15	112.42	0.3061	92.13	4.523	0.183	-0.4355	0.3316	0.0255
16	112.50	0.3265	92.21	4.524	0.182	-0.4346	0.3319	0.0054
17	114.42	0.3469	94.13	4.545	0.165	-0.4136	0.3396	0.0073
18	120.94	0.3673	100.66	4.612	0.115	-0.3452	0.3650	0.0024
19	123.70	0.3878	103.42	4.639	0.097	-0.3176	0.3754	0.0124
20	153.78	0.4082	133.49	4.894	0.003	-0.0575	0.4771	0.0689
21	157.76	0.4286	137.47	4.923	0.001	-0.0275	0.4890	0.0605
22	158.82	0.4490	138.53	4.931	0.000	-0.0197	0.4921	0.0432
23	163.70	0.4694	143.41	4.966	0.000	0.0156	0.5062	0.0368
24	167.57	0.4898	147.28	4.992	0.002	0.0428	0.5171	0.0273
25	168.10	0.5102	147.81	4.996	0.002	0.0464	0.5185	0.0083
26	178.21	0.5306	157.92	5.062	0.012	0.1139	0.5453	0.0147
27	181.52	0.5510	161.23	5.083	0.018	0.1350	0.5537	0.0027
28	185.12	0.5714	164.83	5.105	0.024	0.1575	0.5626	0.0088
29	186.21	0.5918	165.92	5.112	0.026	0.1642	0.5652	0.0266
30	192.40	0.6122	172.11	5.148	0.039	0.2016	0.5799	0.0324
31	196.50	0.6327	176.21	5.172	0.049	0.2256	0.5892	0.0434
32	226.38	0.6531	206.10	5.328	0.143	0.3853	0.6500	0.0031
33	256.02	0.6735	235.73	5.463	0.262	0.5222	0.6992	0.0258
34	297.94	0.6939	277.65	5.626	0.457	0.6890	0.7546	0.0607
35	298.22	0.7143	277.94	5.627	0.458	0.6901	0.7549	0.0406
36	309.98	0.7347	289.70	5.669	0.516	0.7323	0.7680	0.0333
37	313.15	0.7551	292.86	5.680	0.532	0.7434	0.7714	0.0163
38	326.50	0.7755	306.21	5.724	0.599	0.7888	0.7849	0.0094
39	328.94	0.7959	308.66	5.732	0.611	0.7969	0.7873	0.0087
40	382.00	0.8163	361.71	5.891	0.884	0.9586	0.8311	0.0148
41	406.90	0.8367	386.61	5.957	1.014	1.0265	0.8477	0.0109
42	427.09	0.8571	406.80	6.008	1.119	1.0784	0.8596	0.0024
43	466.69	0.8776	446.40	6.101	1.324	1.1731	0.8796	0.0021
44	510.00	0.8980	489.71	6.194	1.546	1.2675	0.8975	0.0005
45	556.72	0.9184	536.43	6.285	1.781	1.3603	0.9131	0.0052
46	647.95	0.9388	627.66	6.442	2.225	1.5204	0.9358	0.0030
47	900.00	0.9592	879.71	6.780	3.346	1.8646	0.9689	0.0097
48	1500.00	0.9796	1479.71	7.300	5.519	2.3946	0.9917	0.0121
					46.197			
PARÁMETROS ESTADÍSTICOS								
Datos (n)	Media ($\bar{X}Ln(x-x_0)$)	Desv. Estándar	Mediana	X0				
48	4.9504	0.981	167.83	20.29				

Fuente: Elaboración Propia

El máximo valor del delta teórico obtenido es :

Δ teórico	0.0689
------------------------------------	---------------

Tabla N° 22: Tabla para halla el delta tabular

TAMAÑO DE MUESTRA n	NIVEL DE SIGNIFICANCIA α				
	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01
1	0.9	0.1	0.975	0.99	0.995
2	0.684	0.776	0.842	0.9	0.929
3	0.565	0.636	0.708	0.689	0.829
4	0.493	0.565	0.624	0.689	0.829
5	0.477	0.509	0.563	0.627	0.669
6	0.41	0.468	0.519	0.577	0.617
7	0.381	0.436	0.483	0.538	0.576
8	0.359	0.41	0.454	0.507	0.542
9	0.339	0.387	0.43	0.48	0.513
10	0.323	0.369	0.409	0.457	0.486
11	0.308	0.352	0.391	0.437	0.468
12	0.295	0.338	0.375	0.419	0.449
13	0.285	0.325	0.361	0.404	0.432
14	0.275	0.314	0.349	0.39	0.418
15	0.266	0.304	0.338	0.377	0.404
20	0.232	0.265	0.294	0.329	0.352
25	0.208	0.238	0.264	0.295	0.317
30	0.19	0.218	0.242	0.27	0.29
40	0.165	0.189	0.21	0.235	0.252
n grande	$1.07/n^{1/2}$	$1.22/n^{1/2}$	$1.36/n^{1/2}$	$1.52/n^{1/2}$	$1.63/n^{1/2}$

Fuente: Fundamentos de la hidrología de superficie, Aparicio (1992)

El delta tabular hallado es:

Δ tabular	0.1963
------------------------------------	---------------

Entonces:

Δ teórico	0.0689	Cumple
Δ tabular	0.1963	

4.2.4. Prueba de Bondad de Ajuste Smirnov Kolmogorov para una distribución Gamma 2 Parámetros

Tabla N° 23: Estimación de los parámetros

N°=m	Q=X(m³/s)	Ln X	P (X) =m/n+1	y	X²	G(y)	Δ =(P(X)-G(y))
1	35.00	3.5553	0.0204	0.219	0.437	0.0630	0.04258
2	43.76	3.7787	0.0408	0.273	0.546	0.0859	0.04504
3	44.45	3.7943	0.0612	0.277	0.555	0.0877	0.02648
4	49.44	3.9008	0.0816	0.309	0.617	0.1014	0.01973
5	58.20	4.0639	0.1020	0.363	0.727	0.1260	0.02399
6	63.81	4.1559	0.1224	0.398	0.797	0.1422	0.01973
7	71.00	4.2627	0.1429	0.443	0.887	0.1632	0.02030
8	77.27	4.3473	0.1633	0.482	0.965	0.1816	0.01834
9	77.86	4.3549	0.1837	0.486	0.972	0.1833	0.00035
10	79.51	4.3759	0.2041	0.496	0.993	0.1882	0.01587
11	82.94	4.4182	0.2245	0.518	1.036	0.1984	0.02613
12	84.62	4.4382	0.2449	0.528	1.057	0.2033	0.04159
13	85.66	4.4504	0.2653	0.535	1.070	0.2064	0.05891
14	86.29	4.4577	0.2857	0.539	1.077	0.2082	0.07747
15	112.42	4.7222	0.3061	0.702	1.404	0.2848	0.02129
16	112.50	4.7229	0.3265	0.702	1.405	0.2851	0.04147
17	114.42	4.7398	0.3469	0.714	1.429	0.2906	0.05634
18	120.94	4.7953	0.3673	0.755	1.510	0.3093	0.05804
19	123.70	4.8179	0.3878	0.772	1.545	0.3171	0.07061
20	153.78	5.0355	0.4082	0.960	1.920	0.3995	0.00866
21	157.76	5.0611	0.4286	0.985	1.970	0.4099	0.01863
22	158.82	5.0677	0.4490	0.991	1.983	0.4127	0.03629
23	163.70	5.0980	0.4694	1.022	2.044	0.4253	0.04410
24	167.57	5.1214	0.4898	1.046	2.092	0.4351	0.05465
25	168.10	5.1245	0.5102	1.049	2.099	0.4365	0.07374
26	178.21	5.1830	0.5306	1.113	2.225	0.4616	0.06900
27	181.52	5.2014	0.5510	1.133	2.266	0.4697	0.08135
28	185.12	5.2210	0.5714	1.156	2.311	0.4783	0.09310
29	186.21	5.2269	0.5918	1.162	2.325	0.4809	0.11091
30	192.40	5.2596	0.6122	1.201	2.402	0.4955	0.11672
31	196.50	5.2806	0.6327	1.227	2.453	0.5050	0.12764
32	226.38	5.4222	0.6531	1.413	2.827	0.5701	0.08298
33	256.02	5.5452	0.6735	1.598	3.197	0.6275	0.04592
34	297.94	5.6969	0.6939	1.860	3.720	0.6976	0.00369
35	298.22	5.6978	0.7143	1.862	3.724	0.6980	0.01628
36	309.98	5.7365	0.7347	1.935	3.870	0.7154	0.01928
37	313.15	5.7467	0.7551	1.955	3.910	0.7199	0.03516
38	326.50	5.7884	0.7755	2.038	4.077	0.7383	0.03716
39	328.94	5.7959	0.7959	2.054	4.107	0.7416	0.05432
40	382.00	5.9454	0.8163	2.385	4.770	0.8036	0.01268
41	406.90	6.0086	0.8367	2.540	5.081	0.8277	0.00900
42	427.09	6.0570	0.8571	2.666	5.333	0.8452	0.01194
43	466.69	6.1457	0.8776	2.914	5.827	0.8747	0.00282
44	510.00	6.2344	0.8980	3.184	6.368	0.9009	0.00292
45	556.72	6.3221	0.9184	3.476	6.951	0.9232	0.00484
46	647.95	6.4738	0.9388	4.045	8.090	0.9536	0.01487
47	900.00	6.8024	0.9592	5.619	11.237	0.9889	0.02970
48	1500.00	7.3132	0.9796	9.364	18.729	0.9997	0.02007
PARÁMETRO ESTADÍSTICOS							
MEDIA (\bar{X})	Media Lon ($\bar{X} \ln x$)	Grado de Libertad (v)	Y		β	γ	
245.17	5.14	3.06	0.36		160.18	1.53	

Fuente: Elaboración Propia

El máximo valor del delta teórico obtenido es :

Δ teórico	0.1276
------------------------------------	---------------

Tabla N° 24: Tabla para halla el delta tabular

TAMAÑO DE MUESTRA n	NIVEL DE SIGNIFICANCIA α				
	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01
1	0.9	0.1	0.975	0.99	0.995
2	0.684	0.776	0.842	0.9	0.929
3	0.565	0.636	0.708	0.689	0.829
4	0.493	0.565	0.624	0.689	0.829
5	0.477	0.509	0.563	0.627	0.669
6	0.41	0.468	0.519	0.577	0.617
7	0.381	0.436	0.483	0.538	0.576
8	0.359	0.41	0.454	0.507	0.542
9	0.339	0.387	0.43	0.48	0.513
10	0.323	0.369	0.409	0.457	0.486
11	0.308	0.352	0.391	0.437	0.468
12	0.295	0.338	0.375	0.419	0.449
13	0.285	0.325	0.361	0.404	0.432
14	0.275	0.314	0.349	0.39	0.418
15	0.266	0.304	0.338	0.377	0.404
20	0.232	0.265	0.294	0.329	0.352
25	0.208	0.238	0.264	0.295	0.317
30	0.19	0.218	0.242	0.27	0.29
40	0.165	0.189	0.21	0.235	0.252
n grande	$1.07/n^{1/2}$	$1.22/n^{1/2}$	$1.36/n^{1/2}$	$1.52/n^{1/2}$	$1.63/n^{1/2}$

Fuente: Fundamentos de la hidrología de superficie, Aparicio (1992)

El delta tabular hallado es:

Δ tabular	0.1963
------------------------------------	---------------

Entonces:

Δ teórico	0.1276	Cumple
Δ tabular	0.1963	

4.2.5. Prueba de Bondad de Ajuste Smirnov Kolmogorov para una distribución Gamma 3 Parámetros

Tabla N° 25: Estimación de los parámetros

N°=m	Q=X(m³/s)	P (X) =m/n+1	(X - \bar{X})²	(X - \bar{X})³	y	χ^2	G(y) Ord	$\Delta = (P(X)-G(y))$
1	35.00	0.0143	44169.55	-9282918.43	-0.1073	-0.2146	0.38767	0.3734
2	43.76	0.0286	40564.19	-8169853.11	-0.0848	-0.1696	0.42418	0.3956
3	44.45	0.0429	40287.53	-8086414.29	-0.0830	-0.1660	0.42683	0.3840
4	49.44	0.0571	38308.49	-7497949.50	-0.0702	-0.1404	0.44527	0.3881
5	58.20	0.0714	34956.11	-6535588.75	-0.0477	-0.0954	0.47471	0.4033
6	63.81	0.0857	32890.56	-5964950.73	-0.0333	-0.0666	0.49193	0.4062
7	71.00	0.1000	30333.64	-5283074.13	-0.0148	-0.0297	0.51245	0.4125
8	77.27	0.1143	28188.24	-4732623.67	0.0013	0.0025	0.52912	0.4148
9	77.86	0.1286	27992.48	-4683409.46	0.0028	0.0055	0.53062	0.4020
10	79.51	0.1429	27441.76	-4545879.37	0.0070	0.0140	0.53482	0.3920
11	82.94	0.1571	26315.83	-4268994.28	0.0158	0.0317	0.54332	0.3862
12	84.62	0.1714	25774.87	-4138040.62	0.0201	0.0403	0.54737	0.3759
13	85.66	0.1857	25440.74	-4057837.54	0.0228	0.0457	0.54987	0.3642
14	86.29	0.2000	25242.07	-4010398.54	0.0244	0.0489	0.55134	0.3513
15	112.42	0.2143	17622.44	-2339370.94	0.0915	0.1831	0.60664	0.3924
16	112.50	0.2286	17601.21	-2335144.10	0.0917	0.1835	0.60679	0.3782
17	114.42	0.2429	17095.44	-2235221.29	0.0967	0.1933	0.61041	0.3676
18	120.94	0.2571	15430.99	-1916861.54	0.1134	0.2269	0.62234	0.3652
19	123.70	0.2714	14752.91	-1791910.72	0.1205	0.2410	0.62722	0.3558
20	153.78	0.2857	8352.05	-763289.87	0.1978	0.3955	0.67477	0.3891
21	157.76	0.3000	7639.73	-667754.63	0.2080	0.4160	0.68040	0.3804
22	158.82	0.3143	7456.24	-643843.20	0.2107	0.4214	0.68187	0.3676
23	163.70	0.3286	6636.63	-540657.02	0.2232	0.4465	0.68854	0.3600
24	167.57	0.3429	6020.76	-467171.91	0.2332	0.4664	0.69369	0.3508
25	168.10	0.3571	5939.71	-457771.06	0.2345	0.4691	0.69438	0.3372
26	178.21	0.3714	4483.31	-300191.58	0.2605	0.5210	0.70726	0.3358
27	181.52	0.3857	4050.75	-257812.49	0.2690	0.5380	0.71131	0.3256
28	185.12	0.4000	3605.47	-216492.22	0.2782	0.5565	0.71563	0.3156
29	186.21	0.4143	3475.99	-204935.93	0.2810	0.5621	0.71692	0.3026
30	192.40	0.4286	2784.20	-146909.95	0.2969	0.5939	0.72411	0.2955
31	196.50	0.4429	2368.72	-115284.73	0.3075	0.6149	0.72873	0.2859
32	226.38	0.4571	352.75	-6625.12	0.3842	0.7684	0.75956	0.3024
33	256.02	0.4714	117.73	1277.45	0.4603	0.9206	0.78583	0.3144
34	297.94	0.4857	2784.72	146951.02	0.5680	1.1360	0.81720	0.3315
35	298.22	0.5000	2815.20	149370.17	0.5687	1.1374	0.81740	0.3174
36	309.98	0.5143	4201.43	272330.38	0.5989	1.1979	0.82517	0.3109
37	313.15	0.5286	4622.16	314244.19	0.6071	1.2141	0.82719	0.2986
38	326.50	0.5429	6615.29	538051.36	0.6413	1.2827	0.83542	0.2926
39	328.94	0.5571	7018.83	588026.76	0.6476	1.2952	0.83688	0.2797
40	382.00	0.5714	18723.67	2562043.10	0.7839	1.5678	0.86506	0.2936
41	406.90	0.5857	26158.04	4230655.62	0.8478	1.6956	0.87632	0.2906
42	427.09	0.6000	33095.78	6020865.81	0.8997	1.7993	0.88466	0.2847
43	466.69	0.6143	49072.20	10870594.28	1.0014	2.0027	0.89925	0.2850
44	510.00	0.6286	70137.29	18574771.29	1.1126	2.2252	0.91289	0.2843
45	556.72	0.6429	97066.18	30241401.29	1.2326	2.4652	0.92536	0.2825
46	647.95	0.6571	162236.93	65346838.86	1.4669	2.9338	0.94446	0.2873
47	900.00	0.6714	428808.17	280798364.30	2.1142	4.2284	0.97471	0.3033
48	1500.00	0.6857	1574609.52	1975874281.38	3.6551	7.3102	0.99571	0.3100
SUMATORIA			3081658.53	2299864886.58				
PARÁMETROS ESTADÍSTICOS								
Datos (n)	Media (\bar{X})	S	M3	Cx	X0	Y	β	v
48	245.17	256.06	47913851.80	3.04	76.78	389.38	0.43	0.90

Fuente: Elaboración Propia

El máximo valor del delta teórico obtenido es :

Δ teórico	0.4148
------------------------------------	---------------

Tabla N° 26: Tabla para halla el delta tabular

TAMAÑO DE MUESTRA n	NIVEL DE SIGNIFICANCIA α				
	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01
1	0.9	0.1	0.975	0.99	0.995
2	0.684	0.776	0.842	0.9	0.929
3	0.565	0.636	0.708	0.689	0.829
4	0.493	0.565	0.624	0.689	0.829
5	0.477	0.509	0.563	0.627	0.669
6	0.41	0.468	0.519	0.577	0.617
7	0.381	0.436	0.483	0.538	0.576
8	0.359	0.41	0.454	0.507	0.542
9	0.339	0.387	0.43	0.48	0.513
10	0.323	0.369	0.409	0.457	0.486
11	0.308	0.352	0.391	0.437	0.468
12	0.295	0.338	0.375	0.419	0.449
13	0.285	0.325	0.361	0.404	0.432
14	0.275	0.314	0.349	0.39	0.418
15	0.266	0.304	0.338	0.377	0.404
20	0.232	0.265	0.294	0.329	0.352
25	0.208	0.238	0.264	0.295	0.317
30	0.19	0.218	0.242	0.27	0.29
40	0.165	0.189	0.21	0.235	0.252
n grande	$1.07/n^{1/2}$	$1.22/n^{1/2}$	$1.36/n^{1/2}$	$1.52/n^{1/2}$	$1.63/n^{1/2}$

Fuente: Fundamentos de la hidrología de superficie, Aparicio (1992)

El delta tabular hallado es:

Δ tabular	0.1963
------------------------------------	---------------

Entonces:

