

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

EVOLUCIÓN DE LA MORFOLOGÍA DEL CAUCE DEL RÍO VIRÚ POR EFECTOS DE AVENIDAS Y CAUDAL DOMINANTE, TRAMO PUENTE VIRÚ Y BOCATOMA MOCHÁN, PROVINCIA VIRÚ- DEPARTAMENTO LA LIBERTAD

Línea de Investigación:

Hidráulica

Autor (es):

Br. Alfaro Layza, Edwin Luis

Br. White Álvarez, Martín Patrizio

Asesor:

Ing. García Rivera, Juan Pablo

TRUJILLO – PERÚ

2019

Fecha de Sustentación: 2019/12/07

“EVOLUCIÓN DE LA MORFOLOGÍA DEL CAUCE DEL RÍO VIRÚ POR EFECTOS DE AVENIDAS Y CAUDAL DOMINANTE, TRAMO PUENTE VIRÚ Y BOCATOMA MOCHÁN, PROVINCIA VIRÚ- DEPARTAMENTO LA LIBERTAD”

AUTOR (ES):

Br. Alfaro Layza, Edwin Luis

Br. White Álvarez, Martín Patrizio

APROBADO POR:

ING. RICARDO ANDRES NARVAEZ ARANDA
PRESIDENTE
CIP:58776

ING. JOSE LUIS SERRANO HERNANDEZ
SECRETARIO
CIP: 54464

ING. WILLIAM CONRAD GALICIA GUARNIZ
VOCAL
CIP: 96091

ING. JUAN PABLO GARCÍA RIVERA
ASESOR
CIP: 68614

DEDICATORIA

Dedico esta tesis principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mis padres por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad; la mayoría de mis logros se los debo a ustedes entre los que se incluye este. Me formaron con reglas y me motivaron constantemente alcanzar mis metas.

A mis hermanos por su cariño y su apoyo incondicional durante todo este proceso.

A mis amigos que me brindaron su apoyo durante la realización de la tesis.

Bach. Alfaro Layza, Edwin Luis

DEDICATORIA

Dedico esta investigación a mi familia por darme su apoyo incondicional, el cual fue clave en mi desarrollo tanto a nivel académico como personal. Por depositar su confianza en mí a pesar de las adversidades y brindarme su cariño y tiempo a diario para compartir mis experiencias sobre esta etapa de mi vida. Por apoyar mi decisión sobre esta carrera y permitirme acceder a mejores oportunidades. Los llevo en mi corazón y lo seguiré haciendo hasta donde la vida me lo permita.

Al ingeniero Juan Pablo por estos años de enseñanza que me brindó en la universidad, que más que un docente se convirtió en un amigo y despertó mi interés por la rama de hidráulica fluvial.

Finalmente, a aquellos amigos y docentes que alentaron mi esfuerzo durante estos años y aportaron con un poco de su sabiduría y buenos consejos.

Bach, White Álvarez, Martín Patrizio

AGRADECIMIENTO

A Dios por haberme acompañado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizajes , experiencias y momentos de felicidad.

A mis padres por apoyarme en todo momento, por los valores que me han inculcado, y por haberme dado la oportunidad de tener una educación en el transcurso de mi vida. Sobre todo por ser un excelente ejemplo de vida a seguir.

A mis hermanos por ser parte importante de mi vida y representar la unidad familiar.

A mis amigos quienes estuvieron conmigo en las buenas y en las malas a lo largo de estos 5 años.

Finalmente un agradecimiento especial al ingeniero Juan Pablo García Rivera por su apoyo, asesoramiento y tiempo brindado al desarrollo de la tesis.

Bach. Alfaro Layza, Edwin Luis

AGRADECIMIENTO

A Dios por haberme acompañado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizajes , experiencias y momentos de felicidad.

A mis padres por apoyarme en todo momento, por los valores que me han inculcado, y por haberme dado la oportunidad de tener una educación en el transcurso de mi vida. Sobre todo por ser un excelente ejemplo de vida a seguir.

A mis hermanos por ser parte importante de mi vida y representar la unidad familiar.

A mis amigos quienes estuvieron conmigo en las buenas y en las malas a lo largo de estos 5 años.

Finalmente un agradecimiento especial al ingeniero Juan Pablo García Rivera por su apoyo, asesoramiento y tiempo brindado al desarrollo de la tesis.

Bach. White Álvarez, Martín Patrizio

RESUMEN

La presente tesis tiene como objetivo determinar la evolución de la morfología del cauce (ancho, pendiente y profundidad) del río Virú por efectos de avenidas y caudal dominante, cuyo tramo de estudio comprende desde el puente Virú hasta la bocatoma Mochán ubicada en la localidad de Santa Elena, para ello se realizó un estudio topográfico del tramo de estudio mediante estación total y Drone, obteniendo como resultado una pendiente de 0.46%. Se analizó el registro de caudales del río Virú desde 1950 al 2018 proporcionados por la Sub - Gerencia de Operación y Mantenimiento del Proyecto Especial CHAVIMOCHIC, con este registro de caudales se calculó el caudal de máxima avenida, el cual fue de 359.64 m³/s \approx 360 m³/s para un período de retorno de 170 años, así mismo se calculó el caudal dominante a partir de 3 métodos: método estadístico (periodo de retorno de 1.4 a 10 años), cuyos caudales para periodos de retorno de 1.4, 3, 7 y 10 años fueron de 24 m³/s, 52 m³/s, 94 m³/s y 110 m³/s respectivamente; método geométrico (caudal que llena el cauce) y el método morfológico (mayor transporte de sedimentos de fondo), obteniendo como resultado un caudal dominante de 94 m³/s. Se utilizó el software Iber 2.4.3 para simular estos caudales y calcular el tirante así como la velocidad.

Para el estudio de transporte de sedimentos se elaboró mallas de muestreo, se recolectó 6 muestras (3 muestras volumétricas y 3 muestras superficiales) en los 4 sectores en que se dividió nuestro tramo de estudio, se realizó la distribución granulométrica para hallar los D50, D90, D84, D65, D35 y D16, estos diámetros junto con las velocidades y los tirantes calculados a partir del software Iber 2.4.3 se utilizaron para estimar el transporte de sólido de fondo. Para hallar el volumen estimado de sedimentación se consideró solo los sectores aguas arriba de la bocatoma, puesto que son los sectores donde habrá mayor sedimentación por efecto de la retención de los sedimentos debido a la pared del barraje. Se estimó que con un caudal de máxima avenida de 360 m³/s la pendiente y la profundidad tuvieron variaciones de - 0.15% y - 0.37m respectivamente, mientras que para un caudal dominante de 94m³/s la pendiente y la profundidad tuvieron variaciones de - 0.11%, - 0.23m y respectivamente.

Como aporte adicional a nuestra tesis, se realizó un estudio de inundabilidad usando el caudal de máxima avenida de $360 \text{ m}^3/\text{s}$ en dos escenarios (con bocatoma y sin bocatoma) para el escenario sin bocatoma se obtuvo una topografía antes de la construcción de la bocatoma Mochán (Diciembre 2017), la cual fue proporcionada por la Junta de Usuarios del valle Virú mientras que para el escenario con bocatoma se realizó una topografía después de la construcción de la bocatoma Mochán, la cual se consideró 2.4 km de largo del cauce del río (1.7 km aguas arriba y 0.7 km aguas abajo de la bocatoma Mochán) y 400 metros adicionales a cada margen del eje principal del cauce para identificar las planicies de inundación, permitiendo de esta manera diseñar los diques de enrocado con profundidad de uña. Para el diseño de los diques de enrocado se obtuvieron los siguientes resultados: ancho de corona de 6m, altura de dique de 5m, longitud total de los diques de 2.34 km a cada margen, diámetro de la roca en el fondo de 1.20 m y diámetro la roca en el talud de 1.00 m.

ABSTRACT

The objective of this thesis is to determine the evolution of the morphology of the channel (width, slope and depth) of the Virú river due to avenues and dominant flow, whose section of study includes from the Virú bridge to the Mochán mouth located in the town of Santa Elena, for this a topographic study of the study section was carried out by means of total station and Drone, obtaining as a result a slope of 0.46%. The flow record of the Virú river from 1950 to 2018 provided by the Operation and Maintenance Sub-Department of the Special Project CHAVIMOCHIC was analyzed, with this flow record the maximum avenue flow was calculated, which was 359.64 m³/s approx 360 m³/s for a return period of 170 years, also the dominant flow was calculated from 3 methods: statistical method (return period of 1.4 to 10 years), whose flow rates for return periods of 1.4, 3, 7 and 10 years were 24 m³/s, 52 m³/s, 94 m³/s and 110 m³/s respectively; geometric method (flow that fills the channel) and the morphological method (greater background sediment transport), resulting in a dominant flow of 94 m³/s. The Iber 2.4.3 software was used to simulate these flows and calculate the tension as well as the speed.

For the sediment transport study, sampling meshes were prepared, 6 samples (3 volumetric samples and 3 surface samples) were collected in the 4 sectors in which our study section was divided, the granulometric distribution was performed to find the D50, D90, D84, D65, D35 and D16, these diameters together with the speeds and the braces calculated from the Iber 2.4.3 software were used to estimate the transport of solid bottom. In order to find the estimated volume of sedimentation, only the sectors upstream of the bocatoma were considered, since they are the sectors where there will be more sedimentation due to the sediment retention due to the barrage wall. It was estimated that with a maximum avenue flow of 360 m³/s the slope, the depth and the background width had variations of - 0.15%, - 0.37m and respectively, while for a dominant flow of 94m³/s the slope, the depth and background width had variations of - 0.11%, - 0.23m and respectively.

As an additional contribution to our thesis, a flood study was carried out using the maximum avenue flow of $360 \text{ m}^3/\text{s}$ in two scenarios (with mouth and without mouth) for the stage without mouth a topography was obtained before the construction of the mouth Mochán (December 2017), which was provided by the Virú Valley Board of Users, while for the stage with bocatoma a topography was made after the construction of the Mochán bocatoma, which was considered 2.4 km long of the riverbed (1.7 km upstream and 0.7 km downstream from the Mochán hydromassage) and an additional 400 meters on each margin of the main channel of the riverbed to identify flood plains, thus allowing the design of rock-shaped dikes with nail depth. The following results were obtained for the design of the castings, the crown width of 6m, the height of the dam 5m, the total length of the levees of 2.34 km at each margin, the diameter of the rock at the bottom of 1.20 m and the diameter of the rock in the slope of 1.00 m.

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: EVOLUCIÓN DE LA MORFOLOGÍA DEL CAUCE DEL RÍO VIRÚ POR EFECTOS DE AVENIDAS Y CAUDAL DOMINANTE, TRAMO PUENTE VIRÚ Y BOCATOMA MOCHÁN, PROVINCIA VIRÚ-DEPARTAMENTO LA LIBERTAD

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
RESUMEN.....	vi
ABSTRACT	viii
PRESENTACIÓN	x
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Problema de Investigación.....	1
a. Descripción de la Realidad Problemática	1
b. Formulación del problema.....	5
1.2. Objetivos.....	5
1.2.1. Objetivo General	5
1.2.2. Objetivos Específicos.....	5
1.3. Justificación del Estudio.....	5
II. MARCO DE REFERENCIA	6
2.1. Antecedentes del Estudio	6
2.1.1. A Nivel Internacional	6
2.1.2. A Nivel Nacional	6
2.1.3. A nivel Local	7
2.2. MARCO TEÓRICO	8
2.2.1. Modelo Digital de Elevación (DEM).....	8
2.2.1.1. Levantamiento Topográfico	8
2.2.1.1.1. Herramientas	8
2.2.1.1.2. Etapas	9
2.2.1.2. Procesamientos de Datos y Generación del DEM	13
2.2.1.2.1. Softwares.....	13
2.2.1.2.2. Etapas	13
2.2.2. Estudio Hidrológico	15
2.2.2.1. Curva de Caudales Clasificados.....	15
2.2.2.2. Avenidas y aguas altas.....	15
2.2.2.3. Caudal Dominante.....	16
2.2.2.3.1. Metodologías de Cálculo.....	16
2.2.2.4. Análisis Estadísticos de Datos Hidrológicos	18
2.2.2.4.1. Análisis de Consistencia	18

2.2.2.4.2. Parámetro Estadísticos	19
2.2.2.4.3. Período de Retorno.....	20
2.2.2.4.4. Intervalo de confianza.....	22
2.2.2.4.5. Modelo de Distribución.....	22
2.2.2.4.6. Pruebas de Bondad de Ajuste.....	38
2.2.3. Hidráulica Fluvial	43
2.2.3.1. Morfología de un río	43
2.2.3.1.1. Perfil Longitudinal	44
2.2.3.1.2. Estado de Equilibrio	45
2.2.3.1.3. Llanuras de Inundación.....	45
2.2.3.2. Clasificación de los ríos.....	46
2.2.3.2.1. Por su edad	46
2.2.3.2.2. Por su Morfología.....	46
2.2.3.2.3. Por su Pendiente	47
2.2.3.4. Inundación.....	47
2.2.3.4.1. Tipos.....	47
2.2.3.5. Tipos de Flujos	48
2.2.3.5.1. Criterio tiempo	48
2.2.3.5.2. Criterio Espacio.....	48
2.2.3.5.3. Criterio de Viscosidad	49
2.2.3.5.4. Criterio de N° Froude (Fr)	50
2.2.3.5.5. Criterio velocidad	51
2.2.4. Transporte de Sedimentos.....	51
2.2.4.1. Propiedades de los Sedimentos	51
2.2.4.1.1. Tamaño	51
2.2.4.1.2. Forma	56
2.2.4.1.3. Densidad y Peso Específico.....	57
2.2.4.1.4. Velocidad de Caída.....	59
2.2.4.2. Inicio del Movimiento o Movimiento Incipiente de las Partículas de Fondo en la Corriente.....	60
2.2.4.2.1. En Función al Esfuerzo Cortante Crítico para el Material	61
2.2.4.2.2. En Función a la Velocidad Crítica para el Material	68
2.2.4.3. Muestreo para Sedimentos de Fondo.....	69
2.2.4.3.1. Muestreo Superficial	69
2.2.4.3.2. Muestreo Volumétrico	72
2.2.4.3.3. Selección del Método de Muestreo	73
2.2.4.4. Análisis Granulométrico.....	74
2.2.4.4.1. A Partir de Muestras Superficiales	74

2.2.4.4.2. A Partir de Muestras Volumétricas	75
2.2.4.5. Mecanismos de Transporte de Sedimentos.....	75
2.2.4.5.1. Formas de Fondo.....	75
2.2.4.5.2. Clasificación del Transporte de Sedimentos	77
2.2.4.5.3. Coeficiente de Rugosidad de Manning.....	78
2.2.4.6. Estimación del Transporte de Sedimento de Fondo	80
2.4.4.6.1. Fórmula de Meyer -Peter y Muller	80
2.4.4.6.2. Fórmula Parker	81
2.2.5. Diseño de Enrocado de Protección.....	83
2.2.5.1. Ancho Estable	83
2.2.5.1.1. Método de Altunin – Manning.....	83
2.2.5.1.2. Método de Blench	84
2.2.5.1.3. Método de Simons y Henderson	85
2.2.5.1.4. Método de Pettit.....	85
2.2.5.1.5. Recomendación Práctica	85
2.2.5.2. Tirante de Máxima de Avenida	86
2.2.5.3. Altura de encauzamiento (H)	86
2.2.5.4. Ancho de Corona	87
2.2.5.5. Profundidad de Socavación.....	87
2.2.5.5.1. Método de Lischtvan – Levediev	87
2.2.5.6. Profundidad de Uña.....	88
2.2.5.7. Dimensionamiento del Enrocado.....	88
2.2.5.7.1. Para el fondo del río.....	88
2.2.5.7.2. Para el talud.....	90
2.2.5.8. Estabilidad del Revestimiento del enrocado en el fondo.....	93
2.2.5.9. Estabilidad del Revestimiento del enrocado en el talud	94
2.2.5.10. Diseño del Filtro	95
2.2.6. Bocatoma	95
2.2.6.1. Tipos de Bocatoma.....	95
2.2.6.1.1. Toma Directa	95
2.2.6.1.2. Toma Directa	96
2.2.6.1.3. Toma Móvil	96
2.2.6.1.4. Toma Tirolesa o Caucásiana	96
2.2.6.2. Partes de una Bocatoma	96
2.2.6.2.1. Barraje Fijo	96
2.2.6.2.2. Colchón disipador al pie del azud	97
2.2.6.2.3. Barraje Móvil.....	97

2.2.6.2.4. Compuertas de Captación	97
2.2.6.2.5. Canal desripador.....	97
2.2.6.2.6. Canal despedrador	97
2.2.6.2.7. Muros de Encauzamiento	98
2.2.6.2.8. Diques de Encauzamiento	98
2.2.7. Software	98
2.2.7.1. Generación del Modelo Digital de Elevación (DEM)	98
2.2.7.1.1. AutoCAD Civil 3d 2019	98
2.2.7.1.2. Agisoft Photoscan	98
2.2.7.1.3. ArcGIS 10.2.2	99
2.2.7.2. Estudio Hidrológico.....	99
2.2.7.2.1. Aplicación del Hidroesta 2.....	99
2.2.7.3. Modelamiento Hidráulico	100
2.2.7.3.1. Iber 2.4.3.....	100
2.3. Marco Conceptual.....	107
2.4. Hipótesis.....	108
2.4.1. General.....	108
2.5. Variables.....	108
2.5.1. Variable Independiente	108
2.5.2. Variable Dependiente	108
2.6. Operacionalización de Variables.....	109
III. METODOLOGÍA EMPLEADA	111
3.1. Tipo y Nivel de Investigación	111
3.1.1. Tipo de Investigación	111
3.1.2. Nivel de Investigación	111
3.2. Población y Muestra de Estudio.....	111
3.2.1. Población.....	111
3.2.2. Muestra.....	111
3.3. Diseño de Investigación	111
3.4. Técnicas e instrumentos de Recolección de Datos	111
3.4.1. Identificación del lugar y Entrevistas	111
3.4.2. Modelo Digital de Elevación (DEM).....	111
3.4.3. Estudio Hidrológico	112
3.4.4. Estudio de Sedimentos de Fondo	112
3.5. Procesamiento y Análisis de datos	112
3.5.1. Modelo Digital de Elevación (DEM).....	112
3.5.1.1. Microsoft Excel 2019	113

3.5.1.2. AutoCAD Civil 3d 2019.....	113
3.5.1.3. ArcGis 10.2.2.....	113
3.5.2. Estudio de Hidrología.....	113
3.5.3. Estudio de Sedimentos de Fondo	114
3.5.4. Modelamiento Hidráulico.....	114
3.5.4.1. Pre-Proceso	114
3.5.4.2. Post-Proceso.....	115
3.5.5. Diseño del Dique de Enrocado.....	116
IV. RESULTADOS.....	116
4.1. Modelo Digital de Elevación (DEM).....	116
4.2. Estudio Hidrológico	116
4.2.1. Análisis de Consistencia	116
4.2.1.2. Análisis de doble masa.....	116
4.2.2. Análisis de los Caudales	119
4.2.3. Cálculo del Caudal de Diseño para el estudio de Inundabilidad y Diseño de enrocados.....	121
4.2.2.1. Selección del Periodo de Retorno	121
4.2.2.2. Distribuciones Estadísticas.....	122
4.2.2.3. Pruebas de Bondad de Ajuste	141
4.2.2.4. Comprobación mediante el programa Hidroesta 2.....	144
4.2.2.5. Resumen de los resultados	155
4.3. Estudio de Inundabilidad.....	157
4.3.1. Caudal de 360 m ³ /s.....	158
4.4. Diseño de Diques de Enrocado.....	192
4.4.1. Cálculo del ancho estable	192
4.4.2. Cálculo del tirante	193
4.4.3. Cálculo de la velocidad media.....	193
4.4.4. Número de Froude.....	194
4.4.5. Altura del Dique	194
4.4.6. Área del Dique	195
4.4.7. Cálculo de la Socavación.....	196
4.4.8. Cálculo de la Profundidad de Uña.....	198
4.4.9. Diseño del Revestimiento de Enrocado	198
4.4.9.1. Para el fondo.....	198
4.4.9.2. Para el talud	200
4.4.10. Filtros.....	203
4.4.10.1. Filtro del material granular	203
4.4.10.2. Filtros de Geotextil.....	203

4.5. Transporte de Sedimentos de fondo.....	206
4.5.1. Muestreo del Cauce.....	206
4.5.1.1. Muestreo Superficial.....	206
4.5.1.2. Muestreo Volumétrico.....	207
4.5.2. Análisis Granulométrico.....	208
4.5.2.1. Análisis Granulométrico para la muestra superficial.....	208
4.4.5.2. Análisis Granulométrico para la muestra volumétrica.....	209
4.5.3. Estimación del Transporte de Sedimento de fondo.....	211
4.5.3.1 Con Caudal Dominante.....	211
4.5.3.1.1. Periodo de retorno 1.4 años – Caudal 24 m ³ /s.....	211
4.5.3.1.2. Periodo de retorno 3– Caudal 52 m ³ /s.....	225
4.5.3.1.3. Periodo de retorno 7– Caudal 94 m ³ /s.....	239
4.5.3.1.4. Periodo de retorno 10– Caudal 110 m ³ /s.....	253
4.5.3.2. Con Caudal de máxima avenida de 360m ³ /s.....	270
4.5.4. Estimación del volumen de Sedimento de fondo.....	284
4.5.4.1. Caudal dominante de 94 m ³ /s.....	284
4.5.4.2. Caudal de máxima avenida de 360 m ³ /s.....	285
4.5.5. Distribución del Volumen de Sedimento de Fondo.....	287
4.5.5.1. Caudal dominante de 94 m ³ /s.....	287
4.5.5.2. Caudal de máxima Avenida de 360 m ³ /s.....	289
4.5.6. Variación de Profundidad.....	291
4.5.6.1. Con Caudal Dominante de 94 m ³ /s.....	291
4.5.6.2. Con caudal de máxima avenida de 360 m ³ /s.....	292
CONCLUSIONES.....	293
RECOMENDACIONES.....	295
BIBLIOGRAFÍA.....	296
ANEXOS.....	298

INDICE DE TABLAS

INDICE	Pág
Tabla N° 1: Tamaño de la gradación de sedimentos en el rango de arena a cantos rodados (escala de Wentworth)	56
Tabla N° 2: Rango de valores del peso específico de partículas sólidas	58
Tabla N° 3: Valores usuales de densidad y peso específico para arenas.	59
Tabla N° 4: Viscosidad Cinemática del agua	60
Tabla N° 5: Separación por estructura de muestreo según el tamaño de partícula (D _{máx})	70
Tabla N° 6: Comparación entre Recuentos de Guijarros, Recuento de Cuadrícula y muestreo Areal.....	71
Tabla N° 7: Serie de tamices ASTM	75
Tabla N° 8: Criterio de Cowan para determinar la influencia de diversos factores sobre el coeficiente n	79
Tabla N° 9: Tabla de Coeficiente de Rugosidad de Manning.....	80
Tabla N° 10: Coeficiente del material del cauce	83
Tabla N° 11: Coeficiente de tipo de río (m).....	84
Tabla N° 12: Factor de fondo de río (Fb)	84
Tabla N° 13: Factor de orilla de río (FS)	84
Tabla N° 14: Condiciones de Fondo de Río (K1)	85
Tabla N° 15: Ancho estable, según el caudal máximo del río	85
Tabla N° 16: Coeficiente de rugosidad para cauces naturales (KS)	86
Tabla N° 17: Coeficiente recomendado para calcular el borde libre del muro de encauzamiento.....	87
Tabla N° 18: Ancho de corona en función del caudal de diseño	87
Tabla N° 19: Selección del factor de seguridad.....	93
Tabla N° 20: Análisis de doble masa con los caudales máximos anuales.....	117
Tabla N° 21: Caudales Máximos anuales.....	119
Tabla N° 22: Riesgo Admisible	121
Tabla N° 23: Tabla para hallar el periodo de retorno	121
Tabla N° 24: Caudales Ordenandos.....	122
Tabla N° 25: Coeficientes Estadísticos	124
Tabla N° 26: Tabla de resultados de los caudales	124
Tabla N° 27: Caudales Ordenandos.....	124
Tabla N° 28: Coeficientes Estadísticos	126
Tabla N° 29: Tabla de resultados de los caudales.....	126
Tabla N° 30: Caudales Ordenandos.....	127
Tabla N° 31: Coeficientes Estadísticos y Parámetros	128
Tabla N° 32: Tabla de resultados de los caudales	129
Tabla N° 33: Caudales Ordenandos.....	129
Tabla N° 34: Coeficientes Estadísticos	131
Tabla N° 35: Tabla de resultados de los caudales.....	131
Tabla N° 36: Caudales Ordenandos.....	131
Tabla N° 37: Coeficientes Estadísticos y Parámetros	133
Tabla N° 38: Tabla de resultados de los caudales.....	133
Tabla N° 39: Caudales Ordenandos.....	134
Tabla N° 40: Coeficientes Estadísticos y Parámetros	136

Tabla N° 41: Tabla de resultados de los caudales.....	136
Tabla N° 42: Caudales Ordenandos.....	136
Tabla N° 43: Coeficientes Estadísticos y Parámetros	138
Tabla N° 44: Tabla de resultados de los caudales.....	138
Tabla N° 45: Caudales Ordenandos.....	139
Tabla N° 46: Coeficientes Estadísticos y Parámetros	141
Tabla N° 47: Tabla de resultados de los caudales.....	141
Tabla N° 48: Tabla de resultados de los deltas	142
Tabla N° 49: Tabla de resultados de los deltas	142
Tabla N° 50: Tabla de resultados de los deltas	142
Tabla N° 51: Tabla de resultados de los deltas	143
Tabla N° 52: Tabla de resultados de los deltas	143
Tabla N° 53: Tabla de resultados de los deltas	143
Tabla N° 54: Tabla de resultados de los deltas.....	144
Tabla N° 55: Tabla de las distribuciones que tienen mejor ajuste.....	155
Tabla N° 56: Tabla resumen de los posibles caudales de diseño.....	155
Tabla N° 57: Áreas de Inundabilidad.....	167
Tabla N° 58: Áreas de inundabilidad	184
Tabla N° 59: Métodos para calcular el ancho estable	192
Tabla N° 60: Resultados del ancho estable	193
Tabla N° 61: Cálculo de la velocidad media.....	193
Tabla N° 62: Cálculo del Numero de Froude	194
Tabla N° 63: Cálculo de la altura del Dique.....	194
Tabla N° 64: Cálculo de la altura del Dique.....	194
Tabla N° 65: Talud.....	195
Tabla N° 66: Coeficiente de Contracción.....	196
Tabla N° 67: Coeficiente β	196
Tabla N° 68: Coeficiente de X	196
Tabla N° 69: Clasificación según el tamaño de las partículas.....	196
Tabla N° 70: Método de Lischtvan Levediev.....	197
Tabla N° 71: Cálculo del coeficiente “a”	197
Tabla N° 72: Tirante de socavación.....	198
Tabla N° 73: Profundidad de Socavación.....	198
Tabla N° 74: Profundidad de Uña	198
Tabla N° 75: Cálculo del Diámetro de la roca	198
Tabla N° 76: Cálculo del Diámetro de la roca	199
Tabla N° 77: Cálculo del Diámetro de la roca	199
Tabla N° 78: Resumen de los resultados	199
Tabla N° 79: Cálculo del esfuerzo cortante en el fondo	199
Tabla N° 80: Cálculo del esfuerzo cortante crítico de la roca.....	199
Tabla N° 81: Cálculo del Diámetro de la roca	200
Tabla N° 82: Cálculo del Diámetro de la roca	200
Tabla N° 83: Cálculo del Diámetro de la roca	201
Tabla N° 84: Resumen de los resultados	201
Tabla N° 85: Cálculo del esfuerzo cortante en el talud.....	202
Tabla N° 86: Cálculo del esfuerzo cortante crítico de la roca.....	202
Tabla N° 87: Diámetros Característicos.....	208
Tabla N° 88: Diámetros Característicos.....	209

Tabla N° 89: Diámetros Característicos	209
Tabla N° 90: Diámetros Característicos	209
Tabla N° 91: Diámetros Característicos	210
Tabla N° 92: Diámetros Característicos	210
Tabla N° 93: Cuantificación del transporte de sedimentos - Sector 1- Sección 1	214
Tabla N° 94: Cuantificación del transporte de sedimentos - Sector 1- Sección 2	216
Tabla N° 95: Cuantificación del transporte de sedimentos - Sector 2- Sección 1	218
Tabla N° 96: Cuantificación del transporte de sedimentos - Sector 3- Sección 1	220
Tabla N° 97: Cuantificación del transporte de sedimentos - Sector 4- Sección 1	222
Tabla N° 98: Cuantificación del transporte de sedimentos - Sector 4- Sección 2	224
Tabla N° 99: Cuantificación del transporte de sedimentos - Sector 1- Sección 1	228
Tabla N° 100: Cuantificación del transporte de sedimentos - Sector 1- Sección 2	230
Tabla N° 101: Cuantificación del transporte de sedimentos - Sector 2- Sección 1	232
Tabla N° 102: Cuantificación del transporte de sedimentos - Sector 3- Sección 1	234
Tabla N° 103: Cuantificación del transporte de sedimentos - Sector 4- Sección 1	236
Tabla N° 104: Cuantificación del transporte de sedimentos - Sector 4- Sección 2	238
Tabla N° 105: Cuantificación del transporte de sedimentos - Sector 1- Sección 1	242
Tabla N° 106: Cuantificación del transporte de sedimentos - Sector 1- Sección 2	244
Tabla N° 107: Cuantificación del transporte de sedimentos - Sector 2- Sección 1	246
Tabla N° 108: Cuantificación del transporte de sedimentos - Sector 3- Sección 1	248
Tabla N° 109: Cuantificación del transporte de sedimentos - Sector 4- Sección 1	250
Tabla N° 110: Cuantificación del transporte de sedimentos - Sector 4- Sección 2	252
Tabla N° 111: Cuantificación del transporte de sedimentos - Sector 1- Sección 1	256
Tabla N° 112: Cuantificación del transporte de sedimentos - Sector 1- Sección 2	258
Tabla N° 113: Cuantificación del transporte de sedimentos - Sector 2- Sección 1	260
Tabla N° 114: Cuantificación del transporte de sedimentos - Sector 3- Sección 1	262
Tabla N° 115: Cuantificación del transporte de sedimentos - Sector 4- Sección 1	264
Tabla N° 116: Cuantificación del transporte de sedimentos - Sector 4- Sección 2	266
Tabla N° 117: Ordenamiento de los caudales en el software Excel	268
Tabla N° 118: Caudales Sólidos de fondo con bocatoma	269
Tabla N° 119: Cuantificación del transporte de sedimentos - Sector 1- Sección 1	273
Tabla N° 120: Cuantificación del transporte de sedimentos - Sector 1- Sección 2	275
Tabla N° 121: Cuantificación del transporte de sedimentos - Sector 2- Sección 1	277
Tabla N° 122: Cuantificación del transporte de sedimentos - Sector 3- Sección 1	279
Tabla N° 123: Cuantificación del transporte de sedimentos - Sector 4- Sección 1	281
Tabla N° 124: Cuantificación del transporte de sedimentos - Sector 4- Sección 2	283
Tabla N° 125: Caudales Sólidos de fondo	284
Tabla N° 126: Cálculos para estimar el volumen de sedimentación de fondo	284
Tabla N° 127: Cálculos para estimar el volumen de sedimentación de fondo	285
Tabla N° 128: Estimación del volumen de sedimentación de fondo	285
Tabla N° 129: Cálculos para estimar el volumen de sedimentación de fondo	285
Tabla N° 130: Cálculos para estimar el volumen de sedimentación	286
Tabla N° 131: Estimación del volumen de sedimentación	286
Tabla N° 132: Vista del Perfil	287
Tabla N° 133: Secciones Transversales	288
Tabla N° 134: Vista del Perfil	289
Tabla N° 135: Secciones Transversales	290
Tabla N° 136: Profundidad con Caudal Dominate de 94 m ³ /s	291

Tabla N° 137: Profundidad con Caudal Dominante de 94 m ³ /s.....	292
Tabla N° 138: Valores de Frecuencia Acumulada F (z) en función de la variable normal tipificada (z) de las distribuciones estadísticas (Normal, Log Normal 2 Parámetros y 3 Parámetros).....	305
Tabla N° 139: Coeficiente χ^2 para la distribución Gamma 2 Parámetros.....	306
Tabla N° 140: Coeficiente χ^2 para la distribución Gamma 2 Parámetros.....	307
Tabla N° 141: Coeficiente χ^2 para la distribución Gamma 2 Parámetros.....	308
Tabla N° 142: Coeficiente χ^2 para la distribución Gamma 2 Parámetros.....	309
Tabla N° 143: Coeficiente χ^2 para la distribución Gamma 2 Parámetros.....	310
Tabla N° 144: Tabla para hallar el factor de frecuencia K para la distribución Gamma 3 Parámetros y Log Pearson tipo 3	311
Tabla N° 145: Factor δ para hallar el error estándar de las distribuciones Gamma 3 Parámetros y 2 Parámetros.....	312
Tabla N° 146: Tabla para hallar el delta tabular Δ_0 para la prueba de bondad de ajuste Smirnov Kolmogorov.....	313
Tabla N° 147: Prueba de bondad de ajuste Smirnov Kolmogorov para la distribución Normal.....	314
Tabla N° 148: Prueba de bondad de ajuste Smirnov Kolmogorov para la distribución Log Normal 2 Parámetros.....	316
Tabla N° 149: Prueba de bondad de ajuste Smirnov Kolmogorov para la distribución Log Normal 3 Parámetros.....	318
Tabla N° 150: Prueba de bondad de ajuste Smirnov Kolmogorov para la distribución Gamma 2 Parámetros.....	320
Tabla N° 151: Prueba de bondad de ajuste Smirnov Kolmogorov para la distribución Gamma Parámetros.....	322
Tabla N° 152: Prueba de bondad de ajuste Smirnov Kolmogorov para la distribución Log Pearson tipo 3.....	324
Tabla N° 153: Prueba de bondad de ajuste Smirnov Kolmogorov para la distribución Gumbel.....	327
Tabla N° 154: Prueba de bondad de ajuste Smirnov Kolmogorov para la distribución Log Gumbel.....	329
Tabla N° 155: Distribución Granulométrica	350
Tabla N° 156: Distribución Granulométrica.....	352
Tabla N° 157: Distribución Granulométrica	354
Tabla N° 158: Distribución Granulométrica	356
Tabla N° 159: Distribución Granulométrica	358
Tabla N° 160: Distribución Granulométrica	360
Tabla N° 161: Rugosidades (condiciones del río)	367
Tabla N° 162: Cálculo de las rugosidades de Manning por el método de Cowan	367

INDICE DE FIGURAS

INDICE	Pág
Figura N° 1: Ubicación de la zona de estudio mediante Google Earth.....	4
Figura N° 2: Curva de caudales clasificados	15
Figura N° 3: Aguas altas y avenidas en una sección de río	16
Figura N° 4: Criterio geométrico para estimar el nivel de desborde bankfull.....	17
Figura N° 5: Función de Distribución Normal.....	21
Figura N° 6: Proceso de selección de una distribución teórica.....	23
Figura N° 7: Esquematzación del perfil longitudinal y secciones transversales típicas de un río, a lo largo de su recorrido.	44
Figura N° 8: Estado de Equilibrio. En el tramo 1-2 no hay erosión ni sedimentación (TF1= TF2).....	45
Figura N° 9: Llanuras de inundación	45
Figura N° 10: Clasificación Morfológica de los ríos	47
Figura N° 11: Diferentes tipos de flujos en canales abiertos.....	49
Figura N° 12: Definición de los ejes de la partícula (a), similitud de la forma de la partícula con la forma de un Elipsoide (b)	52
Figura N° 13: Ábaco de SHIELDS para la iniciación del movimiento	65
Figura N° 14: Estratigrafía de un fondo blindado de superficie de sedimentos y capa subsuperficial	69
Figura N° 15: Estratigrafía de una cama blindada que distingue entre capa de armadura, capa de subarmadura, superficie sedimento y capa subsuperficial.....	73
Figura N° 16: Gravelómetro.....	74
Figura N° 17: Transporte de partículas.....	77
Figura N° 18: Resultados del software Hidroesta 2	144
Figura N° 19: Resultados del software Hidroesta 2	145
Figura N° 20: Resultados del software Hidroesta 2	145
Figura N° 21: Resultados del software Hidroesta 2	146
Figura N° 22: Resultados del software Hidroesta 2	146
Figura N° 23: Resultados del software Hidroesta 2	147
Figura N° 24: Resultados del software Hidroesta 2	147
Figura N° 25: Resultados del software Hidroesta 2	148
Figura N° 26: Resultados del software Hidroesta 2	148
Figura N° 27: Resultados del software Hidroesta 2	149
Figura N° 28: Resultados del software Hidroesta 2	149
Figura N° 29: Resultados del software Hidroesta 2	150
Figura N° 30: Resultados del software Hidroesta 2	150
Figura N° 31: Resultados del software Hidroesta 2	151
Figura N° 32: Resultados del software Hidroesta 2	151
Figura N° 33: Resultados del software Hidroesta 2	152
Figura N° 34: Resultados del software Hidroesta 2	152
Figura N° 35: Resultados del software Hidroesta 2	153
Figura N° 36: Resultados del software Hidroesta 2	153
Figura N° 37: Resultados del software Hidroesta 2	154
Figura N° 38: Resultados del software Hidroesta 2	154
Figura N° 39: Resultados del software Hidroesta 2	155
Figura N° 40: Sectores	157