Δ teórico	0.4148	No Cumple
Δ tabular	0.1963	

4.2.6. Prueba de Bondad de Ajuste Smirnov Kolmogorov para una distribución Log Pearson tipo 3

Tabla N° 27: Estimación de los parámetros

N°=m	Q=X(m³/s)	Ln(X)	P (X) =m/n+1	($\bar{X}\ln(X) - \ln(X)$)²	($\bar{X}\ln(X) - \ln(X)$)³	y	χ^2	G(y)	$\Delta = (P(X)-G(y))$
1	35.00	3.5553	0.0204	2.5141	-3.9864	33.3984	49.1503	0.01960	0.0008
2	43.76	3.7787	0.0408	1.8557	-2.5278	35.2196	52.7926	0.0415	0.0007
3	44.45	3.7943	0.0612	1.8134	-2.4420	35.3468	53.0470	0.0435	0.0177
4	49.44	3.9008	0.0816	1.5381	-1.9075	36.2146	54.7826	0.0594	0.0222
5	58.20	4.0639	0.1020	1.1601	-1.2494	37.5445	57.4425	0.0914	0.0106
6	63.81	4.1559	0.1224	0.9704	-0.9559	38.2946	58.9426	0.1139	0.0085
7	71.00	4.2627	0.1429	0.7713	-0.6774	39.1653	60.6841	0.1441	0.0012
8	77.27	4.3473	0.1633	0.6298	-0.4998	39.8555	62.0644	0.1712	0.0079
9	77.86	4.3549	0.1837	0.6179	-0.4857	39.9169	62.1872	0.1738	0.0099
10	79.51	4.3759	0.2041	0.5853	-0.4478	40.0883	62.5300	0.1810	0.0231
11	82.94	4.4182	0.2245	0.5224	-0.3776	40.4330	63.2194	0.1960	0.0285
12	84.62	4.4382	0.2449	0.4939	-0.3471	40.5961	63.5457	0.2033	0.0416
13	85.66	4.4504	0.2653	0.4768	-0.3292	40.6961	63.7456	0.2079	0.0574
14	86.29	4.4577	0.2857	0.4668	-0.3190	40.7552	63.8639	0.2106	0.0751
15	112.42	4.7222	0.3061	0.1753	-0.0734	42.9118	68.1771	0.3209	0.0148
16	112.50	4.7229	0.3265	0.1747	-0.0730	42.9176	68.1887	0.3212	0.0053
17	114.42	4.7398	0.3469	0.1609	-0.0645	43.0556	68.4647	0.3289	0.0180
18	120.94	4.7953	0.3673	0.1195	-0.0413	43.5080	69.3695	0.3544	0.0129
19	123.70	4.8179	0.3878	0.1044	-0.0337	43.6920	69.7374	0.3649	0.0229
20	153.78	5.0355	0.4082	0.0111	-0.0012	45.4661	73.2857	0.4689	0.0607
21	157.76	5.0611	0.4286	0.0064	-0.0005	45.6746	73.7027	0.4812	0.0526
22	158.82	5.0677	0.4490	0.0054	-0.0004	45.7290	73.8115	0.4844	0.0354
23	163.70	5.0980	0.4694	0.0018	-0.0001	45.9760	74.3054	0.4990	0.0296
24	167.57	5.1214	0.4898	0.0004	0.0000	46.1666	74.6866	0.5102	0.0204
25	168.10	5.1245	0.5102	0.0003	0.0000	46.1920	74.7375	0.5117	0.0015
26	178.21	5.1830	0.5306	0.0018	0.0001	46.6683	75.6901	0.5395	0.0089
27	181.52	5.2014	0.5510	0.0037	0.0002	46.8184	75.9903	0.5482	0.0028
28	185.12	5.2210	0.5714	0.0064	0.0005	46.9785	76.3106	0.5574	0.0140
29	186.21	5.2269	0.5918	0.0074	0.0006	47.0263	76.4061	0.5601	0.0317
30	192.40	5.2596	0.6122	0.0141	0.0017	47.2930	76.9395	0.5754	0.0368
31	196.50	5.2806	0.6327	0.0195	0.0027	47.4648	77.2830	0.5851	0.0476
32	226.38	5.4222	0.6531	0.0791	0.0223	48.6192	79.5918	0.6482	0.0049
33	256.02	5.5452	0.6735	0.1635	0.0661	49.6220	81.5975	0.6992	0.0257
34	297.94	5.6969	0.6939	0.3091	0.1718	50.8584	84.0702	0.7562	0.0623
35	298.22	5.6978	0.7143	0.3101	0.1727	50.8662	84.0859	0.7565	0.0422
36	309.98	5.7365	0.7347	0.3547	0.2113	51.1816	84.7166	0.7699	0.0352
37	313.15	5.7467	0.7551	0.3669	0.2223	51.2645	84.8824	0.7733	0.0182
38	326.50	5.7884	0.7755	0.4192	0.2715	51.6048	85.5630	0.7871	0.0116
39	328.94	5.7959	0.7959	0.4290	0.2809	51.6656	85.6846	0.7895	0.0064
40	382.00	5.9454	0.8163	0.6472	0.5206	52.8847	88.1229	0.8340	0.0177
41	406.90	6.0086	0.8367	0.7528	0.6531	53.3996	89.1526	0.8506	0.0139
42	427.09	6.0570	0.8571	0.8391	0.7687	53.7943	89.9422	0.8625	0.0054
43	466.69	6.1457	0.8776	1.0095	1.0142	54.5173	91.3880	0.8825	0.0049
44	510.00	6.2344	0.8980	1.1957	1.3074	55.2409	92.8352	0.9001	0.0021
45	556.72	6.3221	0.9184	1.3950	1.6477	55.9555	94.2644	0.9155	0.0029
46	647.95	6.4738	0.9388	1.7766	2.3679	57.1927	96.7389	0.9376	0.0012
47	900.00	6.8024	0.9592	2.7604	4.5863	59.8716	102.0967	0.9694	0.0102
48	1500.00	7.3132	0.9796	4.7188	10.2505	64.0364	110.4263	0.9913	0.0117
				32.7555	7.7004				
PARÁMETROS ESTADÍSTICOS									
Datos	Media($\bar{X}\ln x$)	S (LnX)	Cs LnX	X_0	β	γ	ν		
48	5.14	0.83	0.29	-0.54	0.12	46.33	92.65		

Fuente: Elaboración Propia

El máximo valor del delta teórico obtenido es :

Δ teórico	0.0751
------------------------------------	---------------

Tabla N° 28: Tabla para halla el delta tabular

TAMAÑO DE MUESTRA n	NIVEL DE SIGNIFICANCIA α				
	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01
1	0.9	0.1	0.975	0.99	0.995
2	0.684	0.776	0.842	0.9	0.929
3	0.565	0.636	0.708	0.689	0.829
4	0.493	0.565	0.624	0.689	0.829
5	0.477	0.509	0.563	0.627	0.669
6	0.41	0.468	0.519	0.577	0.617
7	0.381	0.436	0.483	0.538	0.576
8	0.359	0.41	0.454	0.507	0.542
9	0.339	0.387	0.43	0.48	0.513
10	0.323	0.369	0.409	0.457	0.486
11	0.308	0.352	0.391	0.437	0.468
12	0.295	0.338	0.375	0.419	0.449
13	0.285	0.325	0.361	0.404	0.432
14	0.275	0.314	0.349	0.39	0.418
15	0.266	0.304	0.338	0.377	0.404
20	0.232	0.265	0.294	0.329	0.352
25	0.208	0.238	0.264	0.295	0.317
30	0.19	0.218	0.242	0.27	0.29
40	0.165	0.189	0.21	0.235	0.252
n grande	$1.07/n^{1/2}$	$1.22/n^{1/2}$	$1.36/n^{1/2}$	$1.52/n^{1/2}$	$1.63/n^{1/2}$

Fuente: Fundamentos de la hidrología de superficie, Aparicio (1992)

El delta tabular hallado es:

Δ tabular	0.1963
------------------------------------	---------------

Entonces:

Δ teórico	0.0751	Cumple
Δ tabular	0.1963	

4.2.7. Prueba de Bondad de Ajuste Smirnov Kolmogorov para una distribución Gumbel

Tabla N° 29: Estimación de los parámetros

N°=m	Q=X(m³/s)	P (X) =m/n+1	(X- \bar{X})²	(X- \bar{X})³	y= X- μ/α	G(Y)	$\Delta=(P(X)-G(Y))$
1	35.00	0.0204	44169.5549	-9282918.4316	-0.4755	0.2001	0.1797
2	43.76	0.0408	40564.1922	-8169853.1051	-0.4316	0.2144	0.1736
3	44.45	0.0612	40287.5315	-8086414.2891	-0.4282	0.2156	0.1543
4	49.44	0.0816	38308.4877	-7497949.4978	-0.4032	0.2239	0.1423
5	58.20	0.1020	34956.1138	-6535588.7457	-0.3593	0.2387	0.1367
6	63.81	0.1224	32890.5579	-5964950.7283	-0.3312	0.2484	0.1260
7	71.00	0.1429	30333.6359	-5283074.1279	-0.2952	0.2610	0.1181
8	77.27	0.1633	28188.2413	-4732623.6708	-0.2638	0.2720	0.1088
9	77.86	0.1837	27992.4827	-4683409.4561	-0.2609	0.2731	0.0894
10	79.51	0.2041	27441.7585	-4545879.3661	-0.2526	0.2760	0.0719
11	82.94	0.2245	26315.8286	-4268994.2826	-0.2354	0.2821	0.0576
12	84.62	0.2449	25774.8709	-4138040.6179	-0.2270	0.2851	0.0402
13	85.66	0.2653	25440.7418	-4057837.5373	-0.2218	0.2870	0.0217
14	86.29	0.2857	25242.0732	-4010398.5439	-0.2186	0.2881	0.0024
15	112.42	0.3061	17622.4408	-2339370.9409	-0.0878	0.3356	0.0295
16	112.50	0.3265	17601.2073	-2335144.1034	-0.0874	0.3358	0.0093
17	114.42	0.3469	17095.4426	-2235221.2906	-0.0777	0.3393	0.0076
18	120.94	0.3673	15430.9914	-1916861.5429	-0.0450	0.3513	0.0160
19	123.70	0.3878	14752.9061	-1791910.7195	-0.0312	0.3564	0.0314
20	153.78	0.4082	8352.0483	-763289.8685	0.1194	0.4117	0.0035
21	157.76	0.4286	7639.7287	-667754.6264	0.1394	0.4190	0.0096
22	158.82	0.4490	7456.2433	-643843.1955	0.1446	0.4209	0.0281
23	163.70	0.4694	6636.6345	-540657.0227	0.1691	0.4298	0.0396
24	167.57	0.4898	6020.7577	-467171.9141	0.1885	0.4368	0.0530
25	168.10	0.5102	5939.7143	-457771.0551	0.1911	0.4378	0.0724
26	178.21	0.5306	4483.3124	-300191.5759	0.2418	0.4560	0.0746
27	181.52	0.5510	4050.7550	-257812.4945	0.2584	0.4619	0.0891
28	185.12	0.5714	3605.4671	-216492.2234	0.2764	0.4684	0.1031
29	186.21	0.5918	3475.9917	-204935.9266	0.2818	0.4703	0.1215
30	192.40	0.6122	2784.2024	-146909.9471	0.3129	0.4813	0.1310
31	196.50	0.6327	2368.7243	-115284.7253	0.3334	0.4885	0.1442
32	226.38	0.6531	352.7463	-6625.1195	0.4831	0.5396	0.1134
33	256.02	0.6735	117.7324	1277.4510	0.6315	0.5875	0.0859
34	297.94	0.6939	2784.7213	146951.0179	0.8415	0.6498	0.0441
35	298.22	0.7143	2815.2000	149370.1719	0.8429	0.6502	0.0641
36	309.98	0.7347	4201.4325	272330.3801	0.9018	0.6664	0.0683
37	313.15	0.7551	4622.1585	314244.1874	0.9177	0.6707	0.0844
38	326.50	0.7755	6615.2941	538051.3633	0.9845	0.6882	0.0873
39	328.94	0.7959	7018.8301	588026.7635	0.9968	0.6914	0.1045
40	382.00	0.8163	18723.6690	2562043.1039	1.2625	0.7536	0.0628
41	406.90	0.8367	26158.0350	4230655.6238	1.3872	0.7790	0.0578
42	427.09	0.8571	33095.7808	6020865.8120	1.4884	0.7979	0.0592
43	466.69	0.8776	49072.1995	10870594.2793	1.6867	0.8310	0.0466
44	510.00	0.8980	70137.2903	18574771.2911	1.9036	0.8615	0.0364
45	556.72	0.9184	97066.1805	30241401.2905	2.1377	0.8888	0.0296
46	647.95	0.9388	162236.9310	65346838.8551	2.5946	0.9280	0.0107
47	900.00	0.9592	428808.1678	280798364.3038	3.8571	0.9791	0.0199
48	1500.00	0.9796	1574609.5178	1975874281.3811	6.8623	0.9990	0.0194
SUMATORIA			3081658.5261	2299864886.5833			
PARÁMETROS ESTADÍSTICOS							
Datos (n)	Media (\bar{X})	Desv. Est. (S)		α		μ	
48	245.17	256.06		199.65		129.94	

Fuente: Elaboración Propia

El máximo valor del delta teórico obtenido es :

Δ teórico	0.1797
------------------------------------	---------------

Tabla N° 30: Tabla para halla el delta tabular

TAMAÑO DE MUESTRA n	NIVEL DE SIGNIFICANCIA α				
	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01
1	0.9	0.1	0.975	0.99	0.995
2	0.684	0.776	0.842	0.9	0.929
3	0.565	0.636	0.708	0.689	0.829
4	0.493	0.565	0.624	0.689	0.829
5	0.477	0.509	0.563	0.627	0.669
6	0.41	0.468	0.519	0.577	0.617
7	0.381	0.436	0.483	0.538	0.576
8	0.359	0.41	0.454	0.507	0.542
9	0.339	0.387	0.43	0.48	0.513
10	0.323	0.369	0.409	0.457	0.486
11	0.308	0.352	0.391	0.437	0.468
12	0.295	0.338	0.375	0.419	0.449
13	0.285	0.325	0.361	0.404	0.432
14	0.275	0.314	0.349	0.39	0.418
15	0.266	0.304	0.338	0.377	0.404
20	0.232	0.265	0.294	0.329	0.352
25	0.208	0.238	0.264	0.295	0.317
30	0.19	0.218	0.242	0.27	0.29
40	0.165	0.189	0.21	0.235	0.252
n grande	$1.07/n^{1/2}$	$1.22/n^{1/2}$	$1.36/n^{1/2}$	$1.52/n^{1/2}$	$1.63/n^{1/2}$

Fuente: Fundamentos de la hidrología de superficie, Aparicio (1992)

El delta tabular hallado es:

Δ tabular	0.1963
------------------------------------	---------------

Entonces:

Δ teórico	0.1797	Cumple
Δ tabular	0.1963	

4.2.8. Prueba de Bondad de Ajuste Smirnov Kolmogorov para una distribución Log Gumbel

Tabla N° 31: Estimación de los parámetros

N°=m	Q=X(m³/s)	P (X) =m/n+1	Ln(X)	(LnX- \bar{X} LnX)²	y	G(y) Ord	Δ
1	35.00	0.0204	3.5553	2.5141	-1.8588	0.0016	0.0188
2	43.76	0.0408	3.7787	1.8557	-1.5157	0.0105	0.0303
3	44.45	0.0612	3.7943	1.8134	-1.4917	0.0117	0.0495
4	49.44	0.0816	3.9008	1.5381	-1.3282	0.0230	0.0587
5	58.20	0.1020	4.0639	1.1601	-1.0776	0.0530	0.0490
6	63.81	0.1224	4.1559	0.9704	-0.9362	0.0781	0.0444
7	71.00	0.1429	4.2627	0.7713	-0.7721	0.1148	0.0280
8	77.27	0.1633	4.3473	0.6298	-0.6421	0.1495	0.0138
9	77.86	0.1837	4.3549	0.6179	-0.6305	0.1528	0.0309
10	79.51	0.2041	4.3759	0.5853	-0.5982	0.1622	0.0419
11	82.94	0.2245	4.4182	0.5224	-0.5333	0.1819	0.0426
12	84.62	0.2449	4.4382	0.4939	-0.5025	0.1915	0.0534
13	85.66	0.2653	4.4504	0.4768	-0.4837	0.1975	0.0678
14	86.29	0.2857	4.4577	0.4668	-0.4725	0.2011	0.0846
15	112.42	0.3061	4.7222	0.1753	-0.0662	0.3436	0.0374
16	112.50	0.3265	4.7229	0.1747	-0.0651	0.3440	0.0174
17	114.42	0.3469	4.7398	0.1609	-0.0391	0.3535	0.0066
18	120.94	0.3673	4.7953	0.1195	0.0462	0.3849	0.0175
19	123.70	0.3878	4.8179	0.1044	0.0808	0.3976	0.0098
20	153.78	0.4082	5.0355	0.0111	0.4151	0.5167	0.1086
21	157.76	0.4286	5.0611	0.0064	0.4544	0.5300	0.1015
22	158.82	0.4490	5.0677	0.0054	0.4647	0.5335	0.0845
23	163.70	0.4694	5.0980	0.0018	0.5112	0.5489	0.0796
24	167.57	0.4898	5.1214	0.0004	0.5471	0.5607	0.0709
25	168.10	0.5102	5.1245	0.0003	0.5519	0.5622	0.0520
26	178.21	0.5306	5.1830	0.0018	0.6417	0.5907	0.0601
27	181.52	0.5510	5.2014	0.0037	0.6700	0.5995	0.0484
28	185.12	0.5714	5.2210	0.0064	0.7001	0.6086	0.0372
29	186.21	0.5918	5.2269	0.0074	0.7091	0.6114	0.0195
30	192.40	0.6122	5.2596	0.0141	0.7594	0.6263	0.0140
31	196.50	0.6327	5.2806	0.0195	0.7918	0.6357	0.0030
32	226.38	0.6531	5.4222	0.0791	1.0093	0.6946	0.0415
33	256.02	0.6735	5.5452	0.1635	1.1983	0.7395	0.0661
34	297.94	0.6939	5.6969	0.3091	1.4312	0.7874	0.0935
35	298.22	0.7143	5.6978	0.3101	1.4327	0.7877	0.0734
36	309.98	0.7347	5.7365	0.3547	1.4921	0.7986	0.0639
37	313.15	0.7551	5.7467	0.3669	1.5078	0.8014	0.0463
38	326.50	0.7755	5.7884	0.4192	1.5719	0.8125	0.0370
39	328.94	0.7959	5.7959	0.4290	1.5833	0.8144	0.0185
40	382.00	0.8163	5.9454	0.6472	1.8131	0.8495	0.0331
41	406.90	0.8367	6.0086	0.7528	1.9101	0.8624	0.0256
42	427.09	0.8571	6.0570	0.8391	1.9845	0.8716	0.0144
43	466.69	0.8776	6.1457	1.0095	2.1207	0.8870	0.0094
44	510.00	0.8980	6.2344	1.1957	2.2571	0.9006	0.0027
45	556.72	0.9184	6.3221	1.3950	2.3917	0.9126	0.0058
46	647.95	0.9388	6.4738	1.7766	2.6249	0.9301	0.0087
47	900.00	0.9592	6.8024	2.7604	3.1297	0.9572	0.0020
48	1500.00	0.9796	7.3132	4.7188	3.9145	0.9802	0.0007
SUMATORIA				32.7555			
PARÁMETROS ESTADÍSTICOS							
Datos (n)	Media \bar{X} LnX	S Ln(X)	α		μ		
48	5.1409	0.8348	0.6509		4.7653		

Fuente: Elaboración Propia

El máximo valor del delta teórico obtenido es :

Δ teórico	0.1086
------------------------------------	---------------

Tabla N° 32: Tabla para halla el delta tabular

TAMAÑO DE MUESTRA n	NIVEL DE SIGNIFICANCIA α				
	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01
1	0.9	0.1	0.975	0.99	0.995
2	0.684	0.776	0.842	0.9	0.929
3	0.565	0.636	0.708	0.689	0.829
4	0.493	0.565	0.624	0.689	0.829
5	0.477	0.509	0.563	0.627	0.669
6	0.41	0.468	0.519	0.577	0.617
7	0.381	0.436	0.483	0.538	0.576
8	0.359	0.41	0.454	0.507	0.542
9	0.339	0.387	0.43	0.48	0.513
10	0.323	0.369	0.409	0.457	0.486
11	0.308	0.352	0.391	0.437	0.468
12	0.295	0.338	0.375	0.419	0.449
13	0.285	0.325	0.361	0.404	0.432
14	0.275	0.314	0.349	0.39	0.418
15	0.266	0.304	0.338	0.377	0.404
20	0.232	0.265	0.294	0.329	0.352
25	0.208	0.238	0.264	0.295	0.317
30	0.19	0.218	0.242	0.27	0.29
40	0.165	0.189	0.21	0.235	0.252
n grande	$1.07/n^{1/2}$	$1.22/n^{1/2}$	$1.36/n^{1/2}$	$1.52/n^{1/2}$	$1.63/n^{1/2}$

Fuente: Fundamentos de la hidrología de superficie, Aparicio (1992)

El delta tabular hallado es:

Δ tabular	0.1963
------------------------------------	---------------

Entonces:

Δ teórico	0.1086	Cumple
Δ tabular	0.1963	

Tabla N° 33: Elección de la distribución probabilística

TR	Log normal 2 parámetros	Log normal 3 parámetros	Gamma 2 Parámetros	Log Pearson 3 Parámetros	Gumbel	Log Gumbel
50	949.05	1079.42	796.10	1078.39	908.96	1487.83
100	1191.57	1404.15	917.03	1421.86	1048.36	2343.84
170	1399.63	1692.26	1009.14	1735.83	1154.71	3315.23
200	1467.48	1787.91	1036.37	1839.68	1187.25	3686.22
Delta tabular	0.1963	0.1963	0.1963	0.1963	0.1963	0.1963
Delta teórico	0.0792	0.0689	0.1276	0.0751	0.1797	0.1086
Diferencia	0.117	0.127	0.069	0.121	0.017	0.088