Figura N° 41: Resultados del calado.....	158
Figura N° 42: Secciones de Inundabilidad	159
Figura N° 43: Sección transversal Sector 1- Sección 1	160
Figura N° 44: Sección transversal Sector 1- Sección 2	161
Figura N° 45: Sección transversal Sector 2- Sección 1	162
Figura N° 46: Sección transversal Sector 2- Sección 2	163
Figura N° 47: Sección transversal Sector 4- Sección 1	164
Figura N° 48: Sección transversal Sector 4- Sección 2	165
Figura N° 49: Áreas de Inundabilidad (Sin Bocatoma).....	166
Figura N° 50: Secciones para la velocidad	168
Figura N° 51: Sección transversal Sector 1- Sección 1	169
Figura N° 52: Sección transversal Sector 1- Sección 2	170
Figura N° 53: Sección transversal Sector 2- Sección 1	171
Figura N° 54: Sección transversal Sector 2- Sección 2	172
Figura N° 55: Sección transversal Sector 4- Sección 1	173
Figura N° 56: Sección transversal Sector 4- Sección 2	174
Figura N° 57: Resultados del calado.....	175
Figura N° 58: Secciones de Inundabilidad	176
Figura N° 59: Sección transversal Sector 1- Sección 1	177
Figura N° 60: Sección transversal Sector 1- Sección 2	178
Figura N° 61: Sección transversal Sector 2- Sección 1	179
Figura N° 62: Sección transversal Sector 2- Sección 2	180
Figura N° 63: Sección transversal Sector 4- Sección 1	181
Figura N° 64: Sección transversal Sector 4- Sección 2	182
Figura N° 65: Áreas de Inundabilidad (Con Bocatoma).....	183
Figura N° 66: Secciones para la velocidad	185
Figura N° 67: Sección transversal Sector 1- Sección 1	186
Figura N° 68: Sección transversal Sector 1- Sección 2	187
Figura N° 69: Sección transversal Sector 2- Sección 1	188
Figura N° 70: Sección transversal Sector 2- Sección 2	189
Figura N° 71: Sección transversal Sector 4- Sección 1	190
Figura N° 72: Sección transversal Sector 2- Sección 1 (Con Bocatoma)	191
Figura N° 73: Diseño de Diques con revestimiento de enrocado	203
Figura N° 74: Vista en planta de los diques.....	204
Figura N° 75: Vista de perfil de los diques	205
Figura N° 76: Sectores	206
Figura N° 77: Muestras superficiales tomadas en el lecho del río Virú	207
Figura N° 78: Muestras volumétricas tomadas en el lecho del río Virú	208
Figura N° 79: Calado	211
Figura N° 80: Velocidad	212
Figura N° 81: Vista en planta – Sector 1-Sección 1	213
Figura N° 82: Vista en planta – Sector 1- Sección 2	215
Figura N° 83: Vista en planta – Sector 2- Sección 1	217
Figura N° 84: Vista en planta – Sector 3 – Sección 1	219
Figura N° 85: Vista en planta – Sector 4 – Sección 1	221
Figura N° 86: Vista en planta – Sector 4 – Sección 2	223
Figura N° 87: Calado	225
Figura N° 88: Velocidad	226

Figura N° 89: Vista en planta – Sector 1- Sección 1	227
Figura N° 90: Vista en planta – Sector 1- Sección 2	229
Figura N° 91: Vista en planta – Sector 2- Sección 1	231
Figura N° 92: Vista en planta – Sector 3 – Sección 1	233
Figura N° 93: Vista en planta – Sector 4 – Sección 1	235
Figura N° 94: Vista en planta – Sector 4 – Sección 2	237
Figura N° 95: Calado	239
Figura N° 96: Velocidad	240
Figura N° 97: Vista en planta – Sector 1- Sección 1	241
Figura N° 98: Vista en planta – Sector 1- Sección 2	243
Figura N° 99: Vista en planta – Sector 2 - Sección 1	245
Figura N° 100: Vista en planta – Sector 3 – Sección 1	247
Figura N° 101: Vista en planta – Sector 4 – Sección 1	249
Figura N° 102: Vista en planta – Sector 4 – Sección 2	251
Figura N° 103: Calado	253
Figura N° 104: Velocidad	254
Figura N° 105: Vista en planta – Sector 1 – Sección 1	255
Figura N° 106: Vista en planta – Sector 1 – Sección 2	257
Figura N° 107: Vista en planta – Sector 2 – Sección1	259
Figura N° 108: Vista en planta – Sector 3 - Sección 1	261
Figura N° 109: Vista en planta – Sector 4 – Sección 1	263
Figura N° 110: Vista en planta – Sector 4 – Sección 2	265
Figura N° 111: Registro de caudales del río Virú mediante el software Matlab	267
Figura N° 112: Calado	270
Figura N° 113: Velocidad	271
Figura N° 114: Vista en planta – Sector 1- Sección 1	272
Figura N° 115: Vista en planta – Sector 1 – Sección 2	274
Figura N° 116: Vista en planta – Sector 2 – Sección 1	276
Figura N° 117: Vista en planta – Sector 3 – Sección 1	278
Figura N° 118: Vista en planta – Sector 4 – Sección 1	280
Figura N° 119: Vista en planta – Sector 4 – Sección 2	282
Figura N° 120: Lectura de las coordenadas UTM WGS-84 con ayuda del GPS GARMIN MAP 62s, para georeferenciar la estación total TOPCON ES105.	300
Figura N° 121: Colocación de la estación total TOPCON ES105.	300
Figura N° 122: Colocación de los puntos de control en ambos márgenes del río Virú cada 500 m.....	301
Figura N° 123: Lectura de 4 puntos (bordes, medio) por cada sección del río Virú cada 20 m	301
Figura N° 124: Realización de la batimetría.....	302
Figura N° 125: Lectura de los puntos de topografía	302
Figura N° 126: Vuelo con Drone DJI PHANTOM 4 PRO	303
Figura N° 127: Procesamiento de la fotogrametría con el software Agisoft Photoscan .	303
Figura N° 128: Elaboración del marco de muestreo.....	332
Figura N° 129: Realizar el tensado del hilo de pescador para formar la cuadrícula	332
Figura N° 130: Ubicación de los puntos de muestreo mediante un GPS Garmin 62s....	333
Figura N° 131: Colocación de la malla de muestreo	333
Figura N° 132: Selección de las partículas que se ubican debajo de los puntos de intercepción de la cuadrícula.....	334

Figura N° 133: Recolección de las muestras seleccionadas mediante la malla de muestreo	334
Figura N° 134: Medición de las partículas mediante un vernier o pie de rey	335
Figura N° 135: Clasificación de las partículas mediante rangos de la escala de Wentworth.....	335
Figura N° 136: Trazado del área (60cm*60cm) para el muestreo volumétrico. Sector 1	336
Figura N° 137: Medición de la mayor partícula por el lado b (3.9 cm aprox) para conocer la cantidad de muestra extraída (39kg). Sector 1	336
Figura N° 138: Trazado del área (60cm*60cm) para el muestreo volumétrico. Sector 2	337
Figura N° 139: Medición de la mayor partícula por el lado b (2.5 cm aprox) para conocer la cantidad de muestra extraída (25kg). Sector 2	337
Figura N° 140: Trazado del área (60cm*60cm) para el muestreo volumétrico. Sector 4	338
Figura N° 141: Medición de la mayor partícula por el lado b (1.24 cm aprox) para conocer la cantidad de muestra extraída (12.40 kg). Sector 4.....	338
Figura N° 142: Peso de la muestra saturada del sector 1	339
Figura N° 143: Peso de la muestra saturada del sector 1	339
Figura N° 144: Peso de la muestra saturada del sector 1	340
Figura N° 145: Peso de la muestra saturada del sector 1	340
Figura N° 146: Peso de la muestra saturada del sector 1	341
Figura N° 147: Peso de la muestra saturada del sector 2	341
Figura N° 148: Peso de la muestra saturada del sector 2	342
Figura N° 149: Peso de la muestra saturada del sector 2	342
Figura N° 150: Peso de la muestra saturada del sector 4	343
Figura N° 151: Peso de la muestra saturada del sector 4	343
Figura N° 152: Secado de las muestras saturadas.	344
Figura N° 153: Peso de la muestra seca del sector 1	344
Figura N° 154: Peso de la muestra seca del sector 1	345
Figura N° 155: Peso de la muestra seca del sector 1	345
Figura N° 156: Peso de la muestra seca del sector 1	346
Figura N° 157: Peso de la muestra seca del sector 1	346
Figura N° 158: Peso de la muestra seca del sector 2	347
Figura N° 159: Peso de la muestra seca del sector 2	347
Figura N° 160: Peso de la muestra seca del sector 2	348
Figura N° 161: Peso de la muestra seca del sector 4	348
Figura N° 162: Peso de la muestra seca del sector 4	349
Figura N° 163: Tamizado de las muestras volumétricas.....	349
Figura N° 164: Creación de contornos de las áreas en software civil 3d mediante comando polilínea 3d.....	363
Figura N° 165: Adaptar las estructuras hidráulicas a la topografía.....	363
Figura N° 166: Importación en el programa Iber en formato “DXF” los contornos creados en el software AutoCAD Civil 3d.....	364
Figura N° 167: Colapsar el modelo	364
Figura N° 168: Importar la ortofoto del área de estudio	365
Figura N° 169: Dibujar la geometría del modelo con las herramientas de Iber.....	365
Figura N° 170: Creación de superficies por cada capa de la geometría.....	366
Figura N° 171: Asignación de datos del problema (tiempo de simulación, intervalo de paso y resultados a obtener del modelo).....	366

Figura N° 172: Asignación de condiciones de contorno, ingreso y salida del agua	367
Figura N° 173: Asignación de las rugosidades a cada superficie creada de la geometría	368
Figura N° 174: Rugosidad de Manning	369
Figura N° 175: Rugosidad de Manning	370
Figura N° 176: Rugosidad de Manning	371
Figura N° 177: Rugosidad de Manning	372
Figura N° 178: Rugosidad de Manning	373
Figura N° 179: Rugosidad de Manning	374
Figura N° 180: Rugosidad de Manning	375
Figura N° 181: Rugosidad de Manning	376
Figura N° 182: Rugosidad de Manning	377
Figura N° 183: Asignación de condiciones iniciales al modelo	378
Figura N° 184: Creación de la malla del modelo, para ello debemos bloquear los elementos verticales	378
Figura N° 185: Edición de la malla creada con el archivo original de la topografía	379
Figura N° 186: Inicio del proceso de cálculo	379

INDICE DE GRÁFICOS

INDICE	Pág
Gráfico N° 1: Análisis de Doble Masa.....	119
Gráfico N° 2: Caudales máximos anuales.....	120
Gráfico N° 3: Curva Granulométrica	351
Gráfico N° 4: Curva Granulométrica.....	353
Gráfico N° 5: Curva Granulométrica.....	355
Gráfico N° 6: Curva Granulométrica	357
Gráfico N° 7: Curva Granulométrica.....	359
Gráfico N° 8: Curva Granulométrica	361

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Problema de Investigación

a. Descripción de la Realidad Problemática

El cambio en la morfología del cauce de un río es ocasionado por factores naturales y antrópicos, como son: la sinuosidad, el régimen de aguas y por otro lado las descolmataciones, obras hidráulicas (bocatomas, puentes, canales, etc.). Estos factores inciden principalmente en el calado y el ancho estable, los cuales modificarían las dimensiones geométricas del cauce, expresado en fenómenos como la sedimentación.

En la construcción de bocatomas cualquiera que sea su tipo, se convierte en un elemento extraño al tener contacto con el agua, es decir, que la estructura va a producir inevitablemente alteraciones en el medio natural circundante y, a la vez, la naturaleza va a reaccionar contra la obra. (ROCHA, 2003)

El Fenómeno del Niño del 2017 llamado “El Niño Costero” provocó uno de los mayores desastres naturales de los últimos años en el Perú, teniendo principal efecto en la morfología del cauce de los ríos de la costa peruana, es necesario tener previsto este tipo de fenómenos para diseñar una bocatoma.

El río Virú tiene una longitud de cauce de 89 km, presentando una pendiente promedio de 5%, sin embargo, presenta sectores que se hace más fuerte, especialmente en el río Pirhuay. ((MINAGRI), 2015)

En el río Virú, en la localidad de Santa Elena, se terminará de rehabilitar a cargo del Proyecto Subsectorial de Irrigaciones (PSI) la bocatoma Mochán en el mes de julio del presente año, esta bocatoma colapsó debido al fenómeno del niño ocurrido en el mes de marzo del 2017 dejándola inoperativa.

El proyecto beneficiará a 277 usuarios y protegerá 1687 hectáreas de cultivo donde se desarrollan una cedula de diversos cultivos, compuesto principalmente el cultivo de maíz amarillo duro, caña de

azúcar, espárrago (Verde y Blanco), alcachofa, marigol y sandía. (PROYECTO SUBSECTORIAL DE IRRIGACIONES (PSI), 2018)

La construcción de la bocatoma Mochán produjo la alteración de las condiciones normales del cauce del río Virú en el tramo puente Virú-bocatoma Mochán.

a) Sedimentación de fondo : El barraje fijo de la bocatoma generará cambios en la pendiente del cauce, porque disminuirá la velocidad de arrastre, producto del remanso. La función del barraje es retener el flujo para elevar el tirante de tal manera que se tenga una altura de diseño para el canal de captación, esto a su vez causaría también la retención de sólidos que por ende tienden a acumularse y formar pequeñas islas que con el tiempo sedimentan el fondo del cauce y elevan la cota de fondo del río.

Tomando esto en cuenta se realizó un estudio de transporte sedimentos simulando con un caudal dominante y un caudal de máxima avenida en el tramo entre la bocatoma Mochán y el puente Virú, luego se estimó el volumen de sedimentación con la finalidad de ver en cuanto tuvo variación la morfología del cauce del río Virú (pendiente, profundidad).

b) Inundabilidad: En el diseño actual de la bocatoma Mochán, exactamente aguas arriba (hasta el puente Virú), no se tuvo previsto el revestimiento total de enrocado con profundidad de uña en los taludes de ambos márgenes del cauce del río Virú (Figura N°1), solo se colocó 78 m de enrocado en la margen derecho y 186m de enrocado en la margen izquierdo aguas arriba de la bocatoma. Ante la acción de una avenida, sumado a ello la falta de protección en dichos márgenes, se abrirá una apertura lateral del cauce del río a las zonas de cultivo adyacentes. Se hizo un estudio de inundabilidad como un aporte adicional a nuestra tesis, se determinó la variación de las características hidráulicas en dos escenarios:

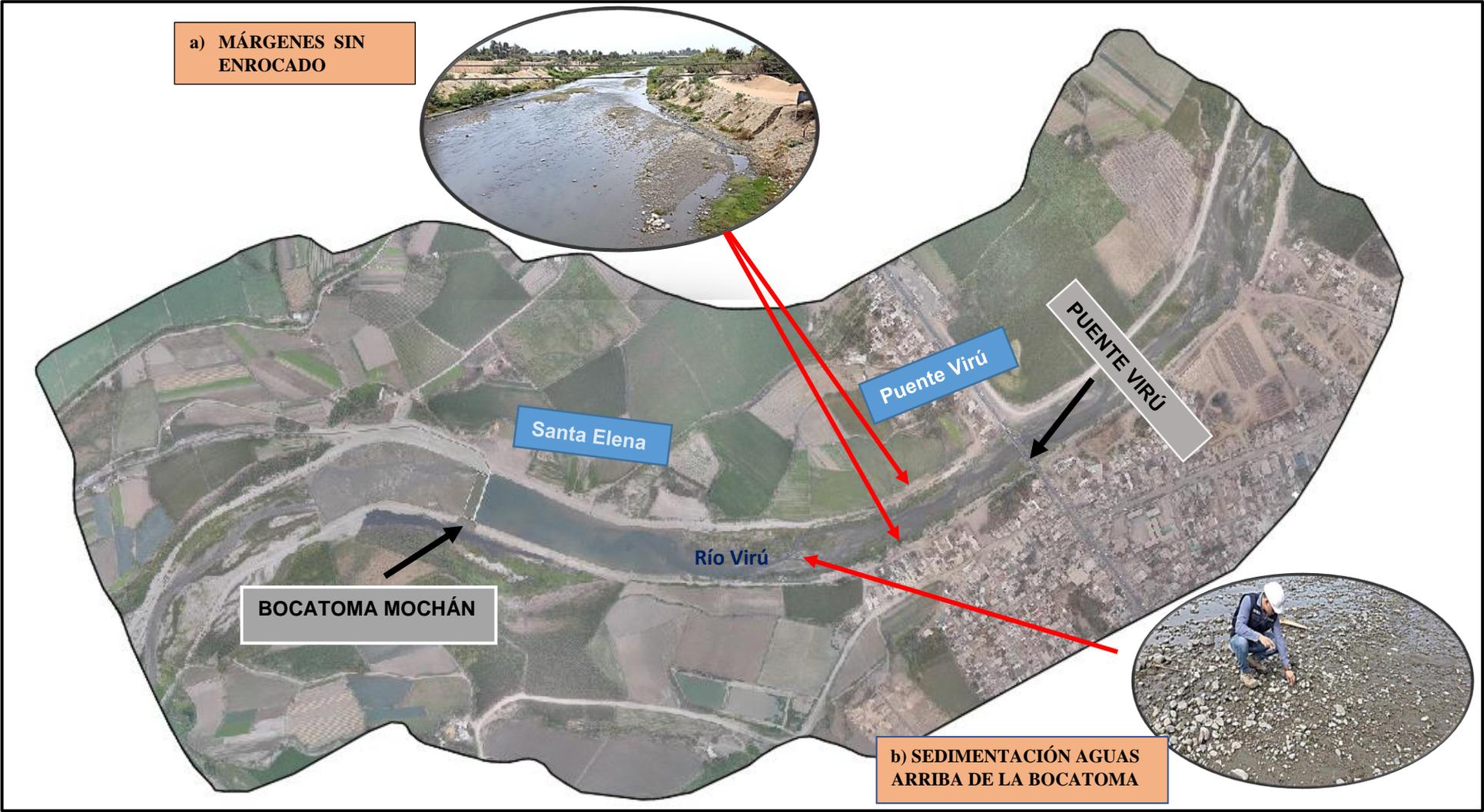
-Sin considerar la bocatoma Mochán (topografía antes de la construcción de la bocatoma)

-Considerando la bocatoma Mochán (topografía después de la construcción de la bocatoma).

La presente tesis tiene como finalidad determinar la evolución de la morfología del cauce (pendiente, profundidad) del cauce del río Virú por efectos de avenidas y caudal dominante en el tramo puente Virú – bocatoma Mochán (localidad de Santa Elena), se realizó simulaciones mediante el software Iber 2.4.3 para el caudal de máxima avenida ($360\text{m}^3/\text{s}$) y el caudal dominante ($94\text{m}^3/\text{s}$) con el fin de hallar la velocidad y el tirante, a partir de la velocidad y el tirante se estimó el gasto sólido, luego se calculó el sedimento de fondo para determinar la variación en la morfología del cauce del río Virú.

Como aporte adicional a nuestra tesis se realizó un estudio de inundabilidad en dos escenarios (con bocatoma y sin bocatoma) para el escenario sin bocatoma se obtuvo una topografía antes de la construcción de la bocatoma Mochán (Diciembre 2017) la cual fue proporcionada por la Junta de Usuarios del valle Virú mientras que para el escenario con bocatoma se realizó una topografía después de la construcción de la bocatoma Mochán, la cual se consideró 2.4 km de largo del cauce del río (1.7 km aguas arriba y 0.7 km aguas abajo de la bocatoma Mochán) y 400 metros adicionales a cada margen del eje principal del cauce para identificar las planicies de inundación permitiendo de esta manera diseñar los diques de enrocado con profundidad de uña sobre los taludes de los terraplenes en ambos márgenes.

Figura N° 1: Ubicación de la zona de estudio mediante Google Earth



Fuente : Propia

b. Formulación del problema

¿Cómo será la evolución de la morfología del cauce del río Virú por efectos de avenidas y caudal dominante, tramo puente Virú y bocatoma Mochán, provincia Virú- departamento La Libertad?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Determinar la evolución de la morfología del cauce del río Virú por efectos de avenidas y caudal dominante en el tramo puente Virú y bocatoma Mochán, provincia Virú- departamento La Libertad.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Realizar estudios básicos de ingeniería: Topografía, estudios de sedimentos de fondo de río, hidrología e hidráulica.
- Determinar la variación de la pendiente y profundidad del cauce del río Virú por efectos de avenidas máximas y caudal dominante en el tramo puente Virú y bocatoma Mochán.
- Realizar el diseño de diques con revestimiento de enrocado y profundidad de uña.

1.3. Justificación del Estudio

El presente estudio se justifica académicamente con la aplicación de las herramientas estudiadas en la rama de hidráulica para analizar los efectos causado por la construcción de la bocatoma Mochán.

Está orientado técnicamente a determinar los efectos de la construcción de una estructura de captación en el cauce del río Virú, para ello se utilizará modelos matemáticos para identificar las zonas propensas a inundabilidad y realizar cálculos de sedimentación.

Socialmente orientada como un estudio base para ser tomado como referencia para alertar a las autoridades del Distrito Virú acerca de las zonas críticas de inundación y problemas que podrían originarse por la construcción de la bocatoma Mochán en temas referentes a la sedimentación.

II. MARCO DE REFERENCIA

2.1. Antecedentes del Estudio

2.1.1. A Nivel Internacional

TÍTULO: “ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DEL TRANSPORTE DE SEDIMENTOS EN CUENCAS MEDITERRÁNEAS – APLICACIÓN A LA RAMBLA DEL ALBUJÓN (CARTAGENA)”

AUTOR: Bach. García García, Raúl

UNIVERSIDAD: Universidad Politécnica de Cartagena

AÑO: 2012

Se analizó para diferentes formulaciones de arrastre de sedimentos, la evolución de la solera del cauce en los últimos 11km, teniendo en cuenta las progresiones de los procesos de erosión, transporte y sedimentación con el uso del software Hec-Ras; realizándose un análisis comparativo de los diferentes métodos para el transporte de fondo. Se concluyó que la ecuación de Meyer Peter Müller es la formulación que produce resultados más próximos a los valores medios en el transporte de sedimentos, en la mayoría de ocasiones es capaz de superar los resultados obtenidos con otras formulaciones de carga total.

2.1.2. A Nivel Nacional

TÍTULO: “EVALUACIÓN DE LA INUNDACIÓN POR DESBORDE DEL RIO CHILCA Y DE LA QUEBRADA CHUTANA. DISTRITO DE PUCUSANA. LIMA. 2017”

AUTOR: Bach. Moreno Vásquez, Paulo César.

Bach. Oliva Cueva, Diego José.

UNIVERSIDAD: Universidad Privada Antenor Orrego

AÑO: 2017

Se realizó un estudio de inundación en la cual se simuló la activación de la quebrada Chutana y el rio Chilca. Para esta investigación se elaboró un diagnostico situacional del distrito de Pucusana, el Rio

Chilca y la Quebrada Chutanas, se recopiló información del estudio topográfico, se determinó los caudales mediante un estudio Hidrológico para luego realizar la simulación de inundaciones utilizando el software Iber.

Se concluyó del diagnóstico, que la ciudad de Pucusana se encuentra en una zona crítica, por la interacción con el Rio Chilca y la quebrada Chutana .

2.1.3. A nivel Local

TÍTULO: “EVALUACIÓN HIDRÁULICA DEL RÍO MOCHE TRAMO PUENTE DE FIERRO, LONGITUD 1 km.”

AUTOR: Bach. Juárez Suarez, Mercedes Esmeralda
Bach. Rodríguez Pérez, Jaime Carlos

UNIVERSIDAD: Universidad Privada Antenor Orrego

AÑO: 2017

En esta investigación se analizó el rio moche en el tramo del puente de fierro en la zona de Quirihuac, identificando problemas como : estructura del puente de Fierro ocupa la mitad de la sección del río y en la otra mitad de la sección del río se ha construido un badén , esta situación genera que el flujo vaya en forma desordenada pudiéndose desbordar o presentar una avulsión el río , así mismo se encontró que el cauce del río en este tramo ha venido estrangulándose.

Para realizar esta investigación se obtuvo datos de caudales máximos diarios proporcionados por SENAMHI y levantamiento topográfico de la zona, se realizó el Modelamiento bidimensional de la zona en estudios mediante el software IBER para tiempos de retornos de 50,100 y 500 años, además se calculó la altura de agua al nivel de aguas máximas extraordinarias dando como resultado: 2.72m , 4.76m y 5.04m respectivamente, finalmente se determinó la profundidad de socavación dando como resultado: 2.32m, 2.18m y 6.04m respectivamente.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Modelo Digital de Elevación (DEM)

2.2.1.1. Levantamiento Topográfico

Se entiende por levantamiento topográfico al conjunto de actividades que se realizan en el campo con el objeto de capturar la información necesaria que permita determinar las coordenadas rectangulares de los puntos del terreno, ya sea directamente o mediante un proceso de cálculo, con las cuales se obtiene la representación gráfica del terreno levantado, el área y volúmenes de tierra cuando así se requiera. (Raquel Pachas L., 2009)

2.2.1.1.1. Herramientas

Las herramientas más utilizadas para realizar levantamientos topográficos son la estación total y el GPS. Sin embargo, desde hace relativamente poco tiempo se han incorporado a esta labor los drones, siendo estos el último y más novedoso aparato con el que se pueden realizar levantamientos topográficos. (Ernesto Santana, 2010)

A. 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)

B. 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. (Marisa Rosana Ferreira, 2017)

2.2.1.1.2. Etapas

A. 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)

B. 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)

C. 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 drone 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)

D. 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)

2.2.1.2. Procesamientos de Datos y Generación del DEM

2.2.1.2.1. Softwares

A. 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)

B. 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)

2.2.1.2.2. Etapas

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.

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.

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.

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.

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.

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.

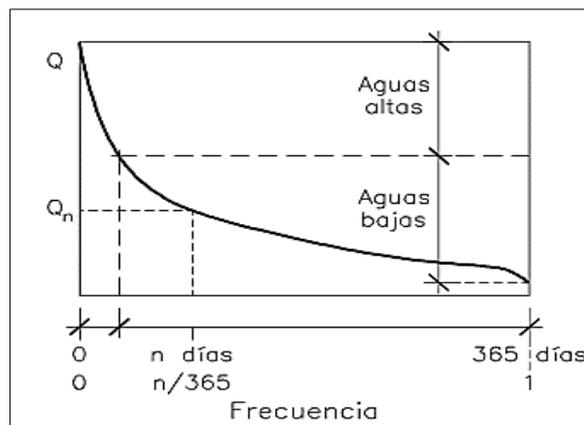
G. Creación de Ortomosaico.- Un Ortomosaico es un producto de imagen georreferenciado organizado como mosaico a partir de una colección de imágenes en el que la distorsión geométrica se ha corregido y orto-rectificado. (ESRI, 2017).

2.2.2. Estudio Hidrológico

2.2.2.1. Curva de Caudales Clasificados

- El caudal de un río es siempre variable. La mayor parte del año se da un caudal pequeño o mediano en una franja de variación relativamente estrecha (lo que llamamos aguas bajas), mientras que en un reducido número de días se observan caudales elevados (aguas altas). Este hecho se refleja en la forma característica de la curva de caudales clasificados o curva de frecuencia de caudales de muchos ríos. Por otra parte existen caudales extraordinarios de avenidas. (VIDE, 2002)

Figura N° 2: Curva de caudales clasificados

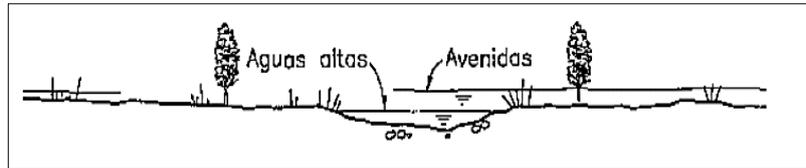


Fuente : (Vide, 2002)

2.2.2.2. 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 río



Fuente : (Vide, 2002)

2.2.2.3. Caudal Dominante

- El caudal dominante (o formativo o efectivo) puede definirse como el que determina la forma y dimensiones del cauce principal del río. Es el caudal que llena el cauce activo del río hasta los márgenes y marca el inicio de la inundación de la planicie aluvial. Asimismo representa el caudal de crecida que más incide en el modelado del cauce y también se ha definido como el más efectivo en lo que respecta al transporte de sedimento. (Farias, 2005)

2.2.2.3.1. Metodologías de Cálculo

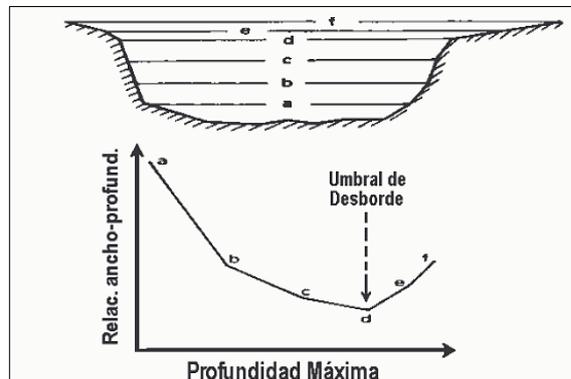
A) Método Geométrico

- Son aquellos que únicamente consideran la geometría del cauce y sobre las cuales subyace la hipótesis. (Farias, 2005)

$$Q_D = Q_B \dots\dots\dots(82)$$

- Es decir, el caudal dominante iguala al caudal de desborde Q_B , y por lo tanto están asociados a la definición de "bankfull", nivel de inundación o umbral de desborde. (Farias, 2005)

Figura N° 4: Criterio geométrico para estimar el nivel de desborde bankfull



Fuente : (Knighton 1984)

B) Método Estadístico

- Son aquellos basados en la definición de la frecuencia asociada al gasto dominante, es decir: $QD = Q(TR=TRo)$, donde a TRo generalmente se le asigna una recurrencia empírica estimada a partir de observaciones de campo (habitualmente variable entre 1.5 y 7 años). (Farias, 2005)

- Woodyer (1968) - Entre 1.02 y 2.69 años.
- Dury (1973) y Riley (1976) - 1.58 años.
- Dunne y Leopold (1978) - Entre 1 y 2 años.
- Williams (1978) - Entre 1.01 y 3.2 años.
- Andrews (1980) - Entre 1.18 y 3.26 años.
- Richards (1982) y Knighton (1988) - Entre 1.5 y 2.4 años.
- Usace (1994) - Entre 1 y 10 años.
- Abad J.D. (2005) - 2 años.

C) Método Morfológico

- Son los que consideran fundamental el aspecto referido al transporte sólido y en este caso se iguala el caudal dominante al caudal

efectivo es decir, aquella descarga capaz de transportar el máximo gasto sólido.

2.2.2.4. Análisis Estadísticos de Datos Hidrológicos

2.2.2.4.1. Análisis de Consistencia

- Es el proceso que consiste en la identificación o detección, descripción y remoción de la no homogeneidad e inconsistencia de una serie de tiempo hidrológica. (Villón, 2007)
- Antes de utilizar la serie histórica para el modelamiento, es necesario efectuar el análisis de consistencia respectivo, a fin de obtener una serie confiable, es decir, homogénea y consistente. (Villón, 2007)

A) Análisis visual gráfico

- En coordenadas cartesianas se plotea la información hidrológica histórica, ubicándose en las ordenadas, los valores de la serie y en las abscisas el tiempo (años , meses , días , etc.). (Villón, 2007)

B) Análisis doble masa

- Este análisis se utiliza para tener una cierta confiabilidad en la información, así como también, para analizar la consistencia en lo relacionado a errores, que pueden producirse durante la obtención de los mismos, y no para una corrección a partir de la recta de doble masa. (Villón, 2007)

C) Análisis Estadístico

- Después de obtener de los gráficos construidos para el análisis visual y de los de doble masa, los períodos de posible

corrección, y los períodos de datos que se mantendrán con sus valores originales, y se procede al análisis estadístico de saltos, tanto en la media como en la desviación estándar. (Villón, 2007)

2.2.2.4.2. Parámetro Estadísticos

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

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

Donde:

n : número de datos.

X_i : valor i de la muestra.

\bar{X} : media.

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

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

Donde:

\bar{x} : media.

S² : 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, 2007)

$$S = \sqrt{S^2} \dots \dots \dots (3)$$

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

$$Cv = \frac{S}{\bar{X}} \dots \dots \dots (4)$$

Donde:

Cv : coeficiente de variación.

\bar{X} : media.

S : desviación estándar.

E) Coeficiente de Asimetría

$$Cs = \frac{n \sum_{i=1}^n (Xi - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)(S^3)} \dots \dots \dots (5)$$

Donde:

n : número de datos.

S : desviación estándar.

Xi : valor *i* de la muestra.

\bar{X} : media.

2.2.2.4.3. Período de Retorno

- 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, 2007)

$$P(X \geq x) = \frac{1}{T} \dots\dots\dots(6)$$

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.

$$P(x < X) = 1 - P(X \geq x) \dots\dots\dots(7)$$

De donde:

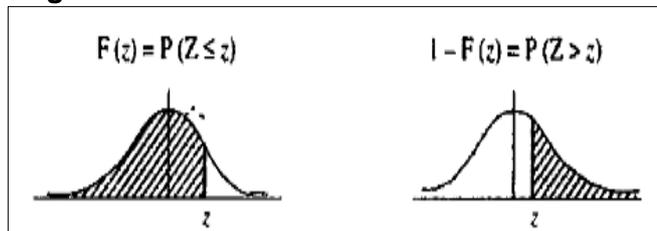
$$P(x < X) = 1 - \frac{1}{T} \dots\dots\dots(8)$$

Entonces:

P(X > x): Probabilidad de excedencia.

P(X ≤ x): Probabilidad de no excedencia.

Figura N° 5: Función de Distribución Normal



Fuente: Villon,2007

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

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

2.2.2.4.4. Intervalo de confianza

Es un rango de valores (calculado en una muestra) en el cual se encuentra el verdadero valor del parámetro, con una probabilidad determinada. La probabilidad que el verdadero valor del parámetro se encuentre en el intervalo construido se denomina nivel de confianza y se denota con $1 - \alpha$. La probabilidad de equivocarse se llama nivel de significancia y se simboliza con α . Generalmente se construyen intervalos con confianza $1 - \alpha = 95\%$ (o significancia $\alpha = 5\%$). Menos frecuentes son los intervalos con $\alpha = 10\%$ o $\alpha = 1\%$. (Merino, 2007)

2.2.2.4.5. Modelo de Distribución

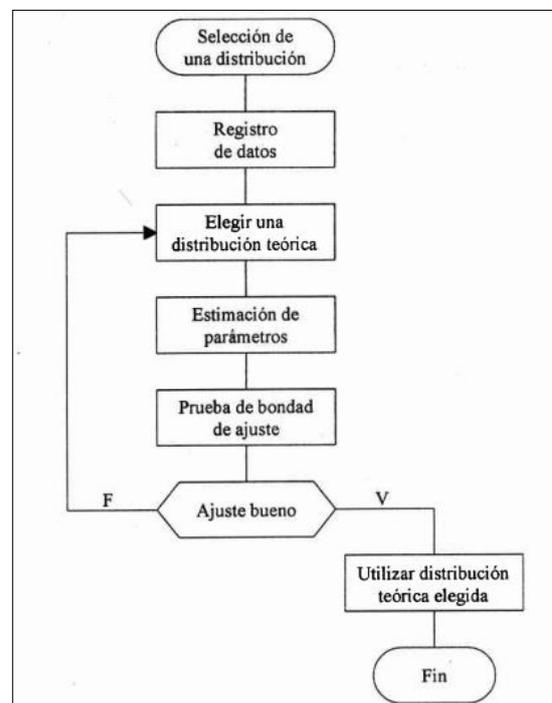
- El análisis de frecuencias tiene la finalidad de estimar precipitaciones, intensidades o caudales máximos, según sea el caso, para diferentes períodos de retorno, mediante la aplicación de modelos probabilísticos, los cuales pueden ser discretos o continuos. ((MTC), 2015)
- En la estadística existen 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.

- En nuestra investigación, se tiene datos de aforo en cantidad suficiente y se realizará modelos de distribución.

Figura N° 6: 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, 2007)

a) Función de densidad

$$f(x) = \frac{1}{s\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\bar{x}}{s}\right)^2} \dots\dots\dots(9)$$

Donde:

f(x) : Función densidad normal de la variable x.

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

\bar{x} : Parámetro de localización, igual a la media aritmética de x.

S : Parámetro de escala, igual a la desviación estándar de x.

b) Estimación de Parámetros

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \dots\dots\dots(10)$$

$$S^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 \dots\dots\dots(11)$$

c) Cálculo del caudal de diseño

$$Q = X_t = \bar{X} + K * S \dots\dots\dots(12)$$

Donde:

\bar{X} : Media aritmética de x.

K =z: Factor de frecuencia calculado con la tabla N°

S= Desviación Estándar.

d) Intervalo de Confianza

$$Li = Xt - Z(1-\alpha/2)SE.....(13)$$

$$Ls = Xt + Z(1-\alpha/2) * SE.....(14)$$

$$SE = \frac{S}{\sqrt{N}} * \left(1 + \frac{K^2}{2}\right)^{0.5}(15)$$

Donde:

Li : Límite inferior.

Ls : Límite superior.

α : Nivel de confianza o nivel de probabilidad.

SE : Error estándar.

K=z :Factor de frecuencia calculado con la tabla N°.

n: Número de datos.

Tabla N° 1: Valores de z para cada intervalo de confianza

Intervalo de confianza	0.90	0.95	0.99	0.999
z	1.645	1.960	2.576	3.291

Fuente: Villón, 2007

B) Distribución Log Normal II Parámetros

a) Función de densidad

$$f(x) = \frac{1}{x\sigma_y\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln x - \mu_y}{\sigma_y}\right)^2}(16)$$

$$y = \ln x$$

Donde:

f(x) : Función densidad Log Normal II
Parámetros de la variable x.

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).

b) Estimación de Parámetros

$$\mu_y = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \ln X_i \dots\dots\dots(17)$$

$$\sigma_y^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(\ln x_i - \mu_y)^2}{n - 1} \dots\dots\dots(18)$$

$$\sigma_y = \sqrt{\sigma_y^2} \dots\dots\dots(19)$$

c) Cálculo del caudal de diseño

$$\ln Q = \ln(X_t) = \mu_y + K * \sigma_y \dots\dots\dots(21)$$

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 con la tabla N°.

d) Intervalo de Confianza

$$Li = Xt - Z(1-\alpha/2)SE \dots\dots\dots(22)$$

$$Ls = Xt + Z(1-\alpha/2) * SE \dots\dots\dots(23)$$

$$SE = \frac{s}{\sqrt{n}} * \left(1 + \frac{K^2}{2}\right)^{0.5} \dots\dots\dots(24)$$

Donde:

Li : Límite inferior.

Ls : Límite superior.

α : Nivel de confianza o nivel de probabilidad.

SE : Error estándar.

K=z : Factor de frecuencia calculado con la tabla N°.

n: Número de datos.

C) Distribución Log Normal III Parámetros

a) Función de densidad

$$f(x) = \frac{1}{(x-x_0)\sigma_y\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln(x-x_0)-\mu_y}{\sigma_y}\right)^2} \dots\dots\dots(25)$$

Donde:

f(x) : Función densidad Log Normal III Parámetros de la variable x.

μ_y : Media de los logaritmos de la población (parámetro de escala)

σ_y : Desviación estándar de los logaritmos de la población. (parámetro de forma)

x_0 : Parámetro de posición.

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

b) Estimación de Parámetros

$$\mu_y = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \ln(x_i - x_0) \dots\dots\dots(26)$$

$$\sigma_y^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(\ln(x_i - x_0) - \mu_y)^2}{n - 1} \dots\dots(27)$$

$$\sigma_y = \sqrt{\sigma_y^2} \dots\dots\dots(28)$$

$$X_0 = \frac{x_i x_n - x^2 \text{mediana}}{x_i + x_n - 2x \text{mediana}} \dots\dots\dots(29)$$

c) Cálculo del caudal de diseño

$$Q = X_t = x_0 + \text{Exp}[\mu_y + \sigma_y * K] \dots\dots(30)$$

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

$K=z$: Calculado con la tabla N°.

d) Intervalo de Confianza

$$L_i = X_t - Z(1-\alpha/2)SE\dots\dots\dots(31)$$

$$L_s = X_t + Z(1-\alpha/2) * SE\dots\dots\dots(32)$$

$$SE = \frac{s}{\sqrt{n}} * \left(1 + \frac{K^2}{2}\right)^{0.5} \dots\dots\dots(33)$$

Donde:

Li : Límite inferior.

Ls : Límite superior.

α : Nivel de confianza o nivel de probabilidad.

SE : Error estándar.

K=z : Factor de frecuencia calculado con la tabla N°.

n: Número de datos.

D) Distribución Gamma II Parámetros

a) Función de densidad

$$f(x) = \frac{(x)^{\gamma-1} e^{-\frac{x}{\beta}}}{\beta \Gamma(\gamma)} \dots\dots\dots(34)$$

Donde:

f(x) : Función densidad Gamma II Parámetros de la variable x.

γ : Parámetro de forma

β : Parámetro de escala

Γ(γ): Función gamma completa

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

b) Estimación de Parámetros

$$0 \leq Y \leq 0.5772$$

$$\gamma = \frac{(0.5000876 + 0.1648852Y - 0.0544274Y^2)}{Y} \dots(35)$$

$$0.5772 \leq Y \leq 17.0$$

$$Y = \frac{(8.898919 + 9.05995Y + 0.9775373Y^2)}{Y(17.79728 + 11.968477 + Y^2)} \dots(36)$$

De donde:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \dots\dots\dots(37)$$

$$\overline{\ln X} = \sum_{i=1}^n \ln x_i \dots\dots\dots(38)$$

$$Y = \ln \bar{X} - \overline{\ln X} \dots\dots\dots(39)$$

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.

$$\beta = \frac{\bar{X}}{Y} \dots\dots\dots(40)$$

Donde:

β : Parámetro de escala.

c) Cálculo del caudal de diseño

$$Q = X_t = \frac{\chi^2 \beta}{2} \dots\dots\dots(41)$$

Donde:

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

β : Parámetro de escala.

d) Intervalo de Confianza

$$Li = Xt - Z(1-\alpha/2)SE \dots\dots\dots(42)$$

$$Ls = Xt + Z(1-\alpha/2) * SE \dots\dots\dots(43)$$

$$SE = \frac{s}{\sqrt{n}} * \delta$$

Donde:

Li : Límite inferior.

Ls : Límite superior.

α : Nivel de confianza o nivel de probabilidad.

SE : Error estándar.

δ : Coeficiente calculado de la tabla N°

E) Distribución Gamma III Parámetros

a) Función de densidad

$$f(x) = \frac{(x - x_0)^{\gamma-1} e^{-\frac{(x-x_0)}{\beta}}}{\beta \Gamma(\gamma)} \dots\dots\dots(44)$$

Donde:

f(x) : Función densidad Gamma III Parámetros de la variable x.

Υ : Parámetro de escala

β : Parámetro de forma.

x_0 : Parámetro de posición.

$\Gamma(\Upsilon)$: Función gamma completa.

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

b) Estimación de Parámetros

$$\Upsilon = \frac{4}{C_s} \dots\dots\dots(45)$$

$$\beta = \frac{C_s * S}{2} \dots\dots\dots(46)$$

$$x_0 = \bar{X} - \frac{2 * S}{C_s} \dots\dots\dots(47)$$

Donde:

Υ : Parámetro de escala

β : Parámetro de forma.

x_0 : Parámetro de posición.

\bar{X} : Media aritmética de x .

c) Cálculo del caudal de diseño

$$Q = X_t = \bar{X} + K * S \dots\dots\dots(48)$$

Donde:

\bar{X} : Media aritmética de x .

S : Desviación estándar.

K : Calculado con la tabla N° cuyo valor está en función del C_x y la probabilidad de excedencia $P(X>x)$.

C_s : Coeficiente de asimetría.

d) Intervalo de Confianza

$$Li = X_t - Z(1-\alpha/2)SE.....(49)$$

$$Ls = X_t + Z(1-\alpha/2) * SE.....(50)$$

$$SE = \frac{s}{\sqrt{n}} * \delta$$

Donde:

Li : Límite inferior.

Ls : Límite superior.

α : Nivel de confianza o nivel de probabilidad.

SE : Error estándar.

δ : Coeficiente calculado de la tabla N°

n: Número de datos.

E) Distribución Log Pearson tipo III

a) Función de densidad

$$f(x) = \frac{(\ln x - x_0)^{\gamma-1} e^{-\frac{(\ln x - x_0)}{\beta}}}{x\beta\gamma\Gamma(\gamma)}.....(51)$$

Donde:

f(x) : Función densidad Log Pearson tipo III de la variable x.

γ : Parámetro de escala.

β : Parámetro de forma.

x_0 : Parámetro de posición.

$\Gamma(\gamma)$: Función gamma completa.

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

b) Estimación de Parámetros

$$\Upsilon = \frac{4}{Cslnx^2} \dots\dots\dots(52)$$

$$\beta = \frac{Cslnx * Slnx}{2} \dots\dots\dots(53)$$

$$X_o = \bar{X} lnx - \frac{2 * Slnx}{Cslnx} \dots\dots\dots(54)$$

Donde:

Υ : Parámetro de escala

β : Parámetro de forma.

x_o : Parámetro de posición.

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

$Slnx$: Desviación estándar de los logaritmos.

$Cslnx$: Coeficiente de asimetría de los logaritmos.

c) Cálculo del caudal de diseño

$$LnQ = LnX_t = \bar{X}lnx + K Slnx \dots\dots(55)$$

Donde:

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

$Slnx$: Desviación estándar de los logaritmos.

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

d) Intervalo de Confianza

$$Li = Xt - Z(1-\alpha/2)SE \dots\dots\dots(56)$$

$$Ls = Xt + Z(1-\alpha/2) * SE \dots\dots\dots(57)$$

$$SE = \frac{Slnx}{\sqrt{n}} * \delta \dots\dots\dots(58)$$

Donde:

Li : Límite inferior.

Ls : Límite superior.

α : Nivel de confianza o nivel de probabilidad.

SE : Error estándar.

δ : Coeficiente calculado de la tabla N°

Slnx: Desviación estándar de los logaritmos.

n: Número de datos.

F) Distribución Gumbel

a) Función de densidad

$$f(x) = \frac{1}{\alpha} e^{-\frac{x-\mu}{\alpha}} - e^{-\frac{x-\mu}{\alpha}} \dots\dots\dots(59)$$

Donde:

f(x) : Función densidad Gumbel de la variable x.

μ : Parámetro de posición.

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

α : Parámetro de escala.

b) Estimación de Parámetros

$$\alpha = \frac{\sqrt{6}}{\pi} * S \dots \dots \dots (60)$$

$$\mu = \bar{X} - 0.45S \dots \dots \dots (61)$$

Donde:

μ : Parámetro de posición.

S : Desviación estándar.

α : Parámetro de escala.

c) Cálculo del caudal de diseño

$$Q = Xt = \mu + K * \alpha \dots \dots \dots (62)$$

$$Y = (-\ln(-\ln(F(z)))) \dots \dots \dots (63)$$

Donde:

μ : Parámetro de posición.

α : Parámetro de escala.

$K= Y$: Factor de frecuencia.

d) Intervalo de Confianza

$$Li = Xt - Z(1-\alpha/2)SE \dots \dots \dots (64)$$

$$Ls = Xt + Z(1-\alpha/2) * SE \dots \dots \dots (65)$$

$$SE = \frac{S}{\sqrt{n}} * \left(1 + \frac{K^2}{2}\right)^{0.5} \dots \dots \dots (66)$$

Donde:

Li : Límite inferior.

Ls : Límite superior.

α : Nivel de confianza o nivel de probabilidad.

SE : Error estándar.

K= Y : Factor de frecuencia calculado con la tabla N°.

n: Número de datos.

G) Distribución Log Gumbel

a) Función de densidad

$$f(x) = \frac{1}{\alpha} e^{-\frac{x-\mu}{\alpha}} e^{-\frac{x-\mu}{\alpha}} \dots\dots\dots(67)$$

Donde:

f(x) : Función densidad Log Gumbel de la variable x.

μ : Parámetro de posición.

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

α : Parámetro de escala.

b) Estimación de Parámetros

$$\alpha = \frac{\sqrt{6}}{\pi} * S \ln x \dots\dots\dots (68)$$

$$\mu = \bar{X} \ln x - 0.45 S \ln x \dots\dots\dots (69)$$

Donde:

μ : Parámetro de posición.

Slnx : Desviación estándar de los logaritmos.

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

α : Parámetro de escala.

c) Cálculo del caudal de diseño

$$\ln Q = \ln X_t = \mu + K * \alpha \dots\dots\dots(70)$$

$$Y = (-\ln(-\ln(F(z)))) \dots\dots\dots(71)$$

Donde:

μ : Parámetro de posición.

α : Parámetro de escala.

$K= Y$: Factor de frecuencia.

d) Intervalo de Confianza

$$Li = Xt - Z(1-\alpha/2)SE.....(72)$$

$$Ls = Xt + Z(1-\alpha/2) * SE.....(73)$$

$$SE = \frac{Sln(x)}{\sqrt{n}} * \left(1 + \frac{K^2}{2}\right)^{0.5}(74)$$

Donde:

Li : Límite inferior.

Ls : Límite superior.

α : Nivel de confianza o nivel de probabilidad.

SE : Error estándar.

K= Y : Factor de frecuencia calculado con la tabla N°.

n: Número de datos.

2.2.2.4.6. 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, 2007)

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, 2007)

a) Expresión General

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(\theta_i - e_i)^2}{e_i} \dots\dots\dots(75)$$

$$\sum_{i=1}^k \theta_i = \sum_{i=1}^k e_i = N \dots\dots\dots(76)$$

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.

- Asignando probabilidades a la ecuación (76), se obtiene la fórmula computacional desarrollada por Marckovic (1965).

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(N_i - NP_i)^2}{NP_i} \dots\dots\dots(77)$$

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.

$$P_i = \frac{1}{k} \text{ o } e_i = P_i N \dots\dots\dots(78)$$

- Simplificando la ecuación 74 se obtiene la fórmula computacional desarrollada por Markovic (1965). (Villón, 2007)

$$\chi^2 = \frac{K}{N} \sum_{i=1}^K N_i^2 - N \dots\dots\dots(79)$$

- El valor de χ^2 obtenido por la ecuación (79) se compara con el χ^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, 2007)
- En la práctica se usa para cualquier modelo de ajuste, pero estrictamente es válido sólo para la normal. (Villón, 2007)

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.

a) Expresión General

$$\Delta = \text{máx } |F(x) - P(x)| \dots \dots \dots (80)$$

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.
- Si Δ_0 (tabular) es valor crítico para un nivel de significación α , se tiene que :

$$P[\text{máx}|F(x) - P(x)| \geq \Delta_0] = \alpha \dots\dots(81)$$

$$o P(\Delta \geq \Delta_0) = 1 - \alpha \dots\dots\dots(82)$$

También:

$$P = (\Delta < \Delta_0) = 1 - \alpha \dots\dots\dots(83)$$

- 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.

$$P(x) = \frac{M}{N + 1} \dots\dots(84)$$

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:

$$\Delta = \text{máx}|F(x) - P(x)| \dots\dots(85)$$

- 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, 2007)
- Es aplicable a cualquier distribución.(Villón, 2007)

2.2.3. Hidráulica Fluvial

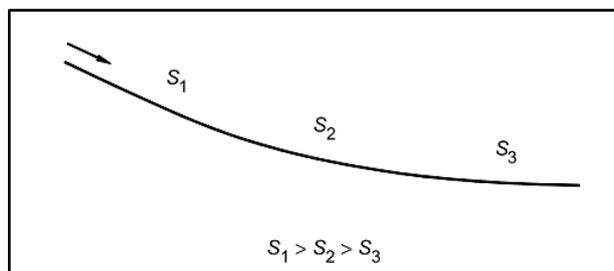
2.2.3.1. Morfología de un río

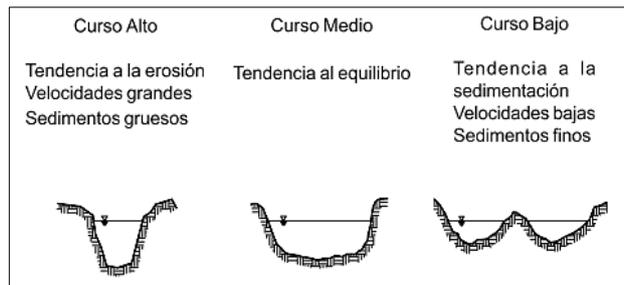
- La morfología de un río implica el estudio de los cambios que experimenta un río, tanto en su recorrido, como en su sección transversal (lecho y márgenes). Su comportamiento depende mucho de la topografía, asociada a las condiciones geológicas. Además, el desarrollo de un río y las formas que adopta son diferentes en una zona plana y en una zona de fuerte pendiente. La presencia de vegetación a lo largo de las márgenes de los ríos contribuye a la definición del cauce. Por el contrario, su desaparición contribuye a la inestabilidad del recorrido fluvial. (ROCHA, 1998)

2.2.3.1.1. Perfil Longitudinal

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



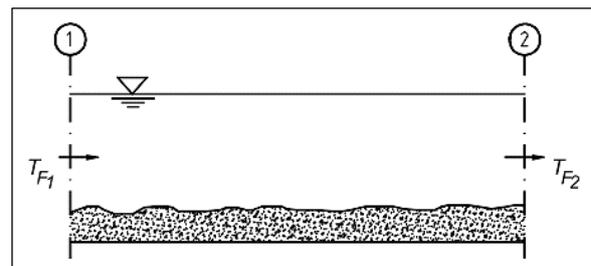


Fuente : Rocha ,1998

2.2.3.1.2. Estado de Equilibrio

- Se dice que un tramo fluvial se encuentra en estado de equilibrio cuando la cantidad de sólidos que ingresa es igual a la que sale, en un tiempo determinado. En dicho tramo no hay erosión ni sedimentación. (ROCHA, 1998)

Figura N° 8: Estado de Equilibrio. En el tramo 1-2 no hay erosión ni sedimentación ($T_{F1} = T_{F2}$)

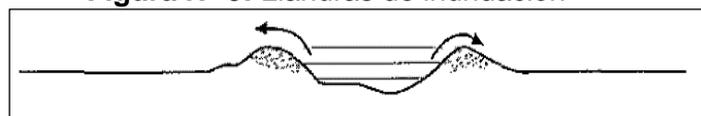


Fuente: Vide, 1998

2.2.3.1.3. Llanuras de Inundación

- Las llanuras de inundación son las áreas próximas al cauce principal del río que resultan ocasionalmente inundadas. La llanura de inundación es un terreno muy llano pero con distintas formaciones. (VIDE, 2002)

Figura N° 9: Llanuras de inundación



Fuente: Vide, 1998

2.2.3.2. Clasificación de los ríos

2.2.3.2.1. Por su edad

A) 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)

B) 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)

C) 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)

2.2.3.2.2. Por su Morfología

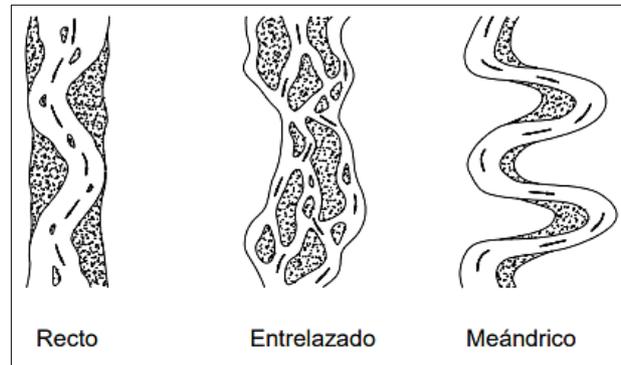
A) Ríos Rectos.- Como hemos visto, prácticamente no existen ríos rectos en la Naturaleza.

B) Ríos Entrelazados.- A veces se les llama ríos trezados. 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.

C) 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.

Figura N° 10: Clasificación Morfológica de los ríos



Fuente: Rocha, 1998

2.2.3.2.3. Por su Pendiente

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

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

2.2.3.4. Inundación

- Una inundación es el desborde lateral de las aguas de los ríos, lagos y mares que cubre temporalmente los terrenos bajos adyacentes. Suele ocurrir en épocas de lluvias intensas, marejadas y en caso de tsunamis. (INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL (INDECI), 2011)

2.2.3.4.1. Tipos

A) Inundación Estáticas

- Generalmente se producen cuando las lluvias son persistentes y generalizadas, producen un aumento paulatino del caudal y del río hasta superar su capacidad máxima de transporte, por lo que el río se desborda, inundando áreas planas cercanas al mismo, a estas áreas se les denomina llanuras de

Inundación.(INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL (INDECI), 2011)

B) Inundación Dinámicas

- Se producen en ríos cuyas cuencas presentan fuertes pendientes, por efecto de las lluvias intensas. Las crecidas de los ríos son repentinas y de corta duración. Por ejemplo: Los ríos de la Cuenca del Océano Pacífico (La Leche, Tumbes, etc.) (INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL (INDECI), 2011)

2.2.3.5. Tipos de Flujos

2.2.3.5.1. Criterio tiempo

A) Flujo Permanente

- Si la profundidad de flujo, el área mojada, la velocidad y el caudal no cambian o puede suponerse constante durante el intervalo de tiempo en consideración. En la mayor parte de los problemas de flujo permanente, el caudal es constante. (Chow, 1994)

B) Flujo No Permanente

- Si la profundidad del flujo, el área mojada, la velocidad, y el caudal cambian con el tiempo. (Chow, 1994)

2.2.3.5.2. Criterio Espacio

A) Flujo Uniforme

- Se dice que el flujo en canales abiertos es uniforme si la profundidad del flujo, el área mojada, la velocidad y caudal es lo mismo en cada sección del canal. (Chow, 1994)

B) Flujo Variado

- Si la profundidad de flujo, el área mojada, la velocidad y el caudal cambian a lo largo del canal. (Chow, 1994)

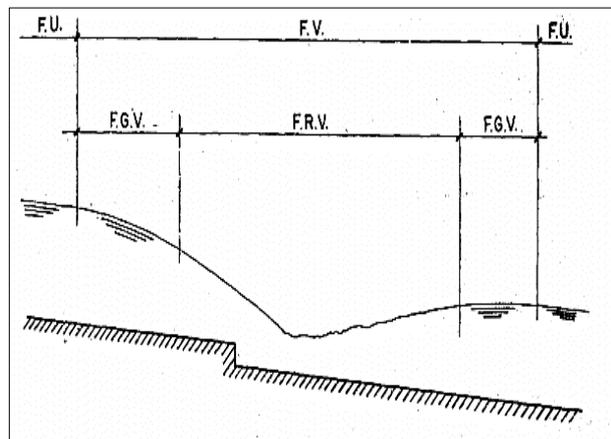
a) Flujo Rápidamente Variado

- El flujo es rápidamente variado si la profundidad del agua, el área mojada, la velocidad y el caudal cambian de manera abrupta en distancias comparativamente cortas. (Chow, 1994)

b) Flujo Gradualmente Variado

- El flujo es gradualmente variado si la profundidad del agua, el área mojada, la velocidad y el caudal no cambian de manera abrupta en distancias comparativamente cortas. (Chow, 1994)

Figura N° 11: Diferentes tipos de flujos en canales abiertos



Fuente : (Ven te Chow, 1994)

2.2.3.5.3. Criterio de Viscosidad

A) Flujo Laminar

- Si las fuerzas viscosas son muy fuertes en relación con las fuerzas inerciales de tal manera que la viscosidad juega un papel

importante en determinar el comportamiento del flujo. (Chow, 1994)

B) Flujo Turbulento

- Si las fuerzas viscosas son débiles en relación con las fuerzas inerciales. En el flujo turbulento las partículas del agua se mueven en trayectorias irregulares que no son suaves ni fijas, pero que en conjunto todavía representan el movimiento hacia delante de la corriente entera. (Chow, 1994)

B) Flujo Transicional

- Entre los estados de flujo laminar y flujo turbulento existe un estado mixto o transicional. (Chow, 1994)

2.2.3.5.4. Criterio de N° Froude (Fr)

$$\mathbf{Fr} = \frac{V}{\sqrt{gD}} \dots\dots\dots(86)$$

$$\mathbf{D(Profundidad\ hidráulica)} = \frac{\text{Área mojada}}{\text{ancho superficial}}$$

A) Flujo Subcrítico

- El valor de $Fr < 1$.

B) Flujo Crítico

- El valor de $Fr = 1$.

C) Flujo Supercrítico

- El valor de $Fr > 1$.

2.2.3.5.5. Criterio velocidad

A) Flujo Unidimensional

- Es un flujo en el que el vector velocidad depende de sólo una variable espacial. (Poterr, 2015)

B) Flujo Bidimensional

- Es un flujo en el que el vector velocidad depende sólo de dos variables espaciales. (Poterr, 2015)

C) Flujo Tridimensional

- El vector velocidad depende de tres coordenadas espaciales. (Poterr, 2015)

2.2.4. Transporte de Sedimentos

2.2.4.1. Propiedades de los Sedimentos

- Las características que definen los procesos de suspensión, transporte y posterior depositación del sedimento, dependen no sólo de las condiciones del flujo sino también de las propiedades del sedimento y por ello es necesario su estudio. Entre otras propiedades se considerarán a continuación el tamaño, la forma, la distribución granulométrica, densidad, peso específico, concentración. (Bunte & Abt, 2001)

2.2.4.1.1. Tamaño

- El análisis de tamaño de partícula comprende la medición y análisis de los tres ejes que tiene esta, ellos definen la forma tridimensional de dicho elemento. (Bunte & Abt, 2001)

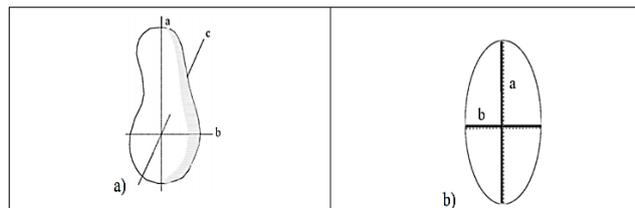
A) Ejes de las Partículas

- Los parámetros que determinan el análisis del tamaño de partícula y la forma de esta, son la

longitud de los tres ejes de partícula mutuamente perpendiculares: el mayor (eje a), el medio (eje b), y el menor (eje c). De esta manera los tres ejes de partícula se pueden comparar con la forma de partícula elipsoidal.(Bunte & Abt, 2001)

- Al tener los lechos granulares una variación mínima de densidad, $\gamma_s = 2,65 \text{ kg/m}^3$, la propiedad hidráulica más importante viene a ser su tamaño (Aguirre-Pe, 1980; Vide, 2003); dicho tamaño, es la dimensión del eje b (segundo eje) de un elipsoide que puede asemejarse a una partícula de sedimento (Fig.3). Asimismo, se considera que b presenta el tamaño condicionante para que una partícula pase por un tamiz o no. (Romero, 2004).

Figura N° 12: Definición de los ejes de la partícula (a), similitud de la forma de la partícula con la forma de un Elipsoide (b)



Fuente: Bunte & Abt, 2001

B) Medición de la Partícula

- La medición de la partícula puede ser determinado en tres maneras diferentes: la longitud real del eje b, el diámetro nominal, y el diámetro de tamizado de la partícula. Los tres enfoques son usados para propósitos diferentes.(Bunte & Abt, 2001)

- **Longitud real del eje b.**- Este tipo de medición es utilizado para estudios de determinación del tamaño de partícula dominante, midiendo el tamaño del eje b en milímetros o centímetros.(Bunte & Abt, 2001)
- **Diámetro nominal.**- El diámetro nominal denota el diámetro de una partícula que asumiría su volumen si fuera expresado como una esfera y calculado con:

$$D_n = (a \cdot b \cdot c)^{\frac{1}{3}} \dots\dots\dots(87)$$

$$VD = \frac{\pi}{6} (a \cdot b \cdot c)^3 \dots\dots\dots(88)$$

- **Diámetro de tamizado.**- Las partículas de sedimento son analizadas comúnmente agrupando partículas de tamaños varios en clases de tamaño que corresponden al tamaño de la abertura de cierto tamiz. El diámetro de tamizado de partícula puede ser definido como el tamaño de tamiz más pequeño a través del que una partícula puede pasar (D_{pass}) o como el tamaño de cernidor más grande a través del que la partícula no pasó (D_{ret}). (Bunte & Abt, 2001)

**C) Clases de Tamaño de la Partícula-
Wentworth**

- En transporte de sedimentos, el tamaño importa de dos maneras: primero, los granos más grandes son más difíciles de transportar que los granos más pequeños. Se necesita menos flujo para mover un grano de arena que una roca, podemos llamar a esto un efecto de tamaño

absoluto. Segundo, los granos más pequeños dentro de una mezcla de tamaños tienden a ser más difícil de mover de lo que sería en fondo o lecho de un solo tamaño, y los granos más grandes tienden a ser más fáciles de mover cuando están en una mezcla de tamaños, podemos llamar a esto un efecto de tamaño relativo. El tamaño relativo es importante en los ríos de lecho de grava porque el fondo o lecho, generalmente contiene una amplia gama de tamaños. (Wilcock, Pitlick, 2009)

- Se necesita una nomenclatura para describir el tamaño de grano. Por el ancho rango de tamaños, se utiliza una escala geométrica en lugar de una escala aritmética. Si se piensa que un grano de 102 mm como del mismo tamaño que un grano de 101 mm, y un grano de 2 mm mucho más grande que grano de 1 mm, si es así, se está pensando geoméricamente. En una escala aritmética, la diferencia de tamaño es la misma en ambos casos (1 mm). En una escala geométrica, el grano de 2 mm es dos veces más grande que el grano de 1 mm.(Wilcock, Pitlick, 2009)
- La escala geométrica que usamos para el tamaño de grano se basa en potencias de dos. Una clasificación de partículas de acuerdo al tamaño fue realizada por Udden (1914) y modificada por Wentworth (1922). Tal clasificación se presenta en la Tabla 3.1, donde se observa que los límites de

cada intervalo de clase difieren por un factor de 2. La escala de Udden-Wentworth ha sido adoptada por el Subcomité de Terminología Sedimentológica de la AGU. Para arenas y sedimentos más gruesos el diámetro d se expresa generalmente en milímetros (mm) y para sedimentos finos ($d < 62.5 \mu\text{m}$) en micrones ($1 \mu\text{m} = 10^{-3} \text{mm}$). (Basile, 2018)

- A los efectos de mejorar la visualización gráfica de las distribuciones granulométricas y facilitar el cálculo de los parámetros estadísticos, Krumbein (1934) propuso que los límites de cada intervalo de clase en la escala Udden-Wentworth sean transformados logarítmicamente en valores $\phi = -\log_2 d$ (con d en mm). De esta manera la escala sedimentológica phi (ϕ) queda definida como:

$$d = 2^{-\phi} \dots\dots\dots(89)$$

- Aplicando logaritmo (en base 2 y en base 10) a ambos miembros de la ec. (85) tenemos: $\phi = -\log_2 d = -\frac{\log_{10} d}{\log_{10} 2} = -3.322 \log_{10} d$ con d en mm. En la escala ϕ , los rangos de d en (mm), para cada intervalo de clase en la escala de Udden-Wentworth, se convierten en números enteros constantes e iguales a una unidad ϕ .

Tabla N° 1: Tamaño de la gradación de sedimentos en el rango de arena a cantos rodados (escala de Wentworth)

Description of particle size	$\phi = -\log_2$	mm	$\psi = \log_2$
Boulder	very large	4096	12.0
		2896	11.5
		2048	11.0
	large	1448	10.5
	Medium	1024	10.0
		724	9.5
Cobble		512	9.0
	small	362	8.5
		256	8.0
Pebble	large	181	7.5
		128	7.0
	Small	90.5	6.5
Gravel		64	6.0
	very coarse	45.3	5.5
		32	5.0
	coarse	22.6	4.5
		16	4.0
	medium	11.3	3.5
		8	3.0
	fine	5.66	2.5
Granule		4	2.0
	very fine	2.83	1.5
		2	1.0
	very coarse	1.41	0.5
Sand		1	0
	coarse	0.707	-0.5
		0.500	-1.0
	medium	0.354	-1.5
		0.250	-2.0
	fine	0.177	-2.5
Silt		0.125	-3.0
		0.088	-3.5
	very fine	0.063	-4.0
Clay		0.0039	-8.0
		0.00024	-12.0

Fuente : Bunte & Abt, 2001

2.2.4.1.2. Forma

Es una característica que determina el modo del movimiento de la partícula (granos de forma aplanada, en el lecho, difícilmente se mueven por rotación, pero sí se desplazan fácilmente o, eventualmente pueden saltar. Normalmente se define a través de la redondez, esfericidad y el factor de forma. (Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca, 2004)

A) Redondez.- Se define por la relación entre el radio medio de las aristas y esquinas de la partícula y el radio de la circunferencia inscrita en la máxima área proyectada de la partícula. (Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca, 2004)

B) Esfericidad.- Es la relación entre el área superficial de una esfera de volumen equivalente al de la partícula y el área superficial de la partícula.(Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca, 2004)

$$\Omega = \sqrt[3]{\frac{c}{b} \left(\frac{b}{a}\right)^2} = \sqrt[3]{\frac{b^*c}{a^2}} \quad \dots\dots\dots(90)$$

Donde:

Ω : esfericidad

a : arista más larga

b : arista de longitud intermedia

c: arista más corta.

C) Factor de Forma.- Se define por la siguiente ecuación:

$$FF = \frac{c}{\sqrt{a*b}} \quad \dots\dots\dots(91)$$

2.2.4.1.3. Densidad y Peso Específico

A) Densidad

- Para una partícula sólida, es la relación entre la masa que posee la partícula y su volumen.(Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca, 2004)

$$\rho_s = \frac{m}{v} \quad \dots\dots\dots(92)$$

Donde

ρ_s : densidad de la partícula. (Kg/m³)

m: masa. (Kg)

v: Volumen. (m³)

B) Peso Específico

- Es la relación entre el peso de la partícula y su volumen, o lo que es igual, el producto de la densidad y la aceleración de la gravedad.(Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca, 2004)

$$\gamma_s = \frac{P}{V} \dots\dots\dots(93)$$

$$\gamma_s = \rho_s g \dots\dots\dots(94)$$

Donde:

γ_s : peso específico de la partícula. (N/m³)

P : peso de la partícula. (N)

ρ_s : Densidad de la partícula. (Kg/m³)

g: aceleración de la gravedad. (m/s²)

Tabla N° 2: Rango de valores del peso específico de partículas sólidas

Material	γ_s [N/m ³] SI
Piedras y guijarros	18,000 a 28,000
Gravas	21,000 a 24,000
Arenas	26,000 a 27,000

Fuente : Maza. J. A. 1987

La mayoría de las arenas están formadas por partículas de cuarzo, y por lo tanto los valores característicos de densidad y peso específico son los que figuran en la tabla siguiente:

Tabla N° 3: Valores usuales de densidad y peso específico para arenas.

Material	γ_s [N/m ³] SI
Piedras y guijarros	18,000 a 28,000
Gravas	21,000 a 24,000
Arenas	26,000 a 27,000

Fuente : Maza. J. A. 1987

2.2.4.1.4. Velocidad de Caída

- La velocidad de caída es la máxima velocidad que la partícula alcanza cuando cae libremente en agua. La velocidad de caída tiene en cuenta el peso, la forma, el tamaño de la partícula, la temperatura y la densidad del agua. (Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca, 2004)

$$W = \left[\frac{2}{3} \left(\frac{\rho_s - \rho}{\rho} \right) g D + \frac{36V^2}{D^2} \right]^{\frac{1}{2}} - \frac{6V}{D} \dots\dots\dots(95)$$

Donde:

W: velocidad de caída (m/s)

V: viscosidad cinemática (m² /s). Para agua a 18°C la es igual a 1.057 * 10⁻⁶ m² /s

ρ : Densidad del agua. (Kg/m³)

ρs: Densidad de las partículas. (kg/m³)

D : diámetro característico (m)

Tabla N° 4: Viscosidad Cinemática del agua

Temperatura T (°C)	Densidad ρ (kg/m ³)	Viscosidad μ (N · s/m ²)	Viscosidad cinemática ν (m ² /s)
0	999.9	1.792×10^{-3}	1.792×10^{-6}
5	1000.0	1.519	1.519
10	999.7	1.308	1.308
15	999.1	1.140	1.141
20	998.2	1.005	1.007
30	995.7	0.801	0.804
40	992.2	0.656	0.661
50	988.1	0.549	0.556
60	983.2	0.469	0.477
70	977.8	0.406	0.415
80	971.8	0.357	0.367
90	965.3	0.317	0.328
100	958.4	0.284×10^{-3}	0.296×10^{-6}

Fuente : Maza (1998)

2.2.4.2. Inicio del Movimiento o Movimiento Incipiente de las Partículas de Fondo en la Corriente

- El inicio de movimiento o movimiento incipiente es aquella situación que se presenta de manera instantánea cuando se cumplen ciertas condiciones para que el agua ponga en movimiento a una o varias partículas que forman el lecho de un cauce.(Basile, 2018)
- El movimiento inicial de las partículas del lecho en un río, depende de la granulometría del lecho, la pendiente y el caudal necesario para generar arrastre, ya que el flujo actúa sobre estas partículas tratando de sacarlas de su estado de reposo.(Basile, 2018)
- Hay dos formas de aproximarse al estudio de la iniciación del movimiento:
 - En función al esfuerzo cortante crítico para el material.
 - En función a la velocidad crítica para el material.

2.2.4.2.1. En Función al Esfuerzo Cortante Crítico para el Material

- Al comparar el esfuerzo actuante con el resistente, es posible conocer si el flujo será capaz o no de mover las partículas que conforman un fondo móvil o lecho de un río. El esfuerzo resistente es el esfuerzo cortante crítico del material que constituye el cauce, τ_c . El esfuerzo actuante es el esfuerzo cortante producido por el flujo en el fondo, τ . (COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA, 1996)

$$\tau = \gamma \cdot h \cdot S \quad \dots\dots\dots(96)$$

Donde:

τ : Esfuerzo cortante producido por el flujo en el fondo. (N/m²)

γ : Peso específico del agua. (N/m³)

h : Tirante. (m)

S : Pendiente del cauce.

- Luego, de acuerdo con las características del flujo y las del cauce, en un río puede presentarse las siguientes situaciones:

Si $\tau < \tau_c$ No hay movimiento de partículas en el lecho del río.

Si $\tau = \tau_c$ El movimiento de partículas está a punto de iniciarse. (condición crítica del movimiento)

Si $\tau > \tau_c$ Hay movimiento de partículas.