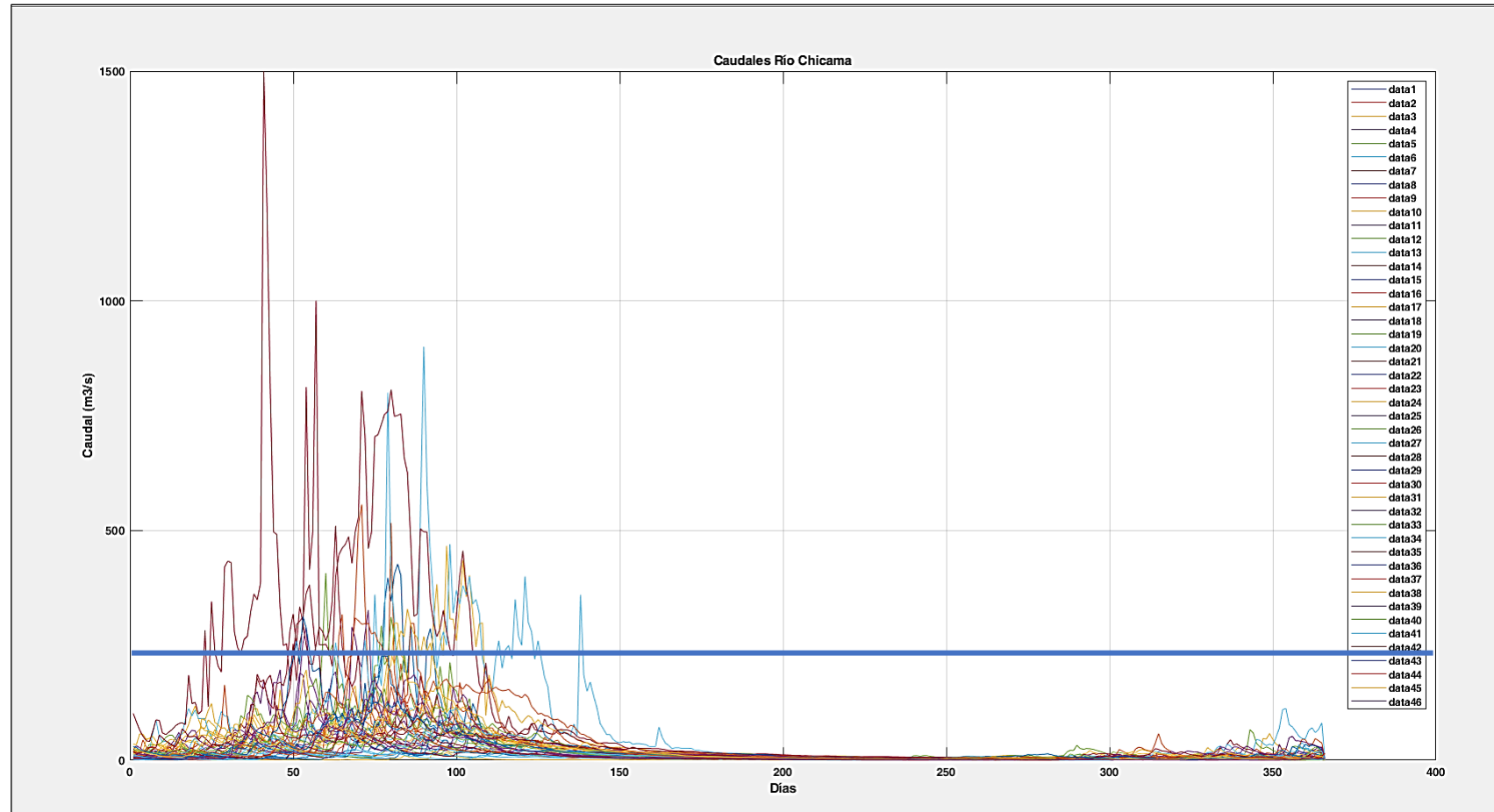
Fuente: Elaboración Propia

Se descartaron la distribución probabilística Log Gumbel por tener caudales muy altos mientras que las distribuciones probabilísticas Log Normal 2 parámetros, Gumbel y Gamma 2 parámetros se descartaron por tener resultados muy bajos, por ende se tomó en cuenta solo las distribuciones Log Normal 3 parámetros y Log Pearson 3 parámetros eligiendo la distribución probabilística Log Pearson 3 parámetros debido a que tiene la menor diferencia entre el tabular y el delta teórico.

Se diseñó de la bocatoma Chicamita para un periodo de retorno de 100, teniendo como caudal de diseño $Q_d = 1421.86 \text{ m}^3/\text{s} = 1400 \text{ m}^3/\text{s}$

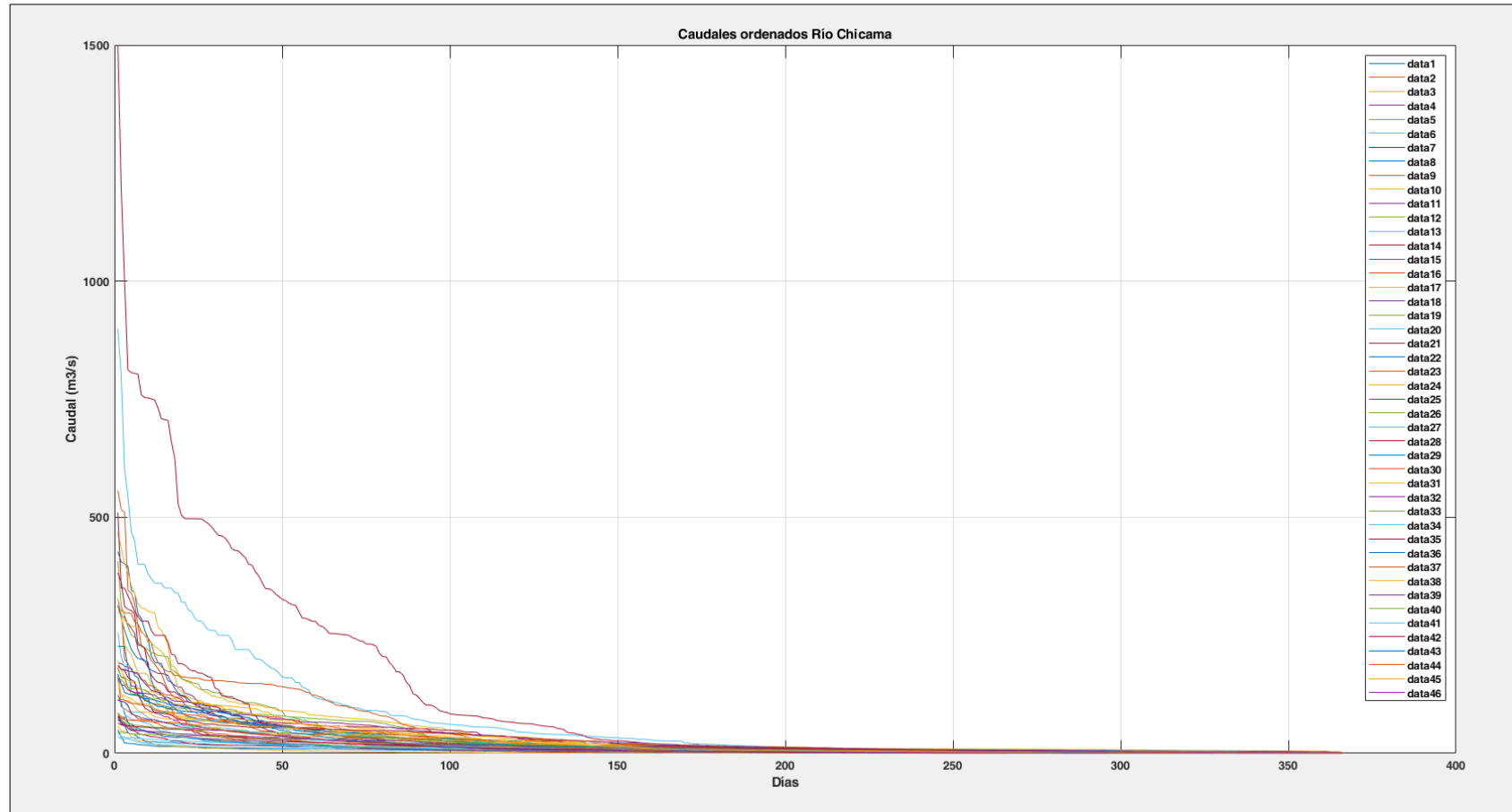
4.2.9. Caudal promedio

Figura N° 14: Caudales del río Chicama de 1971 – 2018 utilizando el software Matlab



Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 15: Curva de caudales ordenados del río Chicama 1971 -2018



Fuente: Elaboración Propia

El caudal promedio se utilizó para analizar la estabilidad del cauce en el tramo de estudio del río Chicama, para ello se graficó todos los caudales diarios desde el año 1971 al año 2018, obteniendo como resultado un caudal promedio de $Q_{prom} = 250 \text{ m}^3/\text{s}$. Así mismo también se trabajó con los caudales máximos recurrentes los cuales fueron de $400 \text{ m}^3/\text{s}$ y $600 \text{ m}^3/\text{s}$

4.3. Cálculo Hidráulico de la Bocatoma Chicamita

4.3.1. Pendientes Longitudinales

Se trabajo con 4 pendientes a lo largo del trazo del eje principal del cauce del río Chicama (2.58 km), para ello se tuvo en cuenta el criterio que no generen movimientos de tierra (corte y relleno) considerables.

Tabla N° 34: Tabla de pendientes longitudinales

PROGRESIVA INICIAL (Km)	PROGRESIVA FINAL (Km)	PENDIENTE (S)	Qdiseño(m^3/s)
0+000.00	0+660.00	0.0058	1400.00
0+660.00	1+458.83	0.0073	1400.00
1+458.83	1+818.08	0.0084	1400.00
1+818.08	2+580.00	0.0059	1400.00

Fuente: Elaboración Propia

4.3.2. Ancho estable

Tabla N° 35: Cálculo del ancho estable

Progresivas :		Km 0+000.00 - Km 0+660.00		
Q diseño (m³/s)	Pendiente (m/m)	MÉTODO DE SIMONS Y ALBERTSON (HENDERSON)		
1400.00	0.0058	B = 0.9K1 Q^{0.512}		
		Condiciones de fondo de río (K1)	K1	B (m)
		Fondo y orillas con material grueso no cohesivo	1.75	58.93
		Descripción	K1	
		Fondo y orillas de arena	3.50	
		Fondo de arena y orillas cohesivas	2.60	
		Fondo y orillas cohesivas	2.20	
		Fondo y orillas con material grueso no cohesivo	1.75	
		Igual que 2 pero con mucho transporte 2000 ppm ≤ C ≤ 8000 ppm	1.70	
		MÉTODO DE SIMONS Y ALBERTSON (MAZA ÁLVAREZ)		
		B = 0.9K1 Q^{0.512}		
		Condiciones de fondo de río (K1)	K1	B (m)
		Fondo y orillas con material grueso no cohesivo	3.16	106.41
		Descripción	K1	
		Fondo y orillas de arena	6.30	
		Fondo de arena y orillas cohesivas	4.74	
		Fondo y orillas cohesivas	3.96	
		Fondo y orillas con material grueso no cohesivo	3.16	
		Igual que 2 pero con mucho transporte 2000 ppm ≤ C ≤ 8000 ppm	3.09	
		MÉTODO DE ALTUNIN - MANNING		
		B = (Q^{1/2}/S^{1/5}) (n K^{5/3})^{3/(3+5m)}		
		Rugosidad de Manning (n)	n	B (m)
		Cauces de ríos con acarreo irregular	0.030	140.49
		Descripción	n	
		Cauces con fondo sólido sin irregularidades	0.025	
		Cauces de ríos con acarreo irregular	0.030	
		Cauces de ríos con vegetación	0.029	
		Cauces naturales con derrubio o irregularidades	0.033	
Cauces de ríos con fuerte transporte de acarreo	0.035			
Torrentes con piedras de tamaño de una cabeza	0.040			
Torrentes con derrubio grueso y acarreo móvil	0.050			
Coficiente de Material de Cauce (K)	K			
Material aluvial (8 a 12)	12.00			
Descripción	K			
Material de cauce muy resistente (3 a 4)	3.00			
Material fácilmente erosionable (16 a 20)	16.00			
Material aluvial (8 a 12)	12.00			
Valor práctico (10)	10.00			
Coficiente de tipo de río (m)	m			

Para cauces arenosos	0.70	
Descripción	m	
Para ríos de montaña	0.50	
Para cauces arenosos	0.70	
Para cauces aluviales	1.00	
MÉTODO DE BLENCH		
$B = 1.81(Q F_b/F_s)^{1/2}$		
Factor de Fondo (Fb)	Fb	B (m)
Material Fino	0.80	135.45
Descripción	Fb	
Material Fino	0.80	
Material Grueso	1.20	
Factor de Orilla (Fs)	Fs	
Materiales medianamente cohesivos	0.20	
Descripción	Fs	
Materiales poco cohesivos, como arena	0.10	
Materiales medianamente cohesivos	0.20	
Materiales muy cohesivos, como arcilla	0.30	
MÉTODO DE LACEY		
$B = m Q^n$		
m	4.83	B (m)
n	0.50	180.72

RESUMEN	
MÉTODO	ANCHO ESTABLE (B)
SIMONS Y ALBERTSON (HENDERSON)	58.93
SIMONS Y ALBERTSON (MAZA ÁLVAREZ)	106.41
ALTUNIN - MANNING	140.49
BLENCH	135.45
LACEY	180.72
PROMEDIO	170.00
SE ADOPTA	200.00

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 36: Cálculo del ancho estable

Progresivas :		Km 0+660.00 - Km 1+458.83		
Q diseño (m ³ /s)	Pendiente (m/m)	MÉTODO DE SIMONS Y ALBERTSON (HENDERSON)		
1400.00	0.0073	B = 0.9K1 Q^{0.512}		
		Condiciones de fondo de río (K1)	K1	B (m)
		Fondo y orillas con material grueso no cohesivo	1.75	58.93
		Descripción	K1	
		Fondo y orillas de arena	3.50	
		Fondo de arena y orillas cohesivas	2.60	
		Fondo y orillas cohesivas	2.20	
		Fondo y orillas con material grueso no cohesivo	1.75	
		Igual que 2 pero con mucho transporte 2000 ppm ≤ C ≤ 8000 ppm	1.70	
		MÉTODO DE SIMONS Y ALBERTSON (MAZA ÁLVAREZ)		
		B = 0.9K1 Q^{0.512}		
		Condiciones de fondo de río (K1)	K1	B (m)
		Fondo y orillas con material grueso no cohesivo	3.16	106.41
		Descripción	K1	
		Fondo y orillas de arena	6.30	
		Fondo de arena y orillas cohesivas	4.74	
		Fondo y orillas cohesivas	3.96	
		Fondo y orillas con material grueso no cohesivo	3.16	
		Igual que 2 pero con mucho transporte 2000 ppm ≤ C ≤ 8000 ppm	3.09	
		MÉTODO DE ALTUNIN - MANNING		
		B = (Q^{1/2}/S^{1/5}) (n K^{5/3})^{3/(3+5m)}		
		Rugosidad de Manning (n)	n	B (m)
		Cauces de ríos con acarreo irregular	0.030	134.18
		Descripción	n	
		Cauces con fondo sólido sin irregularidades	0.025	
		Cauces de ríos con acarreo irregular	0.030	
		Cauces de ríos con vegetación	0.029	
		Cauces naturales con derrubio o irregularidades	0.033	
		Cauces de ríos con fuerte transporte de acarreo	0.035	
		Torrentes con piedras de tamaño de una cabeza	0.040	
		Torrentes con derrubio grueso y acarreo móvil	0.050	
		Coefficiente de Material de Cauce (K)	K	
		Material aluvial (8 a 12)	12.00	
Descripción	K			
Material de cauce muy resistente (3 a 4)	3.00			
Material fácilmente erosionable (16 a 20)	16.00			
Material aluvial (8 a 12)	12.00			
Valor práctico (10)	10.00			
Coefficiente de tipo de río (m)	m			
Para cauces arenosos	0.70			
Descripción	m			
Para ríos de montaña	0.50			
Para cauces arenosos	0.70			

Para cauces aluviales	1.00	
MÉTODO DE BLENCH		
$B = 1.81(Q F_b/F_s)^{1/2}$		
Factor de Fondo (Fb)	Fb	B (m)
Material Fino	0.80	135.45
Descripción	Fb	
Material Fino	0.80	
Material Grueso	1.20	
Factor de Orilla (Fs)	Fs	
Materiales medianamente cohesivos	0.20	
Descripción	Fs	
Materiales poco cohesivos, como arena	0.10	
Materiales medianamente cohesivos	0.20	
Materiales muy cohesivos, como arcilla	0.30	
MÉTODO DE LACEY		
$B = m Q^n$		
m	4.83	B (m)
n	0.50	180.72

RESUMEN	
MÉTODO	ANCHO ESTABLE (B)
SIMONS Y ALBERTSON (HENDERSON)	58.93
SIMONS Y ALBERTSON (MAZA ÁLVAREZ)	106.41
ALTUNIN - MANNING	134.18
BLENCH	135.45
LACEY	180.72
PROMEDIO	170.00
SE ADOPTA	220.00

Fuente: Elaboración Propia

Para el diseño de la bocatoma Chicamita se trabajó con un ancho estable de 220 m

Tabla N° 37: Cálculo del ancho estable

Progresivas :		Km 1+458.83 - Km 1+818.08		
Q diseño (m³/s)	Pendiente (m/m)	MÉTODO DE SIMONS Y ALBERTSON (HENDERSON)		
		$B = 0.9K1 Q^{0.512}$		
1400.00	0.0084	Condiciones de fondo de río (K1)	K1	B (m)
		Fondo y orillas con material grueso no cohesivo	1.75	58.93
		Descripción	K1	
		Fondo y orillas de arena	3.50	
		Fondo de arena y orillas cohesivas	2.60	
		Fondo y orillas cohesivas	2.20	
		Fondo y orillas con material grueso no cohesivo	1.75	
		Igual que 2 pero con mucho transporte 2000 ppm ≤ C ≤ 8000 ppm	1.70	
		MÉTODO DE SIMONS Y ALBERTSON (MAZA ÁLVAREZ)		
		$B = 0.9K1 Q^{0.512}$		
		Condiciones de fondo de río (K1)	K1	B (m)
		Fondo y orillas con material grueso no cohesivo	3.16	106.41
		Descripción	K1	
		Fondo y orillas de arena	6.30	
		Fondo de arena y orillas cohesivas	4.74	
		Fondo y orillas cohesivas	3.96	
		Fondo y orillas con material grueso no cohesivo	3.16	
		Igual que 2 pero con mucho transporte 2000 ppm ≤ C ≤ 8000 ppm	3.09	
		MÉTODO DE ALTUNIN - MANNING		
		$B = (Q^{1/2}/S^{1/5}) (n K^{5/3})^{3/(3+5m)}$		
		Rugosidad de Manning (n)	n	B (m)
		Cauces de ríos con acarreo irregular	0.030	130.46
		Descripción	n	
		Cauces con fondo sólido sin irregularidades	0.025	
		Cauces de ríos con acarreo irregular	0.030	
		Cauces de ríos con vegetación	0.029	
		Cauces naturales con derrubio o irregularidades	0.033	
		Cauces de ríos con fuerte transporte de acarreo	0.035	
		Torrentes con piedras de tamaño de una cabeza	0.040	
		Torrentes con derrubio grueso y acarreo móvil	0.050	
		Coeficiente de Material de Cauce (K)	K	
		Material aluvial (8 a 12)	12.00	
		Descripción	K	
Material de cauce muy resistente (3 a 4)	3.00			
Material fácilmente erosionable (16 a 20)	16.00			
Material aluvial (8 a 12)	12.00			
Valor práctico (10)	10.00			
Coeficiente de tipo de río (m)	m			
Para cauces arenosos	0.70			
Descripción	m			
Para ríos de montaña	0.50			
Para cauces arenosos	0.70			
Para cauces aluviales	1.00			