A) Fondo Granular

- Un lecho granular que soporta la circulación de un corriente de agua verá en algún momento desplazada una partícula por la fuerza del arrastre del agua.
- La acción del agua sobre el fondo puede caracterizarse por un esfuerzo cortante de fondo τ . El movimiento de las partículas constituyentes del lecho empieza cuando el esfuerzo cortante de fondo es mayor que el esfuerzo cortante crítico del material de fondo τ_c , se denomina esfuerzo cortante crítico característico del material al mínimo esfuerzo necesario para poner en movimiento las partículas constituyentes del lecho. (ROCHA, 1998)}

a) Esfuerzo Cortante Adimensional de Shields

- El criterio de Shields se usa para suelos no cohesivos y uniformes, da conocer el esfuerzo cortante de fondo que hace que la partícula del lecho del cauce esté a punto de iniciar su movimiento debido a la acción del flujo. La acción del agua sobre el fondo puede caracterizarse por un esfuerzo cortante de fondo τ que produce el inicio del movimiento.(VIDE, 2002)
- La resistencia de la partícula a ser movida puede relacionarse con la diferencia entre los pesos específicos de partícula y del agua ($\gamma_s - \gamma$) con el tamaño D que caracteriza el peso. Con estas tres

variables se forma el parámetro adimensional τm , esfuerzo cortante adimensional, de la siguiente manera (VIDE, 2002):

$$\tau c^* = \frac{\tau}{(\gamma_s - \gamma)D} \dots\dots\dots(97)$$

Donde:

τc^* : Esfuerzo Cortante Adimensional de Shields.

τ : Esfuerzo cortante de fondo. (N/m²)

γ_s : Peso específico de la partícula. (N/m³)

γ : Peso específico del agua. (N/m³)

D: Diámetro característico de las partículas del cauce. (m)

- La acción del agua sobre el fondo puede representarse también por una velocidad característica llamada velocidad de corte V^* . Esta velocidad se define convencionalmente a partir del esfuerzo cortante de fondo τ . (VIDE, 2002)

$$V^* = \sqrt{\frac{\tau}{\rho}} \dots\dots\dots(98)$$

Donde:

V^* : Velocidad de corte. (m/s)

τ : Esfuerzo cortante de fondo. (N/m²)

ρ : Densidad del agua. (kg/m³)

- Lo más interesante de la velocidad de corte, es que, como velocidad significativa para el fondo, es la más indicada para constituir un número de Reynolds granular, definido como (VIDE, 2002) :

$$\mathbf{Re^*} = \frac{V^*D}{\nu} \quad \dots\dots\dots(99)$$

Donde:

V* : Velocidad de corte o velocidad de fricción (m/s)

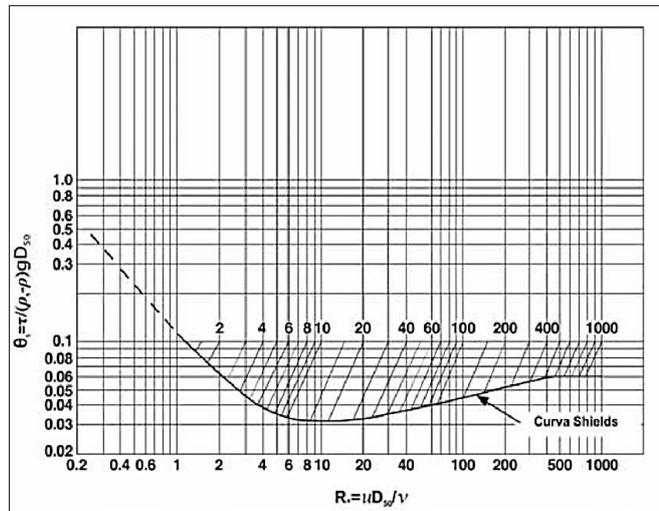
Re*: Número de Reynolds granular.
(Adimensional)

ν: Viscosidad cinemática del agua. (m²/s)

D: Diámetro de las partículas (m)

- En el ábaco de Shields se propone una curva de principio del movimiento en unos ejes $\frac{\tau}{(\gamma_s - \gamma)D}$ y Re^* . Un punto por debajo de la curva indica que no hay movimiento y un punto encima de la curva indica que hay movimiento.(VIDE, 2002)

Figura N° 13: Ábaco de SHIELDS para la iniciación del movimiento



Fuente : Introducción a la Hidráulica Fluvial, Arturo Rocha, 1998

b) Fórmula de Aki y Sato (CONAGUA, 1996)

- La relación propuesta para calcular el esfuerzo cortante crítico es la siguiente:

$$\tau_c = 0.2649 \left(\frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma} \right) * D \dots\dots(100)$$

Donde :

τ_c : Esfuerzo cortante crítico del material (N/m²)

γ_s : Peso específico de la partícula. (N/m³)

γ : Peso específico del agua. (N/m³)

D : Diámetro de las partículas.(m)

c) Fórmula de Meyer-Peter y Müller

- Determinaron que para turbulencia plenamente desarrollada, y para 0,4 < d < 30mm.(ROCHA, 1998)

$$\tau_c = 0.047 * (\gamma_s - \gamma) D \dots\dots(101)$$

Donde :

τ_c : Esfuerzo cortante crítico (N/m²)

γ_s : Peso específico de la partícula. (N/m³)

γ : Peso específico del agua. (N/m³)

D: Diámetro de las partículas. (m)

d) Fórmula de García Flores

- Cuando el material es grueso, no cohesivo y no uniforme ($D_{75} \geq 5$ mm), es decir, suelos que pueden experimentar acorazamiento, entonces el esfuerzo cortante crítico se evalúa con la siguiente ecuación (ROCHA, 1998):

$$\tau_c = 0.75403 \cdot D_{75} \dots\dots\dots(102)$$

Donde :

τ_c : Esfuerzo cortante crítico del material de fondo . (N/m²)

D₇₅: Diámetro por el que pasa el 75 % del total de partículas.(m)

e) Fórmula de Schoklitsch

- Analizó la variación del parámetro de Shields en términos del tamaño del material del cauce. Se usa para el caso en que el tamaño de los granos varía de 0.10 a 3mm. (COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA, 1996)

$$\tau_c = 2.85 \cdot 10^{-5} (\gamma_s - \gamma) \cdot D^{\frac{1}{3}} \dots\dots\dots(103)$$

Donde :

τ_c : Esfuerzo cortante crítico del material de fondo (N/m²)

γ_s : Peso específico de la partícula. (N/m³)

γ : Peso específico del agua. (N/m³)

D : Diámetro partículas. (m)

B) Fondo Cohesivo

- Los sedimentos cohesivos se diferencian de los sedimentos granulares en sus propiedades y en su comportamiento ante la acción hidrodinámica del flujo de una corriente. Mientras los sedimentos granulares resisten el movimiento debido al peso sumergido de las partículas, el sedimento cohesivo resiste el movimiento debido principalmente a la cohesión. (Basile, 2018)
- Los sedimentos cohesivos requieren tensiones de corte relativamente elevadas para erosionar una "partícula" y, dado el tamaño pequeño de las mismas, se necesita tensiones relativamente bajas para transportarla directamente en suspensión. En primer lugar, debemos distinguir entre los sedimentos cohesivos compactos consolidados y aquellos recientemente depositados no consolidados. (Basile, 2018)
- Generalmente el proceso de "movimiento incipiente" en sedimentos cohesivos consolidados se inicia repentinamente, en una zona determinada del lecho, después de

un período medianamente prolongado de la acción hidrodinámica del flujo hídrico. El desprendimiento masivo de partículas en bloque (aglomerado de partículas) se produce generalmente sin reposición de material desde aguas arriba. Es por eso que nos referimos a erosión y no a movimiento incipiente, cuyo concepto se ajusta mejor a los sedimentos granulares.(Basile, 2018)

2.2.4.2.2. En Función a la Velocidad Crítica para el Material

- La movilidad de las partículas de un río puede estudiarse también en base a las velocidades: Si, se compara la velocidad actuante o velocidad con que fluyen las aguas en un cauce, V , con la velocidad resistente, que es la velocidad crítica de las partículas que constituyen el material del cauce, V_c , se logra saber si las partículas serán o no transportadas por el flujo, presentándose las siguientes consideraciones (COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA, 1996):

Si $V < V_c$ No hay movimiento de las partículas.

Si $V = V_c$ El movimiento de las partículas está a punto de iniciarse (condición crítica del movimiento).

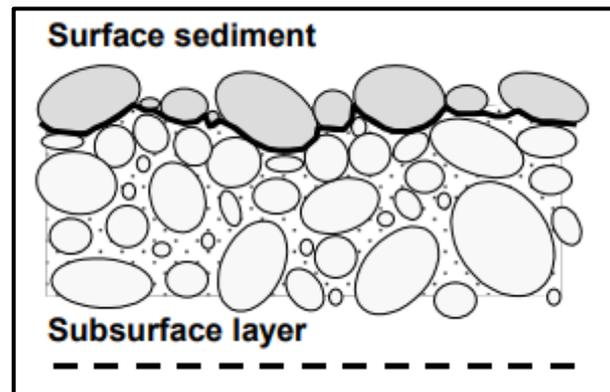
Si $V > V_c$ Hay movimiento de las partículas.

2.2.4.3. Muestreo para Sedimentos de Fondo

2.2.4.3.1. Muestreo Superficial

- Se colecta un determinado número de partículas o sedimentos de la superficie del lecho (capa superficial) en un área determinada. (Bunte & Abt, 2001)

Figura N° 14: Estratigrafía de un fondo blindado de superficie de sedimentos y capa subsuperficial



Fuente : Bunte & Abt, 2001

- Existen 3 tipos de muestreo superficial.

A) Recuento de Guijarros

- Se escoge un número predeterminado de partículas de superficie en incrementos a lo largo de una cinta formando transectos que pueden ser paralelos y atravesar un área de muestra relativamente grande ($\approx 100 \text{ m}^2$). (Bunte & Abt, 2001)

B) Recuento de Cuadrículas

- En este tipo de muestreo, las partículas son medidas desde debajo de un número preseleccionado de puntos de cuadrícula que cubren un área de muestra predeterminada. (Bunte & Abt, 2001)

- Las partículas pueden ser recogidas físicamente desde abajo de la cuadrícula colocada directamente sobre la superficie del lecho. La escala espacial y el espaciamiento de cuadrícula es flexible, y está determinada por el tamaño de la partícula con mayor diámetro ($D_{m\acute{a}x}$) que se encuentra dentro de la cuadrícula, de esta forma los cuadros espacios dentro de la grida formada deben ser por lo menos tan grandes como el tamaño de partícula de $D_{m\acute{a}x}$ ó 2 veces éste. ($\approx 1-10 \text{ m}^2$).(Bunte & Abt, 2001)

Tabla N° 5: Separación por estructura de muestreo según el tamaño de partícula ($D_{m\acute{a}x}$)

<i>Limites de tamaño eje b (cm.)</i>	<i>Separación de las gridas (cm.)</i>
< 5	5
5 - 10	10
10 - 15	15
15 - 20	20
> 20	20

Fuente : Bunte & Abt, 2001

C) Muestreo Areal

- Incluye todas las partículas dentro de un área que es bastante pequeña ($\approx 0.1 - 1 \text{ m}^2$)
- Existe métodos diferentes para analizar las muestras:

a) Muestreo por adhesión: las partículas son marcadas (con pintura, cera, pasta de flúor, arcilla, etc.) y luego recogidas para su análisis. Este método es recomendado para lechos con grandes cantidades de arenas y gravas. (Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca, 2004)

b) Muestreo fotográfico: se toma una fotografía vertical de un área determinada del suelo. La distribución de tamaños de los sitios es obtenida del análisis posterior de la fotografía. (Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca, 2004)

c) Muestreo manual: el técnico toma manualmente todas las partículas dentro del área preestablecida. Es un método recomendado para lechos de gravas gruesas, guijarros y piedras, ya que las partículas más pequeñas, como arenas y gravas finas, son difíciles de coleccionar manualmente. (Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca, 2004)

Tabla N° 6: Comparación entre Recuentos de Guijarros, Recuento de Cuadrícula y muestreo Areal

Recuento de Guijarros	Recuento de Cuadrícula	Muestreo Areal
Muestrea un número predeterminado de partículas en una zona, separadas aproximadamente en incrementos de al menos el D_{max} de tamaño.	Muestrea un número predeterminado de partículas bajo una cuadrícula separada aproximadamente del D_{max} de tamaño.	Muestrea todas las partículas sobre una pequeña área de muestreo antes seleccionada.
Cubre una gran área de muestreo.	Muestrea varias pequeñas áreas en el tramo o cubre pequeñas áreas de sedimento homogéneo.	Se enfoca sobre una localización y requiere que varias muestras sean tomadas en el área de muestreo.
Adecuado para Gravas y Guijarros no para Arenas.	Apropiado para Gravas, no para Arenas.	Apropiado para Arenas y Grava Media no para Grava gruesa y Guijarros.
Largo trabajo de campo, no hay trabajo de laboratorio.	Toma manual: Largo trabajo de campo, no hay trabajo de laboratorio. Fotografías: Pequeño trabajo de campo, largo trabajo de laboratorio.	Trabajo de campo y de laboratorio.
Muestreo de tamaño de partículas comparable y combinable con tamaños de partícula de Recuento de Cuadrícula y Muestreo Volumétrico.	Muestreo de tamaño de partículas comparable y combinable con tamaños de partícula de Recuento de Guijarros y Muestreo Volumétrico.	Muestreo de tamaño de partículas no directamente comparable y combinable con tamaños de partícula de Recuento de Cuadrícula, Recuento de Guijarros y Muestreo Volumétrico.

Fuente : (Bunte & Abt, 2001)

2.2.4.3.2. Muestreo Volumétrico

- Las muestras volumétricas extraen un volumen predefinido o masa de sedimento del lecho.(Bunte & Abt, 2001)
- Esto implica retirar primero la capa superficial en un espesor comparable al tamaño de la mayor partícula observada en la superficie. El volumen que se toma debe ser representativo del material granular del cauce, para lo cual puede seguirse el criterio de que la mayor partícula extraída no represente más del 1% en peso de toda la muestra.(VIDE, 2002)

$$P=D(\text{lado } b) *10 \dots\dots\dots(104)$$

Donde:

P: Peso a extraer en (Kg.)

D_{máx}: Diámetro máximo observado (cm)

- En un muestreo volumétrico se puede dividir en varias capas o estratos: la capa de armadura, el sedimento del subarmadura y subsuperficie. (Bunte & Abt, 2001)

A) Armadura

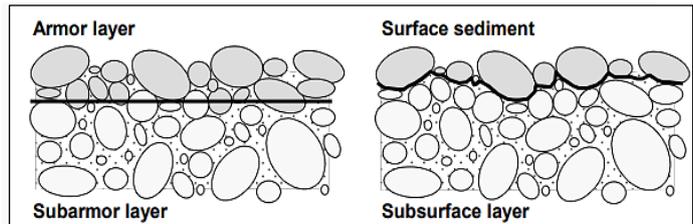
- La capa de armadura es tridimensional toma las partículas de la superficie y un pequeño espesor subyacente a esta.(Bunte & Abt, 2001)

B) Subsuperficie, Subarmadura

- Subarmadura es el sedimento debajo de la capa de armadura, son generalmente más finos que los sedimentos superficiales o blindados.(Bunte & Abt, 2001)
- Los sedimentos de la subsuperficie y subarmadura son generalmente más finos

que los sedimentos superficiales, respectivamente, a menos que la corriente se esté acumulando o ha recibido una capa de finos superficiales. (Bunte & Abt, 2001)

Figura N° 15: Estratigrafía de una cama blindada que distingue entre capa de armadura, capa de subarmadura, superficie sedimento y capa subsuperficial



Fuente : (Bunte & Abt, 2001)

2.2.4.3.3. Selección del Método de Muestreo

- El enfoque adecuado es definir el transporte en relación con la composición de la superficie del lecho, debido a que la superficie depende no sólo de los procesos físicos inmediatos de transporte, sino también del suministro de sedimentos, la estructura y composición del lecho preexistente. (Wilcock, Pitlick, 2009)
- El tradicional método volumétrico o másico es la única técnica de muestreo disponible que realmente no es sesgada, ni hacia los materiales finos ni hacia los materiales gruesos. Sin embargo, este método tiene inconvenientes: no es práctico cuando se trata de ríos de grava y piedra, debido a que generalmente se requiere recolectar muestras muy voluminosas y pesadas para garantizar la representatividad de la muestra. (Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca, 2004)
- Si toda la superficie y la mayor parte del sedimento superficial (armadura) han sido

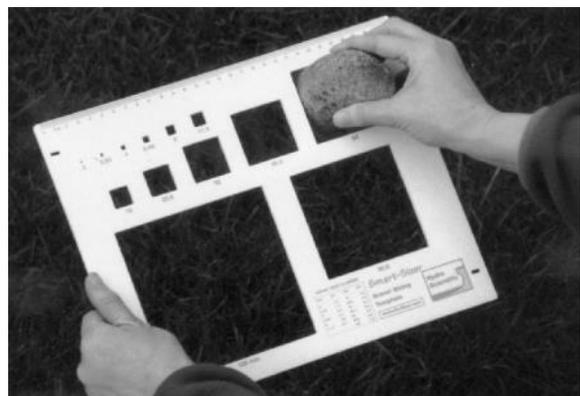
quitados por limpieza del cauce o construcción de una estructura, entonces se debería hacer un muestreo volumétrico de la capa de la armadura (analizado en términos de volumen por el peso). (Bunte, 2019)

2.2.4.4. Análisis Granulométrico

2.2.4.4.1. A Partir de Muestras Superficiales

- La medición de las partículas superficiales puede ser realizada de diversas maneras, las cuales proveen de diferentes grados de exactitud. (Bunte & Abt, 2001)
- Los equipos utilizados son: Plantillas – Gravelómetro, Regla, flexómetro y calibrador (Vernier). Cada uno de los anteriores tiene diferente forma de utilización pero la misma identificación del diámetro intermedio de partícula (lado b). (Bunte & Abt, 2001)
- Las muestras superficiales se analizan como frecuencia basada en frecuencia por número (área por número). (Bunte & Abt, 2001)

Figura N° 16: Gravelómetro



Fuente : (Bunte & Abt, 2001)

2.2.4.4.2. A Partir de Muestras Volumétricas

- El tamizado es aplicado para muestras volumétrica de sedimentos mediante una serie de tamices. En este caso el índice de tamaño lo define el diámetro de tamiz.(Bunte & Abt, 2001)
- Las muestras volumétricas se analizan como frecuencia basada en peso (volumen por peso).(Bunte & Abt, 2001)

Tabla N° 7: Serie de tamices ASTM

Tamiz	Abertura de malla (mm)	Tamiz N°	Abertura de malla (mm)	Tamiz N°	Abertura de malla (mm)
5"	127.0	3.5	5.657	45	0.354
4.24"	107.7	4	4.757	50	0.297
4"	101.6	5	4.000	60	0.250
3½"	88.9	6	3.364	70	0.210
3"	76.2	7	2.828	80	0.177
2½"	63.5	8	2.378	100	0.149
2"	50.8	10	2.000	120	0.125
1½"	38.1	12	1.682	140	0.105
1"	25.4	14	1.414	170	0.088
7/8"	22.2	16	1.189	200	0.074
3/4"	19.1	18	1.000	230	0.0625
5/8"	15.9	20	0.841	270	0.0526
1/2"	12.7	25	0.707	325	0.0450
3/8"	9.52	30	0.595	400	0.0380
5/16"	7.94	35	0.500	450	0.0320
1/4"	6.35	40	0.420	500	0.0250

Fuente: (United States Standard Sieves)

- En la escala Udden-Wentworth d se incrementa siguiendo una serie geométrica en razón 2.(Basile, 2018)

2.2.4.5. Mecanismos de Transporte de Sedimentos

2.2.4.5.1. Formas de Fondo

- El fondo de un río con transporte de sedimentos, es decir habiendo superado el umbral o inicio del movimiento, puede presentar una configuración no plana sino ondulada, siguiendo las llamadas formas de fondo. Las formas de fondo tienen importancia porque participan en el transporte de

sedimentos y porque intervienen decisivamente en la resistencia al flujo (rugosidad). (VIDE, 2002)

- Las formas de fondo ocurren con toda propiedad en lechos de arena, mientras que en ríos de grava y en ríos con materiales gruesos de granulometría extendida parece ser que se presentan limitadamente o no se presentan. (VIDE, 2002)
- Los tipos de fondo son :

A) Fondo Arrugado

- Pequeñas ondulaciones con altura máxima del orden de centímetros y longitud de onda máxima del orden de decímetros. Sólo aparecen con arena fina (<0.6mm) y su movimiento no es turbulento rugoso en el fondo. (VIDE, 2002)

B) Fondo Duna

- Son ondulaciones triangulares pero con taludes muy diferentes: el de aguas arriba es muy suave y el de aguas abajo muy marcado, su tamaño es mayor que el fondo de las arrugas. (VIDE, 2002)

C) Fondo Antiduna

- Cuando el flujo alcanza el régimen torrencial o supercrítico, se desarrollan nuevas ondulaciones en el fondo de una forma aproximada a la sinusoidal en fase con las ondas de la superficie libre, siendo estas, en general de mayor amplitud. Esta denominación es designada por el hecho de que en general este tipo de configuración tiene un recorrido en sentido contrario al de las dunas, o sea hacia aguas arriba. (Mejía, 2007)

D. Fondo Rápido

- En este régimen ocurre una sucesión de regímenes rápidos y lentos separados por resaltos hidráulicos. Ocurren en los estados avanzados del flujo. (Mejía,2007)

2.2.4.5.2. Clasificación del Transporte de Sedimentos

A) Transporte de Fondo

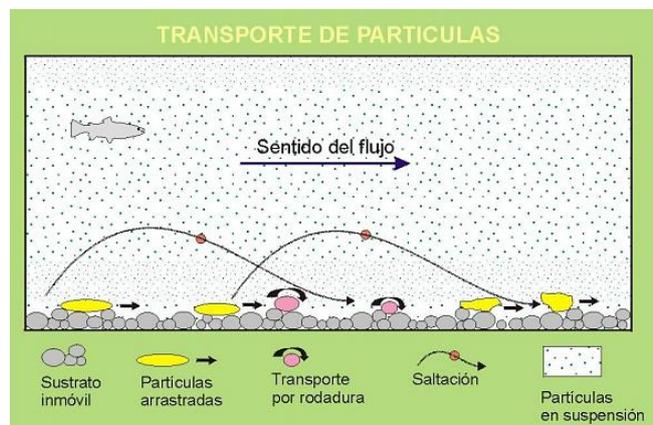
- El transporte de fondo, es aquel durante el cual las partículas de sedimento transportadas por el flujo se mantienen en frecuente contacto con el lecho.(Basile, 2018)

- Arrastre.
- Saltación.
- Rodamiento.

B) Transporte en Suspensión

- El material en suspensión está constituido por las partículas más finas, y prácticamente se halla distribuido en toda la sección transversal.(ROCHA, 1998)

Figura N° 17: Transporte de partículas



Fuente: Collinson (2006)

2.2.4.5.3. 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:

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) m^5 \quad \dots\dots\dots(105)$$

Donde:

n_0 :Rugosidad base para un canal recto, uniforme, prismático y con rugosidad homogénea.

n_1 :Rugosidad adicional debida a irregularidades superficiales del perímetro mojado a lo largo del tramo en estudio.

n_2 : 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° 8: 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° 9: Tabla de Coeficiente de Rugosidad de Manning

Tipo de cauce y descripción	Valor de n		
	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 n 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)

2.2.4.6. Estimación del Transporte de Sedimento de Fondo

2.4.4.6.1. Fórmula de Meyer -Peter y Muller

$$gB = 8g^{1/2} \left(\frac{\rho_s - \rho}{\rho} \right)^{1/2} D_{50}^{3/2} \left[\left(\frac{ns}{n} \right)^{3/2} \tau_* - 0.047 \right]^{3/2} \dots (106)$$

- El ns , lo obtenemos a partir del D_{90} de la partícula.

$$ns = \frac{D_{90}^{1/6}}{26} \dots\dots\dots(107)$$

$$n = \frac{R^{2.1}}{V S^2} \dots\dots\dots(108)$$

Donde

gB: Gasto sólido de fondo unitario. (m³/s.m)

D50 : Diámetro medio de las partículas, tal que el 50% del peso del material del cauce en estudio lo constituyen partículas inferiores a dicho tamaño. (m)

D90: Diámetro medio de las partículas, tal que el 90% del peso del material del cauce en estudio lo constituyen partículas inferiores a dicho tamaño. (m)

g : Aceleración debido a la gravedad. (m/s²)

ρ : Densidad del agua. (Kg/m³)

ρs: Densidad de las partículas. (kg/m³)

τ* : Número adimensional de Shields.

n: Coeficiente de Manning.

ns : Coeficiente de Manning debido a la partícula.

2.4.4.6.2. Fórmula Parker

$$gB = \frac{11.93 * f(\phi) * \left(\frac{\tau g}{\rho}\right)^{\frac{3}{2}}}{g(\Delta - 1)} \dots\dots\dots(109)$$

$$\frac{V}{\sqrt{\frac{\tau g}{\rho}}} = 2.5 * \text{Ln} \left(\frac{12.27 * R'}{ks} \right) \dots\dots\dots(110)$$

$$k_s = 2 * D_{90} \dots\dots\dots(111)$$

$$\phi = \frac{\theta}{\theta_c} \dots\dots\dots(112)$$

$$\theta_c = 0.0386 \dots\dots\dots(113)$$

$$\theta = \frac{\tau_g}{(\gamma_s - \gamma)D_{50}} \dots\dots\dots (114)$$

$$\tau_g = \gamma * R' * S \dots\dots\dots(115)$$

$$f(\phi) = \begin{cases} \left(\frac{1-0.853}{\phi}\right)^{4.5}, \phi > 1.59 \dots\dots\dots(116) \\ 0.000183 * e^{14.2 * (\phi - 1) - 9.28 * (\phi - 1)^2}, 1 < \phi \leq 1.59 \dots\dots\dots(117) \\ 0.000183 * \phi^{14.2}, \phi \leq 1 \dots\dots\dots(118) \end{cases}$$

Donde:

gB : Gasto unitario sólido de fondo. (m³/s.m)

τg : Esfuerzo cortante del grano. (N/m²)

R' : Radio Hidráulico asociado al esfuerzo cortante del grano. (m)

ks: Rugosidad del lecho

D90: Diámetro medio de las partículas, tal que el 90% del peso del material del cauce en estudio lo constituyen partículas inferiores a dicho tamaño. (m)

γ : Peso específico del agua. (N/m³)

γs : Peso específico de las partículas. (N/m³)

ϕ : Esfuerzo cortante relativo.

θ : Número de Shields de la partícula.

θ_c : Número de Shields crítico.

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

ρ : Densidad del agua. (kg/m³)

2.2.5. Diseño de Enrocado de Protección

2.2.5.1. Ancho Estable

2.2.5.1.1. Método de Altunin – Manning

$$B = A^* \frac{\sqrt{Q}}{S^{0.2}} \dots\dots\dots(119)$$

$$A = (nK^{\frac{5}{3}})^{\frac{3}{(3+5m)}} \dots\dots\dots(120)$$

Donde:

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

A: Coeficiente

Q: Caudal (m³/s)

S: Pendiente

n: Coeficiente de rugosidad de Manning.

K: Coeficiente que depende de las resistencias de las orillas.

m: Coeficiente del tipo de río.

Tabla N° 10: Coeficiente del material del cauce

Coeficiente del material del cauce	K
Material de cauce muy resistente	De, 3 a 4
Material fácilmente erosionable	16 a 20
Material aluvial	8 a 12

En los problemas de Ingeniería (Valor Practico)	10
---	----

Fuente: Rubén Terán,1998

Tabla N° 11: Coeficiente de tipo de rio (m)

Coeficiente del tipo de Río	m
Para ríos de montaña	0.5
Para cauces arenosos	0.7
Para cauces aluviales	1.0

Fuente: Rubén Terán, 1998

2.2.5.1.2. Método de Blench

$$B=1.81 * \sqrt{\frac{Q * Fb}{Fs}} \dots\dots\dots(121)$$

Donde:

Q: Caudal (m3/s).

Fb: Factor de fondo.

Fs : Factor de orilla.

Tabla N° 12: Factor de fondo de rio (Fb)

Factor de Fondo	Fb
Para material fino	0.8
Para material grueso	1.2

Fuente: Rubén Terán,1998

Tabla N° 13: Factor de orilla de rio (FS)

Factor de Orilla	Fs
Para materiales sueltos	0.1
Para materiales ligeramente cohesivos	0.2
Para materiales cohesivos	0.3

Fuente: Rubén Terán, 1998

2.2.5.1.3. Método de Simons y Henderson

$$B = K1 * Q^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots(122)$$

Donde:

Q: Caudal (m³/s)

K1: Condiciones de fondo de río.

Tabla N° 14: Condiciones de Fondo de Rio (K1)

Condiciones de Fondo de Río	K1
Fondo arena y orillas de material	4.20
Fondo y orillas de material	3.60
Fondo y orillas de grava	2.90
Fondo arena y orillas material no cohesivo	2.80

Fuente: Rubén Terán 1998

2.2.5.1.4. Método de Pettit

$$B = 4.44 * \sqrt{Q} \dots\dots\dots(123)$$

Donde:

B: Ancho medio de la sección (m).

Q: Caudal de diseño (m³/s)

2.2.5.1.5. Recomendación Práctica

Tabla N° 15: Ancho estable, según el caudal máximo del río

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

Fuente : Rubén Terán, 1998

2.2.5.2. Tirante de Máxima de Avenida

$$t = (Q / (K_s * B * S^{\frac{1}{5}}))^{\frac{3}{5}} \dots\dots\dots(124)$$

Donde:

Q: Caudal de diseño (m³/s).

B: ancho medio de la sección (m)

S: Pendiente del río

Ks: Coeficiente de rugosidad que depende del lecho natural.

t: Tirante máximo de avenida (m).

Tabla N° 16: Coeficiente de rugosidad para cauces naturales (KS)

Tipo de cauce natural	Ks
Cauce con fondo sólido sin irregularidades	40
Cauces de río con acarreo irregular (33 – 35)	33
Cauces de Ríos con Vegetación (30 – 35)	35
Cauces naturales con derrubio e irregularidades	30
Cauces naturales con derrubio e irregularidades	28
Torrentes con piedras de tamaño de una cabeza (25 – 28)	25
Torrentes con derrubio grueso y acarreo móvil (19 – 22)	20

Fuente: Rubén Terán 1998

2.2.5.3. Altura de encauzamiento (H)

$$H = t + BL \dots\dots\dots(125)$$

Donde:

H : altura de encauzamiento (m).

t : Tirante máximo de avenida (m).

BL : Borde Libre, definido por:

$$BL = \phi * e \dots\dots\dots(126)$$

Con:

$$e = \frac{V^2}{2 \cdot g} \dots\dots\dots(127)$$

ϕ : Coeficiente de corrección que depende del caudal de diseño.

g : Aceleración de la gravedad 9.81. (m/s²)

Tabla N° 17: Coeficiente recomendado para calcular el borde libre del muro de encauzamiento

Caudal de diseño Q(m ³ /s)	Coeficiente ϕ
3000-4000	2
2000-3000	1.7
1000-2000	1.4
500-1000	1.2
100-500	1.1

Fuente: Rubén Terán 1998

2.2.5.4. Ancho de Corona

Tabla N° 18: Ancho de corona en función del caudal de diseño

Caudal de diseño Q(m ³ /s)	Ancho de Corona (m)
500-2000	4-6
Menos de 500	3-4

Fuente: Rubén Terán 1998

2.2.5.5. Profundidad de Socavación

2.2.5.5.1. Método de Lischtván – Levediev

- Según Lischtván-Levediev (Maza, 1967) las expresiones para evaluar la socavación general son las siguientes:

Para suelos granulares:

$$H_s = \left[\frac{\alpha h^{\frac{5}{3}}}{0.68 \beta \mu \phi D m^{0.28}} \right]^{\frac{1}{1+z}} \dots\dots\dots(128)$$

Para suelos cohesivos:

$$H_s = \left[\frac{\alpha h^{\frac{5}{3}}}{0.60 \beta \mu \phi \gamma_s^{1.18}} \right]^{\frac{1}{1+x}} \dots\dots\dots(129)$$

$$\alpha = \frac{Q_d}{(H_m)^{\frac{5}{3}} B \mu} \dots\dots\dots(130)$$

Donde:

Hs-h: Profundidad de socavación (m).

h: Tirante de agua (m).

Dm: Diámetro característico del lecho (m).

B,μ,φ: Factores.

2.2.5.6. Profundidad de Uña

- Se utilizará la siguiente expresión para el cálculo de la profundidad de uña. (TERÁN, 1998)

$$\text{Puña} = FS * HS \dots\dots\dots(131)$$

Donde:

FS: Factor de seguridad.

HS : Profundidad de socavación.(m)

2.2.5.7. Dimensionamiento del Enrocado

2.2.5.7.1. Para el fondo del río

A. Maza y García

$$\frac{H}{D} = \left[\frac{1.93}{Fr} \right]^{2.36} \dots\dots\dots(132)$$

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{g * H}} \dots\dots\dots(133)$$

Donde:

H: Tirante. (m)

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

D. Diámetro de la roca. (m)

Fr: Número de Froude.

g: Aceleración Gravedad: 9.81 m/s²

B. Neill

$$\frac{H}{D} = \frac{5.99}{Fr^3} \dots\dots\dots(134)$$

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{g * H}} \dots\dots\dots(135)$$

Donde:

H: Tirante. (m)

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

D. Diámetro de la roca. (m)

Fr: Número de Froude.

g: Aceleración Gravedad: 9.81 m/s²

C. Straub

$$\frac{H}{D} = \frac{6.97}{Fr^3} \dots\dots\dots(136)$$

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{g * H}} \dots\dots\dots(137)$$

Donde:

H: Tirante. (m)

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

D. Diámetro de la roca. (m)

Fr: Número de Froude.

g: Aceleración Gravedad: 9.81 m/s²

D. Método de Maynord

- Maynord propone las siguientes relaciones para determinar el diámetro medio de las rocas a usarse e la protección. (TERÁN, 1998)

$$d_{50} = C_1(yF^3) \dots\dots\dots(138)$$

$$F = C_2\left(\frac{V}{\sqrt{gy}}\right) \dots\dots\dots(139)$$

Donde:

d50 : Diámetro medio de las rocas (m)

y : Tirante (m)

V : Velocidad media de flujo. (m/s)

F : Número de Froude

C1 y C2 : Coeficientes de corrección

- Los valores recomendados de C1 y C2 se muestran a continuación:

$$C1 \left\{ \begin{array}{ll} 0.28 : & \text{Fondo plano} \\ 0.28 : & \text{Talud 1V:3H} \\ 0.32 : & \text{Talud 1V:2H} \end{array} \right.$$

$$C2 \left\{ \begin{array}{ll} 1.5 : & \text{Tramos en curva} \\ 1.25 : & \text{Tramos rectos} \\ 2.0 : & \text{Extremos de espigones} \end{array} \right.$$

2.2.5.7.2. Para el talud

A. Método de Lopardo -Estellé

$$\frac{u}{\sqrt{g * \Delta * D}} = 1.3 * \left(\frac{H}{D}\right)^{\frac{1}{6}} * \left(1 - \left(\frac{\sin \theta}{\sin \phi}\right)^2\right)^{\frac{1}{4}} \dots\dots(140)$$

Donde:

Δ : Densidad Relativa del material.

ρs : 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)

B. Método de California División of Highways

$$\frac{u}{\sqrt{g * \Delta * D}} = 1.92 * [\sin(\phi - \theta)]^{\frac{1}{2}} \dots\dots(141)$$

Donde:

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

Δ : Densidad Relativa del material.

D: Diámetro. (m)

ρs : Densidad de la roca. (Kg/m³)

ρ : Densidad del agua. (Kg/m³)

g : Aceleración Gravedad: 9.81 m/s²

θ : Ángulo de talud.

∅ : Ángulo de Fricción Interna del material.

C. Método del U.S. Department of Transportation

$$d_{50}^I = \frac{0.001V^3}{y^{0.5}K1^{1.5}}, \text{ en sistema inglés(142)}$$

$$K1 = \left[1 - \left(\frac{\text{sen}^2 \theta}{\text{sen}^2 \phi} \right) \right]^{0.5} \text{(143)}$$

$$C = CsgCsf \text{(144)}$$

$$Csg = \frac{2.12}{(Ss - 1)^{1.5}} \text{(145)}$$

$$Csf = \left(\frac{FS}{1.2} \right)^{1.5} \text{(146)}$$

$$d_{50} = Cd_{50}^I \text{(147)}$$

Donde:

d₅₀: Diámetro medio de las rocas. (m)

V: Velocidad media del Flujo. (m/s)

y: Tirante. (m)

K₁: Factor de corrección.

θ : Ángulo de inclinación del talud.

φ : Angulo de reposo del material del enrocado.

C: Factor de corrección

Δ : Densidad Relativa del material.

F_s: Factor de seguridad.

Tabla N° 19: Selección del factor de seguridad

CONDICIÓN	RANGO DEL FS
Flujo uniforme, tramos rectos o medianamente curvos (radio de la curva/ancho del cauce > 30). Mínima influencia de impacto de sedimentos y material flotante.	1.0 – 1.2
Flujo gradualmente variado, curvatura moderada (10 < radio de la curva/ancho del cauce < 30). Moderada de impacto de sedimentos y material flotante.	1.3 – 1.6
Flujo rápidamente variado, curvas cerradas (radio de la curva/ancho del cauce < 10), flujos de alta turbulencia, flujo de turbulencia mixta en estribos de puentes. Efecto significativo de impacto de sedimentos y material flotante.	1.6 – 2.0

Fuente: Elaboración Propia

2.2.5.8. Estabilidad del Revestimiento del enrocado en el fondo

A. Esfuerzo cortante de fondo

$$\tau = \gamma \cdot h \cdot S \quad \dots\dots\dots(148)$$

Donde:

τ : Esfuerzo cortante de fondo. (N/m²)

γ : Peso específico del agua . (N/m³)

h : Tirante. (m)

g : Aceleración Gravedad: 9.81 m/s²

S : Pendiente del río.