MÉTODO DE BLENCH $B = 1.81(Q F_b/F_s)^{1/2}$		
Factor de Fondo (Fb)	Fb	B (m)
Material Fino	0.80	135.45
Descripción	Fb	
Material Fino	0.80	
Material Grueso	1.20	
Factor de Orilla (Fs)	Fs	
Materiales medianamente cohesivos	0.20	
Descripción	Fs	
Materiales poco cohesivos, como arena	0.10	
Materiales medianamente cohesivos	0.20	
Materiales muy cohesivos, como arcilla	0.30	
MÉTODO DE LACEY $B = m Q^n$		
m	4.83	B (m)
n	0.50	180.72

RESUMEN	
MÉTODO	ANCHO ESTABLE (B)
SIMONS Y ALBERTSON (HENDERSON)	58.93
SIMONS Y ALBERTSON (MAZA ÁLVAREZ)	106.41
ALTUNIN - MANNING	130.46
BLENCH	135.45
LACEY	180.72
PROMEDIO	170.00
SE ADOPTA	220.00

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 38: Cálculo del ancho estable

Progresivas :		Km 1+818.08 - Km 2+580.00		
Q diseño (m³/s)	Pendiente (m/m)	MÉTODO DE SIMONS Y ALBERTSON (HENDERSON)		
1400.00	0.0059	B = 0.9K1 Q^{0.512}		
		Condiciones de fondo de río (K1)	K1	B (m)
		Fondo y orillas con material grueso no cohesivo	1.75	58.93
		Descripción	K1	
		Fondo y orillas de arena	3.50	
		Fondo de arena y orillas cohesivas	2.60	
		Fondo y orillas cohesivas	2.20	
		Fondo y orillas con material grueso no cohesivo	1.75	
		Igual que 2 pero con mucho transporte 2000 ppm ≤ C ≤ 8000 ppm	1.70	
		MÉTODO DE SIMONS Y ALBERTSON (MAZA ÁLVAREZ)		
		B = 0.9K1 Q^{0.512}		
		Condiciones de fondo de río (K1)	K1	B (m)
		Fondo y orillas con material grueso no cohesivo	3.16	106.41
		Descripción	K1	
		Fondo y orillas de arena	6.30	
		Fondo de arena y orillas cohesivas	4.74	
		Fondo y orillas cohesivas	3.96	
		Fondo y orillas con material grueso no cohesivo	3.16	
		Igual que 2 pero con mucho transporte 2000 ppm ≤ C ≤ 8000 ppm	3.09	
		MÉTODO DE ALTUNIN - MANNING		
		B = (Q^{1/2}/S^{1/5}) (n K^{5/3})^{3/(3+5m)}		
		Rugosidad de Manning (n)	n	B (m)
		Cauces de ríos con acarreo irregular	0.030	140.01
		Descripción	n	
		Cauces con fondo sólido sin irregularidades	0.025	
		Cauces de ríos con acarreo irregular	0.030	
		Cauces de ríos con vegetación	0.029	
		Cauces naturales con derrubio o irregularidades	0.033	
		Cauces de ríos con fuerte transporte de acarreo	0.035	
		Torrentes con piedras de tamaño de una cabeza	0.040	
Torrentes con derrubio grueso y acarreo móvil	0.050			
Coficiente de Material de Cauce (K)	K			
Material aluvial (8 a 12)	12.00			
Descripción	K			
Material de cauce muy resistente (3 a 4)	3.00			
Material fácilmente erosionable (16 a 20)	16.00			
Material aluvial (8 a 12)	12.00			
Valor práctico (10)	10.00			
Coficiente de tipo de río (m)	m			
Para cauces arenosos	0.70			
Descripción	m			
Para ríos de montaña	0.50			
Para cauces arenosos	0.70			
Para cauces aluviales	1.00			

MÉTODO DE BLENCH		
$B = 1.81(Q F_b/F_s)^{1/2}$		
Factor de Fondo (Fb)	Fb	B (m)
Material Fino	0.80	135.45
Descripción	Fb	
Material Fino	0.80	
Material Grueso	1.20	
Factor de Orilla (Fs)	Fs	
Materiales medianamente cohesivos	0.20	
Descripción	Fs	
Materiales poco cohesivos, como arena	0.10	
Materiales medianamente cohesivos	0.20	
Materiales muy cohesivos, como arcilla	0.30	
MÉTODO DE LACEY		
$B = m Q^n$		
m	4.83	B (m)
n	0.50	180.72

RESUMEN	
MÉTODO	ANCHO ESTABLE (B)
SIMONS Y ALBERTSON (HENDERSON)	58.93
SIMONS Y ALBERTSON (MAZA ÁLVAREZ)	106.41
ALTUNIN - MANNING	140.01
BLENCH	135.45
LACEY	180.72
PROMEDIO	170.00
SE ADOPTA	220.00

Fuente: Elaboración Propia

Para el diseño de la bocatoma Chicamita se trabajó con un ancho estable de 220 m y una pendiente de 0.73% debido a que su canal de captación se encuentra en este tramo.

4.4. Características Hidráulicas

Tabla N° 39: Cálculo Hidráulicos

TIRANTE (y)				
FÓRMULA DE MANNING - STRICKLER				
$y = ((Q / (K_s * B * S^{1/2}))^{3/5})$				
Qdiseño(m³/s)	Valores para Ks para Cauces Naturales		Ks	y(m)
1400	Cauces naturales con derrubio e irregularidades		30	1.73
Pendiente (m/m)	Descripción		Ks	
	0.0073	Cauces con fondo sólido sin irregularidades	40	
		Cauces de ríos con acarreo irregular	33	
		Cauces de ríos con vegetación	35	
Ancho Estable (m) (B)	220.00	Cauces naturales con derrubio e irregularidades	30	
		Cauces de ríos con fuerte transporte de acarreo	28	
		Torrentes con piedras de tamaño de una cabeza	25	
		Torrentes con derrubio grueso y acarreo móvil	20	
VELOCIDAD MEDIA (V)				
FÓRMULA DE MANNING				
$V = (R^{2/3} * S^{1/2}) / n$				
Talud (Z)	2	Valores de rugosidad de Manning (n)	n	V (m/s)
Área Hidráulica (m²) A=(B+Zy)y	385.6	Cauces naturales con derrubio e irregularidades	0.033	3.68
		Descripción	n	
		Cauces con fondo sólido sin irregularidades	0.025	
Perímetro Mojado (m) P = B+2y* (1+Z²)¹/²	227.72	Cauces de ríos con acarreo irregular	0.030	
		Cauces de ríos con vegetación	0.029	
		Cauces naturales con derrubio e irregularidades	0.033	
Radio Hidráulico (m) R=A/P	1.69	Cauces de ríos con fuerte transporte de acarreo	0.035	
		Torrentes con piedras de tamaño de una cabeza	0.040	
e = V²/2g (m)	0.69	Torrentes con derrubio grueso y acarreo móvil	0.050	
NÚMERO DE FROUDE (F)				
$F = V / (g * Y_m)^{1/2}$				
Aceleración de la gravedad (m/s²)	9.81	F		TIPO DE FLUJO
Profundidad Hidráulica media (m) Ym =A/B	1.75	0.89		SUBCRÍTICO

Fuente: Elaboración Propia

4.5. Rugosidad

Para hallar la rugosidad del cauce, se aplicó el método de Cowan

Tabla N° 40: Cálculo de la rugosidad del cauce

PENDIENTE	n	MATERIAL N ₀		IRREGULARIDAD N ₁		VAR. SECCION N ₂		OBSTACULOS N ₃		VEGETACION N ₄		SINUOSIDAD N ₅	
0.0073	0.039	Grava fina	0.024	Moderado	0.01	Gradual	0	Despreciable	0	Baja	0.005	Menor	1

Fuente: Elaboración Propia

Condiciones del canal			valores
material	tierra	n ₀	0.020
	Roca		0.025
	Grava fina		0.024
	Grava gruesa		0.028
Grado de Irregularidad	Ligero	n ₁	0.000
	Menor		0.005
	Moderado		0.010
	Severo		0.020
Variaciones en la sección transversal del canal	Gradual	n ₂	0.000
	Ocasional		0.005
	Frecuente		0.010 – 0.015
Efecto relativo de Obstáculos	Despreciable	n ₃	0.000
	Menor		0.010 - 0.015
	Apreciable		0.020 – 0.030
	Severo		0.040 – 0.0060
Vegetación	Baja	n ₄	0.005 – 0.010
	Media		0.010 - 0.025
	Alta		0.025 – 0.050
	Muy alta		0.050 – 0.100
Grado de sinuosidad	Menor	n ₅	1.000
	Apreciable		1.150
	Severo		1.300

4.6. Cálculo de las partes de las partes de la bocatoma Chicamita

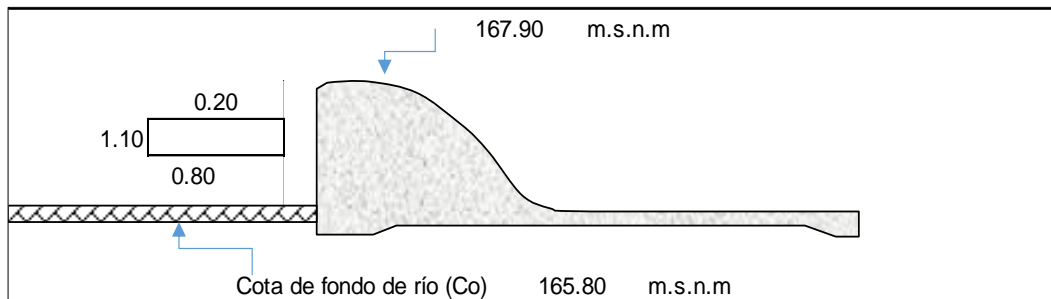
4.6.1. Barraje Fijo

A.-Cálculo de la cota de la cresta del barraje fijo (Cc)

Tabla N° 41: Cálculo de la cota de la cresta del barraje fijo (Cc)

$Cc = Co + ho + h + 0.20$			
Cota de fondo del río Co	165.80	Cc	167.90
Altura Sedimentos (m) ho	0.80		
Altura de la ventana (m) (H)	1.10		

Fuente: Elaboración Propia

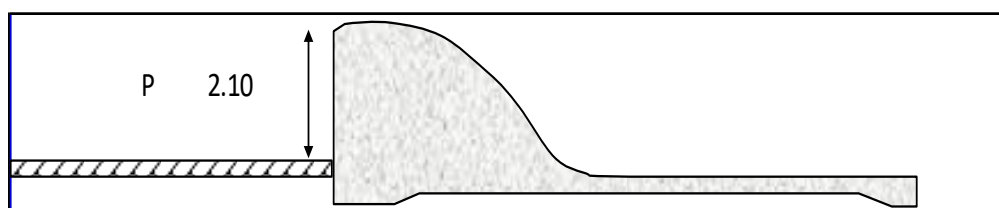


B.- Altura del barraje

Tabla N° 42: Cálculo de la altura del barraje

$P = Cc - Co$				
Cota de fondo del río Co	165.80	Cota de la cresta Cc	167.90	P
				2.10

Fuente: Elaboración Propia

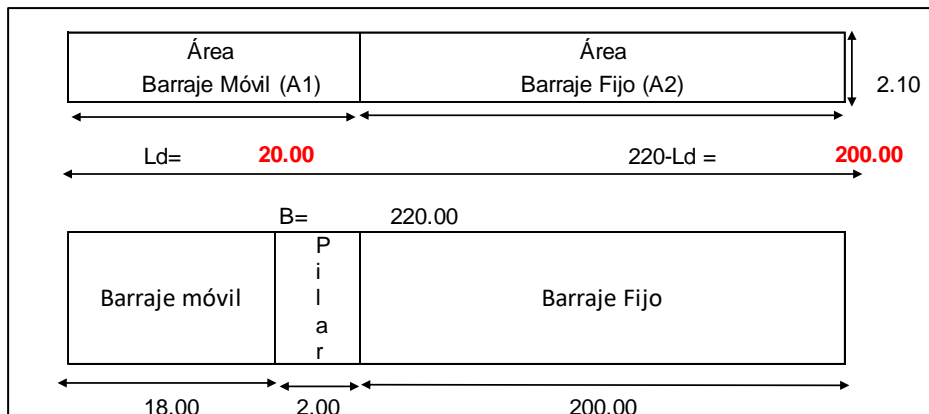


C.- Cálculo de la longitud del barraje fijo y barraje móvil

Tabla N° 43: Cálculo de la longitud del barraje fijo y barraje móvil

$A1=A2/10$ $A1=Ld*P$ $A2= (B-Ld) *P$ $Ld= B/11$		
Ancho estable (m) (B)	Longitud del barraje móvil (m) Ld	20.00
220.00	Espesor del Pilar (m)	5.00
		Adoptamos 2.00

Fuente: Elaboración Propia



D.- Cálculo de la carga de agua sobre la cresta del barraje fijo y carga de velocidad

Tabla N° 44: Cálculo de la carga de agua sobre la cresta del barraje fijo y carga de velocidad

$Q = Co * Le * Ho^{3/2}$					
$Le = L - 2 (N * Kp + Ka) * Ho$					
Qdiseño = Qbarraje fijo + Qbarraje móvil+ Qcanal de limpia				1400	
Q barraje móvil			140.00		
Q barraje fijo			1260.00		
Asumiendo Ho					
Coef. de contrac. de pilares (redondeado) (Kp)	0.01	Coefficiente de contraccion de estribos (ka)		0.10	Número de pilares que atraviesan el barraje (N)
					1
P	Ho	P/Ho	Co	Le	Qbfijo
2.10	0.8	2.625	2.18	199.82	311.7016652
2.10	1.2	1.75	2.165	199.74	568.4419466
2.10	2.06	1.02	2.142	199.55	1260.087823
2.10	2.10	1.00	2.141	199.54	1300.083434
Carga total de agua -----> Ho= hv+hd					
$hv = V_0^2/2g = (Q/A)^2/2g$					
Área (m)	807.25	Carga de agua sobre la cresta (m) (hd)		Carga de velocidad (m) (hv)	
Q diseño del barraje (m³/s)	1260.00	1.94		0.12	

Fuente: Elaboración Propia

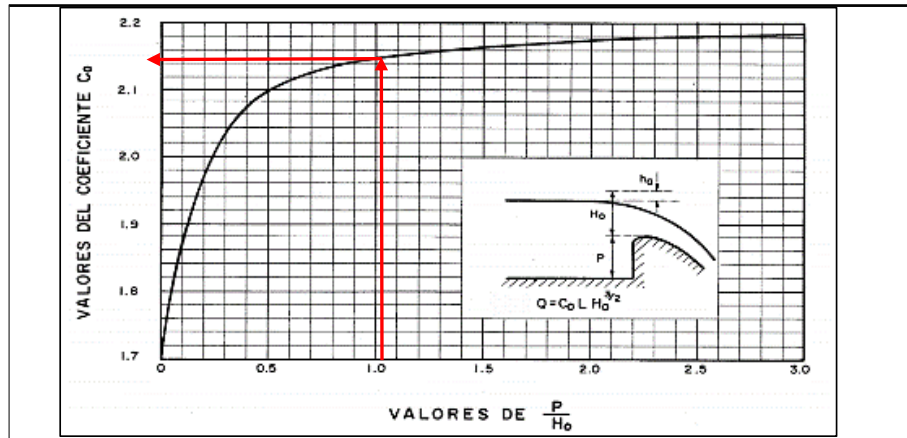
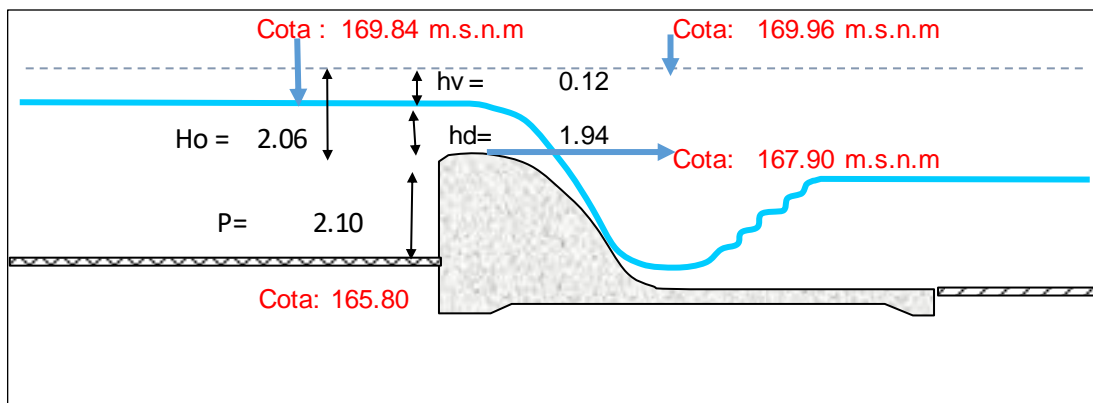


Tabla N° 45: Características hidráulicas del barraje fijo



Fuente: Elaboración Propia

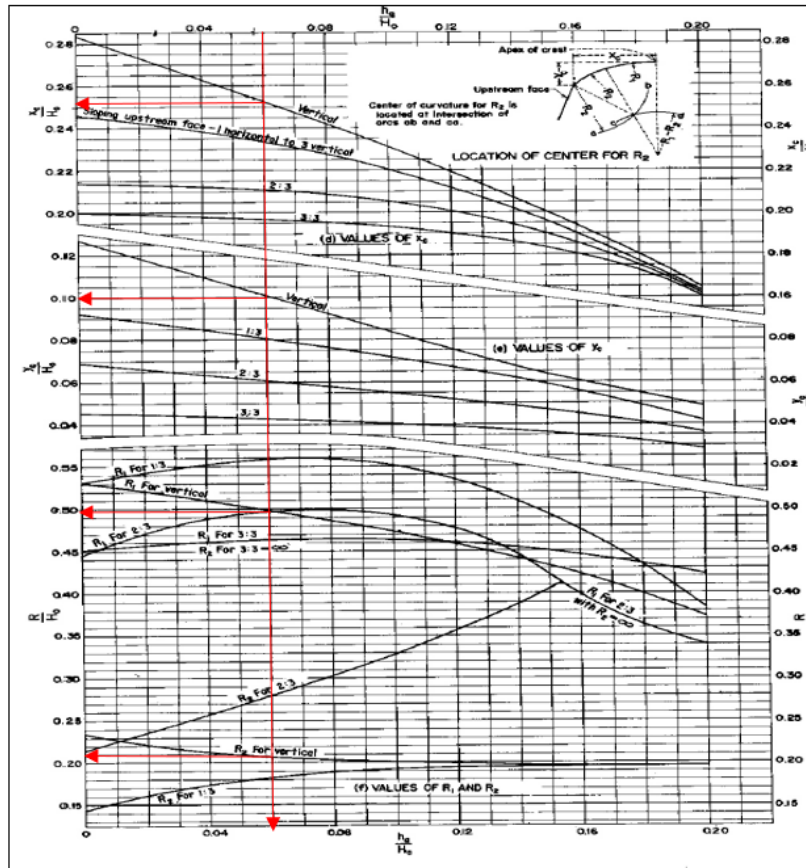
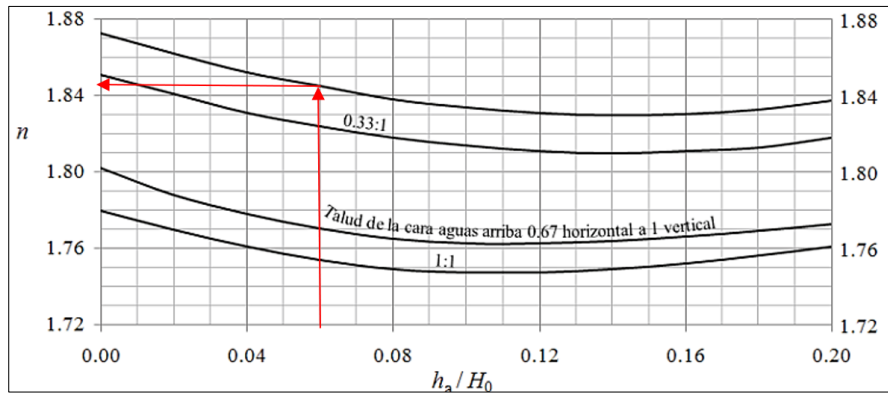
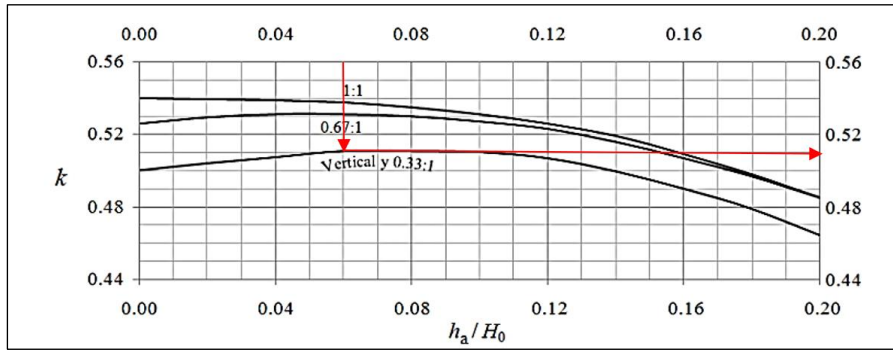
E.- Diseño del Perfil Creager

Tabla N° 46: Cálculo de los parámetros

Ho(m)	2.06	hv (m)	0.12	hv/Ho	0.060	K	0.51	n	1.845
--------------	------	---------------	------	--------------	-------	----------	------	----------	-------

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 47: Ábacos para hallar los parámetros



Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 48: Parámetros para el perfil Creager

$X_c / H_o =$	0.253	$Y_c / H_o =$	0.100	$R_1 / H_o =$	0.500	$R_2 / H_o =$	0.210
$X_c =$	0.52 m.	$Y_c =$	0.21 m.	$R_1 =$	1.03 m.	$R_2 =$	0.43 m.