B. Esfuerzo cortante crítico del enrocado en el fondo

$$\tau_c = \rho V_*^2 \quad \dots\dots\dots(149)$$

$$V_* = \sqrt{\Delta g D \tau_c} \quad \dots\dots\dots(150)$$

Donde:

τ_c : Esfuerzo cortante crítico del enrocado en el fondo.
(N/m²)

ρ : Densidad del agua . (Kg/m³)

V*: Velocidad de corte. (m/s)

Entonces:

$\tau_c > \tau$ El revestimiento es estable.

$\tau_c < \tau$ El revestimiento es estable, se necesita aumentar el diámetro de la roca.

2.2.5.9. Estabilidad del Revestimiento del enrocado en el talud

A. Esfuerzo cortante en el talud

$$\tau_{\text{talud}} = 0.78 * \gamma * h * S \dots\dots\dots(151)$$

Donde:

τ_{talud} : Esfuerzo cortante en el talud. (N/m²)

h: Tirante. (m)

γ : Peso específico del agua . (N/m³)

g : Aceleración Gravedad: 9.81 m/s²

S: Pendiente del río.

B. Esfuerzo cortante crítico del enrocado en el talud

$$\tau_{ct} = K * \tau_c \dots\dots\dots(152)$$

$$K = \sqrt{1 - \frac{\sin^2 \theta}{\sin^2 \phi}} \dots\dots\dots(153)$$

Donde:

τ_{ct} : Esfuerzo cortante crítico del enrocado en el talud.
(N/m²)

τ_c : Esfuerzo cortante crítico del enrocado en el fondo.
(N/m²)

K: Factor del talud.

$\tau_{ct} > \tau_{\text{talud}}$ El revestimiento es estable.

$\tau_{ct} < \tau_{talud}$ El revestimiento es estable, se necesita aumentar el diámetro de la roca.

2.2.5.10. 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:

$$e = (20 \text{ a } 25) * D_{50} \text{ Filtro} \dots\dots\dots(154)$$

- El D50 de la gravilla (obtenido en laboratorio) generalmente se encuentra entre 1 cm a 1.5 cm; por lo cual asumimos $D_{50} \text{ filtro} = 1.5 \text{ cm}$.
- 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. Bocatoma

2.2.6.1. Tipos de Bocatoma

2.2.6.1.1. 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)

2.2.6.1.2. Toma Directa

- 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)

2.2.6.1.3. 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)

2.2.6.1.4. 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.

2.2.6.2. Partes de una Bocatoma

2.2.6.2.1. 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)

2.2.6.2.2. Colchón disipador al pie del azud

- 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)

2.2.6.2.3. 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)

2.2.6.2.4. Compuertas de Captación

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

2.2.6.2.5. Canal desripiador

- 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)

2.2.6.2.6. Canal despedrador

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

2.2.6.2.7. 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)

2.2.6.2.8. 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)

2.2.7. Software

2.2.7.1. Generación del Modelo Digital de Elevación (DEM)

2.2.7.1.1. AutoCAD Civil 3d 2019

- 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)
 - Crear perfiles longitudinales y secciones transversales. (AUTODESK. 2016)

2.2.7.1.2. Agisoft Photoscan

- Permite:
 - 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)

2.2.7.1.3. ArcGIS 10.2.2

- 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)

2.2.7.2. Estudio Hidrológico

2.2.7.2.1. Aplicación del Hidroesta 2

A) Funciones

- 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).

2.2.7.3. Modelamiento Hidráulico

2.2.7.3.1. Iber 2.4.3

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

$$\frac{dh}{dt} + \frac{dq_x}{dx} + \frac{dq_y}{dy} = 0 \quad \dots\dots\dots(155)$$

$$\frac{dq_x}{dt} + \frac{d}{dx} \left(\frac{q_x}{h} + g \frac{h^2}{2} \right) + \frac{d}{dy} \left(\frac{q_x q_y}{h} \right) = -gh \frac{dz_b}{dx} - \frac{\tau_{hx}}{\rho} - \frac{d}{dx} (h u_x' u_x') - \frac{d}{dy} (h u_y' u_y') \quad \dots\dots(156)$$

$$\frac{dq_y}{dt} + \frac{d}{dx} \left(\frac{q_x q_y}{h} \right) + \frac{d}{dy} \left(\frac{q_y^2}{h} + g \frac{h^2}{2} \right) = -gh \frac{dz_b}{dy} - \frac{\tau_{hy}}{\rho} - \frac{d}{dx} (h u_x' u_y') - \frac{d}{dy} (h u_y' u_y') \quad \dots\dots(157)$$

Donde:

h: profundidad de la lámina de agua.

qx: caudal específico en dirección X.

qy: caudal específico en dirección Y.

zb: cota del fondo g: gravedad.

ρ : densidad del agua.

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

A) Funciones

- Permite:
 - Simulación del flujo en lámina libre en cauces naturales.
 - Evaluación de zonas inundables. Cálculo de las zonas de flujo preferente.
 - Cálculo hidráulico de encauzamientos.
 - Cálculo hidráulico de redes de canales en lámina libre.
 - Estabilidad de los sedimentos del lecho.

B) Funcionamiento

a) Pre-proceso

a1) Creación o importar una Geometría

- Para importar una geometría es necesario en primer lugar guardar el proyecto con un nombre. El proyecto se guarda en el ordenador como una carpeta con el nombre del proyecto y extensión .gid. (Flumen, 2013)
- Iber dispone de una interfaz en la cual se puede crear una geometría desde el inicio, dibujando puntos (directamente o entrando coordenadas), líneas y superficies. Por otro lado, desde el menú "Archivo>Importar" se pueden importar distintos formatos estándar (dxf, shapefile, entre otros). Asimismo, a través del menú "Iber_Herramientas" se pueden importar modelos digitales del terreno en formato ASCII de Arc/Info. (Flumen, 2013)

a2) Condiciones hidrodinámicas

Condiciones iniciales.- Se deben asignar a todo el dominio. Se puede escoger entre asignar un calado, o una cota de agua. (Flumen, 2013)

Condiciones de contorno de entrada.- Existe la posibilidad de asignar un caudal total, un caudal específico (caudal por unidad de ancho), o una cota de agua. En cada caso se exigirán los parámetros necesarios en función de si el régimen

es subcrítico, crítico, o supercrítico.(Flumen, 2013)

Condiciones de contorno de salida.-

En este caso sólo se deben especificar parámetros adicionales si el régimen es subcrítico, en cuyo caso es posible utilizar una condición tipo vertedero, una condición de nivel dado (cota o calado) o una curva de gasto. En caso de régimen supercrítico o crítico no es necesario asignar parámetros adicionales. Para utilizar una curva de gasto, dentro de la carpeta del proyecto deben existir tantos archivos como curvas de gasto se quieran utilizar, de nombre: rctable1.dat, rctable2.dat, rctable3.dat, etc. Cada archivo ASCII consta de dos columnas con las cuales se define la curva de gasto: en la primera columna la cota, en la segunda el caudal específico.(Flumen, 2013)

Condiciones internas.- Con este menú se pueden asignar distintos tipos de condiciones internas en los lados de los elementos. Los tipos de condiciones internas consideradas son: vertedero, compuerta, combinación de vertedero y compuerta, o un coeficiente de pérdidas localizadas. En los primeros tres casos, la longitud del vertedero y el ancho de la compuerta se piden como un porcentaje de longitud del lado, no como longitud absoluta. (Flumen, 2013)

a3) Rugosidad

- En Iber la rugosidad se asigna a través de un coeficiente de rugosidad de Manning.(Flumen, 2013)

Asignación según usos del suelo.-

Con el menú “Rugosidad > Usos del suelo” se abre la posibilidad de escoger un uso del suelo y asignarlo a las superficies que forman la geometría (o en su caso a los elementos de la malla). Existen unos valor predeterminados asignados a cada uso del suelo, pero estos pueden cambiarse.(Flumen, 2013)

a4) Transporte de Sedimentos

- A través del menú “Datos > Transporte de sedimentos” se accede a los submenús que permiten asignar condiciones a la geometría o a la malla para el cálculo del transporte de sedimentos. La activación de los distintos módulos de cálculo y la declaración de los parámetros generales se debe hacer desde el menú “Datos > Datos del problema”. (Flumen, 2013)

a5) Mallado

- La malla de cálculo es un elemento fundamental para conseguir buenos resultados. Iber dispone de multitud de maneras de obtener una buena malla de cálculo, y en función de las características del problema un tipo de

mallá será mejor que otro.(Flumen, 2013)

b) Cálculo

b1) Ejecución del Cálculo

- Para lanzar un cálculo, en primer lugar se deben fijar los parámetros de cálculo, o datos del problema, mediante las distintas pestañas del menú “Datos > Datos del problema”. (Flumen, 2013)

b2) Parámetro de Cálculo

- Se accede a través del menú “Datos > Datos del problema”. (Flumen, 2013)

b3) Parámetro de Tiempo

Simulación.- Con el botón Nueva/Continuar se puede escoger entre lanzar una simulación nueva o continuar una que ya se ha ejecutado hasta un cierto instante.(Flumen, 2013)

Incremento de tiempo máximo.- Iber ajusta automáticamente el incremento de cálculo para satisfacer la condición de Courant. Adicionalmente es posible fijar un incremento de tiempo de cálculo máximo. (Flumen, 2013)

Instante inicial.- Valor del instante de tiempo de inicio del cálculo. (Flumen, 2013)

Tiempo máximo de simulación.- Valor del instante de tiempo final del cálculo. (Flumen, 2013)

Intervalo de resultados.- Fija el incremento de tiempo entre instantes de escritura de resultados.(Flumen, 2013)

b4) Selección de resultados

- Iber sólo creara archivos de resultados para los resultados seleccionados. (Flumen, 2013)

b5) Elección del modelo de turbulencia

- Permite elegir algún modelo de turbulencia, o ninguno, y los parámetros generales del mismo. Los detalles de los modelos de turbulencia se presentan en el Manual de Referencia.(Flumen, 2013)

b6) Selección de un modelo de transporte de sedimentos

- La pestaña Sedimentos permite activar o desactivar los módulos de cálculo de transporte de sedimentos por arrastre de fondo y en suspensión, así como fijar los parámetros de los mismos. Los detalles de los modelos se presentan en el Manual de Referencia.(Flumen, 2013)

c) Post-Proceso

- Una vez finalizado el cálculo, o durante el mismo, se puede acceder al post-proceso para visualizar y analizar los resultados. El cambio entre las interfaces de pre-proceso y post-proceso se realiza mediante el menú “Archivo > postproceso” y “Archivo > pre-proceso”, o mediante los botones

correspondientes de la barra de herramientas. (Flumen, 2013)

c1) Visualización de resultados

- Iber dispone de multitud de opciones para visualizar y analizar los resultados, personalizar los colores, las leyendas, mostrar etiquetas de valores, etc. Una opción para visualizar resultados es mediante el menú “Ventana > ver resultados”. La ventana que se abre permite acceder a los distintos grupos de resultados (o Análisis) que se pueden visualizar en cada instante de tiempo, como áreas coloreadas, áreas coloreadas suavizadas, o vectores. (Flumen, 2013)

c2) Creación de gráficos

- Con los distintos botones de creación de gráficos de la barra de visualización de resultados (botones evolución de punto, gráfico de línea, gráfico punto y gráfico de borde) es posible crear gráficos de utilidad para el análisis de resultados. Los gráficos creados se pueden gestionar con la ventana de gráficos (“Ventana > ver gráficos”) y se pueden exportar para abrirlos, por ejemplo, en Excel con “Archivo > Exportar > Gráfico”. (Flumen, 2013)

c3) Exportar resultados en formato ráster

- Iber permite exportar la mayoría de resultados en formato ASCII grid de Arc Info a través del menú

“Iber_Herramientas > Resultados en Grid”. Sólo se debe seleccionar un resultado, introducir el valor de un instante de tiempo y un tamaño de celda.(Flumen, 2013)

2.3. Marco Conceptual

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

Fenómeno El Niño: Es un fenómeno climático cíclico que provoca estragos a nivel mundial, siendo las más afectadas América del Sur y las zonas entre Indonesia y Australia, provocando con ello el calentamiento de las aguas sud americanas. (MINAGRI,2014)

Lidar: Son (originalmente) datos 3D sin referencia cartográficas almacenados en un formato de nube de punto. A menudo se procesan para crear superficies de ráster (DEM o DSM). (ESRI. 2016)

Bocatoma: Son las 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)

Sedimentación: Partículas que provienen de la erosión de cuencas. Se presentan de dos clases: finas, que provienen de la erosión laminar y gruesas, que provienen de deslizamientos y desplomes de material de orilla. (RNE, 2015)

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)

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)

Llanura de inundación: Son las áreas próximas al cauce principal del río que resultan ocasionalmente inundadas. (VIDE, 2002)

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).

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)

Modelo Digital de Elevación: Es una representación visual y matemática de los valores de altura con respecto al nivel medio del mar, que permite caracterizar las formas del relieve y los elementos u objetos presentes en el mismo. (Instituto Geográfico Nacional (IGN),2015)

Caudal de diseño: Es el caudal que se elige, de acuerdo a distintas estimaciones, para así dimensionar distintas obras hidráulicas. (GUEVARA, 2016).

2.4. Hipótesis

2.4.1. General

- La pendiente, profundidad del cauce se incrementarán en 0.5%, 0.9 m.

2.5. Variables

2.5.1. Variable Independiente

- Avenidas.
- Caudal dominante del río Virú.

2.5.2. Variable Dependiente

- Transporte de Sedimentos.
- Inundabilidad.

2.6. Operacionalización de Variables

	Variables	Dimensión	Indicadores	Unidad de Medida	Instrumento de Investigación
Variable Dependiente	Transporte de Sedimentos	Método de Meyer, Peter y Müller	Diámetro de la partícula.	mm	Tamices, Conteo
			Gasto Sólido de Fondo	m ³ /s	Fórmula
		Método de Parker	Diámetro de la partícula	mm	Tamices
			Gasto Sólido de Fondo	m ³ /s	Fórmula
	Inundabilidad	Planicie de Inundabilidad	Área de Inundación	m ²	Software Iber 2.4.3
			Tirante	m	Software Iber 2.4.3

Variable Independiente	Avenidas	Método Estadístico	Caudal de diseño.	m ³ /s	Fórmula
	Caudal Dominante del río Virú	Método Geométrico	Caudales máximos anuales	m ³ /s	Fórmula
Método Estadístico					
Método Morfológico					

III. METODOLOGÍA 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 Virú.

3.2.2. Muestra

- Tramo Puente Virú - Bocatoma Mochán.

3.3. Diseño de Investigación

- Experimental; porque se hará la recolección de datos directamente del tramo de estudio (Puente Virú- Bocatoma Mochán) 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 al personal de la Junta de Usuarios de Agua de la Cuenca del Río Virú.
- Entrevistar a los pobladores de los sectores cercanos al río Virú.

3.4.2. Modelo Digital de Elevación (DEM)

- Obtener la topografía antes de la construcción de la bocatoma (año 2017) de la Junta de Usuarios del valle Virú.
- Realizar el levantamiento topográfico del tramo Puente Virú – bocatoma Mochán (2.4 km de largo del cauce del río Virú y 400 metros adicionales a cada margen del eje principal del cauce) con Estación total Topcon ES-105 y Drone DJI PHANTOM 4 PRO.

3.4.3. Estudio Hidrológico

- Obtener el registro de caudales diarios. Para este estudio hidrológico, se tomó los reportes históricos de los caudales diarios, desde 1950 al 2018. En un principio de la Estación Huacapongo (1950-1999) y luego de Sifón Virú (1999-2018). Este registro de caudales se encuentra en la Sub - Gerencia de Operación y Mantenimiento del Proyecto Especial CHAVIMOCHIC. (Ver anexo, Tabla N°1)

3.4.4. Estudio de Sedimentos de Fondo

- Ubicar los puntos de muestreo mediante un GPS Garmin Map 62s.
- Tomar muestras (muestreo superficial - recuento de cuadrículas y muestreo volumétrico) del lecho del río Virú mediante mallas de muestreo, las cuales están conformadas de 4 listones de madera que son conectadas para moldear un cuadrado con un área de interior de 60 por 60 cm. Los cuatro listones de madera tienen 2.54 cm. de grosor, 3.81 cm. ancho, y 85 cm. de largo, están sujetos por tornillos en cada esquina. Dentro del marco se tensan hilos de pescador en forma vertical y horizontal para formar la malla, el espaciamiento depende del $D_{m\acute{a}x}$ (lado b) de la partícula más grande encontrada dentro de la malla de muestrear.
- El muestreo del cauce del río Virú se dividió en 4 sectores
 - Sector 1 – Abarca 700m aguas abajo de la bocatoma Mochán.
 - Sector 2 – Abarca 500m aguas arriba de la bocatoma Mochán.
 - Sector 3 – Abarca 500m aguas abajo del puente Virú.
 - Sector 4 – Abarca 700 m aguas arriba del puente Virú.

3.5. Procesamiento y Análisis de datos

3.5.1. Modelo Digital de Elevación (DEM)

- Realizado el levantamiento topográfico se procedió con los siguientes pasos:

3.5.1.1. Microsoft Excel 2019

- Creación de los puntos de topografía.

3.5.1.2. AutoCAD Civil 3d 2019

- Descargar la nube de puntos generada por la fotogrametría y datos obtenidos al Excel (formato las) al AutoCAD Civil 3d.
- Crear el alineamiento, perfil longitudinal y secciones transversales del eje del río.
- Dibujar el puente Virú y la bocatoma Mochán en 3D.

3.5.1.3. ArcGis 10.2.2.

- Importar los datos del AutoCAD Civil 3d.
- Generar el Modelo Digital de Elevación (DEM).

3.5.2. Estudio de Hidrología

- Obtenido el registro de caudales diarios proporcionados por la Sub - Gerencia de Operación y Mantenimiento del Proyecto Especial CHAVIMOCHIC, se procedió con los siguientes pasos:

- Analizar el registro de caudales diarios ordenados de menor a mayor para luego extraer los caudales máximos anuales, a partir de los caudales máximos anuales se van a clasificar en caudales altos (aguas altas) y caudales extraordinarios (avenidas).
- Aplicar un análisis de consistencia para verificar si hay errores en los registros de caudales máximos.
- Graficar los caudales altos y extraordinarios (Avenidas).
- Procesar el registro de caudales máximos anuales mediante el programa Hidroesta.
- Aplicar las distribuciones estadísticas para periodos de retorno de 50, 100 y 170 años con el fin de calcular el caudal de diseño para defensas ribereñas, cuyo periodo de retorno elegido fue de 170 años.
- Aplicar pruebas de bondad de ajuste, para verificar cual distribución estadística se ajusta mejor, en nuestra investigación hemos elegido la prueba de Smirnov Kolmogorov.

- Calcular el caudal dominante.

3.5.3. Estudio de Sedimentos de Fondo

- Tomadas las muestras del cauce del río Virú se realizó los siguientes pasos:
 - Pesar las muestras saturadas.
 - Poner a secar en el horno las muestras saturadas durante 1 día.
 - Pesar las muestras secas.
 - Medir con el vernier o pie de rey el tamaño de las partículas (lado b) de las muestras superficiales (Coraza).
 - Clasificar las muestras superficiales por rangos de tamaño, es decir frecuencia basada en número (área por número), según la escala de Wentworth.
 - Tamizar las muestras volumétricas por medio de tamices ASTM durante un tiempo de 30 minutos.
 - Hallar el porcentaje que pasa de la muestra superficial y de la muestra volumétrica.
 - Graficar la curva granulométrica con los diámetros y el porcentaje que pasa.
 - Calcular los diámetros característicos para cada muestra.
 - Clasificar el tipo de material del río mediante la escala de Wentworth.
 - Estimar el caudal sólido de fondo mediante las fórmulas de Meyer Peter y Müller y Parker.
 - Estimar el volumen de sedimentación en el tramo puente Virú- bocatoma Mochán.

3.5.4. Modelamiento Hidráulico

3.5.4.1. Pre-Proceso

- Crear contornos de las áreas en el AutoCAD Civil 3d, mediante el uso de la polilínea 3d.
- Adaptar las estructuras hidráulicas al modelo digital de elevación.

- Importar en formato "DXF" en el programa Iber los contornos creados en el software AutoCAD Civil 3d, debidamente georeferenciados.
- Colapsar el modelo.
- Importar la ortofoto del área de estudio.
- Dibujar 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.
- Crear superficies por cada capa de la geometría.
- Asignar datos del problema: tiempo de simulación, intervalo de paso y resultados a obtener del modelo.
- Asignar condiciones de contorno, ingreso y salida del agua.
- Asignar rugosidades a cada superficie creada de la geometría.
- Asignar condiciones iniciales.
- Creación 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.
- Editar la malla creada con el archivo original de la topografía.
- Iniciar el proceso de cálculo.

3.5.4.2. Post-Proceso

- Modificar el modo de visualización para una mejor apreciación del movimiento del flujo.
- Seleccionar el resultado a visualizar.
- Realizar cortes transversales en los tramos de interacción del modelo.
- Generar las gráficas de los resultados de características hidráulicas y comportamiento del flujo determinados en los cortes transversales.

3.5.5. Diseño del Dique de Enrocado

- Realizar el cálculo del ancho estable del río Virú mediante los métodos de Blench, Altunin- Manning, Pettit, Simons & Henderson y recomendación práctica, para luego sacar un promedio entre los 5 métodos, pero se tuvo en cuenta el ancho que mejor se adapte a la zona de estudio.
- Calcular el tirante máximo de avenida.
- Calcular la altura de encauzamiento y ancho de corona del dique.
- Calcular la profundidad de socavación general del río por el método de Lischtvan – Levediev.
- Calcular la profundidad de uña.
- Calcular el diámetro de la roca mediante los métodos de Maynard, R.A. Lopardo y California División of Highways.
- Diseñar el filtro de enrocado.
- Comprobar la estabilidad del diseño de enrocado.

IV. RESULTADOS

4.1. Modelo Digital de Elevación (DEM)

- La topografía abarca desde 1.8km aguas arriba de la bocatoma Mochán hasta 0.7 km aguas abajo de la bocatoma Mochán en total 2.5 km de longitud, con 410 metros adicionales a cada margen del eje del río Virú.
- El área de la topografía es 218 ha.
- La pendiente del río es 0.0043.

4.2. Estudio Hidrológico

4.2.1. Análisis de Consistencia

4.2.1.2. Análisis de doble masa

- Se seleccionó el período común de información de 2 registros caudales máximos : Río moche y Río Virú.
- Los valores anuales son acumulados en orden cronológico, a partir del año más antiguo (1950) hasta el más reciente (2018).

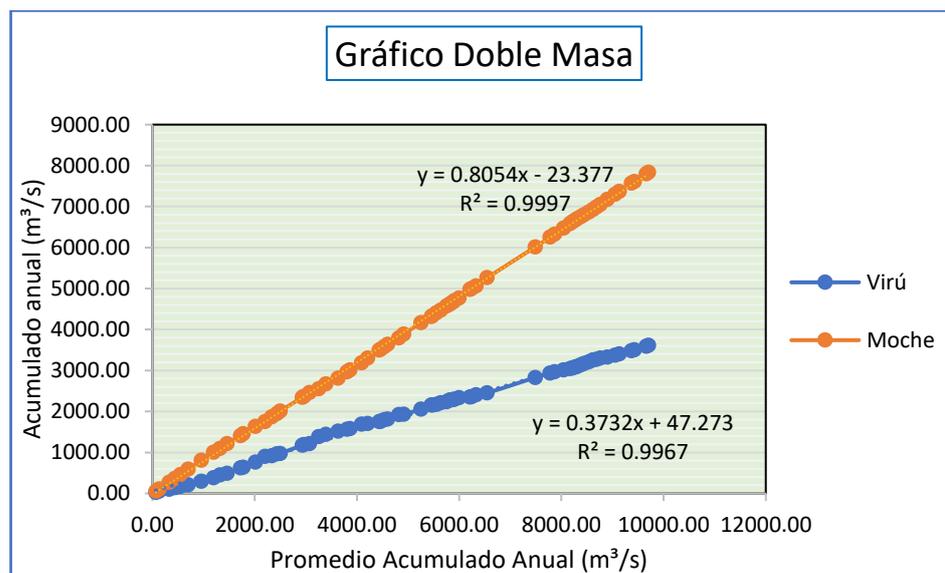
Tabla N° 20: Análisis de doble masa con los caudales máximos anuales.

Año	Viru	Moche	Promedio	Promedio Acumulado	Acumulado Estación de Estudio	Acumulado Estación Base
1950	20.80	56.00	66.40	66.40	20.80	56.00
1951	30.00	48.26	63.26	129.66	50.80	104.26
1952	50.00	170.17	195.17	324.83	100.80	274.43
1953	40.00	94.33	114.33	439.16	140.80	368.76
1954	32.00	93.26	109.26	548.42	172.80	462.02
1955	36.60	132.75	151.05	699.47	209.40	594.77
1956	88.00	212.88	256.88	956.35	297.40	807.65
1957	80.00	197.93	237.93	1194.28	377.40	1005.58
1958	74.00	88.33	125.33	1319.61	451.40	1093.91
1959	40.00	117.5	137.50	1457.11	491.40	1211.41
1960	128.00	198.63	262.63	1719.74	619.40	1410.04
1961	20.16	43.92	54.00	1773.74	639.56	1453.96
1962	122.50	180.31	241.56	2015.30	762.06	1634.27
1963	138.00	117.57	186.57	2201.87	900.06	1751.84
1964	19.20	119.19	128.79	2330.66	919.26	1871.03
1965	48.58	78.4	102.69	2433.35	967.84	1949.43
1966	7.78	58.45	62.34	2495.69	975.62	2007.88
1967	200.00	336.6	436.60	2932.29	1175.62	2344.48
1968	12.00	23.42	29.42	2961.71	1187.62	2367.9
1969	28.80	91.81	106.21	3067.92	1216.42	2459.71
1970	172.80	96.1	182.50	3250.42	1389.22	2555.81
1971	48.00	117.63	141.63	3392.05	1437.22	2673.44
1972	200.00	138.25	238.25	3630.30	1517.16	2811.69
1973	51.70	152.96	178.81	3809.11	1568.86	2964.65
1974	12.80	50.29	56.69	3865.80	1581.66	3014.94
1975	110.00	170.88	225.88	4091.68	1691.66	3185.82
1976	15.00	112.85	120.35	4212.03	1706.66	3298.67
1977	45.60	201.52	224.32	4436.35	1752.26	3500.19
1978	8.00	24	28.00	4464.35	1760.26	3524.19
1979	38.00	54.88	73.88	4538.23	1798.26	3579.07
1980	15.00	56	63.50	4601.73	1813.26	3635.07
1981	110.00	160	215.00	4816.73	1923.26	3795.07
1982	10.00	90	95.00	4911.73	1933.26	3885.07
1983	120.00	280	340.00	5251.73	2053.26	4165.07
1984	100.00	152	202.00	5453.73	2153.26	4317.07
1985	6.00	20.8	23.80	5477.53	2159.26	4337.87
1986	15.00	72	79.50	5557.03	2174.26	4409.87
1987	35.00	64	81.50	5638.53	2209.26	4473.87
1988	25.60	98.53	111.33	5749.86	2234.86	4572.4
1989	40.00	40	60.00	5809.86	2274.86	4612.4
1990	7.00	22.64	26.14	5836.00	2281.86	4635.04

1991	10.00	41.5	46.50	5882.50	2291.86	4676.54
1992	5.60	26.06	28.86	5911.36	2297.46	4702.6
1993	40.00	66.97	86.97	5998.33	2337.46	4769.57
1994	16.00	204.8	212.80	6211.13	2353.46	4974.37
1995	8.32	23.84	28.00	6239.13	2361.78	4998.21
1996	48.00	64	88.00	6327.13	2409.78	5062.21
1997	40.00	200	220.00	6547.13	2449.78	5262.21
1998	380.00	750	940.00	7487.13	2829.78	6012.21
1999	102.70	240.3	291.65	7778.78	2932.48	6252.51
2000	36.26	71.02	89.15	7867.93	2968.74	6323.53
2001	44.65	150	172.33	8040.26	3013.39	6473.53
2002	35.00	109.46	126.96	8167.22	3048.39	6582.99
2003	14.90	42.51	49.96	8217.18	3063.29	6625.5
2004	19.50	39.41	49.16	8266.34	3082.79	6664.91
2005	17.50	38.96	47.71	8314.05	3100.29	6703.87
2006	40.50	46.6	66.85	8380.90	3140.79	6750.47
2007	32.00	46.68	62.68	8443.58	3172.79	6797.15
2008	38.50	69.55	88.80	8532.38	3211.29	6866.7
2009	44.47	61.01	83.24	8615.62	3255.76	6927.71
2010	14.70	62.8	70.15	8685.77	3270.46	6990.51
2011	29.50	61.28	76.03	8761.80	3299.96	7051.79
2012	29.00	125	139.50	8901.30	3328.96	7176.79
2013	45.00	125	147.50	9048.80	3373.96	7301.79
2014	31.50	65.13	80.88	9129.68	3405.46	7366.92
2015	74.33	203.33	240.50	9370.18	3479.79	7570.25
2016	24.50	43.3	55.55	9425.73	3504.29	7613.55
2017	90.00	187.13	232.13	9657.86	3594.29	7800.68
2018	23.50	32.5	44.25	9702.11	3617.79	7833.18

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N° 1: Análisis de Doble Masa



Fuente: Propia

- Los puntos ploteados indican una sola consistencia, es decir se puede trazar por ellos una recta sin quiebres, por lo tanto el registro de caudales es confiable.

4.2.2. Análisis de los Caudales

- Se realizó el análisis mediante una curva de caudales diarios para 69 años (años que se tiene registro de caudales).
- Se extrajo los caudales máximos anuales.

Tabla N° 21: Caudales Máximos anuales

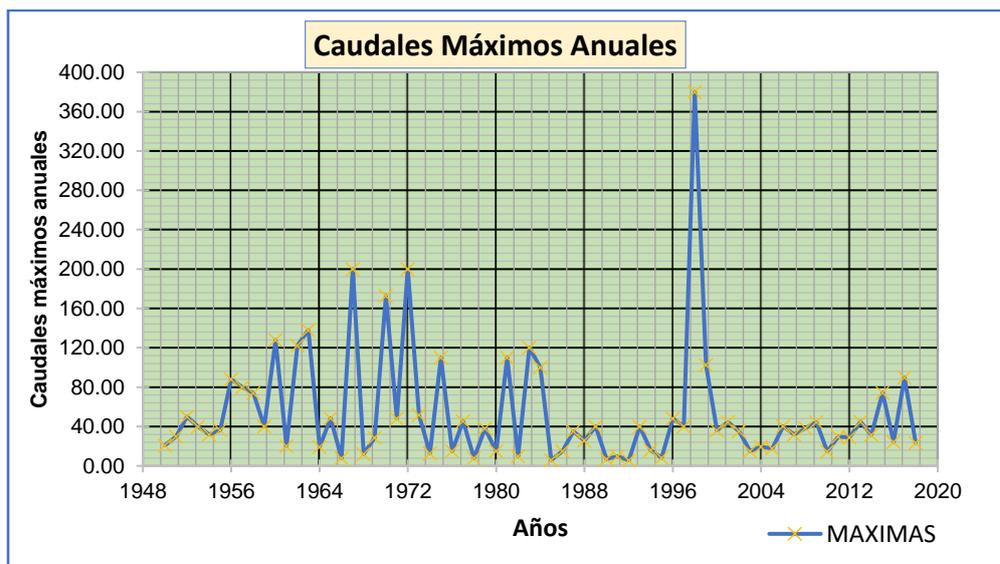
AÑO	CAUDAL MÁXIMO (m³/s)	AÑO	CAUDAL MÁXIMO (m³/s)
1950	20.80	1984	100.00
1951	30.00	1985	6.00
1952	50.00	1986	15.00
1953	40.00	1987	35.00
1954	32.00	1988	25.60
1955	36.60	1989	40.00
1956	88.00	1990	7.00
1957	80.00	1991	10.00
1958	74.00	1992	5.60
1959	40.00	1993	40.00
1960	128.00	1994	16.00
1961	20.16	1995	8.32
1962	122.50	1996	48.00
1963	138.00	1997	40.00
1964	19.20	1998	380.00

1965	48.58	1999	102.70
1966	7.78	2000	36.26
1967	200.00	2001	44.65
1968	12.00	2002	35.00
1969	28.80	2003	14.90
1970	172.80	2004	19.50
1971	48.00	2005	17.50
1972	200.00	2006	40.50
1973	51.70	2007	42.50
1974	12.80	2008	38.50
1975	110.00	2009	28.60
1976	15.00	2010	14.70
1977	45.60	2011	29.50
1978	8.00	2012	29.00
1979	38.00	2013	45.00
1980	15.00	2014	25.20
1981	110.00	2015	74.33
1982	10.00	2016	24.50
1983	120.00	2017	90.00
		2018	21.30

Fuente : Sub - Gerencia de Operación y Mantenimiento del Proyecto Especial CHAVIMOCHIC

- Se ordenó los caudales máximos anuales de menor a mayor para poder clasificarlo en caudales altos y caudales extraordinarios

Gráfico N° 2: Caudales máximos anuales



Fuente: Elaboración Propia

4.2.3. Cálculo del Caudal de Diseño para el estudio de Inundabilidad y Diseño de enrocados.

- Para el cálculo del caudal de diseño se utilizó los caudales máximos anuales.

4.2.2.1. Selección del Periodo de Retorno

- Según el manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje (2016) la vida útil para defensas ribereñas es de 40 años y su riesgo admisible es 22%.

Tabla N° 22: Riesgo Admisible

TIPO DE OBRA	RIESGO ADMISIBLE (**) (%)
Puentes (*)	22
Alcantarillas de paso de quebradas importantes y badenes	39
Alcantarillas de paso quebradas menores y descarga de agua de cunetas	64
Drenaje de la plataforma (a nivel longitudinal)	64
Subdrenes	72
Defensas Ribereñas	22

Fuente : Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje (2018)

Tabla N° 23: Tabla para hallar el periodo de retorno

RIESGO ADMISIBLE	VIDA ÚTIL DE LAS OBRAS (n años)									
	1	2	3	5	10	20	25	50	100	200
R										
0,01	100	199	299	498	995	1990	2488	4975	9950	19900
0,02	50	99	149	248	495	990	1238	2475	4950	9900
0,05	20	39	59	98	195	390	488	975	1950	3900
0,10	10	19	29	48	95	190	238	475	950	1899
0,20	5	10	14	23	45	90	113	225	449	897
0,25	4	7	11	18	35	70	87	174	348	695
0,50	2	3	5	8	15	29	37	73	154	289
0,75	1,3	2	2,7	4,1	7,7	15	18	37	73	144

Fuente : Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje (2018)

- Por interpolación se obtuvo como resultado un periodo de retorno de 170 años.

4.2.2.2. Distribuciones Estadísticas

- Se usó el software Hidroesta 2 y también se calculó mediante Microsoft Excel para comprobar los resultados.

A) Normal

-Se ordenó los caudales máximos anuales de menor a mayor.

Tabla N° 24: Caudales Ordenandos

N°	CAUDAL MÁXIMO (m³/s)(X)	(X- \bar{X})²	(X- \bar{X})³
1	5.60	2339.73	-113174.29
2	6.00	2301.19	-110389.77
3	7.00	2206.25	-103629.11
4	7.78	2133.58	-98551.75
5	8.00	2113.31	-97150.28
6	8.32	2083.99	-95135.59
7	10.00	1933.42	-85014.08
8	10.00	1933.42	-85014.08
9	12.00	1761.54	-73933.18
10	12.80	1695.03	-69785.55
11	14.70	1542.19	-60562.91
12	14.90	1526.52	-59642.30
13	15.00	1518.72	-59185.52
14	15.00	1518.72	-59185.52
15	15.00	1518.72	-59185.52
16	16.00	1441.78	-54745.28
17	17.50	1330.11	-48510.21
18	19.20	1209.00	-42037.92
19	19.50	1188.23	-40959.18
20	20.16	1143.17	-38651.24
21	20.80	1100.30	-36497.65
22	21.30	1067.38	-34871.96
23	24.50	868.52	-25596.02
24	25.20	827.75	-23815.10
25	25.60	804.90	-22835.54
26	28.60	643.67	-16330.47
27	28.80	633.57	-15947.30
28	29.00	623.54	-15570.17
29	29.50	598.82	-14653.47
30	30.00	574.60	-13773.47
31	32.00	482.71	-10605.55
32	35.00	359.89	-6827.34
33	35.00	359.89	-6827.34

34	36.26	313.67	-5555.32
35	36.60	301.74	-5241.48
36	38.00	255.06	-4073.56
37	38.50	239.34	-3702.81
38	40.00	195.18	-2726.82
39	40.00	195.18	-2726.82
40	40.00	195.18	-2726.82
41	40.00	195.18	-2726.82
42	40.00	195.18	-2726.82
43	40.50	181.46	-2444.40
44	42.50	131.58	-1509.29
45	44.65	86.88	-809.75
46	45.00	80.47	-721.91
47	45.60	70.07	-586.53
48	48.00	35.65	-212.85
49	48.00	35.65	-212.85
50	48.58	29.06	-156.65
51	50.00	15.77	-62.61
52	51.70	5.16	-11.71
53	74.00	401.17	8035.18
54	74.33	414.50	8438.92
55	80.00	677.52	17635.44
56	88.00	1157.99	39405.61
57	90.00	1298.11	46769.92
58	100.00	2118.69	97521.96
59	102.70	2374.54	115709.72
60	110.00	3139.28	175891.57
61	110.00	3139.28	175891.57
62	120.00	4359.87	287878.74
63	122.50	4696.26	321831.40
64	128.00	5480.33	405705.13
65	138.00	7060.92	593323.92
66	172.80	14120.40	1677916.51
67	200.00	21324.55	3114008.48
68	200.00	21324.55	3114008.48
69	380.00	106295.09	34655310.64
Σ	3723.98	245524.66	43117752.67

Fuente : Elaboración Propia

- Se calculó los coeficientes estadísticos.

Tabla N° 25: Coeficientes Estadísticos

COEFICIENTES ESTADÍSTICOS			
MEDIA (\bar{X})	VARIANZA (S^2)	DESVIACIÓN (S) ESTÁNDAR	COEFICIENTE (Cs) DE ASIMETRÍA
53.97	3610.66	60.09	3.01

Fuente: Elaboración Propia

- Se cálculo el factor de frecuencia K (Anexo -Tabla N°132) que es igual a $F(z) = z = 1 - P(X \geq x)$ donde la probabilidad de excedencia es $P(X \geq x) = \frac{1}{T}$.

$$Q = X_t = \bar{X} + K * S \quad \dots\dots\dots(172)$$

Tabla N° 26: Tabla de resultados de los caudales

PERIODO DE RETORNO	F(z)	z=K	QDISEÑO	ERROR (ST) ESTÁNDAR	INTERVALO DE CONFIANZA	
					(-)	(+)
T= 50	0.980	2.05	177.38 m ³ /s	11.24	155.34	199.42
T=100	0.990	2.33	193.76 m ³ /s	13.40	167.49	220.03
T=170	0.994	2.52	205.34 m ³ /s	15.09	175.76	234.92

Fuente: Elaboración Propia

B) Log Normal 2 Parámetros

Tabla N° 27: Caudales Ordenandos

N°	CAUDAL MÁXIMO (m ³ /s) (X)	LnX
1	5.60	1.72
2	6.00	1.79
3	7.00	1.95
4	7.78	2.05
5	8.00	2.08
6	8.32	2.12
7	10.00	2.30
8	10.00	2.30
9	12.00	2.48
10	12.80	2.55
11	14.70	2.69
12	14.90	2.70
13	15.00	2.71
14	15.00	2.71
15	15.00	2.71
16	16.00	2.77

17	17.50	2.86
18	19.20	2.95
19	19.50	2.97
20	20.16	3.00
21	20.80	3.03
22	21.30	3.06
23	24.50	3.20
24	25.20	3.23
25	25.60	3.24
26	28.60	3.35
27	28.80	3.36
28	29.00	3.37
29	29.50	3.38
30	30.00	3.40
31	32.00	3.47
32	35.00	3.56
33	35.00	3.56
34	36.26	3.59
35	36.60	3.60
36	38.00	3.64
37	38.50	3.65
38	40.00	3.69
39	40.00	3.69
40	40.00	3.69
41	40.00	3.69
42	40.00	3.69
43	40.50	3.70
44	42.50	3.75
45	44.65	3.80
46	45.00	3.81
47	45.60	3.82
48	48.00	3.87
49	48.00	3.87
50	48.58	3.88
51	50.00	3.91
52	51.70	3.95
53	74.00	4.30
54	74.33	4.31
55	80.00	4.38
56	88.00	4.48
57	90.00	4.50
58	100.00	4.61
59	102.70	4.63
60	110.00	4.70
61	110.00	4.70

62	120.00	4.79
63	122.50	4.81
64	128.00	4.85
65	138.00	4.93
66	172.80	5.15
67	200.00	5.30
68	200.00	5.30
69	380.00	5.9402
Σ	3723.98	245.59

Fuente : Elaboración Propia

- Se calculó los coeficientes estadísticos.

Tabla N° 28: Coeficientes Estadísticos

COEFICIENTES ESTADÍSTICOS		
MEDIA μy	VARIANZA (σ^2)	DESVIACIÓN (σy) ESTANDAR
3.56	0.85	0.92

Fuente : Elaboración Propia

- Se cálculo el factor de frecuencia K (Anexo -Tabla N°132) que es igual a $F(z) = z = 1 - P(X \geq x)$ donde la probabilidad de excedencia es $P(X \geq x) = \frac{1}{T}$.

$$\ln Q = \bar{Y} + K * \sigma y \quad \dots(173)$$

Tabla N° 29: Tabla de resultados de los caudales

PERIODO DE RETORNO	F(z)	z=K	QDISEÑO	ERROR (ST) ESTÁNDAR	INTERVALO DE CONFIANZA	
					(-)	(+)
T=50	0.980	2.05	234.03 m3/s	0.17	233.69	234.36
T =100	0.990	2.33	301.00 m3/s	0.21	300.60	301.41
T=170	0.994	2.52	359.64 m3/s	0.23	359.18	360.10

Fuente : Elaboración Propia

C) Log Normal 3 Parámetros

-Se ordenó los caudales máximos anuales de menor a mayor.

Tabla N° 30: Caudales Ordenandos

N°	CAUDAL MÁXIMO (m³/s) (X)	(X-X0)	Ln (X-X0)	[Ln (xi-xo)-uy]
1	5.60	3.08	1.12	5.36
2	6.00	3.48	1.25	4.81
3	7.00	4.48	1.50	3.77
4	7.78	5.26	1.66	3.17
5	8.00	5.48	1.70	3.03
6	8.32	5.80	1.76	2.83
7	10.00	7.48	2.01	2.04
8	10.00	7.48	2.01	2.04
9	12.00	9.48	2.25	1.42
10	12.80	10.28	2.33	1.23
11	14.70	12.18	2.50	0.88
12	14.90	12.38	2.52	0.85
13	15.00	12.48	2.52	0.84
14	15.00	12.48	2.52	0.84
15	15.00	12.48	2.52	0.84
16	16.00	13.48	2.60	0.70
17	17.50	14.98	2.71	0.54
18	19.20	16.68	2.81	0.39
19	19.50	16.98	2.83	0.37
20	20.16	17.64	2.87	0.32
21	20.80	18.28	2.91	0.29
22	21.30	18.78	2.93	0.26
23	24.50	21.98	3.09	0.12
24	25.20	22.68	3.12	0.10
25	25.60	23.08	3.14	0.09
26	28.60	26.08	3.26	0.03
27	28.80	26.28	3.27	0.03
28	29.00	26.48	3.28	0.03
29	29.50	26.98	3.29	0.02
30	30.00	27.48	3.31	0.02
31	32.00	29.48	3.38	0.00
32	35.00	32.48	3.48	0.00
33	35.00	32.48	3.48	0.00
34	36.26	33.74	3.52	0.01
35	36.60	34.08	3.53	0.01
36	38.00	35.48	3.57	0.02
37	38.50	35.98	3.58	0.02
38	40.00	37.48	3.62	0.03

39	40.00	37.48	3.62	0.03
40	40.00	37.48	3.62	0.03
41	40.00	37.48	3.62	0.03
42	40.00	37.48	3.62	0.03
43	40.50	37.98	3.64	0.04
44	42.50	39.98	3.69	0.06
45	44.65	42.13	3.74	0.09
46	45.00	42.48	3.75	0.10
47	45.60	43.08	3.76	0.10
48	48.00	45.48	3.82	0.14
49	48.00	45.48	3.82	0.14
50	48.58	46.06	3.83	0.15
51	50.00	47.48	3.86	0.18
52	51.70	49.18	3.90	0.21
53	74.00	71.48	4.27	0.69
54	74.33	71.81	4.27	0.70
55	80.00	77.48	4.35	0.83
56	88.00	85.48	4.45	1.02
57	90.00	87.48	4.47	1.06
58	100.00	97.48	4.58	1.30
59	102.70	100.18	4.61	1.36
60	110.00	107.48	4.68	1.53
61	110.00	107.48	4.68	1.53
62	120.00	117.48	4.77	1.76
63	122.50	119.98	4.79	1.82
64	128.00	125.48	4.83	1.94
65	138.00	135.48	4.91	2.16
66	172.80	170.28	5.14	2.88
67	200.00	197.48	5.29	3.41
68	200.00	197.48	5.29	3.41
69	380.00	377.48	5.93	6.22
Σ	3723.98	3549.84	237.35	72.31

Fuente : Elaboración Propia

- Se calculó los coeficientes estadísticos y parámetros.

Tabla N° 31: Coeficientes Estadísticos y Parámetros

COEFICIENTES ESTADÍSTICOS Y PARÁMETROS			
MEDIANA (μ_y)	PARÁMETRO (X_0) DE POSICIÓN	PARÁMETRO DE ESCALA	PARÁMETRO (σ_y) DE FORMA
36.60	2.52	3.44	1.02

Fuente : Elaboración Propia

- Se cálculo el factor de frecuencia K (Anexo -Tabla N°132) que es igual a $F(z) = z = 1 - P(X \geq x)$ donde la probabilidad de excedencia es $P(X \geq x) = \frac{1}{T}$.

$$Q = X_0 + \text{Exp}[\mu y + \sigma y * K] \dots(174)$$

Tabla N° 32: Tabla de resultados de los caudales

PERIODO DE RETORNO	F(z)	z=K	QDISEÑO	ERROR (ST) ESTÁNDAR	INTERVALO DE CONFIANZA	
					(-)	(+)
T=50	0.980	2.05	257.78	0.66	256.49	259.07
T=100	0.990	2.33	339.94	0.79	338.40	341.48
T=170	0.994	2.52	413.55	0.88	411.82	415.29

Fuente : Elaboración Propia

D) Gamma 2 Parámetros

- Se ordenó los caudales máximos anuales de menor a mayor.

Tabla N° 33: Caudales Ordenandos

N°	CAUDAL MÁXIMO (m³/s)(X)	Ln (X)
1	5.60	1.72
2	6.00	1.79
3	7.00	1.95
4	7.78	2.05
5	8.00	2.08
6	8.32	2.12
7	10.00	2.30
8	10.00	2.30
9	12.00	2.48
10	12.80	2.55
11	14.70	2.69
12	14.90	2.70
13	15.00	2.71
14	15.00	2.71
15	15.00	2.71
16	16.00	2.77
17	17.50	2.86
18	19.20	2.95
19	19.50	2.97
20	20.16	3.00
21	20.80	3.03

22	21.30	3.06
23	24.50	3.20
24	25.20	3.23
25	25.60	3.24
26	28.60	3.35
27	28.80	3.36
28	29.00	3.37
29	29.50	3.38
30	30.00	3.40
31	32.00	3.47
32	35.00	3.56
33	35.00	3.56
34	36.26	3.59
35	36.60	3.60
36	38.00	3.64
37	38.50	3.65
38	40.00	3.69
39	40.00	3.69
40	40.00	3.69
41	40.00	3.69
42	40.00	3.69
43	40.50	3.70
44	42.50	3.75
45	44.65	3.80
46	45.00	3.81
47	45.60	3.82
48	48.00	3.87
49	48.00	3.87
50	48.58	3.88
51	50.00	3.91
52	51.70	3.95
53	74.00	4.30
54	74.33	4.31
55	80.00	4.38
56	88.00	4.48
57	90.00	4.50
58	100.00	4.61
59	102.70	4.63
60	110.00	4.70
61	110.00	4.70
62	120.00	4.79
63	122.50	4.81
64	128.00	4.85
65	138.00	4.93
66	172.80	5.15

67	200.00	5.30
68	200.00	5.30
69	380.00	5.94
Σ	3723.98	245.59

Fuente : Elaboración Propia

- Se calculó los coeficientes estadísticos y parámetros.

Tabla N° 34: Coeficientes Estadísticos

COEFICIENTES ESTADÍSTICOS Y PARÁMETROS					
MEDIA (\bar{X})	MEDIA ($\bar{X}_{\ln x}$) LOGARITMICA	Y	DESVIACIÓN (S) ESTÁNDAR	PARÁMETRO DE FORMA Y	PARÁMETRO DE ESCALA β
53.97	3.56	0.43	60.09	1.3067	41.30

Fuente : Elaboración Propia

- Se cálculo el factor de frecuencia χ^2 (Anexo -Tabla N°133) que está en función de $v = 2Y$ y $P(X>x)$

$$Q = Xt = \frac{\chi^2 \beta}{2} \dots\dots\dots(175)$$

Tabla N° 35: Tabla de resultados de los caudales

PERIODO DE RETORNO	PROBABILIDAD	χ^2	QDISEÑO	ERROR (ST) ESTÁNDAR	INTERVALO DE CONFIANZA	
					(-)	(+)
T=50	0.020	9.10	187.93 m3/s	34.00	121.29	254.57
T=100	0.010	10.54	217.67 m3/s	44.56	130.33	305.01
T=170	0.006	11.65	240.59 m3/s	59.25	124.47	356.71

Fuente : Elaboración Propia

E) Gamma 3 Parámetros

-Se ordenó los caudales máximos anuales de menor a mayor.

Tabla N° 36: Caudales Ordenandos

N°	CAUDAL MAXIMO (m³/s) (X)	(X- \bar{X})²	(X- \bar{X})³
1	5.60	2339.73	-113174.29
2	6.00	2301.19	-110389.77
3	7.00	2206.25	-103629.11
4	7.78	2133.58	-98551.75
5	8.00	2113.31	-97150.28
6	8.32	2083.99	-95135.59
7	10.00	1933.42	-85014.08
8	10.00	1933.42	-85014.08

9	12.00	1761.54	-73933.18
10	12.80	1695.03	-69785.55
11	14.70	1542.19	-60562.91
12	14.90	1526.52	-59642.30
13	15.00	1518.72	-59185.52
14	15.00	1518.72	-59185.52
15	15.00	1518.72	-59185.52
16	16.00	1441.78	-54745.28
17	17.50	1330.11	-48510.21
18	19.20	1209.00	-42037.92
19	19.50	1188.23	-40959.18
20	20.16	1143.17	-38651.24
21	20.80	1100.30	-36497.65
22	21.30	1067.38	-34871.96
23	24.50	868.52	-25596.02
24	25.20	827.75	-23815.10
25	25.60	804.90	-22835.54
26	28.60	643.67	-16330.47
27	28.80	633.57	-15947.30
28	29.00	623.54	-15570.17
29	29.50	598.82	-14653.47
30	30.00	574.60	-13773.47
31	32.00	482.71	-10605.55
32	35.00	359.89	-6827.34
33	35.00	359.89	-6827.34
34	36.26	313.67	-5555.32
35	36.60	301.74	-5241.48
36	38.00	255.06	-4073.56
37	38.50	239.34	-3702.81
38	40.00	195.18	-2726.82
39	40.00	195.18	-2726.82
40	40.00	195.18	-2726.82
41	40.00	195.18	-2726.82
42	40.00	195.18	-2726.82
43	40.50	181.46	-2444.40
44	42.50	131.58	-1509.29
45	44.65	86.88	-809.75
46	45.00	80.47	-721.91
47	45.60	70.07	-586.53
48	48.00	35.65	-212.85
49	48.00	35.65	-212.85
50	48.58	29.06	-156.65
51	50.00	15.77	-62.61
52	51.70	5.16	-11.71
53	74.00	401.17	8035.18

54	74.33	414.50	8438.92
55	80.00	677.52	17635.44
56	88.00	1157.99	39405.61
57	90.00	1298.11	46769.92
58	100.00	2118.69	97521.96
59	102.70	2374.54	115709.72
60	110.00	3139.28	175891.57
61	110.00	3139.28	175891.57
62	120.00	4359.87	287878.74
63	122.50	4696.26	321831.40
64	128.00	5480.33	405705.13
65	138.00	7060.92	593323.92
66	172.80	14120.40	1677916.51
67	200.00	21324.55	3114008.48
68	200.00	21324.55	3114008.48
69	380.00	106295.09	34655310.64
Σ	3723.98	245524.66	43117752.67

Fuente : Elaboración Propia

- Se calculó los coeficientes estadísticos y parámetros.

Tabla N° 37: Coeficientes Estadísticos y Parámetros

COEFICIENTES ESTADÍSTICOS Y PARÁMETROS			
MEDIA	VARIANZA (σ^2)	DESVIACIÓN (S) ESTÁNDAR	COEFICIENTE (Cs) DE ASIMETRÍA
53.97	3610.66	60.09	3.0
PARÁMETRO (Xo) DE POSICIÓN	PARÁMETRO (Y) DE ESCALA	PARÁMETRO(β) DE FORMA	
14.04	90.43	0.44	

Fuente : Elaboración Propia

- Se cálculo el factor de frecuencia K (Anexo -Tabla N°138) cuyo valor está en función del Cs y la probabilidad de excedencia $P(X>x) = \frac{1}{T}$

Tabla N° 38: Tabla de resultados de los caudales

PERIODO DE RETORNO	F(z)	K=z	QDISEÑO	ERROR (ST) ESTÁNDAR	INTERVALO DE CONFIANZA	
					(-)	(+)
T=50	0.980	2.05	243.37m3/s	34.00	176.73	310.01
T=100	0.990	2.33	297.39m3/s	44.56	210.05	384.73
T=170	0.993	2.52	335.79 m3/s	59.25	219.67	451.91

Fuente : Elaboración Propia

E) Log Pearson Tipo 3

-Se ordenó los caudales máximos anuales de menor a mayor.

Tabla N° 39: Caudales Ordenandos

N°	CAUDAL MÁXIMO (X)	ln Q	(Ln(x)-Media(LnX)) ²	(Ln(x)-Media(LnX)) ³
1	5.60	1.7228	3.3727	-6.1938
2	6.00	1.7918	3.1240	-5.5216
3	7.00	1.9459	2.6028	-4.1993
4	7.78	2.0516	2.2731	-3.4272
5	8.00	2.0794	2.1898	-3.2405
6	8.32	2.1187	2.0753	-2.9896
7	10.00	2.3026	1.5792	-1.9845
8	10.00	2.3026	1.5792	-1.9845
9	12.00	2.4849	1.1542	-1.2400
10	12.80	2.5494	1.0197	-1.0297
11	14.70	2.6878	0.7593	-0.6617
12	14.90	2.7014	0.7360	-0.6314
13	15.00	2.7081	0.7245	-0.6167
14	15.00	2.7081	0.7245	-0.6167
15	15.00	2.7081	0.7245	-0.6167
16	16.00	2.7726	0.6188	-0.4868
17	17.50	2.8622	0.4859	-0.3387
18	19.20	2.9549	0.3652	-0.2207
19	19.50	2.9704	0.3467	-0.2042
20	20.16	3.0037	0.3086	-0.1715
21	20.80	3.0350	0.2749	-0.1441
22	21.30	3.0587	0.2505	-0.1254
23	24.50	3.1987	0.1300	-0.0469
24	25.20	3.2268	0.1105	-0.0367
25	25.60	3.2426	0.1003	-0.0318
26	28.60	3.3534	0.0424	-0.0087
27	28.80	3.3604	0.0395	-0.0079
28	29.00	3.3673	0.0368	-0.0071
29	29.50	3.3844	0.0306	-0.0053
30	30.00	3.4012	0.0250	-0.0039
31	32.00	3.4657	0.0087	-0.0008
32	35.00	3.5553	0.0000	0.0000
33	35.00	3.5553	0.0000	0.0000
34	36.26	3.5907	0.0010	0.0000
35	36.60	3.6000	0.0017	0.0001
36	38.00	3.6376	0.0061	0.0005
37	38.50	3.6507	0.0084	0.0008

38	40.00	3.6889	0.0168	0.0022
39	40.00	3.6889	0.0168	0.0022
40	40.00	3.6889	0.0168	0.0022
41	40.00	3.6889	0.0168	0.0022
42	40.00	3.6889	0.0168	0.0022
43	40.50	3.7013	0.0202	0.0029
44	42.50	3.7495	0.0362	0.0069
45	44.65	3.7989	0.0574	0.0138
46	45.00	3.8067	0.0612	0.0151
47	45.60	3.8199	0.0679	0.0177
48	48.00	3.8712	0.0973	0.0304
49	48.00	3.8712	0.0973	0.0304
50	48.58	3.8832	0.1050	0.0340
51	50.00	3.9120	0.1245	0.0439
52	51.70	3.9455	0.1492	0.0576
53	74.00	4.3041	0.5548	0.4132
54	74.33	4.3085	0.5614	0.4206
55	80.00	4.3820	0.6770	0.5570
56	88.00	4.4773	0.8429	0.7739
57	90.00	4.4998	0.8847	0.8321
58	100.00	4.6052	1.0940	1.1442
59	102.70	4.6318	1.1504	1.2339
60	110.00	4.7005	1.3024	1.4864
61	110.00	4.7005	1.3024	1.4864
62	120.00	4.7875	1.5086	1.8529
63	122.50	4.8081	1.5597	1.9478
64	128.00	4.8520	1.6713	2.1606
65	138.00	4.9273	1.8714	2.5602
66	172.80	5.1521	2.5373	4.0416
67	200.00	5.2983	3.0244	5.2596
68	200.00	5.2983	3.0244	5.2596
69	380.00	5.9402	5.6688	13.4970
	Σ	245.5879	57.9665	8.3974

Fuente : Elaboración Propia

- Se calculó los coeficientes estadísticos y parámetros.

Tabla N° 40: Coeficientes Estadísticos y Parámetros

COEFICIENTES ESTADÍSTICOS Y PARÁMETROS		
MEDIA (\bar{X}_{lnx})	VARIANZA (S_{lnx}^2)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR (S_{lnx})
3.56	0.85	0.92
PARÁMETRO DE ESCALA (γ)	COEFICIENTE (C_{slnx}) DE ASIMETRÍA	
0.72	0.16	

Fuente : Elaboración Propia

- Se cálculo el factor de frecuencia K (Anexo - Tabla N°138) cuyo valor está en función del Cs y la probabilidad de excedencia $P(X>x) = \frac{1}{T}$

$$\ln Q = \ln X_t = \bar{X}_{lnx} + K S_{lnx} \quad \dots(176)$$

Tabla N° 41: Tabla de resultados de los caudales

PERIODO DE RETORNO	PROBABILIDAD	K	QDISEÑO	ERROR (ST) ESTÁNDAR	INTERVALO DE CONFIANZA	
					(-)	(+)
T=50	0.020	2.14	253.14 m ³ /s	0.52	252.12	254.17
T=100	0.010	2.44	334.30 m ³ /s	0.68	332.96	335.65
T=170	0.006	2.56	383.96 m ³ /s	0.91	382.18	385.75

Fuente : Elaboración Propia

E) Gumbel

-Se ordenó los caudales máximos anuales de menor a mayor.

Tabla N° 42: Caudales Ordenandos

N°	CAUDAL MAXIMO (m ³ /s) (X)
1	5.60
2	6.00
3	7.00
4	7.78
5	8.00
6	8.32
7	10.00
8	10.00
9	12.00
10	12.80

11	14.70
12	14.90
13	15.00
14	15.00
15	15.00
16	16.00
17	17.50
18	19.20
19	19.50
20	20.16
21	20.80
22	21.30
23	24.50
24	25.20
25	25.60
26	28.60
27	28.80
28	29.00
29	29.50
30	30.00
31	32.00
32	35.00
33	35.00
34	36.26
35	36.60
36	38.00
37	38.50
38	40.00
39	40.00
40	40.00
41	40.00
42	40.00
43	40.50
44	42.50
45	44.65
46	45.00
47	45.60
48	48.00
49	48.00
50	48.58
51	50.00
52	51.70
53	74.00
54	74.33
55	80.00

56	88.00
57	90.00
58	100.00
59	102.70
60	110.00
61	110.00
62	120.00
63	122.50
64	128.00
65	138.00
66	172.80
67	200.00
68	200.00
69	380.00
Σ	3723.98

Fuente : Elaboración Propia

- Se calculó los coeficientes estadísticos y parámetros.

Tabla N° 43: Coeficientes Estadísticos y Parámetros

COEFICIENTES ESTADÍSTICOS Y PARÁMETROS				
MEDIA \bar{X}	VARIANZA (S^2)	DESVIACION (S) ESTANDAR	PARÁMETRO (α) DE ESCALA	MODA(μ)
53.97	3610.66	60.09	46.85	26.93

Fuente : Elaboración Propia

- Se cálculo el factor de frecuencia K en función de $Y = (-\ln(-\ln(F(z))))$.

$$Q = Xt = \mu + K * \alpha \dots\dots\dots(177)$$

Tabla N° 44: Tabla de resultados de los caudales.

PERIODO DE RETORNO	F(z)	Y=K	QDISEÑO	ERROR (ST) ESTANDAR	INTERVALO DE CONFIANZA	
					(-)	(+)
T=50	0.980	3.90	209.74 m3/s	80.27	52.40	367.08
T=100	0.990	4.60	242.45 m3/s	106.77	33.18	451.72
T=170	0.994	5.13	267.41 m3/s	129.59	13.40	521.42

Fuente : Elaboración Propia

E) Log Gumbel

-Se ordenó los caudales máximos anuales de menor a mayor.

Tabla N° 45: Caudales Ordenandos

N°	CAUDAL MAXIMO (m ³ /s)(X)	LnX
1	5.60	1.72
2	6.00	1.79
3	7.00	1.95
4	7.78	2.05
5	8.00	2.08
6	8.32	2.12
7	10.00	2.30
8	10.00	2.30
9	12.00	2.48
10	12.80	2.55
11	14.70	2.69
12	14.90	2.70
13	15.00	2.71
14	15.00	2.71
15	15.00	2.71
16	16.00	2.77
17	17.50	2.86
18	19.20	2.95
19	19.50	2.97
20	20.16	3.00
21	20.80	3.03
22	21.30	3.06
23	24.50	3.20
24	25.20	3.23
25	25.60	3.24
26	28.60	3.35
27	28.80	3.36
28	29.00	3.37
29	29.50	3.38
30	30.00	3.40
31	32.00	3.47
32	35.00	3.56
33	35.00	3.56
34	36.26	3.59
35	36.60	3.60
36	38.00	3.64
37	38.50	3.65

38	40.00	3.69
39	40.00	3.69
40	40.00	3.69
41	40.00	3.69
42	40.00	3.69
43	40.50	3.70
44	42.50	3.75
45	44.65	3.80
46	45.00	3.81
47	45.60	3.82
48	48.00	3.87
49	48.00	3.87
50	48.58	3.88
51	50.00	3.91
52	51.70	3.95
53	74.00	4.30
54	74.33	4.31
55	80.00	4.38
56	88.00	4.48
57	90.00	4.50
58	100.00	4.61
59	102.70	4.63
60	110.00	4.70
61	110.00	4.70
62	120.00	4.79
63	122.50	4.81
64	128.00	4.85
65	138.00	4.93
66	172.80	5.15
67	200.00	5.30
68	200.00	5.30
69	380.00	5.94
Σ	3723.98	

Fuente : Elaboración Propia

- Se calculó los coeficientes estadísticos y parámetros.

Tabla N° 46: Coeficientes Estadísticos y Parámetros

COEFICIENTES ESTADÍSTICOS Y PARÁMETROS				
MEDIA \bar{X}_{lnx}	VARIANZA (S^2)	DESVIACIÓN (S) lnx ESTÁNDAR	PARÁMETRO (α) DE ESCALA	PARÁMETRO (μ) DE POSICIÓN
3.56	0.85	0.92	0.72	3.14

Fuente : Elaboración Propia

- Se cálculo el factor de frecuencia K en función de $Y = (-\ln(-\ln(F(z))))$.

$$\ln Q = \ln X_t = \mu + K * \alpha \quad \dots\dots\dots(178)$$

Tabla N° 47: Tabla de resultados de los caudales.

PERIODO DE RETORNO	F(z)	Y=K	QDISEÑO	ERROR (ST) ESTANDAR	INTERVALO DE CONFIANZA	
					(-)	(+)
T=50	0.980	3.90	384.79 m3/s	1.23	382.37	387.21
T=100	0.990	4.60	636.08 m3/s	1.64	632.86	639.29
T=170	0.994	5.13	933.37 m3/s	1.99	929.47	937.27

Fuente : Elaboración Propia

4.2.2.3. Pruebas de Bondad de Ajuste

- Se eligió la prueba de Smirnov Kolmogorov.
- Se calculó el delta tabular Δ_o con nivel de significancia ($\alpha=5\%$). Según la Tabla N° , para $n > 40$ y $\alpha=5\%$, obtenemos:

$$\Delta_o = \frac{1.36}{\sqrt{N}} \quad \dots\dots\dots(179)$$

$$\Delta_o = \frac{1.36}{\sqrt{N}} = 0.1637 \quad \dots\dots\dots(180)$$

- El delta teórico se calculó de : Diferencia absoluta máxima entre frecuencia acumulada observada y teórica.

$$\Delta = [P_{m\acute{a}x}(x) - F_{m\acute{a}x}(x)] \quad \dots\dots\dots(181)$$

$\Delta < \Delta_o$ = El ajuste es bueno.

$\Delta > \Delta_o$ = El ajuste es malo.

A) Normal

- La tabla con el cálculo de coeficientes estadísticos se encuentra en Anexo – Tabla 141.
- El delta tabular es 0.1637 es menor que el delta teórico 0.2579 por lo tanto no se ajusta a la distribución Normal.

Tabla N° 48: Tabla de resultados de los deltas

Δ teórico	0.2579
Δo tabular	0.1637

Fuente : Elaboración Propia

B) Log Normal 2 Parámetros

- La tabla con el cálculo de coeficientes estadísticos se encuentra en Anexo – Tabla 142.
- El delta tabular es 0.1637 es mayor que el delta teórico 0.0807 por lo tanto se ajusta a la distribución Log Normal 2 Parámetros.

Tabla N° 49: Tabla de resultados de los deltas

Δ teórico	0.0807
Δo tabular	0.1637

Fuente : Elaboración Propia

C) Log Normal 3 Parámetros

- La tabla con el cálculo de coeficientes estadísticos se encuentra en Anexo – Tabla 143.
- El delta tabular 0.1637 es mayor que el delta teórico 0.0710 por lo tanto se ajusta a la distribución Log Normal 3 Parámetros.

Tabla N° 50: Tabla de resultados de los deltas

Δ teórico	0.0710
Δo tabular	0.1637

Fuente : Elaboración Propia

D) Gamma 2 Parámetros

- La tabla con el cálculo de coeficientes estadísticos se encuentra en Anexo – Tabla 144.
- El delta tabular 0.1637 es mayor que el delta teórico 0.1456 por lo tanto se ajusta a la distribución Gamma 2 Parámetros.

Tabla N° 51: Tabla de resultados de los deltas

Δ teórico	0.1453
Δo tabular	0.1637

Fuente : Elaboración Propia.

E) Gamma 3 Parámetros

- La tabla con el cálculo de coeficientes estadísticos se encuentra en Anexo – Tabla 145.
- El delta tabular 0.1637 es menor que el delta teórico 0.9857 por lo tanto no se ajusta a la distribución Gamma 3 Parámetros.

Tabla N° 52: Tabla de resultados de los deltas

Δ teórico	0.9857
Δo tabular	0.1637

Fuente : Elaboración Propia.

F) Gumbel

- La tabla con el cálculo de coeficientes estadísticos se encuentra en Anexo – Tabla 146.
- El delta tabular 0.1637 es menor que el delta teórico 0.1924 por lo tanto no se ajusta a la distribución Gumbel.

Tabla N° 53: Tabla de resultados de los deltas

Δ teórico	0.1924
Δo tabular	0.1637

Fuente : Elaboración Propia.

G) Log Gumbel

- La tabla con el cálculo de coeficientes estadísticos se encuentra en Anexo – Tabla 147.
- El delta tabular 0.1637 es mayor que el delta teórico 0.1115 por lo tanto se ajusta a la distribución Log Gumbel.

Tabla N° 54: Tabla de resultados de los deltas.

Δ teórico	0.1115
Δo tabular	0.1637

Fuente : Elaboración Propia

4.2.2.4. Comprobación mediante el programa Hidroesta 2

A) Normal

Tr=50años

Figura N° 18: Resultados del software Hidroesta 2

Ingreso de datos:
Nota: Una vez que digite el dato, presionar ENTER

N°	X
1	5.6
2	6.0
3	7.0
4	7.78
5	8.0
6	8.32
7	10.0
8	10.0
9	12.0
10	12.8
11	14.7
12	14.9
13	15.0
14	15.0

m	X	P(X)	F(Z) Ordinario	F(Z) Mom Lineal	Delta
1	5.6	0.0143	0.2104	0.1543	0.1962
2	6.0	0.0286	0.2124	0.1564	0.1838
3	7.0	0.0429	0.2172	0.1615	0.1744
4	7.78	0.0571	0.2211	0.1655	0.1639
5	8.0	0.0714	0.2222	0.1667	0.1507
6	8.32	0.0857	0.2237	0.1683	0.1380
7	10.0	0.1000	0.2322	0.1774	0.1322
8	10.0	0.1143	0.2322	0.1774	0.1179

Parámetros distribución normal:
 Con momentos ordinarios:
 De localización (Xm): 53.9649
 De escala (S): 60.0897
 Con momentos lineales:
 Media lineal (Xl): 53.9649
 Des. Estandar (S l): 47.5118

Tipo de ajuste:
 Parámetros ordinarios
 Momentos lineales

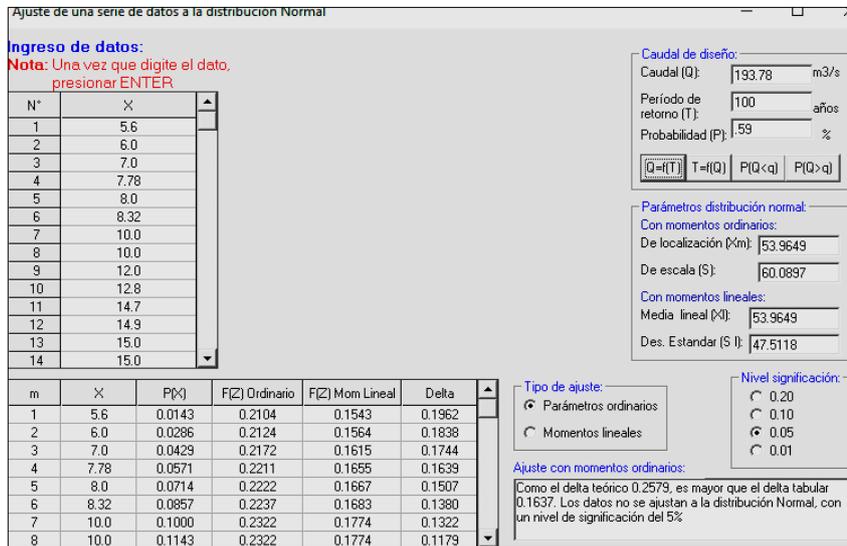
Nivel significación:
 0.20
 0.10
 0.05
 0.01

Ajuste con momentos ordinarios:
 Como el delta teórico 0.2579, es mayor que el delta tabular 0.1637. Los datos no se ajustan a la distribución Normal, con un nivel de significación del 5%

Fuente : Hidroesta 2

Tr=100 años

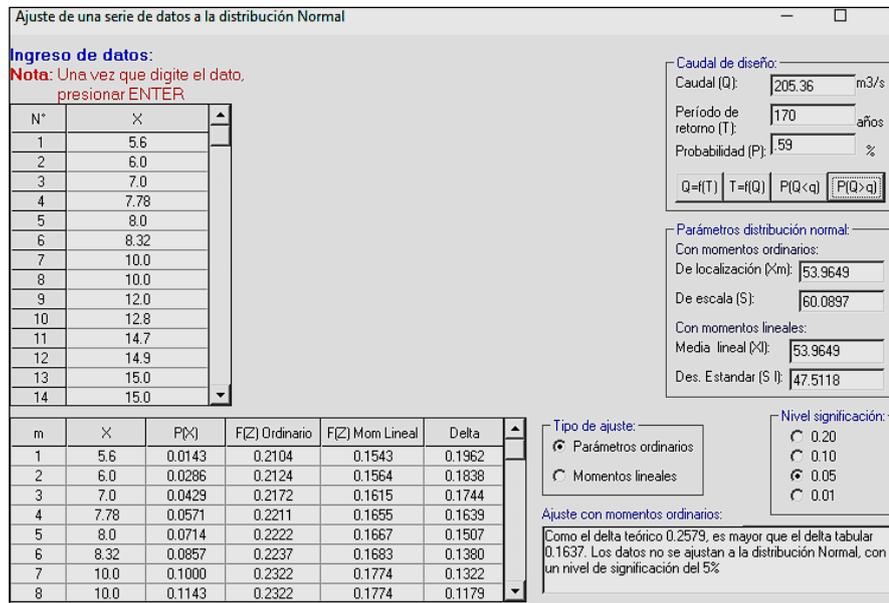
Figura N° 19: Resultados del software Hidroesta 2



Fuente : Hidroesta 2

Tr=170 años

Figura N° 20: Resultados del software Hidroesta 2



Fuente : Hidroesta 2

B) Log Normal 2 Parámetros

Tr=50años

Figura N° 21: Resultados del software Hidroesta 2

Ajuste de una serie de datos a la distribución log-Normal de 2 parámetros

Ingreso de datos:
Nota: Una vez que digite el dato, presionar ENTER

N°	X
1	5.6
2	6.0
3	7.0
4	7.78
5	8.0
6	8.32
7	10.0
8	10.0
9	12.0
10	12.8
11	14.7
12	14.9
13	15.0
14	15.0

Caudal de diseño:
 Caudal (Q): 234.07 m³/s
 Período de retorno (T): 50 años
 Probabilidad (P): 2.00 %