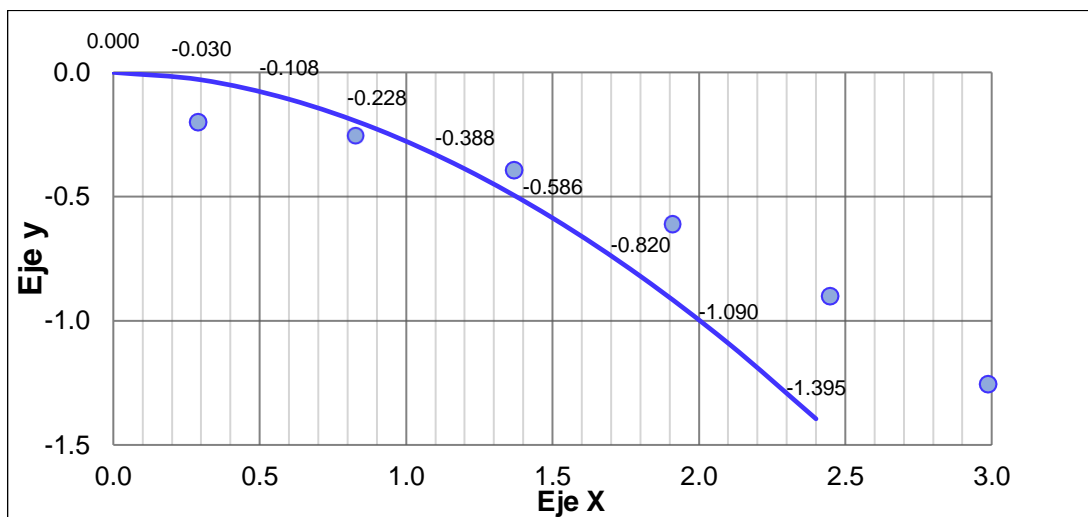
Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 49: Coordenadas para el perfil Creager

Pto	x	y
1	0.00	0.000
2	0.30	-0.030
3	0.60	-0.108
4	0.90	-0.228
5	1.20	-0.388
6	1.50	-0.586
7	1.80	-0.820
8	2.10	-1.090
9	2.40	-1.395
10	2.70	-1.734
11	3.00	-2.105
12	3.30	-2.510

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N° 1: Gráfica del perfil Creager



Fuente: Elaboración Propia

4.6.2. Poza Disipadora

A.- Cálculo del tirante conjugado menor (d1)

Tabla N° 50: Cálculo de la poza de la disipadora

$$E_0 = E_1 + hf_{0-1} \quad (\text{Ecuación de Bernoulli entre 0 y 1})$$

$$C_0 + P + H_d + H_v = C_1 + y_1 + \frac{v_1^2}{2g} + hf_{0-1}$$

$$y_2 = \frac{y_1}{2} + \sqrt{\frac{y_1^2}{4} + \frac{2v_1^2 y_1}{g}}$$

C₀	165.80	P	2.10
H_d (m)	1.94	Q barraje fijo (m³/s)	1260.00
		n	0.039
H_v (m)	0.12	L barraje fijo (m)	200.00
		S	0.0073

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 51: Cálculo del tirante y1 y y2

r	y1 (m)	E0	E1				V1 (m/s)	y2 (m)			yn + r	Condición: Yn + r / y2 <1.00 - 1.20>	RESALTO
			C1 (C0 - r)	V1² / 2g	h0-1	E1		y2 = - y1 / 2 + [y1²/4 + 2 * V1² * y1/g]¹/²					
1.03	0.67	169.96	164.77	4.51	0.012	169.96	9.40	2.90	<	2.93 m.	OK	Sumergido	
V1	9.40	y1 (m)	0.67	Número de Froude (F1)		3.67	Tirante normal (Yn) (m)	1.90	Vn (m/s)	3.32	Número de Froude (Fn)	0.77	

Fuente: Elaboración Propia

B.- Longitud de Poza

Tabla N° 52: Cálculo de la longitud de la poza disipadora

Baklemnetev - Martzke L = 5 * (y2 - y1)	(Safranez) L = 6 * y1 * F1	U.S. Bureau of Reclamation L = 4 * y2	Promedio	L (m)
11.15	14.74	11.60	12.50	15.00

Fuente: Elaboración Propia

C.- Curva de transición entre el barraje fijo y Poza Disipadora

Tabla N° 53: Curva de Transición entre el barraje y la poza disipadora

R = 0.50 Hd ó 2.00 Hd									
Carga de agua sobre la cresta (Hd) (m)	1.94	R = 0.50 Hd	R = 2.00 Hd	R asumido (m)	2.50	Angulo del Plano (β)	49	T = R * Tg(β/2)	0.94
		0.97	3.87						

Fuente: Elaboración Propia

D. Ancho del Barraje fijo, espesor de la poza disipadora y longitud de la escollera

Tabla N° 54: Ancho del barraje

Ancho del Barraje			
$B = H_t / (P_{ec} - 1)^{1/2}$			
Donde:	$H_t = (P + r + H_o)$		
P (m)	2.10	Altura de carga total (m) (Ht)	5.19
Profundidad de la poza disipadora (m) (r)	1.03	Peso específico del concreto (Pec)	2.40
Carga total de agua (m) Ho	2.06	Ancho del barraje fijo (m) (B)	5.70

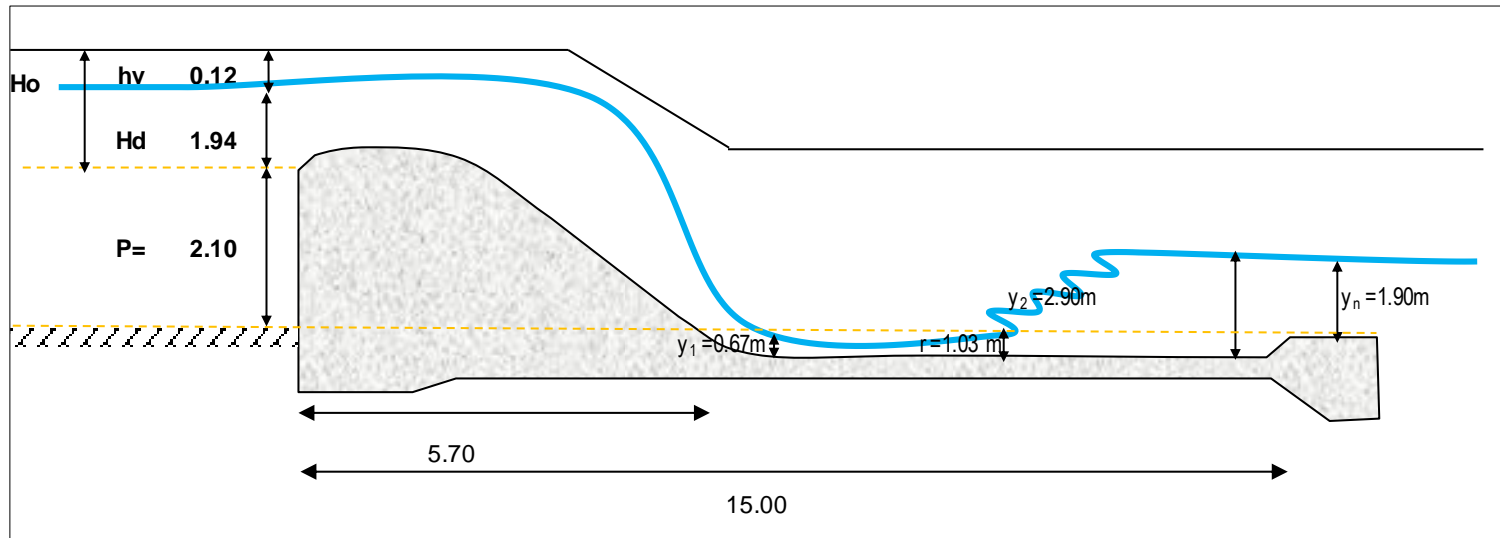
Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 55: Espesor de la poza disipadora

Espesor de la poza disipadora			
$e = 0.6 * (q^{0.5}) * (H' / g)^{0.25}$			
Donde : $H' = P + H_o$			
Q barraje fijo (m³/s)	1260.00	H'	4.16
L barraje fijo (m)	200.00		
Caudal Unitario (q) (m²/s)	6.30	e	1.20

Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 16: Diseño hidráulico de la poza disipadora



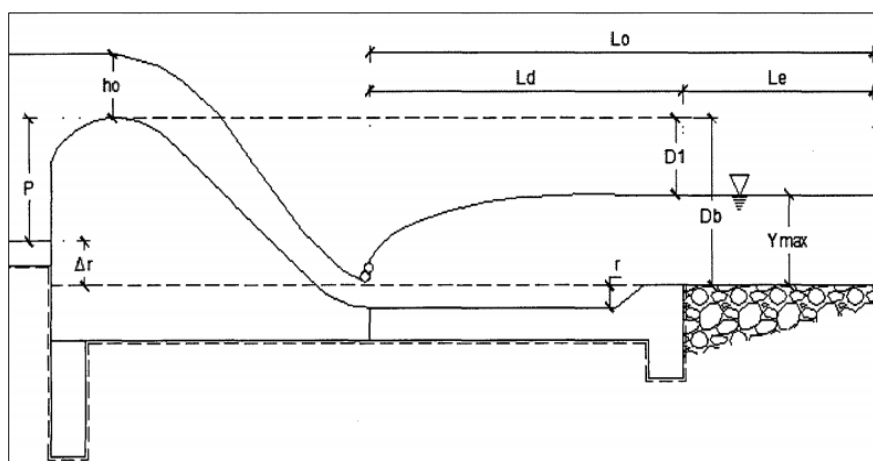
Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 56: Longitud de la escollera

Longitud de la escollera			
$Le = Lo - Ld$ $Lo = 0.67 * C * \sqrt{Db * q}$ $Ld = 0.60 * C * \sqrt{D1}$			
Q barraje fijo (m³/s)	1260.00	Db (m)	2.39
Ancho del barraje fijo (m)	200.00	D1(m)	0.49
q unitario (m³/s)	6.30	Lo (m)	10.40
Coefficiente de Blingh	4.00	Ld (m)	1.68
Le (m)		9.00	

Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 17: Escollera



Fuente: Elaboración Propia

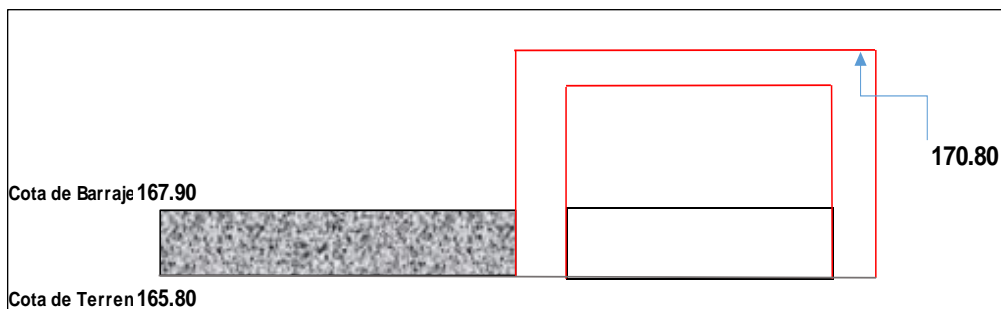
4.6.3. Cálculo de las dimensiones del barrage móvil

A.- Cota del barrage Móvil

Tabla N° 57: Cálculo de la cota del barrage móvil

Cota barrage móvil = $C_c + H_o + 0.80(\text{Altura de seguridad})$		
Cc	Ho	Cota barrage móvil
167.90	2.06	170.80

Fuente: Elaboración Propia



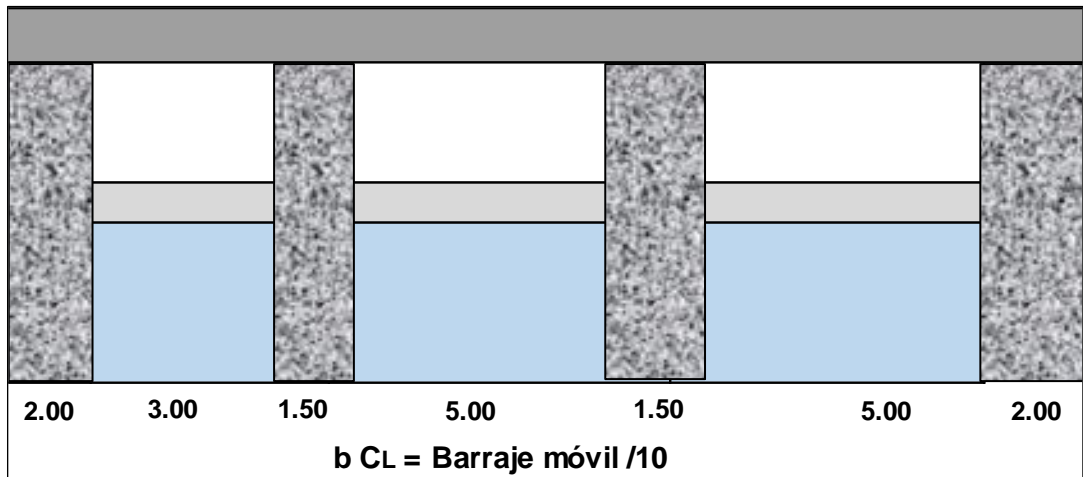
B.- Cálculo de las dimensiones del barrage móvil y canal de limpia

Tabla N° 58: Cálculo de las dimensiones del barrage móvil

Para barrage móvil		
Como compuerta:	$Q = C_d * b * a * (2gy_1)^{1/2}$	
Qbarraje móvil total	140.00	
Abertura de la compuerta (a)	Ancho de la compuerta (b)	Carga sobre la cresta de la compuerta (Ho)
2.10	5.00	2.06
Tirante aguas arriba de la compuerta (y1)	y1/a	Coefficiente de descarga (Cd)
4.04	1.92	0.56
Q barrage móvil efectivo (m³/s)	52.00	
Q barrage móvil efectivo (2 compuertas) (m³/s)	104.00	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 59: Dimensiones del del barraje móvil y canal de limpia



Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 60: Cálculo de las dimensiones del canal de limpia

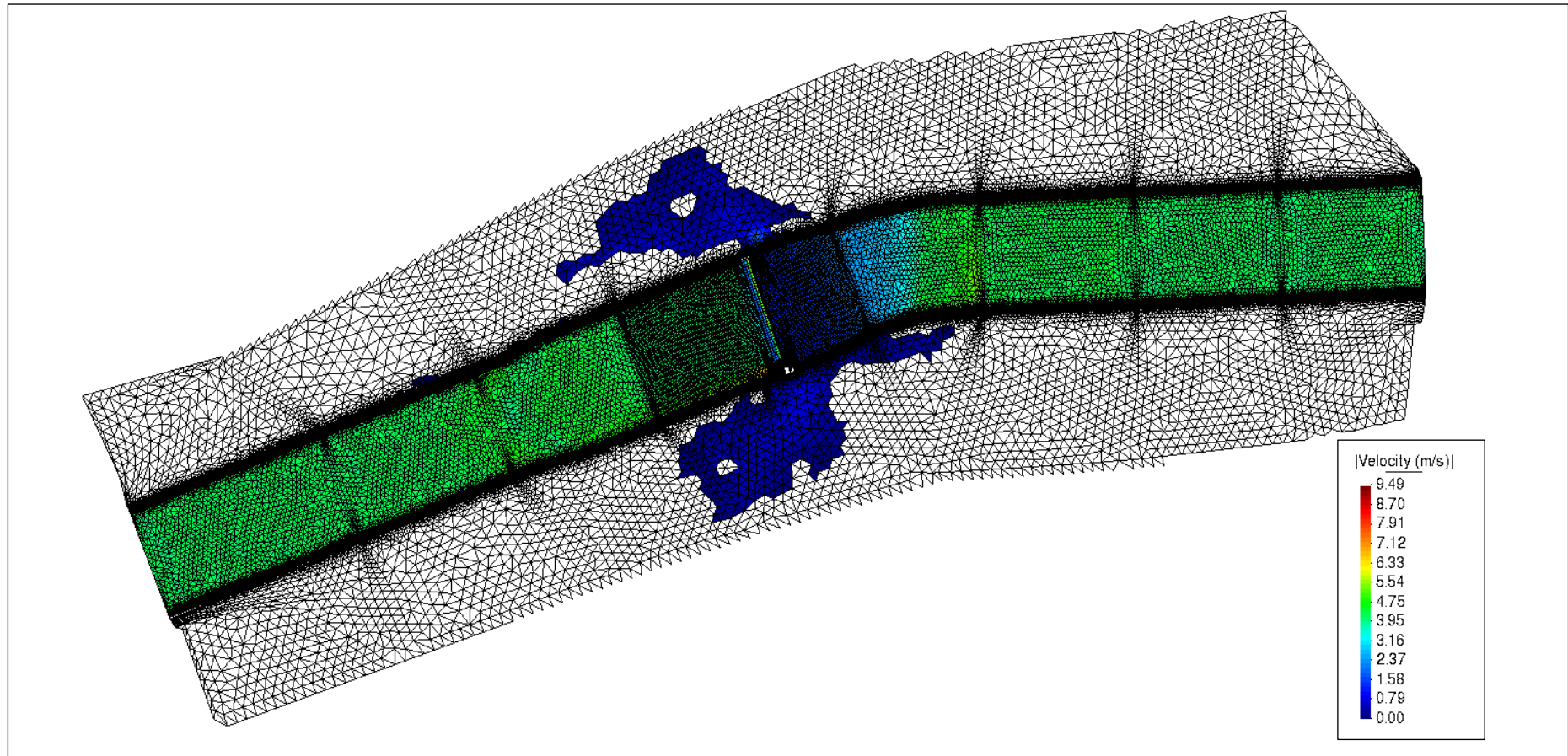
Para el canal de limpia		
Como compuerta con orificio		$Q = C_d * b * a * (2gy_1)^{1/2}$
Abertura de la compuerta (a)	Ancho de la compuerta (b)	Carga sobre la cresta de la compuerta (Ho)
2.10	3.00	2.06
Tirante aguas arriba de la compuerta (y1)	y1/a	Coefficiente de descarga (Cd)
4.04	1.92	0.56
Q canal de limpia efectivo (m³/s)	30.00	
Q que se pierde por los pilares (m³/s)	6.00	
Q limpia = al menos 2 veces el Qcaptación		
Q Captación (m³/s)	6.00	
Q canal de limpia total (m³/s)	24.00	