Parámetros distribución log-normal:
 Con momentos ordinarios:
 De escala (μy): 3.5591
 De forma (Sy): 0.9232
 Con momentos lineales:
 De escala (μyl): 3.5591
 De forma (Syl): 0.9304

Tipo de ajuste:
 Parámetros ordinarios
 Momentos lineales

Nivel significación:
 0.20
 0.10
 0.05
 0.01

Ajuste con momentos ordinarios:
 Como el delta teórico 0.0807, es menor que el delta tabular 0.1637. Los datos se ajustan a la distribución logNormal 2 parámetros, con un nivel de significación del 5%

m	X	P(X)	F(Z) Ordinario	F(Z) Mom Lineal	Delta
1	5.6	0.0143	0.0234	0.0242	0.0091
2	6.0	0.0286	0.0278	0.0287	0.0008
3	7.0	0.0429	0.0403	0.0415	0.0026
4	7.78	0.0571	0.0512	0.0526	0.0059
5	8.0	0.0714	0.0545	0.0559	0.0169
6	8.32	0.0857	0.0594	0.0608	0.0264
7	10.0	0.1000	0.0868	0.0884	0.0132
8	10.0	0.1143	0.0868	0.0884	0.0275

Fuente : Hidroesta 2

Tr=100 años

Figura N° 22: Resultados del software Hidroesta 2

Ajuste de una serie de datos a la distribución log-Normal de 2 parámetros

Ingreso de datos:
Nota: Una vez que digite el dato, presionar ENTER

N°	X
1	5.6
2	6.0
3	7.0
4	7.78
5	8.0
6	8.32
7	10.0
8	10.0
9	12.0
10	12.8
11	14.7
12	14.9
13	15.0
14	15.0

Caudal de diseño:
 Caudal (Q): 301.06 m³/s
 Período de retorno (T): 100 años
 Probabilidad (P): 2.00 %

Parámetros distribución log-normal:
 Con momentos ordinarios:
 De escala (μy): 3.5591
 De forma (Sy): 0.9232
 Con momentos lineales:
 De escala (μyl): 3.5591
 De forma (Syl): 0.9304

Tipo de ajuste:
 Parámetros ordinarios
 Momentos lineales

Nivel significación:
 0.20
 0.10
 0.05
 0.01

Ajuste con momentos ordinarios:
 Como el delta teórico 0.0807, es menor que el delta tabular 0.1637. Los datos se ajustan a la distribución logNormal 2 parámetros, con un nivel de significación del 5%

m	X	P(X)	F(Z) Ordinario	F(Z) Mom Lineal	Delta
1	5.6	0.0143	0.0234	0.0242	0.0091
2	6.0	0.0286	0.0278	0.0287	0.0008
3	7.0	0.0429	0.0403	0.0415	0.0026
4	7.78	0.0571	0.0512	0.0526	0.0059
5	8.0	0.0714	0.0545	0.0559	0.0169
6	8.32	0.0857	0.0594	0.0608	0.0264
7	10.0	0.1000	0.0868	0.0884	0.0132
8	10.0	0.1143	0.0868	0.0884	0.0275

Fuente : Hidroesta 2

Tr=170 años

Figura N° 23: Resultados del software Hidroesta 2

Ajuste de una serie de datos a la distribución log-Normal de 2 parámetros

Ingreso de datos:
 Nota: Una vez que digite el dato, presionar ENTER

N°	X
1	5.6
2	6.0
3	7.0
4	7.78
5	8.0
6	8.32
7	10.0
8	10.0
9	12.0
10	12.8
11	14.7
12	14.9
13	15.0
14	15.0

Caudal de diseño:
 Caudal (Q): 359.70 m³/s
 Período de retorno (T): 170 años
 Probabilidad (P): 59 %

Parámetros distribución log-normal:
 Con momentos ordinarios:
 De escala (μy): 3.5591
 De forma (Sy): 0.9232
 Con momentos lineales:
 De escala (μyl): 3.5591
 De forma (Syl): 0.9304

Tipo de ajuste:
 Parámetros ordinarios
 Momentos lineales

Nivel significación:
 0.20
 0.10
 0.05
 0.01

Ajuste con momentos ordinarios:
 Como el delta teórico 0.0807, es menor que el delta tabular 0.1637. Los datos se ajustan a la distribución logNormal 2 parámetros, con un nivel de significación del 5%

m	X	P(X)	F(Z) Ordinario	F(Z) Mom Lineal	Delta
1	5.6	0.0143	0.0234	0.0242	0.0091
2	6.0	0.0286	0.0278	0.0287	0.0008
3	7.0	0.0429	0.0403	0.0415	0.0026
4	7.78	0.0571	0.0512	0.0526	0.0059
5	8.0	0.0714	0.0545	0.0559	0.0169
6	8.32	0.0857	0.0594	0.0608	0.0264
7	10.0	0.1000	0.0868	0.0884	0.0132
8	10.0	0.1143	0.0868	0.0884	0.0275

Fuente : Hidroesta 2

C) Log Normal 3 Parámetros

Tr=50años

Figura N° 24: Resultados del software Hidroesta 2

Ajuste de una serie de datos a la distribución log-Normal de 3 parámetros

Ingreso de datos:
 Nota: Una vez que digite el dato, presionar ENTER

N°	X
1	5.6
2	6.0
3	7.0
4	7.78
5	8.0
6	8.32
7	10.0
8	10.0
9	12.0
10	12.8
11	14.7
12	14.9
13	15.0
14	15.0

Caudal de diseño:
 Caudal (Q): 257.84 m³/s
 Período de retorno (T): 50 años
 Probabilidad (P): 2.00 %

Parámetros distribución log-normal:
 De posición (x0): 2.5238
 De escala (μy): 3.4397
 De forma (Sy): 1.0237

Tipo de ajuste:
 Parámetros ordinarios
 Momentos lineales

Nivel significación:
 0.20
 0.10
 0.05
 0.01

Ajuste con momentos ordinarios:
 Como el delta teórico 0.0710, es menor que el delta tabular 0.1637. Los datos se ajustan a la distribución logNormal 3 parámetros, con un nivel de significación del 5%

m	X	P(X)	Z	F(Z)	Delta
1	5.6	0.0143	-2.2625	0.0118	0.0025
2	6.0	0.0286	-2.1431	0.0161	0.0125
3	7.0	0.0429	-1.8961	0.0290	0.0139
4	7.78	0.0571	-1.7392	0.0410	0.0161
5	8.0	0.0714	-1.6991	0.0446	0.0268
6	8.32	0.0857	-1.6436	0.0501	0.0356
7	10.0	0.1000	-1.3950	0.0815	0.0185
8	10.0	0.1143	-1.3950	0.0815	0.0328

Fuente : Hidroesta 2

Tr=100años

Figura N° 25: Resultados del software Hidroesta 2

Ajuste de una serie de datos a la distribución log-Normal de 3 parámetros

Ingreso de datos:
 Nota: Una vez que digite el dato, presionar ENTER

N°	X
1	5.6
2	6.0
3	7.0
4	7.78
5	8.0
6	8.32
7	10.0
8	10.0
9	12.0
10	12.8
11	14.7
12	14.9
13	15.0
14	15.0

Sm

m	X	P(X)	Z	F(Z)	Delta
1	5.6	0.0143	-2.2625	0.0118	0.0025
2	6.0	0.0286	-2.1431	0.0161	0.0125
3	7.0	0.0429	-1.8961	0.0290	0.0139
4	7.78	0.0571	-1.7392	0.0410	0.0161
5	8.0	0.0714	-1.6991	0.0446	0.0268
6	8.32	0.0857	-1.6436	0.0501	0.0356
7	10.0	0.1000	-1.3950	0.0815	0.0185
8	10.0	0.1143	-1.3950	0.0815	0.0328

Caudal de diseño:
 Caudal (Q): 340.02 m³/s
 Período de retorno (T): 100 años
 Probabilidad (P): 2.00 %

Parámetros distribución log-normal:
 De posición (xo): 2.5238
 De escala (yy): 3.4397
 De forma (Sy): 1.0237

Nivel significación:
 0.20
 0.10
 0.05
 0.01

Ajuste con momentos ordinarios:
 Como el delta teórico 0.0710, es menor que el delta tabular 0.1637. Los datos se ajustan a la distribución logNormal 3 parámetros, con un nivel de significación del 5%

Fuente : Hidroesta 2

Tr=170años

Figura N° 26: Resultados del software Hidroesta 2

Ajuste de una serie de datos a la distribución log-Normal de 3 parámetros

Ingreso de datos:
 Nota: Una vez que digite el dato, presionar ENTER

N°	X
1	5.6
2	6.0
3	7.0
4	7.78
5	8.0
6	8.32
7	10.0
8	10.0
9	12.0
10	12.8
11	14.7
12	14.9
13	15.0
14	15.0

Sm

m	X	P(X)	Z	F(Z)	Delta
1	5.6	0.0143	-2.2625	0.0118	0.0025
2	6.0	0.0286	-2.1431	0.0161	0.0125
3	7.0	0.0429	-1.8961	0.0290	0.0139
4	7.78	0.0571	-1.7392	0.0410	0.0161
5	8.0	0.0714	-1.6991	0.0446	0.0268
6	8.32	0.0857	-1.6436	0.0501	0.0356
7	10.0	0.1000	-1.3950	0.0815	0.0185
8	10.0	0.1143	-1.3950	0.0815	0.0328

Caudal de diseño:
 Caudal (Q): 413.63 m³/s
 Período de retorno (T): 170 años
 Probabilidad (P): 1.59 %

Parámetros distribución log-normal:
 De posición (xo): 2.5238
 De escala (yy): 3.4397
 De forma (Sy): 1.0237

Nivel significación:
 0.20
 0.10
 0.05
 0.01

Ajuste con momentos ordinarios:
 Como el delta teórico 0.0710, es menor que el delta tabular 0.1637. Los datos se ajustan a la distribución logNormal 3 parámetros, con un nivel de significación del 5%

Fuente : Hidroesta 2

D) Gamma 2 Parámetros

Tr=50 años

Figura N° 27: Resultados del software Hidroesta 2

Ajuste de una serie de datos a la distribución Gamma de 2 parámetros

Ingreso de datos:
Nota: Una vez que digite el dato, presionar ENTER

N°	X
1	5.6
2	6.0
3	7.0
4	7.78
5	8.0
6	8.32
7	10.0
8	10.0
9	12.0
10	12.8
11	14.7
12	14.9
13	15.0
14	15.0

Caudal de diseño:
 Caudal (Q): 187.54 m³/s
 Período de retorno (T): 50 años
 Probabilidad (P): 2.00 %

Parámetros distribución Gamma 2 par:
 Con momentos ordinarios:
 De forma (gamma): 1.3066
 De escala (beta): 41.3008
 Con momentos lineales:
 De forma (gamma): 0.3858
 De escala (beta): 139.8933

Tipo de ajuste:
 Parámetros ordinarios
 Momentos lineales

Nivel significación:
 0.20
 0.10
 0.05
 0.01

Ajuste con momentos ordinarios:
 Como el delta teórico 0.1452, es menor que el delta tabular 0.1637. Los datos se ajustan a la distribución Gamma de 2 parámetros, con un nivel de significación del 5%

m	X	P(X)	G(Y) Ordinario	G(Y) Mom Lineal	Delta
1	5.6	0.0143	0.0581	0.3218	0.0438
2	6.0	0.0286	0.0633	0.3302	0.0347
3	7.0	0.0429	0.0764	0.3498	0.0335
4	7.78	0.0571	0.0867	0.3637	0.0296
5	8.0	0.0714	0.0897	0.3675	0.0183
6	8.32	0.0857	0.0940	0.3729	0.0083
7	10.0	0.1000	0.1169	0.3990	0.0169
8	10.0	0.1143	0.1169	0.3990	0.0026

Fuente : Hidroesta 2

Tr=100 años

Figura N° 28: Resultados del software Hidroesta 2

Ajuste de una serie de datos a la distribución Gamma de 2 parámetros

Ingreso de datos:
Nota: Una vez que digite el dato, presionar ENTER

N°	X
1	5.6
2	6.0
3	7.0
4	7.78
5	8.0
6	8.32
7	10.0
8	10.0
9	12.0
10	12.8
11	14.7
12	14.9
13	15.0
14	15.0

Caudal de diseño:
 Caudal (Q): 217.67 m³/s
 Período de retorno (T): 100 años
 Probabilidad (P): 2.00 %

Parámetros distribución Gamma 2 par:
 Con momentos ordinarios:
 De forma (gamma): 1.3066
 De escala (beta): 41.3008
 Con momentos lineales:
 De forma (gamma): 0.3858
 De escala (beta): 139.8933

Tipo de ajuste:
 Parámetros ordinarios
 Momentos lineales

Nivel significación:
 0.20
 0.10
 0.05
 0.01

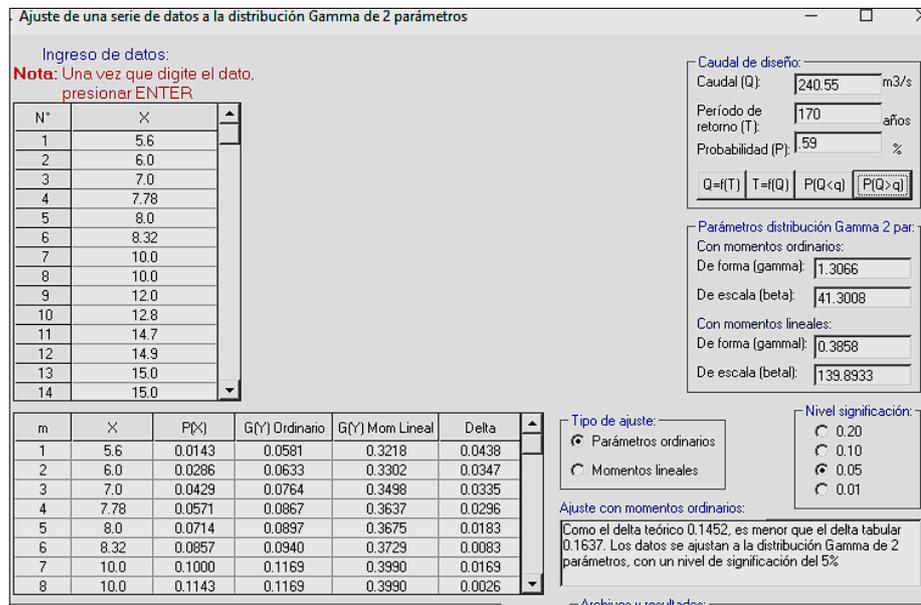
Ajuste con momentos ordinarios:
 Como el delta teórico 0.1452, es menor que el delta tabular 0.1637. Los datos se ajustan a la distribución Gamma de 2 parámetros, con un nivel de significación del 5%

m	X	P(X)	G(Y) Ordinario	G(Y) Mom Lineal	Delta
1	5.6	0.0143	0.0581	0.3218	0.0438
2	6.0	0.0286	0.0633	0.3302	0.0347
3	7.0	0.0429	0.0764	0.3498	0.0335
4	7.78	0.0571	0.0867	0.3637	0.0296
5	8.0	0.0714	0.0897	0.3675	0.0183
6	8.32	0.0857	0.0940	0.3729	0.0083
7	10.0	0.1000	0.1169	0.3990	0.0169
8	10.0	0.1143	0.1169	0.3990	0.0026

Fuente : Hidroesta 2

Tr=170 años

Figura N° 29: Resultados del software Hidroesta 2

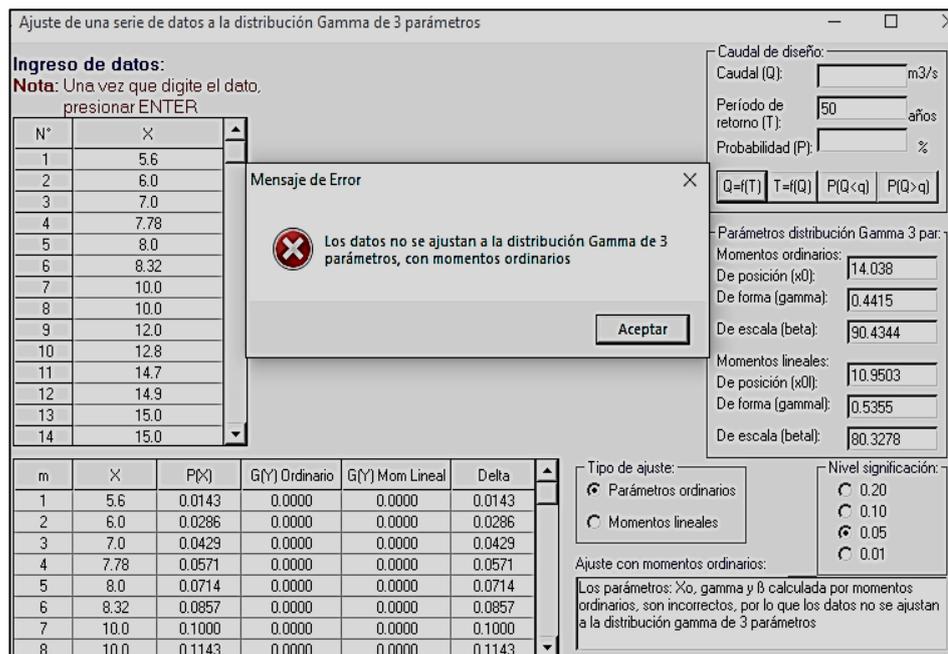


Fuente : Hidroesta 2

D) Gamma 3 Parámetros

Tr=50 años

Figura N° 30: Resultados del software Hidroesta 2



Fuente : Hidroesta 2

Tr=100 años

Figura N° 31: Resultados del software Hidroesta 2

Ajuste de una serie de datos a la distribución Gamma de 3 parámetros

Ingreso de datos:
Nota: Una vez que digite el dato, presionar ENTER

N°	X
1	5.6
2	6.0
3	7.0
4	7.78
5	8.0
6	8.32
7	10.0
8	10.0
9	12.0
10	12.8
11	14.7
12	14.9
13	15.0
14	15.0

Caudal de diseño:
 Caudal (Q): _____ m³/s
 Período de retorno (T): 100 años
 Probabilidad (P): _____ %
 Q=f(T) T=f(Q) P(Q<q) P(Q>q)

Mensaje de Error
 Los datos no se ajustan a la distribución Gamma de 3 parámetros, con momentos ordinarios

Parámetros distribución Gamma 3 par:
 Momentos ordinarios:
 De posición (x0): 14.038
 De forma (gamma): 0.4415
 De escala (beta): 90.4344
 Momentos lineales:
 De posición (x0l): 10.9503
 De forma (gammal): 0.5355
 De escala (betal): 80.3278

Tipo de ajuste:
 Parámetros ordinarios
 Momentos lineales

Nivel significación:
 0.20
 0.10
 0.05
 0.01

Ajuste con momentos ordinarios:
 Los parámetros: X₀, gamma y β calculada por momentos ordinarios, son incorrectos, por lo que los datos no se ajustan a la distribución gamma de 3 parámetros

m	X	P(X)	G(Y) Ordinario	G(Y) Mom Lineal	Delta
1	5.6	0.0143	0.0000	0.0000	0.0143
2	6.0	0.0286	0.0000	0.0000	0.0286
3	7.0	0.0429	0.0000	0.0000	0.0429
4	7.78	0.0571	0.0000	0.0000	0.0571
5	8.0	0.0714	0.0000	0.0000	0.0714
6	8.32	0.0857	0.0000	0.0000	0.0857
7	10.0	0.1000	0.0000	0.0000	0.1000
8	10.0	0.1143	0.0000	0.0000	0.1143

Fuente : Hidroesta 2

Tr=170 años

Figura N° 32: Resultados del software Hidroesta 2

Ajuste de una serie de datos a la distribución Gamma de 3 parámetros

Ingreso de datos:
Nota: Una vez que digite el dato, presionar ENTER

N°	X
1	5.6
2	6.0
3	7.0
4	7.78
5	8.0
6	8.32
7	10.0
8	10.0
9	12.0
10	12.8
11	14.7
12	14.9
13	15.0
14	15.0

Caudal de diseño:
 Caudal (Q): _____ m³/s
 Período de retorno (T): 170 años
 Probabilidad (P): _____ %
 Q=f(T) T=f(Q) P(Q<q) P(Q>q)

Mensaje de Error
 Los datos no se ajustan a la distribución Gamma de 3 parámetros, con momentos ordinarios

Parámetros distribución Gamma 3 par:
 Momentos ordinarios:
 De posición (x0): 14.038
 De forma (gamma): 0.4415
 De escala (beta): 90.4344
 Momentos lineales:
 De posición (x0l): 10.9503
 De forma (gammal): 0.5355
 De escala (betal): 80.3278

Tipo de ajuste:
 Parámetros ordinarios
 Momentos lineales

Nivel significación:
 0.20
 0.10
 0.05
 0.01

Ajuste con momentos ordinarios:
 Los parámetros: X₀, gamma y β calculada por momentos ordinarios, son incorrectos, por lo que los datos no se ajustan a la distribución gamma de 3 parámetros

m	X	P(X)	G(Y) Ordinario	G(Y) Mom Lineal	Delta
1	5.6	0.0143	0.0000	0.0000	0.0143
2	6.0	0.0286	0.0000	0.0000	0.0286
3	7.0	0.0429	0.0000	0.0000	0.0429
4	7.78	0.0571	0.0000	0.0000	0.0571
5	8.0	0.0714	0.0000	0.0000	0.0714
6	8.32	0.0857	0.0000	0.0000	0.0857
7	10.0	0.1000	0.0000	0.0000	0.1000
8	10.0	0.1143	0.0000	0.0000	0.1143

Fuente : Hidroesta 2

E) Log Pearson tipo 3

- El software Hidroesta 2 no puede calcular para esta distribución debido a que los datos no se ajustan.

Figura N° 33: Resultados del software Hidroesta 2

Ajuste de una serie de datos a la distribución log-Pearson tipo III

Ingreso de datos:
Nota: Una vez que digite el dato, presionar ENTER

N°	X
1	5.6
2	6.0
3	7.0
4	7.78
5	8.0
6	8.32
7	10.0
8	10.0
9	12.0
10	12.8
11	14.7
12	14.9
13	15.0
14	15.0

Mensaje de error

Sus datos no se ajustan a la distribución log-Pearson tipo 3. Guarde sus datos y pruebe ajustar con otra distribución

Aceptar

Parámetros distribución LogPearson3:

Momentos ordinarios:
 De posición (x0):
 De forma (gamma):
 De escala (beta):

Momentos lineales:
 De posición (x0l):
 De forma (gamma):
 De escala (beta):

Caudal de diseño:
 Caudal (Q): m3/s
 Período de retorno (T): 50 años
 Probabilidad (P): %

Q=(T) T=(Q) P(Q<q) P(Q>q)

Tipo de ajuste:
 Parámetros ordinarios
 Momentos lineales

Nivel significación:
 0.20
 0.10
 0.05
 0.01

Ajuste:

m	X	P(X)	G(Y) Ordinario	G(Y) Mom Lineal	Delta

Fuente : Hidroesta 2

F) Gumbel

Tr=50 años

Figura N° 34: Resultados del software Hidroesta 2

Ajuste de una serie de datos a la distribución Gumbel

Ingreso de datos:
Nota: Una vez que digite el dato, presionar ENTER

N°	X
1	5.6
2	6.0
3	7.0
4	7.78
5	8.0
6	8.32
7	10.0
8	10.0
9	12.0
10	12.8
11	14.7
12	14.9
13	15.0
14	15.0

Parámetros distribución Gumbel:

Con momentos ordinarios:
 De posición (μ): 26.9214
 De escala (alfa): 46.8517

Con momentos lineales:
 De posición (μl): 31.6426
 De escala (alfal): 38.6724

Caudal de diseño:
 Caudal (Q): 209.73 m3/s
 Período de retorno (T): 50 años
 Probabilidad (P): 2.00 %

Q=(T) T=(Q) P(Q<q) P(Q>q)

Tipo de ajuste:
 Parámetros ordinarios
 Momentos lineales

Nivel significación:
 0.20
 0.10
 0.05
 0.01

Ajuste con momentos ordinarios:
 Como el delta teórico 0.1925 es mayor que el delta tabular 0.1637. Los datos no se ajustan a la distribución Gumbel, con un nivel de significación del 5%

m	X	P(X)	G(Y) Ordinario	G(Y) Mom Lineal	Delta
1	5.6	0.0143	0.2067	0.1407	0.1925
2	6.0	0.0286	0.2095	0.1436	0.1810
3	7.0	0.0429	0.2166	0.1509	0.1737
4	7.78	0.0571	0.2221	0.1567	0.1650
5	8.0	0.0714	0.2237	0.1584	0.1522
6	8.32	0.0857	0.2260	0.1608	0.1402
7	10.0	0.1000	0.2381	0.1738	0.1381
8	10.0	0.1143	0.2381	0.1738	0.1238

Fuente : Hidroesta 2

Tr=100 años

Figura N° 35: Resultados del software Hidroesta 2.

Ajuste de una serie de datos a la distribución Gumbel

Ingreso de datos:
Nota: Una vez que digite el dato, presionar ENTER.

N°	X
1	5.6
2	6.0
3	7.0
4	7.78
5	8.0
6	8.32
7	10.0
8	10.0
9	12.0
10	12.8
11	14.7
12	14.9
13	15.0
14	15.0

Caudal de diseño:
 Caudal (Q): 242.45 m³/s
 Período de retorno (T): 100 años
 Probabilidad (P): 2.00 %

Parámetros distribución Gumbel:
 Con momentos ordinarios:
 De posición (μ): 26.9214
 De escala (alfa): 46.8517
 Con momentos lineales:
 De posición (μl): 31.6426
 De escala (alfal): 38.6724

Tipo de ajuste:
 Parámetros ordinarios
 Momentos lineales

Nivel significación:
 0.20
 0.10
 0.05
 0.01

m	X	P(X)	G(Y) Ordinario	G(Y) Mom Lineal	Delta
1	5.6	0.0143	0.2067	0.1407	0.1925
2	6.0	0.0286	0.2095	0.1436	0.1810
3	7.0	0.0429	0.2166	0.1509	0.1737
4	7.78	0.0571	0.2221	0.1567	0.1650
5	8.0	0.0714	0.2237	0.1584	0.1522
6	8.32	0.0857	0.2260	0.1608	0.1402
7	10.0	0.1000	0.2381	0.1738	0.1381
8	10.0	0.1143	0.2381	0.1738	0.1238

Ajuste con momentos ordinarios:
 Como el delta teórico 0.1925, es mayor que el delta tabular 0.1637. Los datos no se ajustan a la distribución Gumbel, con un nivel de significación del 5%

Fuente : Hidroesta 2.

Tr=170 años

Figura N° 36: Resultados del software Hidroesta 2.

Ajuste de una serie de datos a la distribución Gumbel

Ingreso de datos:
Nota: Una vez que digite el dato, presionar ENTER.

N°	X
1	5.6
2	6.0
3	7.0
4	7.78
5	8.0
6	8.32
7	10.0
8	10.0
9	12.0
10	12.8
11	14.7
12	14.9
13	15.0
14	15.0

Caudal de diseño:
 Caudal (Q): 267.40 m³/s
 Período de retorno (T): 170 años
 Probabilidad (P): 59 %

Parámetros distribución Gumbel:
 Con momentos ordinarios:
 De posición (μ): 26.9214
 De escala (alfa): 46.8517
 Con momentos lineales:
 De posición (μl): 31.6426
 De escala (alfal): 38.6724

Tipo de ajuste:
 Parámetros ordinarios
 Momentos lineales

Nivel significación:
 0.20
 0.10
 0.05
 0.01

m	X	P(X)	G(Y) Ordinario	G(Y) Mom Lineal	Delta
1	5.6	0.0143	0.2067	0.1407	0.1925
2	6.0	0.0286	0.2095	0.1436	0.1810
3	7.0	0.0429	0.2166	0.1509	0.1737
4	7.78	0.0571	0.2221	0.1567	0.1650
5	8.0	0.0714	0.2237	0.1584	0.1522
6	8.32	0.0857	0.2260	0.1608	0.1402
7	10.0	0.1000	0.2381	0.1738	0.1381
8	10.0	0.1143	0.2381	0.1738	0.1238

Ajuste con momentos ordinarios:
 Como el delta teórico 0.1925, es mayor que el delta tabular 0.1637. Los datos no se ajustan a la distribución Gumbel, con un nivel de significación del 5%

Fuente : Hidroesta 2.

F) Log Gumbel

Tr=50 años

Figura N° 37: Resultados del software Hidroesta 2

Ajuste de una serie de datos a la distribución log-Gumbel o distribución de Fréchet

Ingreso de datos:
Nota: Una vez que digite el dato, presionar ENTER

N°	X
1	5.6
2	6.0
3	7.0
4	7.78
5	8.0
6	8.32
7	10.0
8	10.0
9	12.0
10	12.8
11	14.7
12	14.9
13	15.0
14	15.0

Caudal de diseño:
 Caudal (Q): 384.69 m³/s
 Período de retorno (T): 50 años
 Probabilidad (P): 2.00 %

Q=(T) T=(Q) P(Q<q) P(Q>q)

Parámetros distribución logGumbel:
 Con momentos ordinarios:
 De posición (μ): 3.1436
 De escala (alfa): 0.7199
 Con momentos lineales:
 De posición (μl): 3.122
 De escala (alfal): 0.7573

m	X	P(X)	G(Y) Ordinario	G(Y) Mom Lineal	Delta
1	5.6	0.0143	0.0007	0.0018	0.0135
2	6.0	0.0286	0.0014	0.0031	0.0271
3	7.0	0.0429	0.0051	0.0089	0.0378
4	7.78	0.0571	0.0105	0.0164	0.0467
5	8.0	0.0714	0.0125	0.0190	0.0590
6	8.32	0.0857	0.0157	0.0232	0.0700
7	10.0	0.1000	0.0401	0.0523	0.0599
8	10.0	0.1143	0.0401	0.0523	0.0742

Tipo de ajuste:
 Parámetros ordinarios
 Momentos lineales

Nivel significación:
 0.20
 0.10
 0.05
 0.01

Ajuste con momentos ordinarios:
 Como el delta teórico 0.1116, es menor que el delta tabular 0.1637. Los datos se ajustan a la distribución logGumbel, con un nivel de significación del 5%

Fuente : Hidroesta 2.

Tr=100 años

Figura N° 38: Resultados del software Hidroesta 2

Ajuste de una serie de datos a la distribución log-Gumbel o distribución de Fréchet

Ingreso de datos:
Nota: Una vez que digite el dato, presionar ENTER

N°	X
1	5.6
2	6.0
3	7.0
4	7.78
5	8.0
6	8.32
7	10.0
8	10.0
9	12.0
10	12.8
11	14.7
12	14.9
13	15.0
14	15.0

Caudal de diseño:
 Caudal (Q): 635.90 m³/s
 Período de retorno (T): 100 años
 Probabilidad (P): 2.00 %

Q=(T) T=(Q) P(Q<q) P(Q>q)

Parámetros distribución logGumbel:
 Con momentos ordinarios:
 De posición (μ): 3.1436
 De escala (alfa): 0.7199
 Con momentos lineales:
 De posición (μl): 3.122
 De escala (alfal): 0.7573

m	X	P(X)	G(Y) Ordinario	G(Y) Mom Lineal	Delta
1	5.6	0.0143	0.0007	0.0018	0.0135
2	6.0	0.0286	0.0014	0.0031	0.0271
3	7.0	0.0429	0.0051	0.0089	0.0378
4	7.78	0.0571	0.0105	0.0164	0.0467
5	8.0	0.0714	0.0125	0.0190	0.0590
6	8.32	0.0857	0.0157	0.0232	0.0700
7	10.0	0.1000	0.0401	0.0523	0.0599
8	10.0	0.1143	0.0401	0.0523	0.0742

Tipo de ajuste:
 Parámetros ordinarios
 Momentos lineales

Nivel significación:
 0.20
 0.10
 0.05
 0.01

Ajuste con momentos ordinarios:
 Como el delta teórico 0.1116, es menor que el delta tabular 0.1637. Los datos se ajustan a la distribución logGumbel, con un nivel de significación del 5%

Fuente : Hidroesta 2.

Tr=170 años

Figura N° 39: Resultados del software Hidroesta 2

Ajuste de una serie de datos a la distribución log-Gumbel o distribución de Fréchet

Ingreso de datos:
Nota: Una vez que digite el dato, presionar ENTER

N°	X
1	5.6
2	6.0
3	7.0
4	7.78
5	8.0
6	8.32
7	10.0
8	10.0
9	12.0
10	12.8
11	14.7
12	14.9
13	15.0
14	15.0

Caudal de diseño:
 Caudal (Q): 933.09 m³/s
 Período de retorno (T): 170 años
 Probabilidad (P): .59 %

Parámetros distribución logGumbel:
 Con momentos ordinarios:
 De posición (μ): 3.1436
 De escala (alfa): 0.7199
 Con momentos lineales:
 De posición (μ): 3.122
 De escala (alfa): 0.7573

Tipo de ajuste:
 Parámetros ordinarios
 Momentos lineales

Nivel significación:
 0.20
 0.10
 0.05
 0.01

Ajuste con momentos ordinarios:
 Como el delta teórico 0.1115, es menor que el delta tabular 0.1637. Los datos se ajustan a la distribución logGumbel, con un nivel de significación del 5%

m	X	P(X)	G(Y) Ordinario	G(Y) Mom Lineal	Delta
1	5.6	0.0143	0.0007	0.0018	0.0135
2	6.0	0.0286	0.0014	0.0031	0.0271
3	7.0	0.0429	0.0051	0.0089	0.0378
4	7.78	0.0571	0.0105	0.0164	0.0467
5	8.0	0.0714	0.0125	0.0190	0.0590
6	8.32	0.0857	0.0157	0.0232	0.0700
7	10.0	0.1000	0.0401	0.0523	0.0599
8	10.0	0.1143	0.0401	0.0523	0.0742

Fuente : Hidroesta 2.

4.2.2.5. Resumen de los resultados

- Las distribuciones que se ajustan a la prueba de Smirnov Kolmogorov son:

Tabla N° 55: Tabla de las distribuciones que tienen mejor ajuste.

Distrib. Δ	LOG GUMBEL	GAMMA 2 PARÁMETROS	LOG NORMAL 3 PARÁMETROS	LOG NORMAL 2 PARÁMETROS
	Delta tabular	0.1637	0.1637	0.1637
Delta teórico	0.112	0.145	0.071	0.081
Diferencia	0.052	0.018	0.093	0.083

Fuente : Elaboración Propia

Tabla N° 56: Tabla resumen de los posibles caudales de diseño.

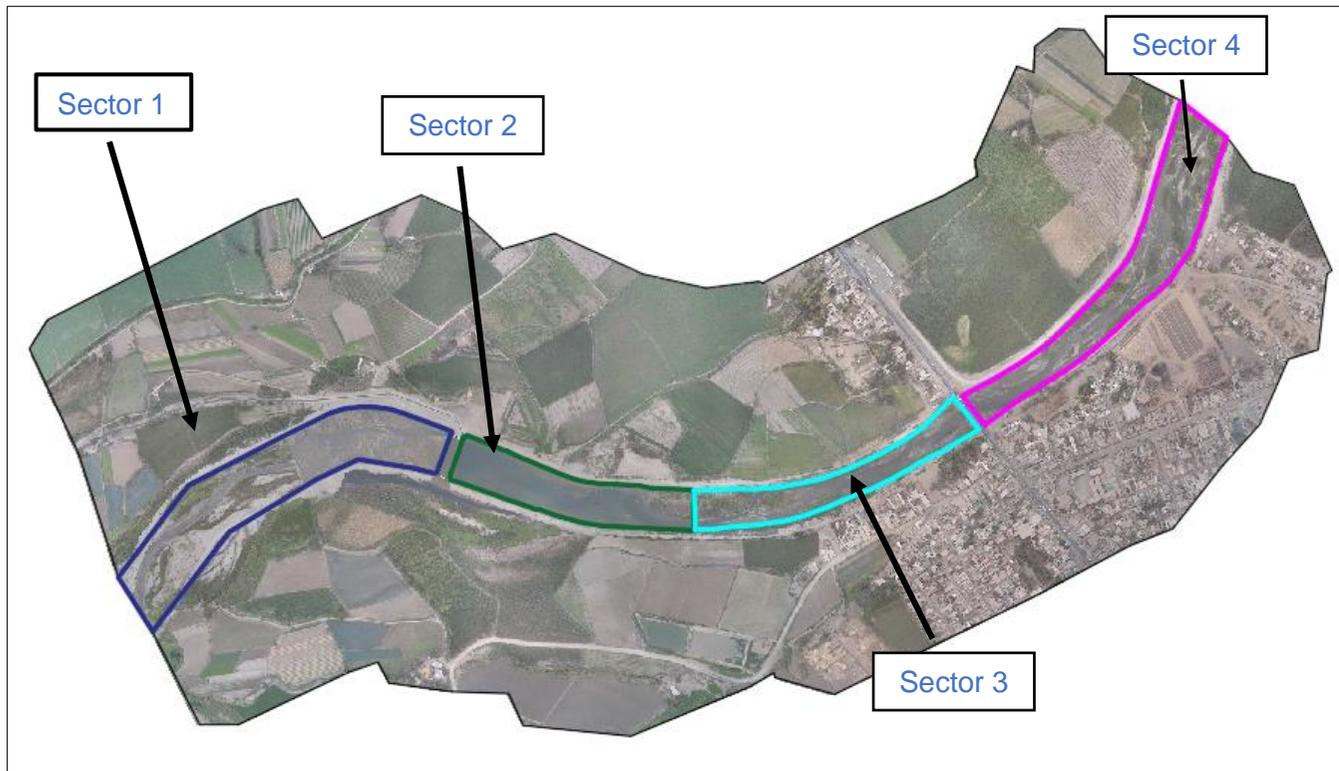
TR	LOG GUMBEL	GAMMA 2 PARAMETROS	LOG NORMAL 3 PARAMETROS	LOG NORMAL 2 PARAMETROS
50	384.69	187.93	257.84	234.07
100	635.9	217.67	339.94	301.06
170	933.37	240.59	413.55	359.64

Fuente : Elaboración Propia.