Fuente: Elaboración Propia

4.7. Modelamiento Hidráulico

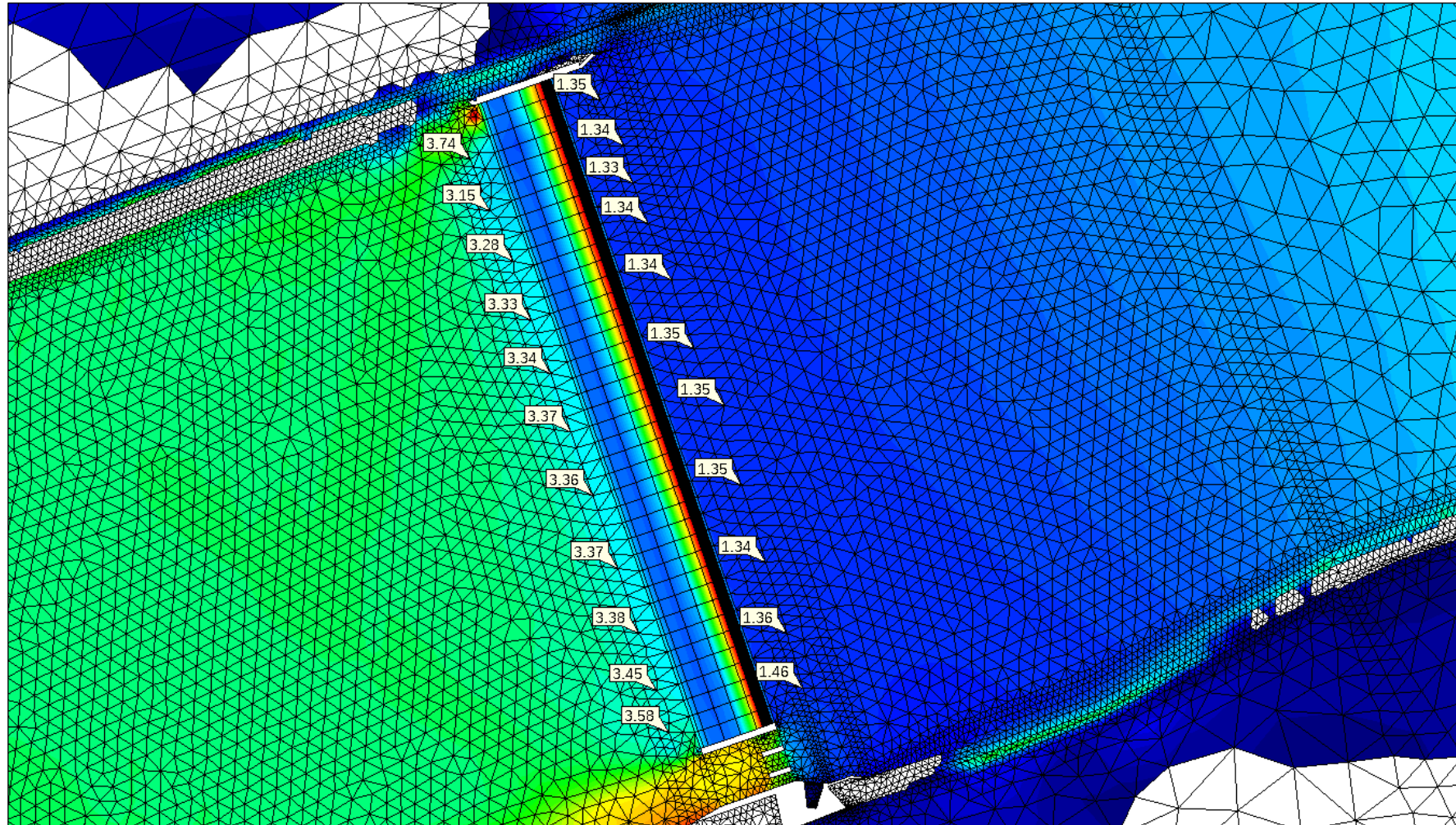
4.7.1. Primer Diseño Hidráulico de la Bocatoma Chicamita $Q= 1400 \text{ m}^3/\text{s}$

Figura N° 18: Modelamiento Hidráulico de la Bocatoma Chicamita



Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 19: Mapa de velocidades

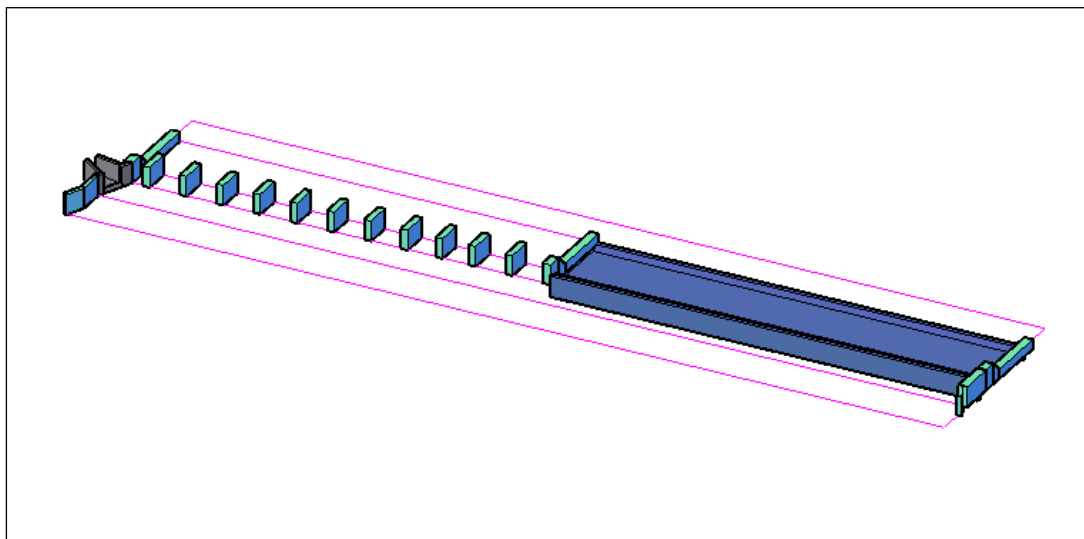


Fuente: Elaboración Propia

Con el diseño de la bocatoma Chicamita propuesto, no se logró estabilizar el cauce del río Chicama, esto debido a que la longitud del barraje fijo era demasiado grande (200m) pasando por esta estructura la mayoría del caudal causando velocidades demasiadas altas a la salida de lo poza disipadora. Por ello se adoptó nuevas medidas en cuanto a las longitudes de barraje móvil y fijo.

Para el barraje móvil y para el barraje fijo se les diseñó con 100 m de longitud.

Figura N° 20: Nuevo Diseño de la bocatoma Chicamita

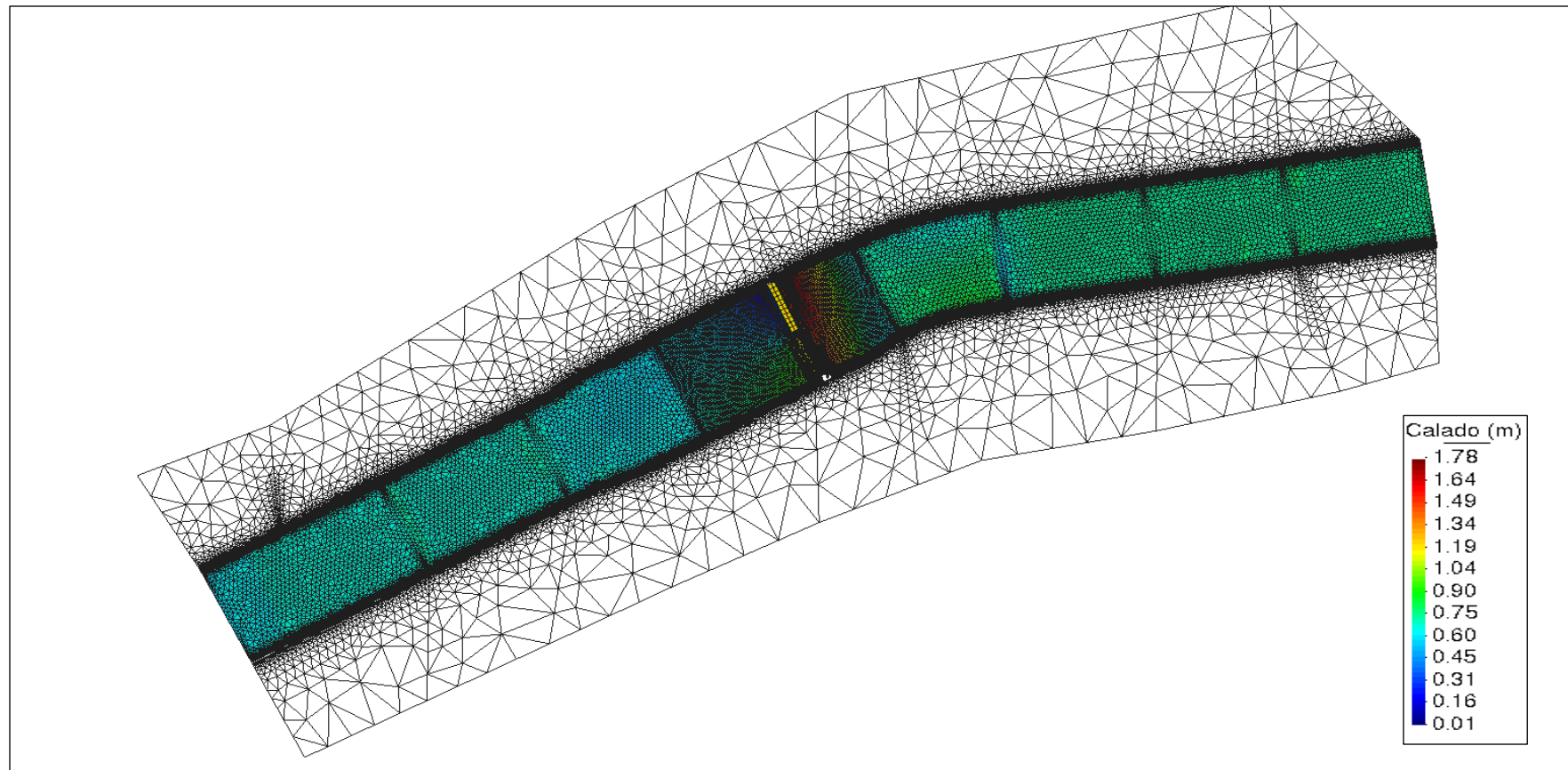


Fuente: Elaboración Propia

4.7.2. Modelamiento Hidráulico con el segundo diseño de la bocatoma Chicamita (Caudal Promedio)

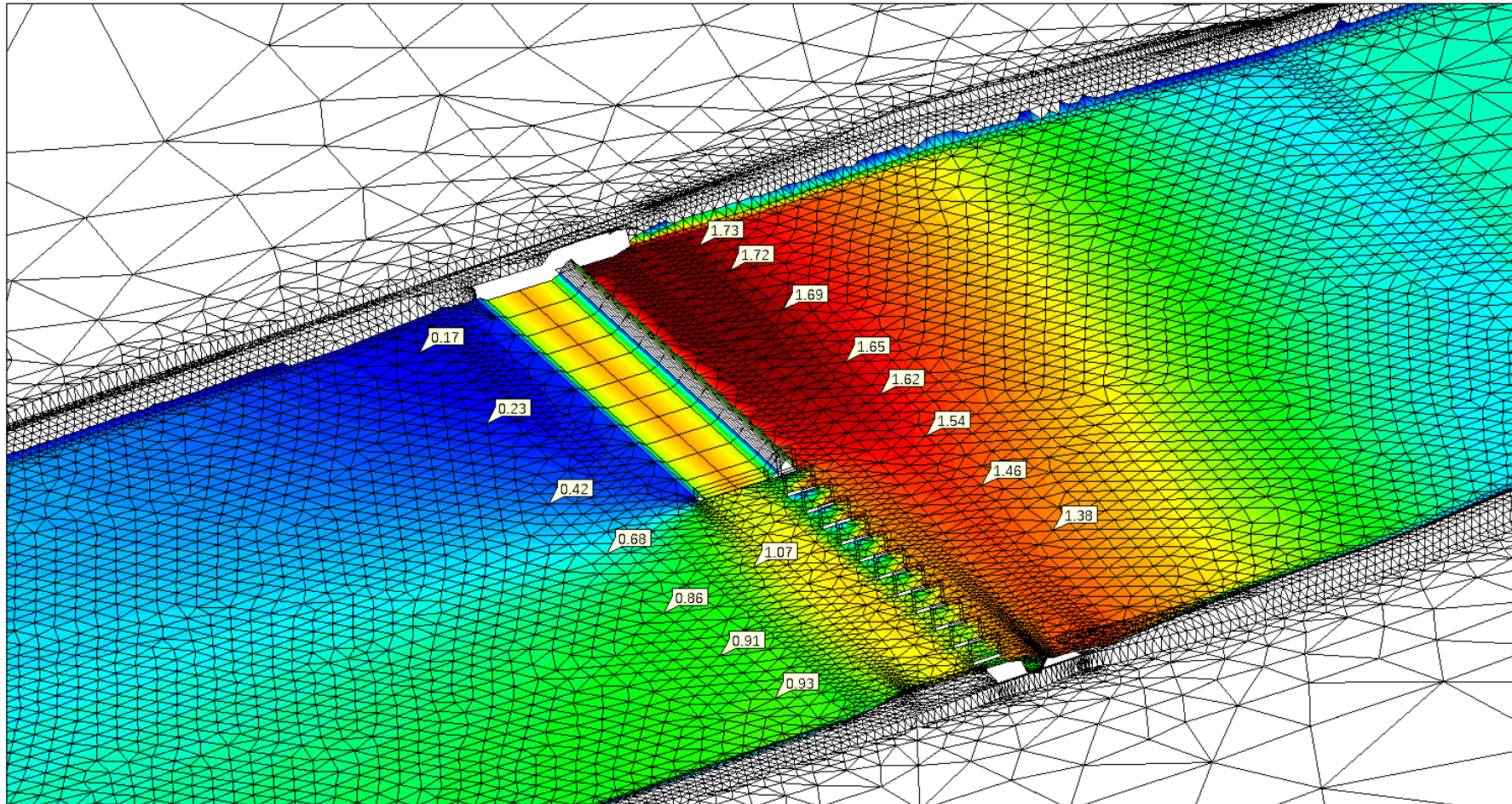
4.7.2.1. Resultados de calados con $Q_{prom} = 250 \text{ m}^3/\text{s}$

Figura N° 21: Mapa de calado del tramo de estudio



Fuente: Elaboración Propia

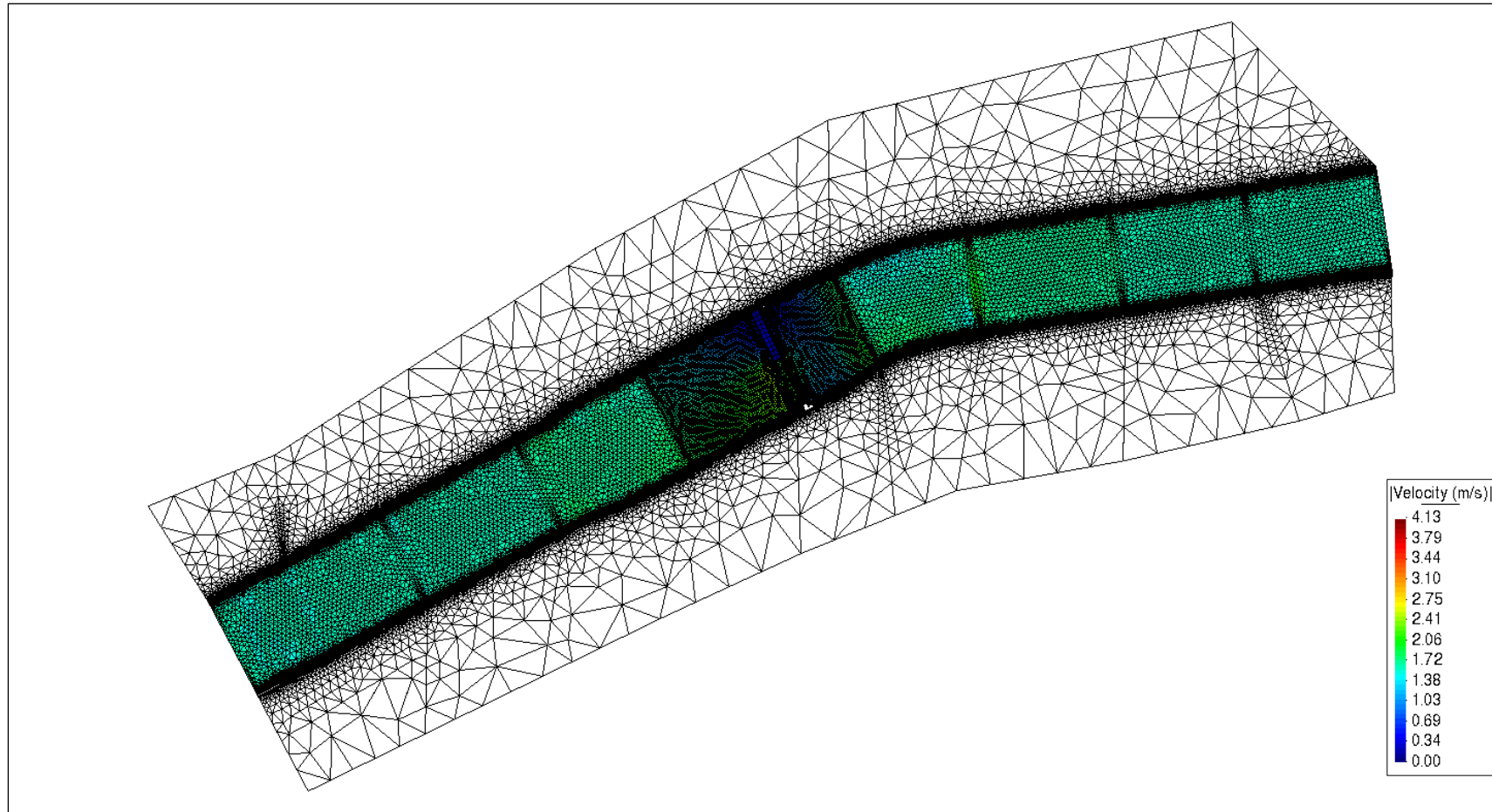
Figura N° 22: Resultados de los calados aguas arriba y aguas debajo de la bocatoma Chicamita



Fuente: Elaboración Propia

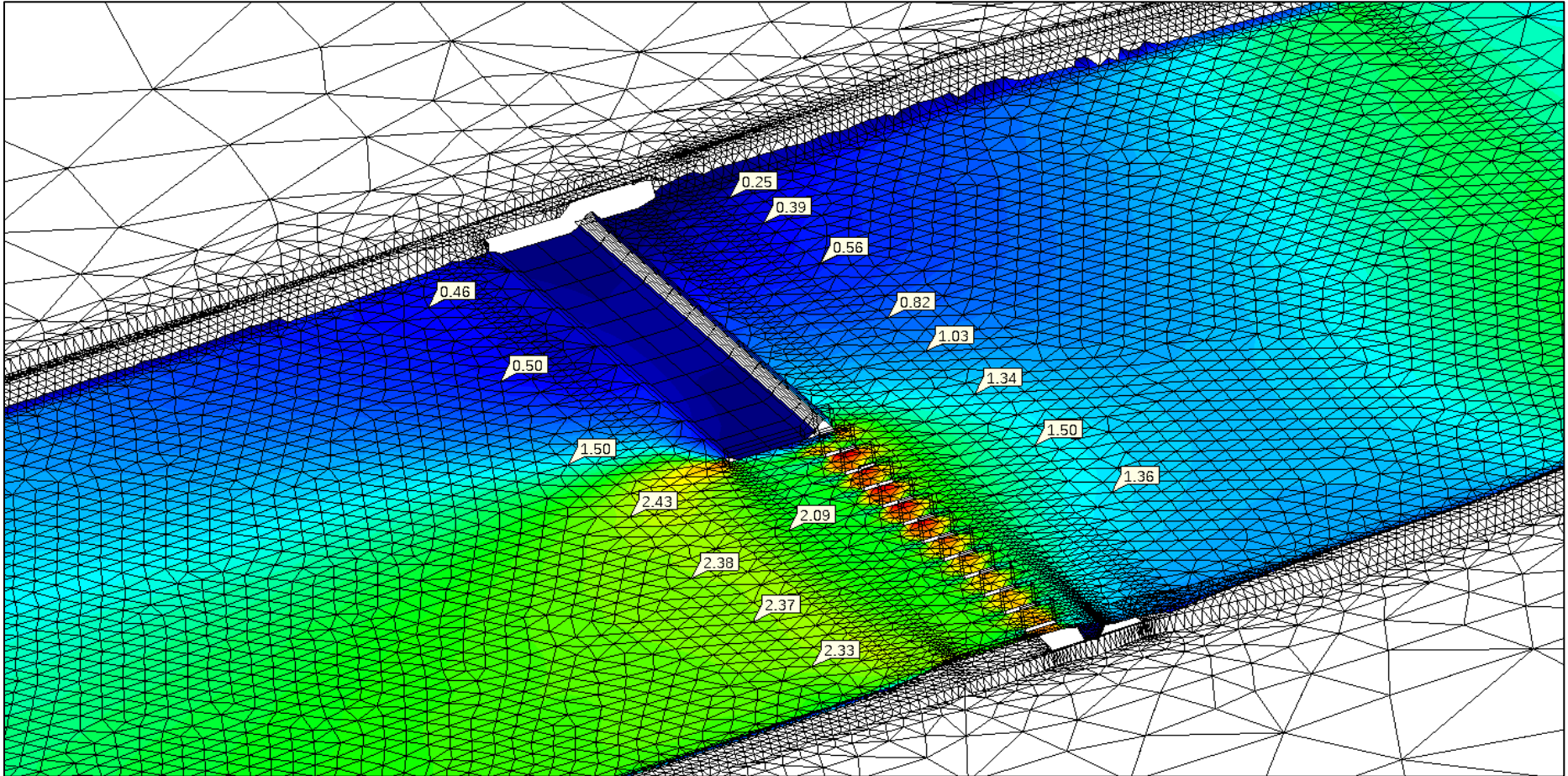
4.7.2.2. Resultados de velocidad $Q_{prom} = 250 \text{ m}^3/\text{s}$

Figura N° 23: Mapa de velocidad del tramo de estudio



Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 24: Resultados de las velocidades aguas arriba y aguas debajo de la bocatoma Chicamita

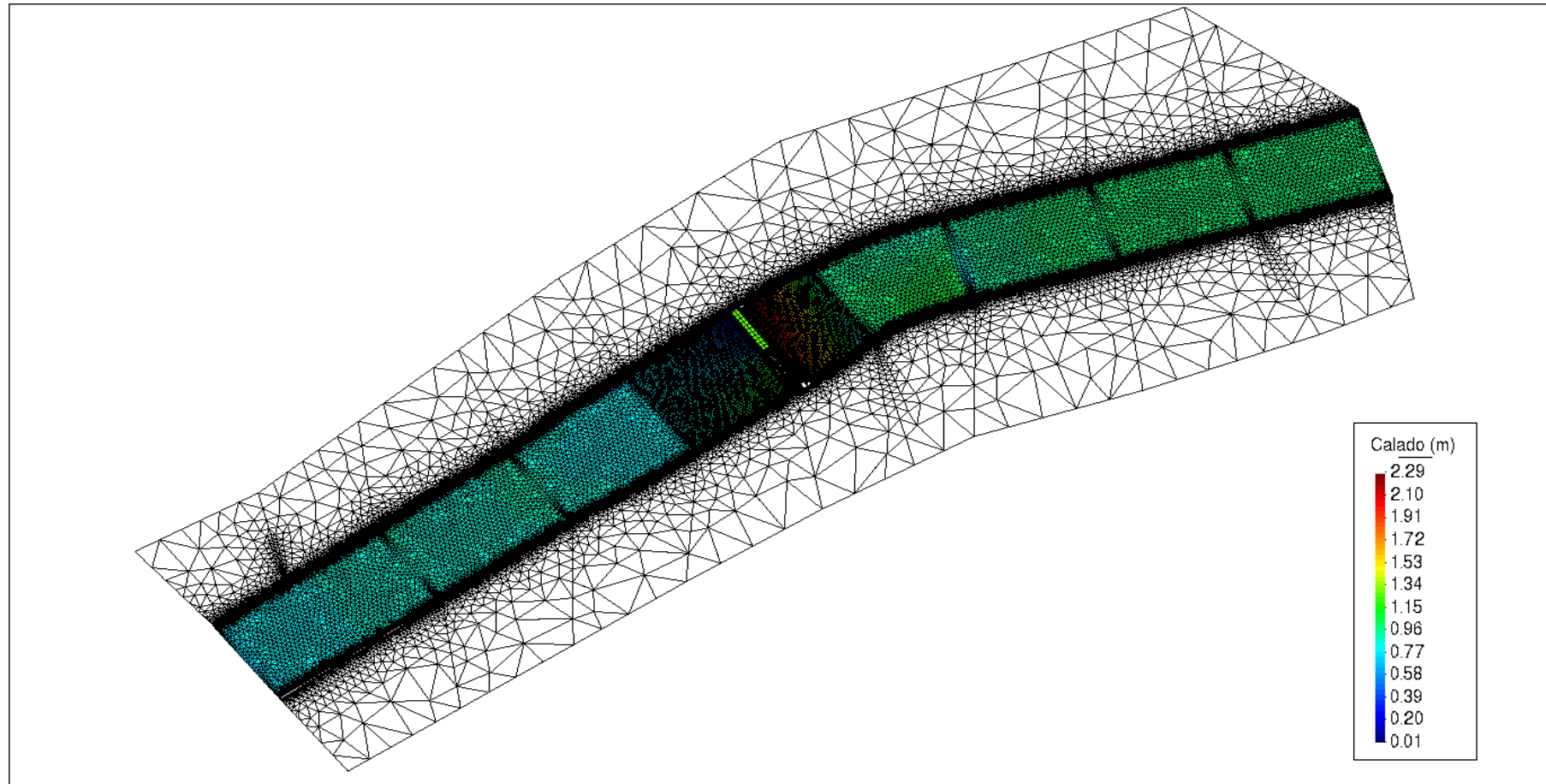


Fuente: Elaboración Propia

4.7.3. Modelamiento Hidráulico con Caudales máximos recurrente

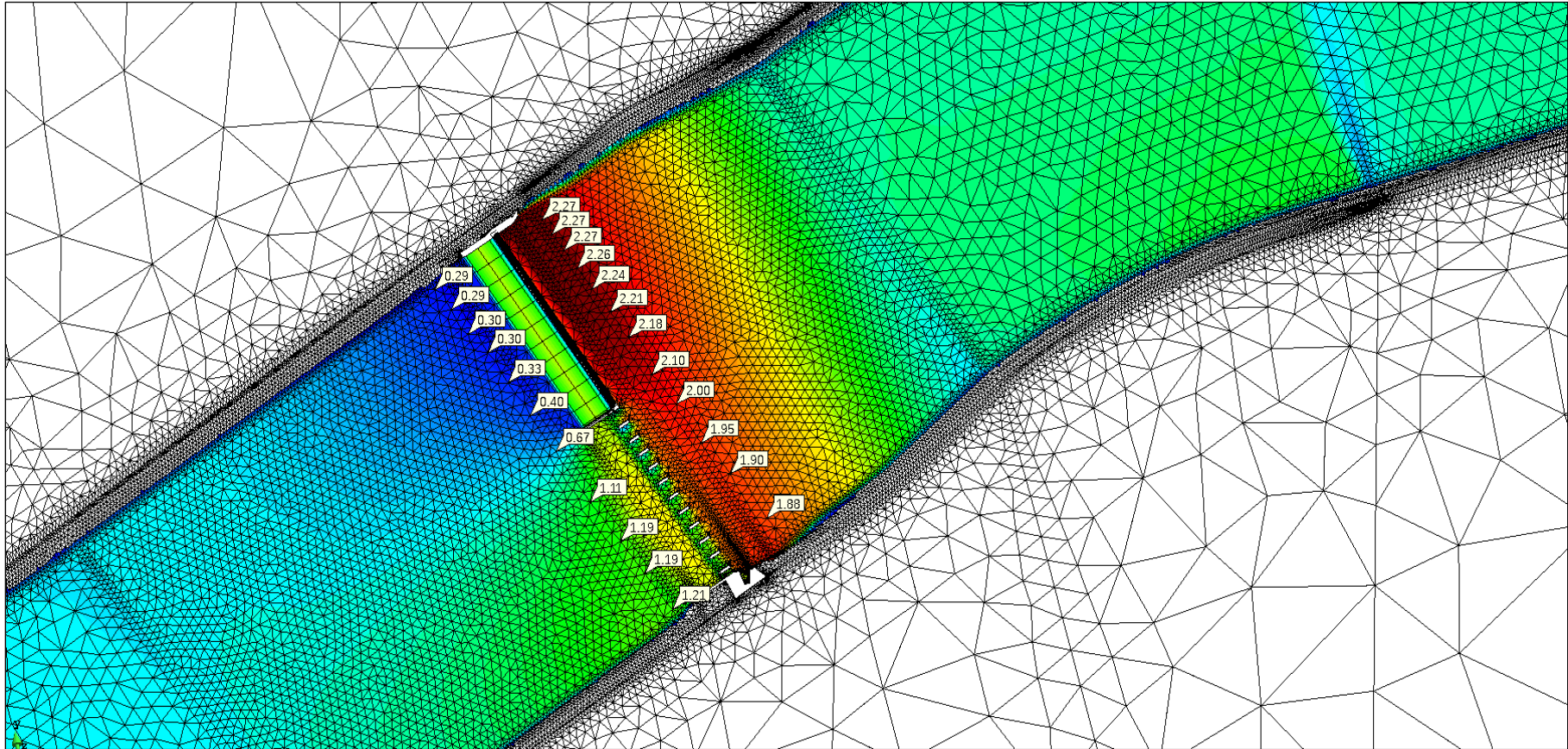
4.7.3.1. Resultados de calado con Caudal de 400 m³/s

Figura N° 25: Mapa de calado del tramo de estudio



Fuente: Elaboración Propia

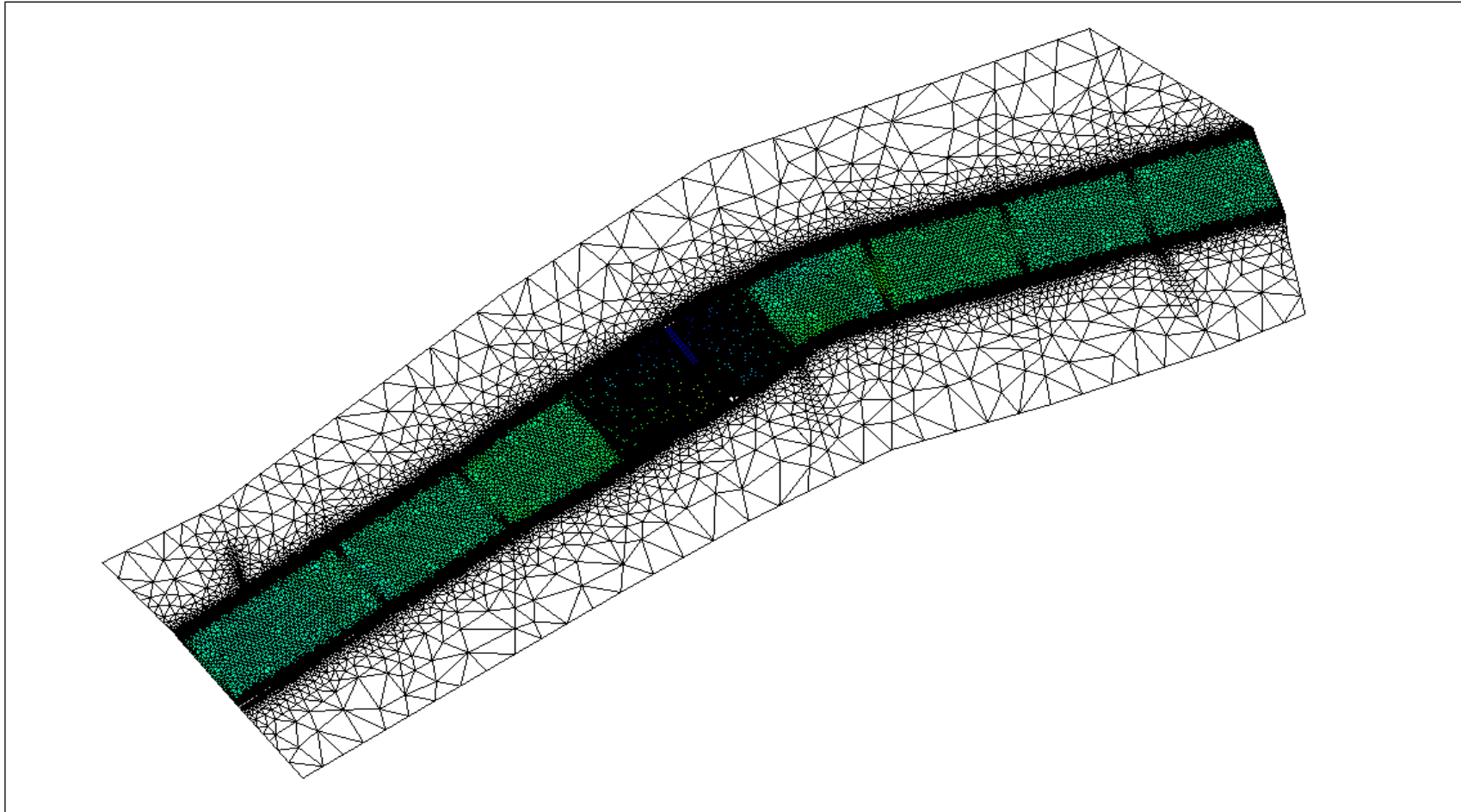
Figura N° 26: Resultados de los calados aguas arriba y aguas debajo de la bocatoma Chicamita



Fuente: Elaboración Propia

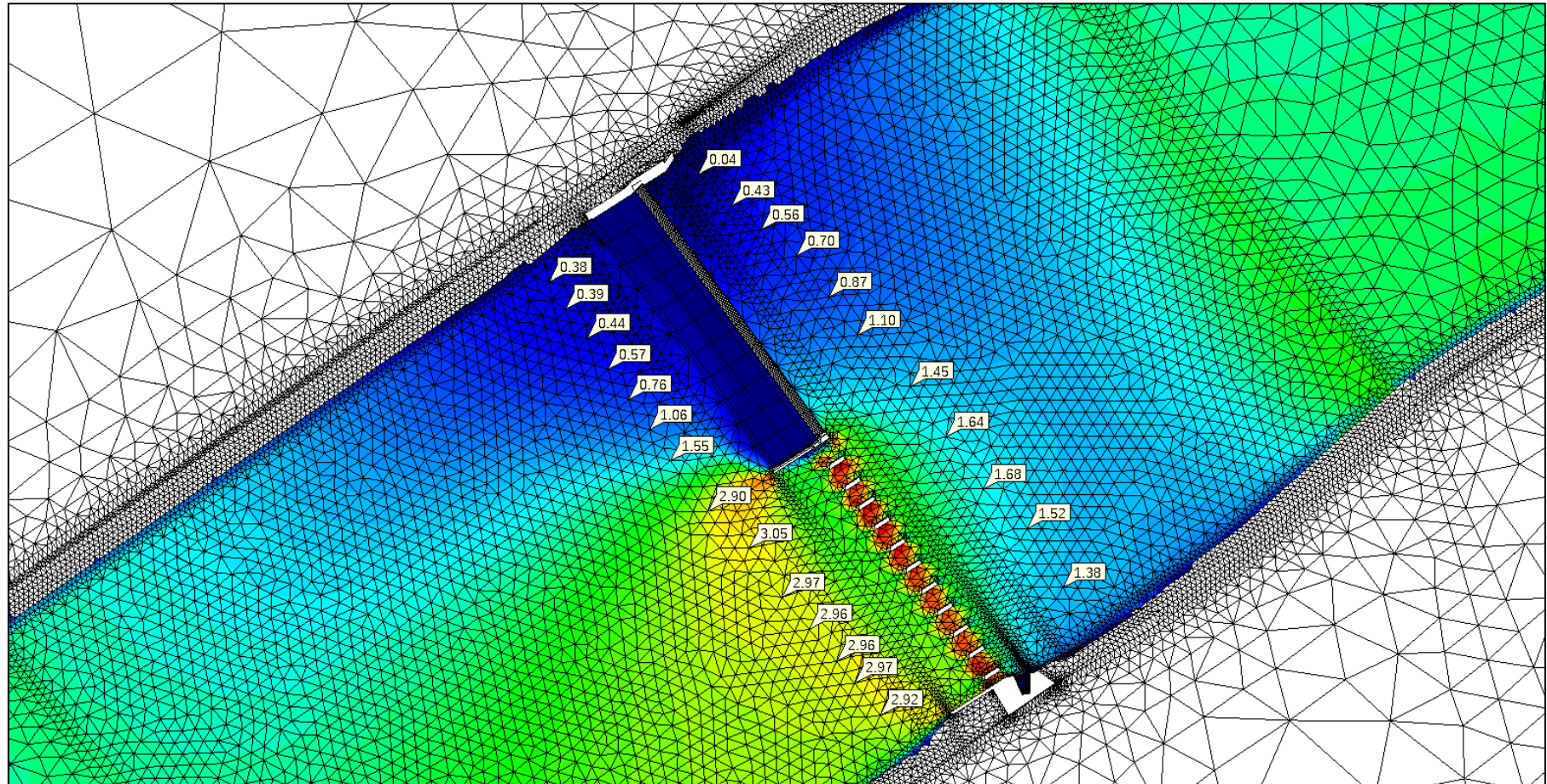
4.7.3.2. Resultados de velocidad con Caudal de 400 m³/s

Figura N° 27: Mapa de velocidad del tramo de estudio



Fuente: Elaboración Propia

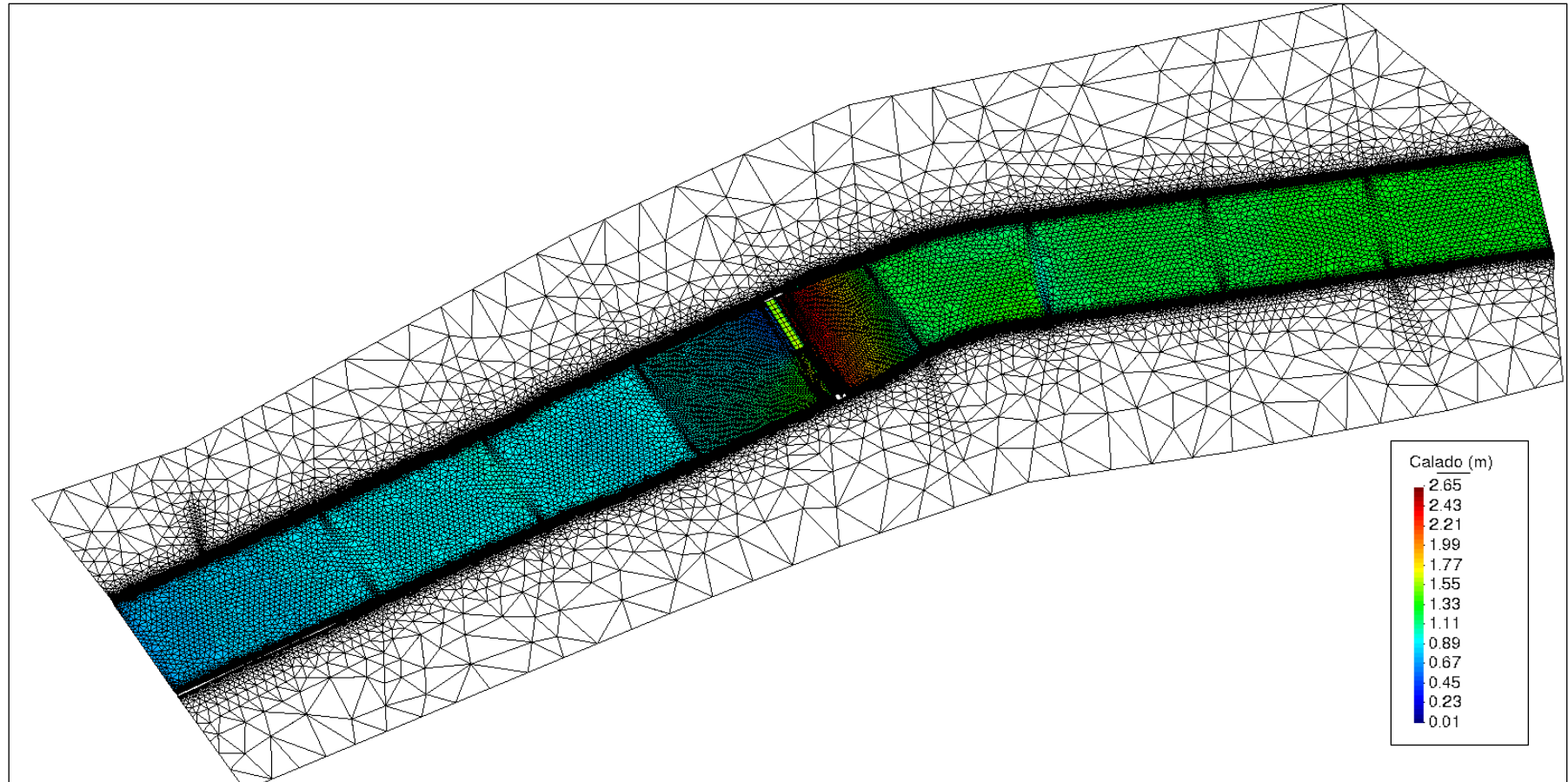
Figura N° 28: Resultados de velocidades aguas arriba y aguas debajo de la bocatoma Chicamita



Fuente: Elaboración Propia

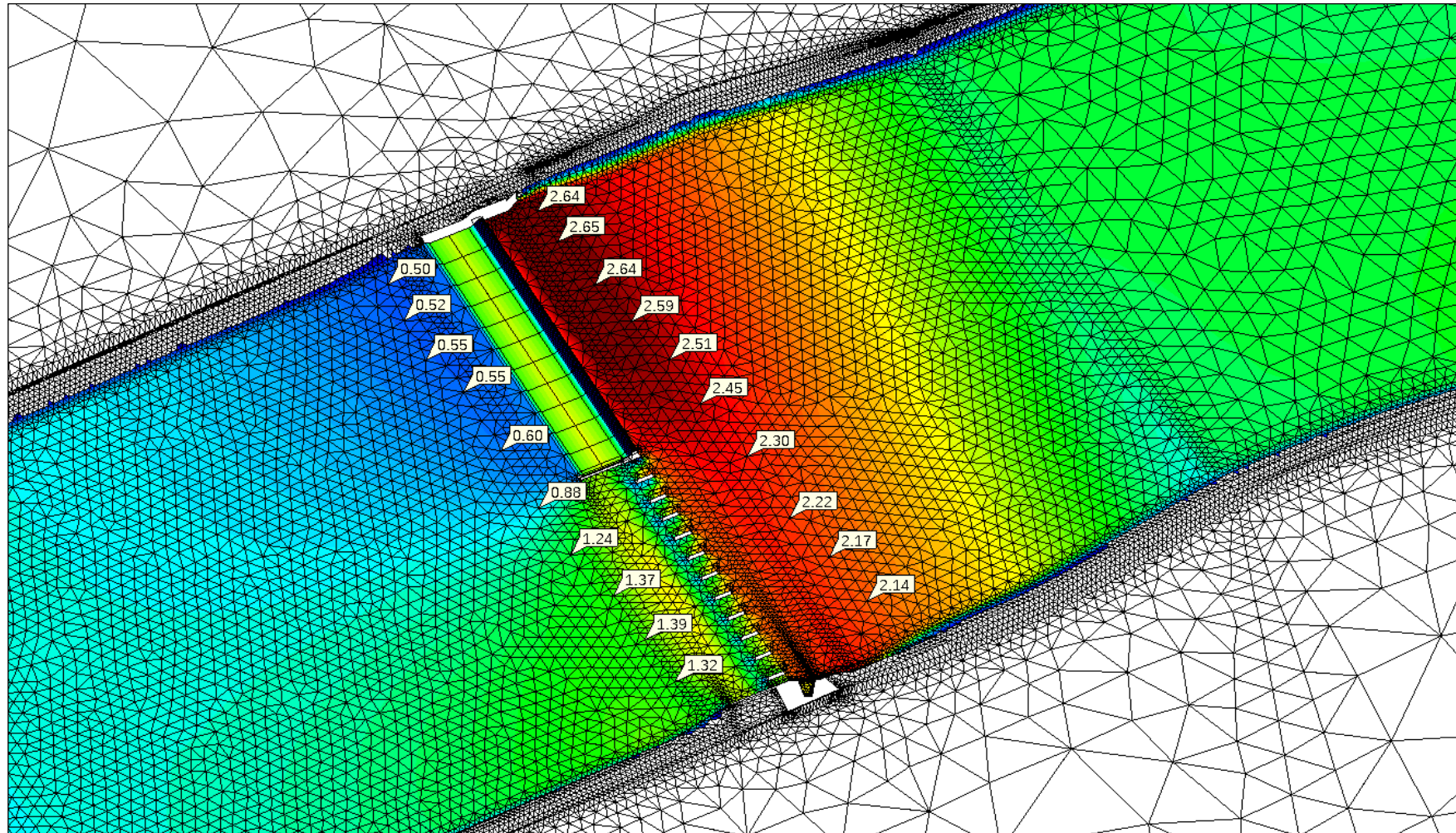
4.7.3.3. Resultados del calado con Caudal de 600 m³/s

Figura N° 29: Mapa de calado del tramo de estudio



Fuente: Elaboración Propia

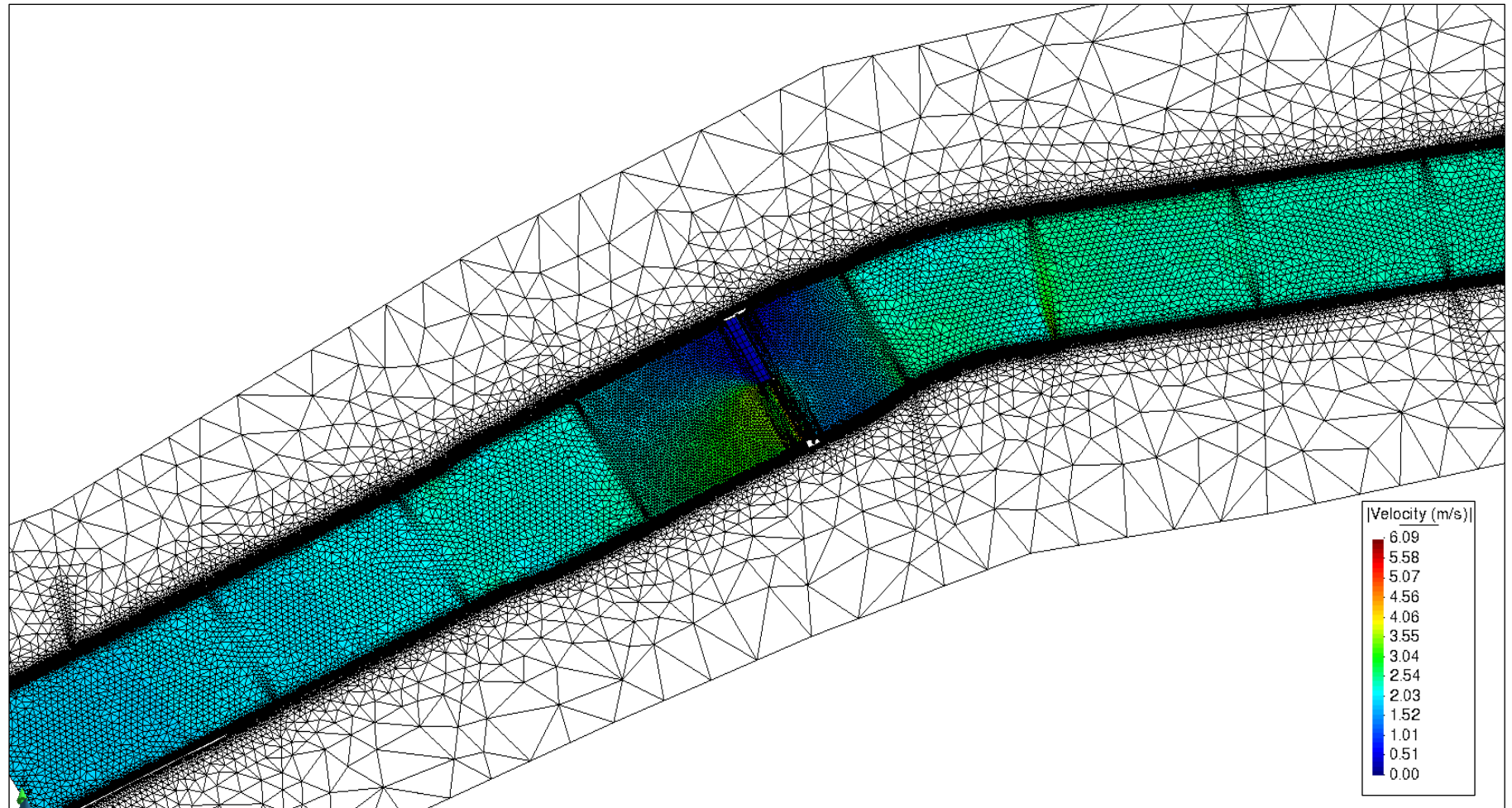
Figura N° 30: Resultados de los calados aguas arriba y aguas debajo de la bocatoma Chicamita



Fuente: Elaboración Propia

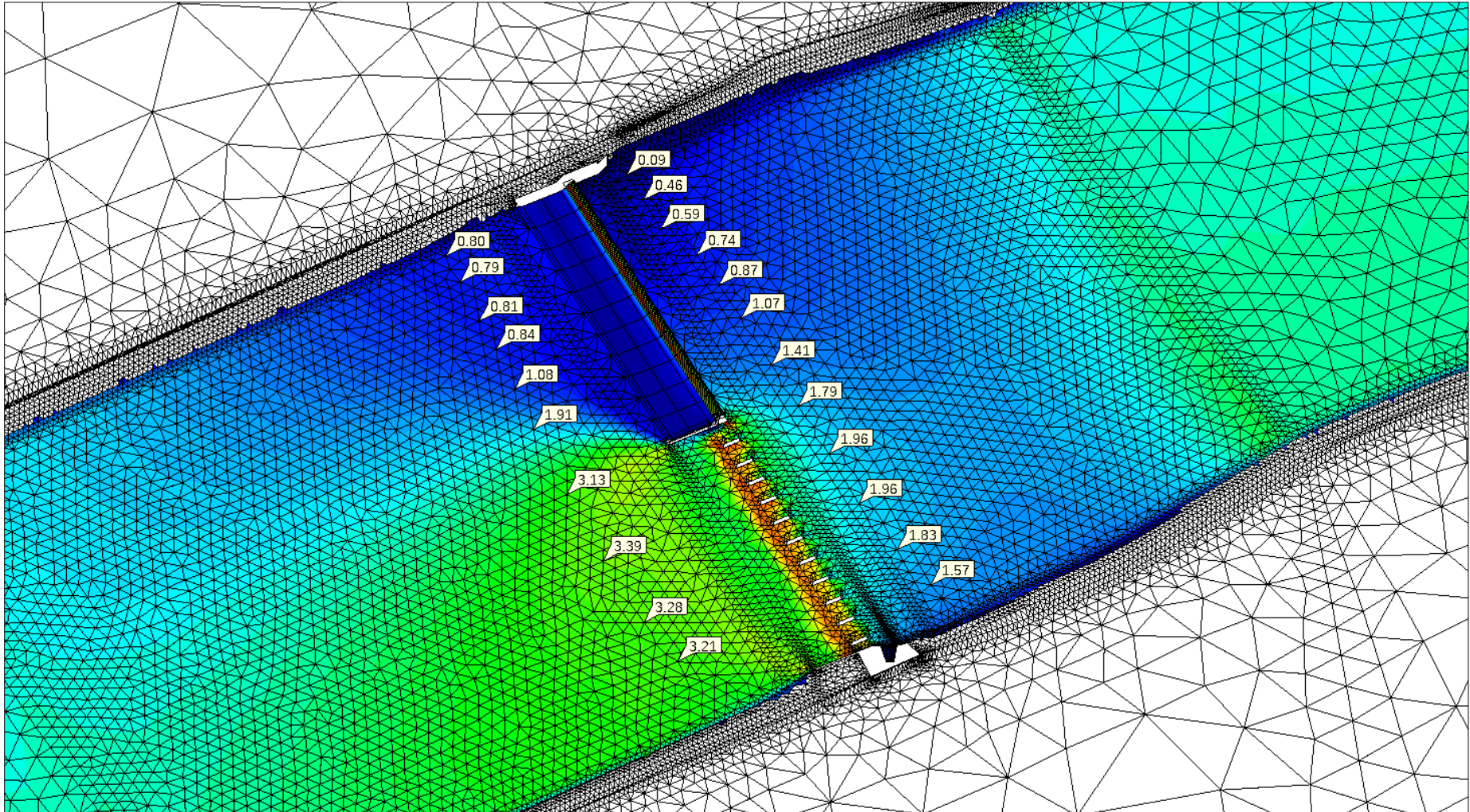
1.1.1.1. Resultados de velocidades con Caudal de 600 m³/s

Figura N° 31: Mapa de velocidades del tramo de estudio



Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 32: Resultados de velocidades aguas arriba y aguas debajo de la bocatoma Chicamita



Fuente: Elaboración Propia

Con el nuevo diseño de la bocatoma Chicamita se demostró que el cauce se estabiliza debido a que las velocidades a la salida de la bocatoma de la poza disipadora son bajas tanto para un caudal promedio ($Q_p = 250 \text{ m}^3/\text{s}$) incluso para caudales máximo recurrentes como $400 \text{ m}^3/\text{s}$. Al no tener velocidades bajas, no habrá mucha socavación por ende el cauce se mantendrá estable.

CONCLUSIONES

Como primera conclusión acerca del estudio topográfico realizado en nuestro tramo de investigación es que el río Chicama es un río trezado en el cual se abren varios brazos, además de que tiene moderada irregularidad en cuanto al terreno por ello se obtuvo 4 pendientes (0.58 %, 0.73%, 0.84%, 0.59%) a lo largo del trazo del eje principal del cauce del río Chicama (2.58 km), teniendo en cuenta el criterio que no se generen movimientos de tierra (corte y relleno) considerables.

Del tramo de la investigación se llegó a la conclusión que sólo se puede diseñar la bocatoma Chicamita esto debido a la poca distancia (200m) que hay con la bocatoma Chiclin ya que el remanso que produciría el barraje fijo de esta bocatoma aguas arriba afectaría a la bocatoma Chicamita. Para el diseño de ambas estructuras (bocatoma Chicamita y bocatoma Chiclin) la distancia mínima de separación que debería haber es de 1 km.

En cuanto al estudio hidrológico se pudo obtener un caudal de diseño de 1400 m³/s para un periodo de retorno de 100 años, este caudal nos permitió diseñar las dimensiones del barraje móvil y fijo de la bocatoma.

Las dimensiones que se obtuvo del diseño de la bocatoma Chicamita fueron: la longitud del barraje fijo de 200m, la altura del barraje fijo de 2.10 m, la longitud del barraje móvil 18m, longitud de la poza disipadora de 15m, ancho de las 2 compuertas del barraje móvil de 5m cada una, ancho de la compuerta del canal de limpia de 3m, altura de los muros de encauzamiento de 4.96m. Con este diseño propuesto, no se logró estabilizar el cauce del río Chicama, esto debido a que la longitud del barraje fijo era demasiado grande (200m) pasando por esta estructura la mayoría del caudal causando velocidades demasiadas altas a la salida de la poza disipadora dando lugar a la socavación.

Se realizó un nuevo de diseño de la bocatoma Chicamita cuyas dimensiones fueron: longitud del barraje fijo de 100m y longitud de barraje móvil de 100m, con este diseño se demostró que el cauce se estabiliza debido a que las velocidades a la salida de la bocatoma de la poza disipadora son bajas tanto para un caudal promedio ($Q_p = 250 \text{ m}^3/\text{s}$) incluso para caudales máximo recurrentes como $400 \text{ m}^3/\text{s}$. Al no tener velocidades bajas, no habrá mucha socavación por ende el cauce se mantendrá estable .

RECOMENDACIONES

Se recomienda que para el diseño de bocatomas en ríos cuyos anchos estables sean considerables, no se tome en cuenta la proporción Ancho barraje fijo = 1/10 barraje móvil, debido a que esta fórmula se adapta mejor para ríos cuyos anchos estables sean pequeños o regulares.

Se recomienda que para diseñar una bocatoma se realice un modelamiento hidráulico, para constatar si las dimensiones calculadas son las adecuadas para los diferentes caudales que puedan llegar a pasar por la estructura.

Se recomienda que la distancia de separación entre bocatomas tenga por lo menos 1 Km, para evitar los efectos de las curvas de remanso que puedan causar aguas arriba de los barrajes de dichas estructuras.

Se recomienda que para estabilizar el cauce de los ríos se diseñen bocatomas que no causen velocidades altas aguas abajo de la poza disipadora con el fin de evitar socavación.

BIBLIOGRAFÍA

(MTC), M. D. T. Y. C. (2015). MANUAL DE HIDROLOGÍA, HIDRÁULICA Y DRENAJE. <https://doi.org/10.1038/embor.2012.128>

AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA (ANA). (2010). CRITERIOS DE DISEÑO DE OBRAS HIDRÁULICAS. Recuperado de http://www.ana.gob.pe/media/389716/manual-diseños-1.pdf?fbclid=IwAR3SRs91fBbuUi7EjKWn1xr6nMSpa5VUSF_JK1FnuaB7aQ3CD6FrYRIteYs

Chow, ven te. (1994). Hidraulica de canales abiertos (Ven Te Chow).pdf (1° Edición; M. E. Suárez, ed.). Santa Fé de Bogota, Colombai.

MANZEN, A. (2003). DISEÑO DE BOCATOMAS. Curso HH-413-Irrigación.

Marisa Rosana Ferreira. (2017). Aplicaciones Topográficas de los Drones. Recuperado de: [http://www.bibliotecacpa.org.ar/greenstone/collect/otragr/index/assoc/HASH0159/314a3cb,8\(1\)](http://www.bibliotecacpa.org.ar/greenstone/collect/otragr/index/assoc/HASH0159/314a3cb,8(1)).

MAZA ALVAREZ, J. (1998). Estabilidad de Cauces, 1° edición, UNAM México D.F.

MAZA ALVAREZ, J. (1998b). MORFOLOGIA DE RÍOS. pag 50. 1° edición, UNAM México D.F.

Raquel Pachas L. (2009). El levantamiento topográfico: Uso del GPS y Estación Total. Academia Recuperado de <http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/30397/1/articulo3.pdf>

ROCHA, A. (1998). INTRODUCCIÓN A LA HIDRÁULICA FLUVIAL, 1° edición, UNI

ROCHA, A. (2003). La Bocatoma, Clave Un Proyecto De Aprovechamiento Hidráulico. Revista Ingeniería Civil. Recuperado de http://www.imefen.uni.edu.pe/Temas_interes/ROCHA/La_bocatoma.PDF

TERÁN, R. (1998). DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE DEFENSAS RIBEREÑAS (Primera Ed). LIMA.

VIDE, J. M. (2002). Ingeniería de Ríos (UPC). BARCELONA.

Villón, M. (2007a). Hidráulica de Canales (2° Edición; Villon, ed.). LIMA.

Villón, M. (2007b). Hidrología Estadística (1° Edición; Villón, ed.). Lima.

ANEXOS

Figura N° 33: Realizando el levantamiento topográfico con estación



Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 34: Realizando el levantamiento topográfico con estación



Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 35: Realizando levantamiento topográfico con Drone



Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 36: Bocatoma Chicamita



Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 37: Canal de aproximación para la bocatoma Chicamita



Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 38: Bocatoma Chiclin



Fuente: Elaboración Propia