- La distribución que mejor se ajusta es Gamma 2 Parámetros porque tiene la menor diferencia entre el delta tabular y el delta teórico, sin embargo los caudales son bajos y no llega a producir inundación en nuestro tramo de estudio, el segundo mejor ajuste es Log Gumbel, pero por el contrario los caudales son muy elevados, es así que se eligió la distribución Log Normal 2 Parámetros por ser el tercer mejor ajuste y tener caudales correctos para el estudio de inundabilidad y diseño de enrocados.
- Se trabajó con un período de retorno de 170 años y un caudal de diseño de $359.64 \text{ m}^3/\text{s} \approx 360 \text{ m}^3/\text{s}$.

4.3. Estudio de Inundabilidad

Figura N° 40: Sectores



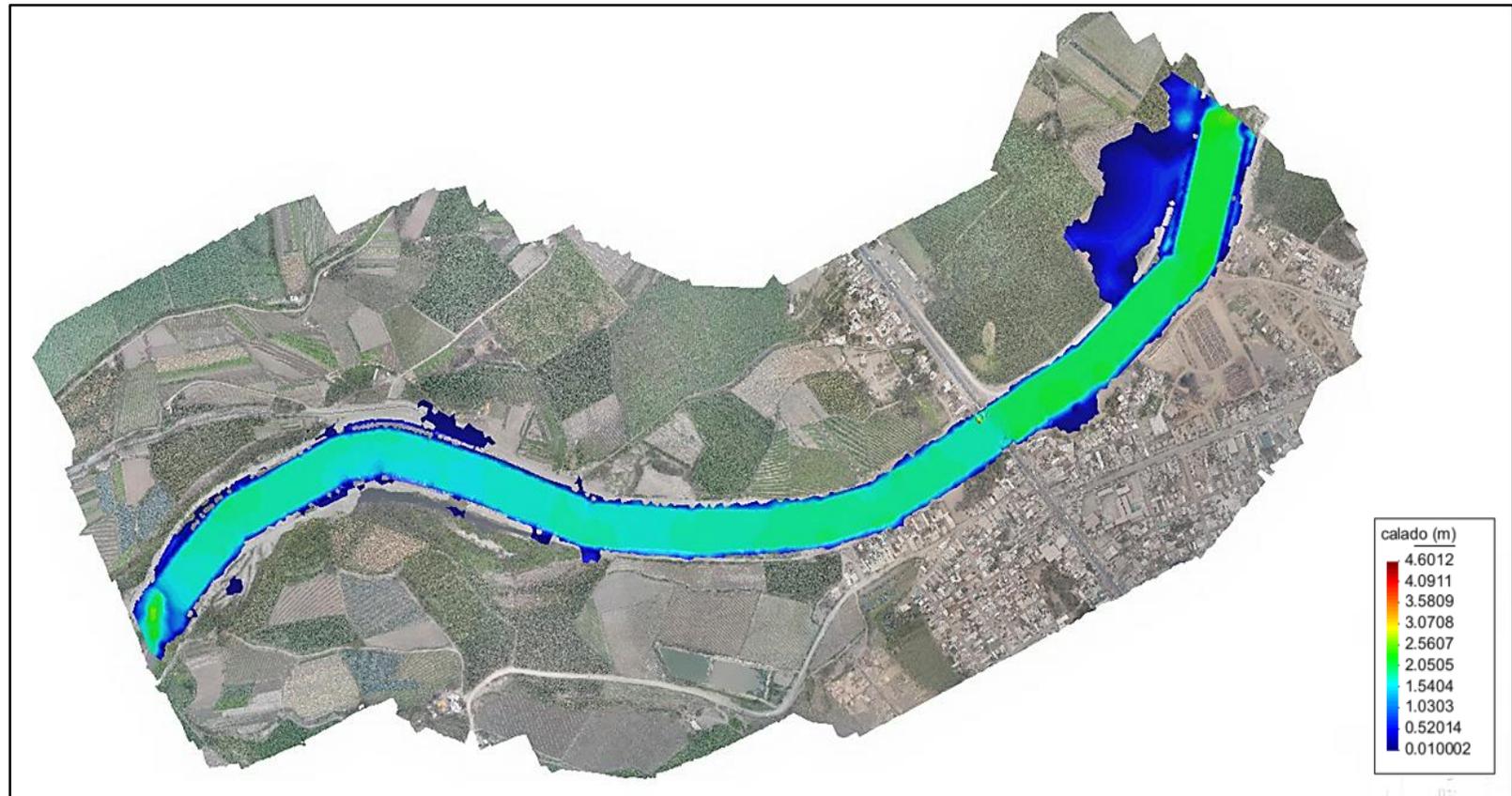
Fuente : Elaboración Propia

4.3.1. Caudal de 360 m³/s

4.3.1.1. Sin Bocatoma

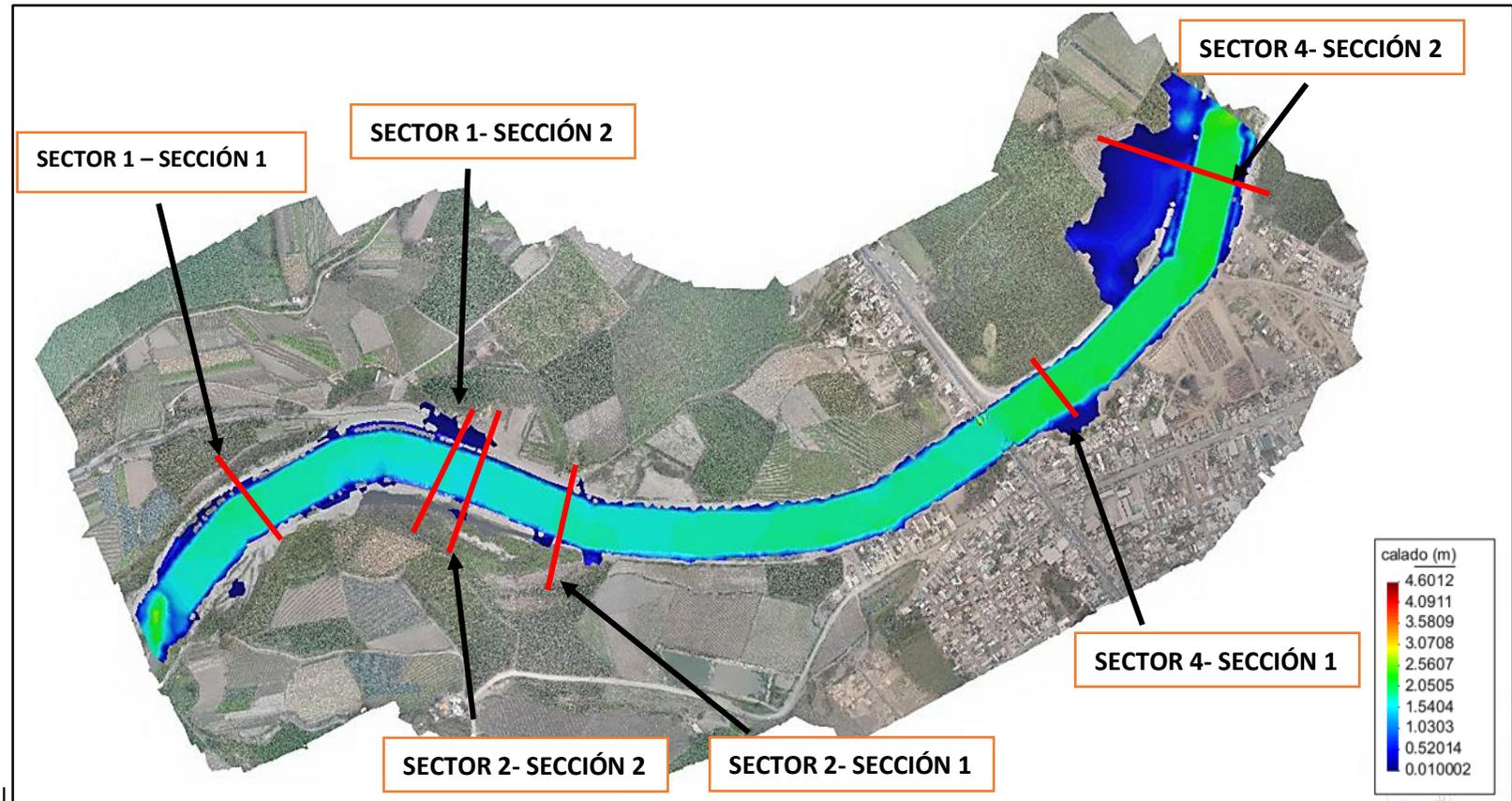
A. Calado

Figura N° 41: Resultados del calado



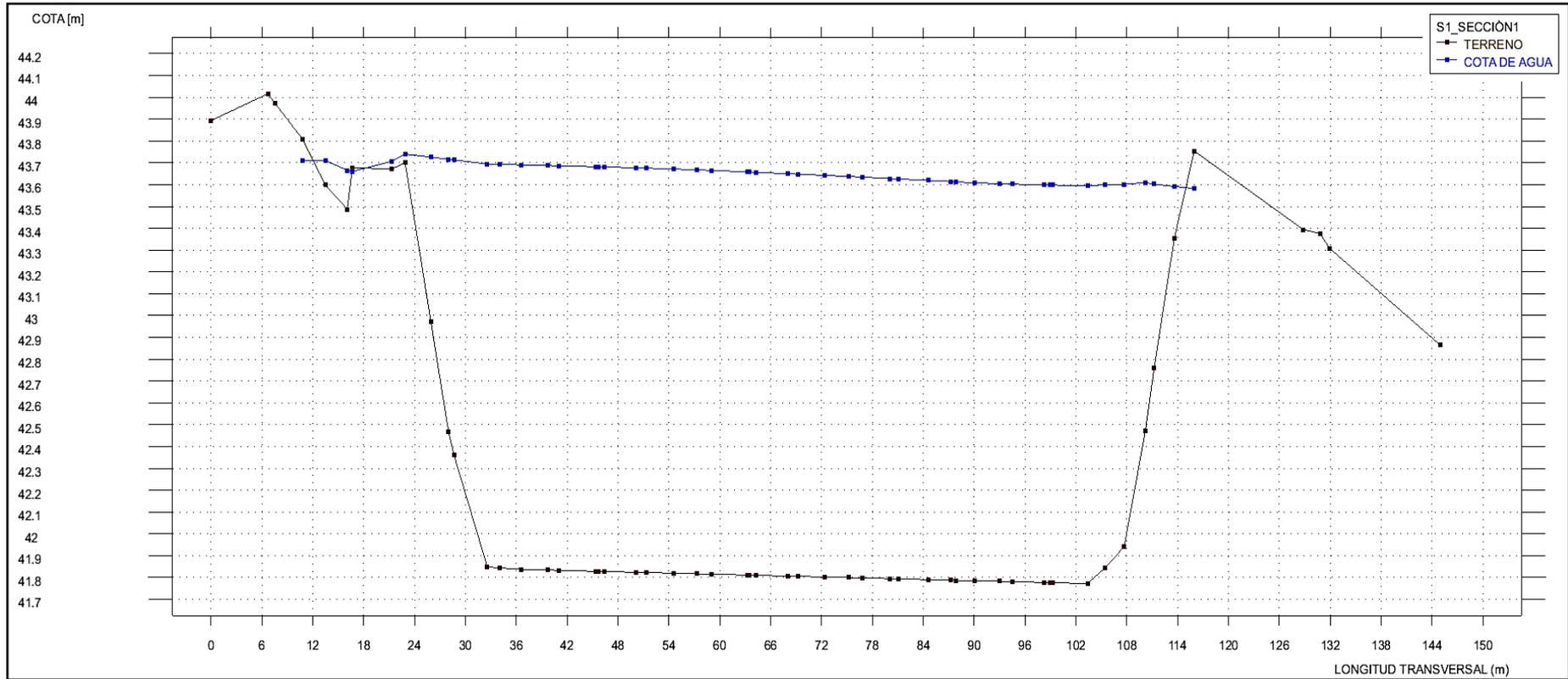
Fuente : Elaboración Propia

Figura N° 42: Secciones de Inundabilidad



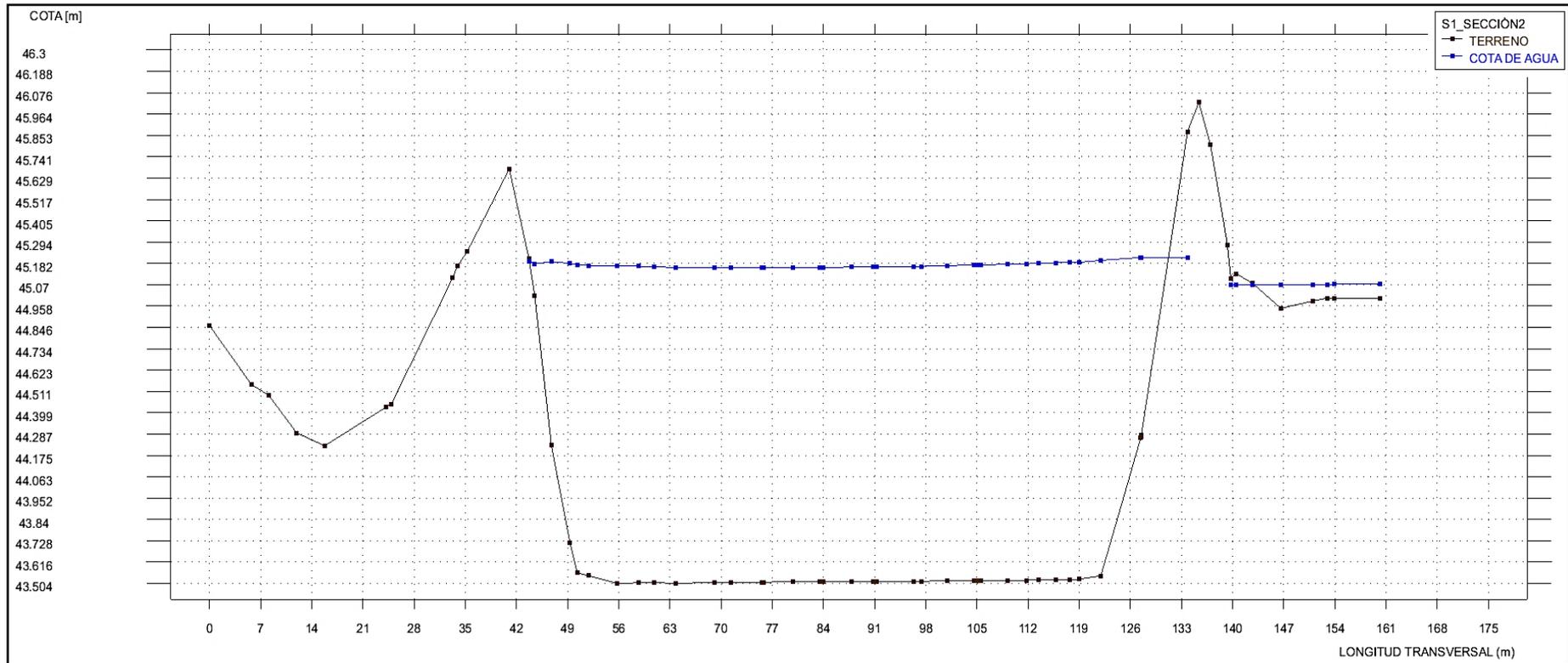
Fuente : Elaboración Propia

Figura N° 43: Sección transversal Sector 1- Sección 1



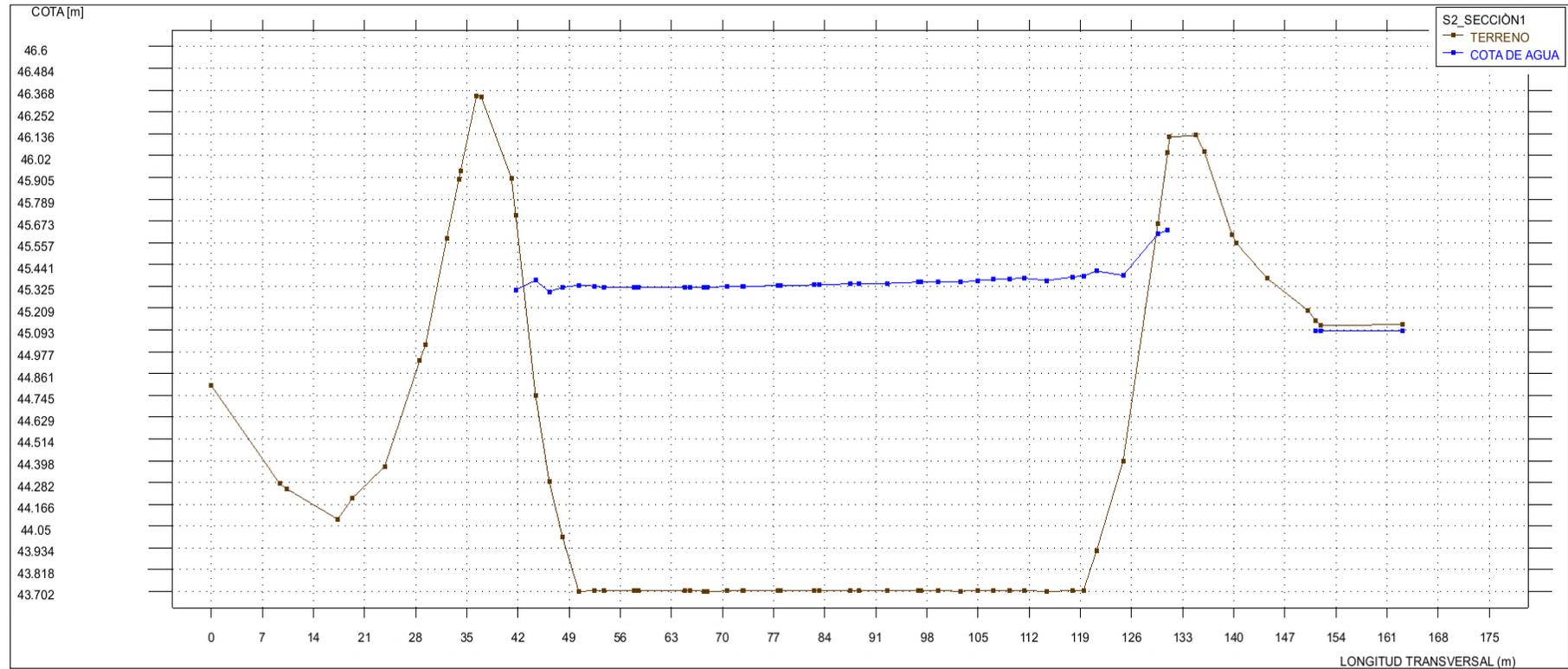
Fuente : Elaboración Propia

Figura N° 44: Sección transversal Sector 1- Sección 2



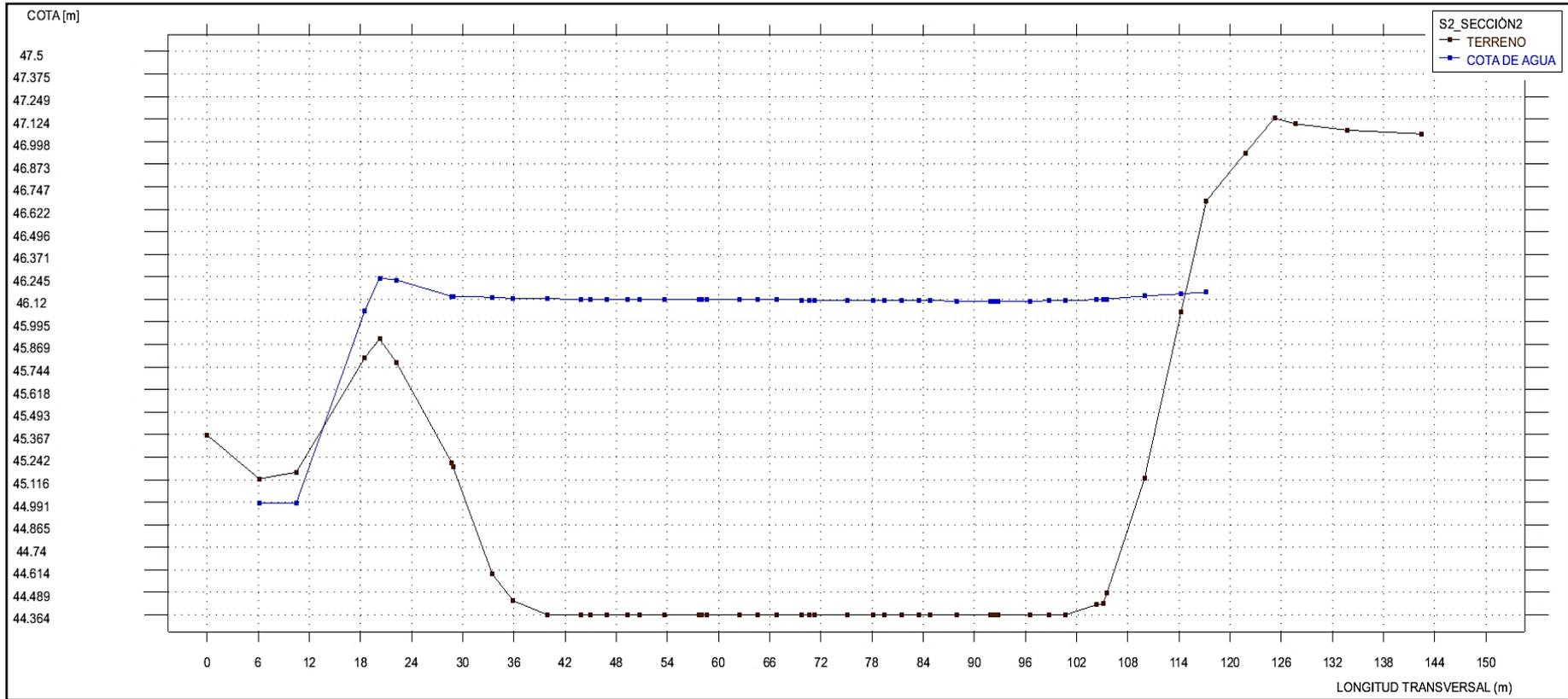
Fuente : Elaboración Propia

Figura N° 45: Sección transversal Sector 2- Sección 1



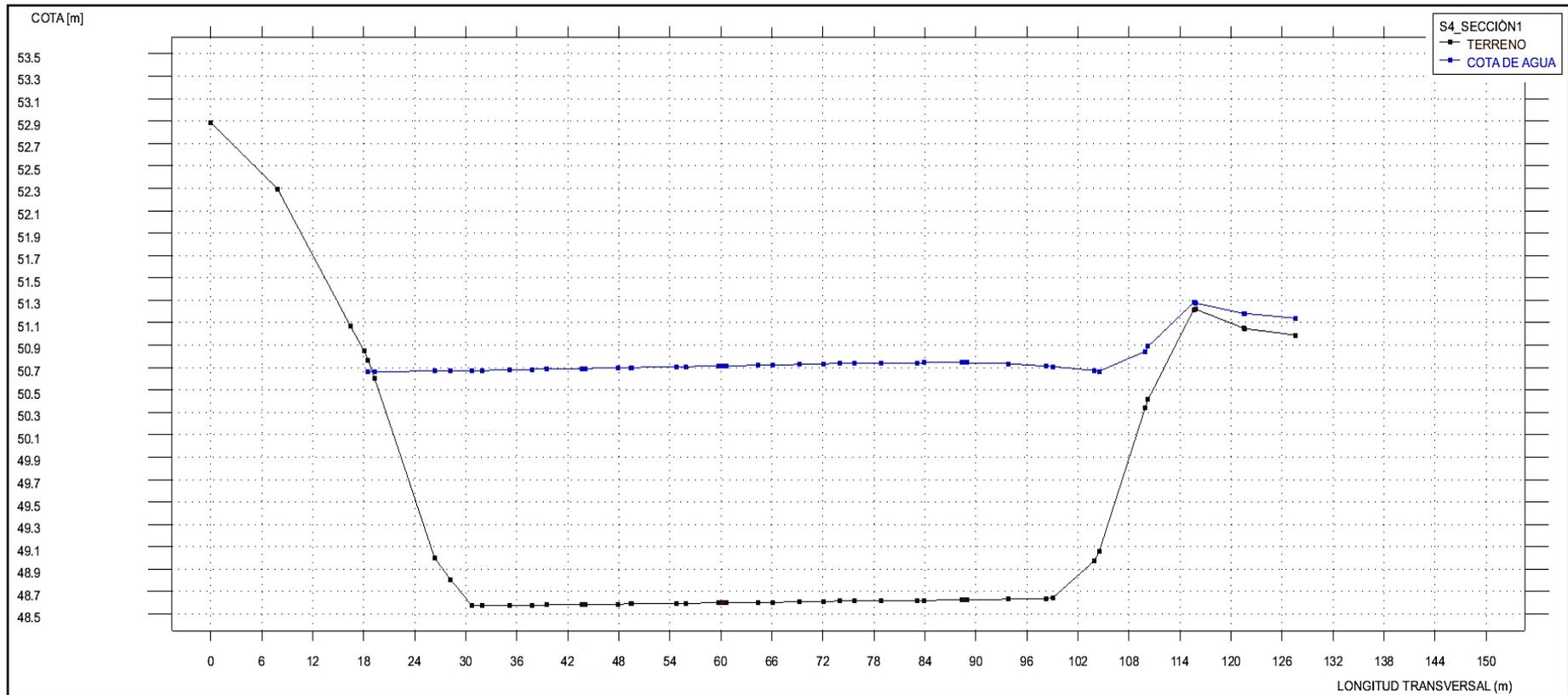
Fuente : Elaboración Propia

Figura N° 46: Sección transversal Sector 2- Sección 2



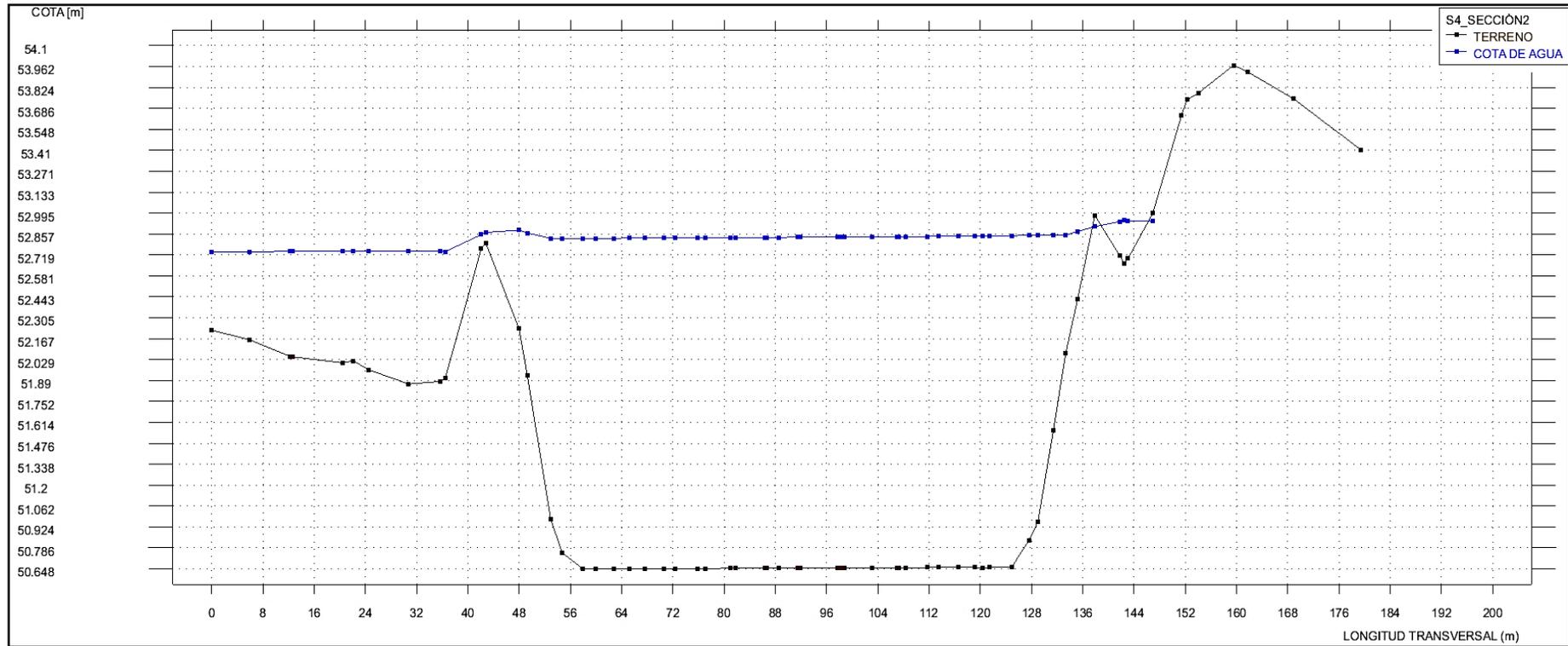
Fuente : Elaboración Propia

Figura N° 47: Sección transversal Sector 4- Sección 1



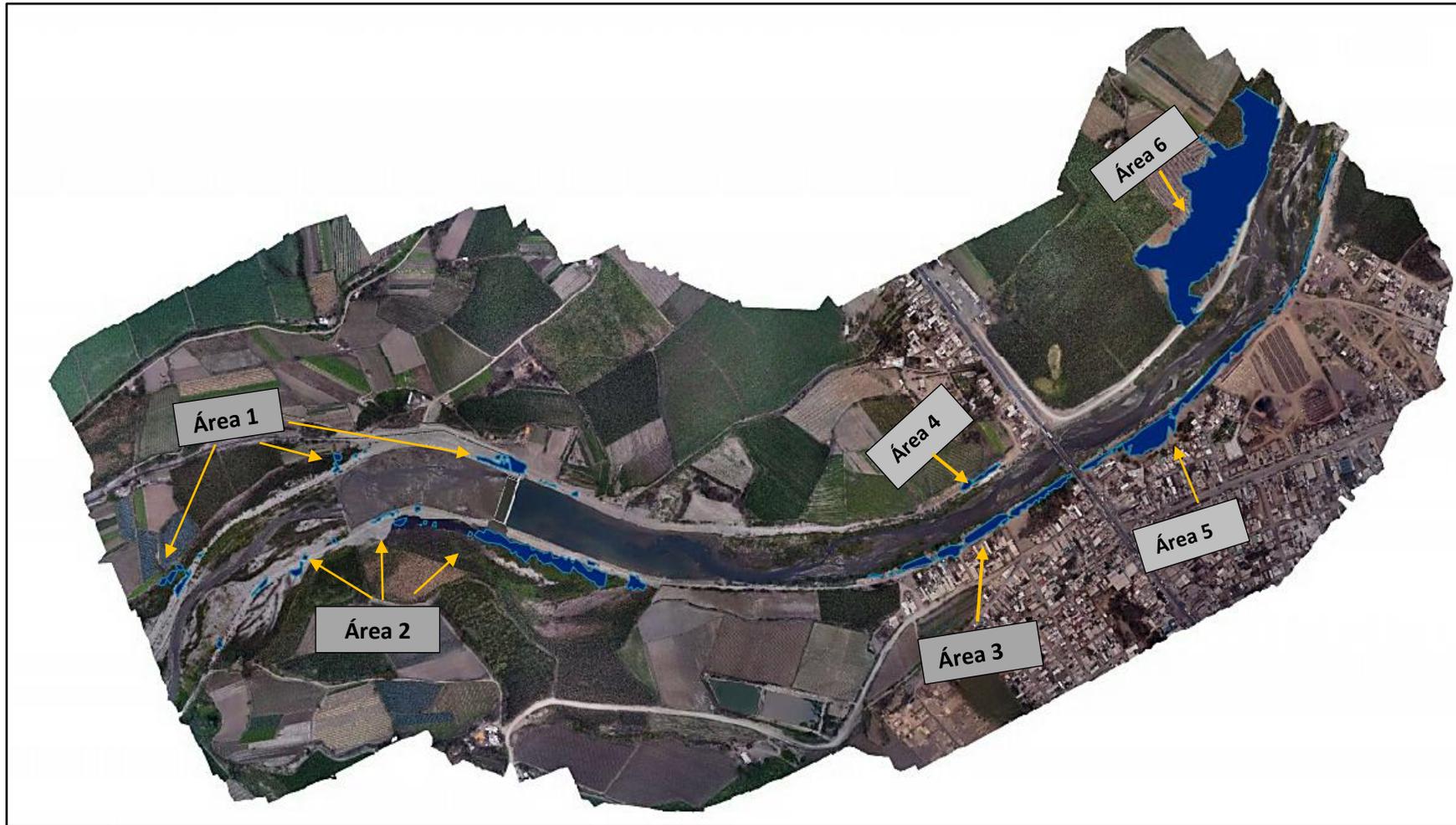
Fuente : Elaboración Propia

Figura N° 48: Sección transversal Sector 4- Sección 2



Fuente : Elaboración Propia

Figura N° 49: Áreas de Inundabilidad (Sin Bocatoma)



Fuente : Elaboración Propia

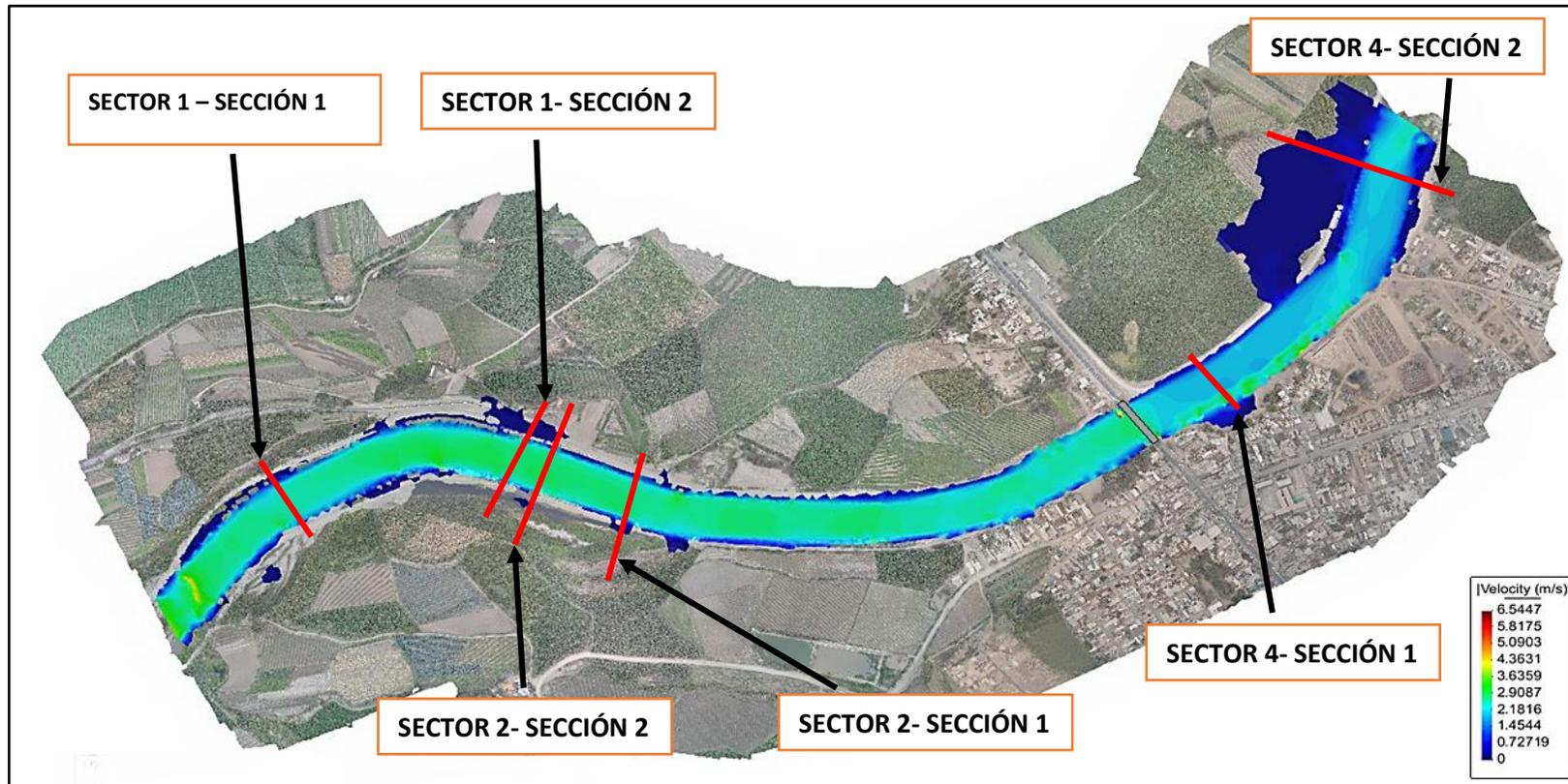
Tabla N° 57: Áreas de Inundabilidad

Áreas de Inundabilidad	Km²	Ha
Área 1	2.17	0.22
Área 2	5.78	0.57
Área 3	3.68	0.37
Área 4	0.50	0.050
Área 5	6.85	0.69
Área 6	4.02	0.40
Total	23.00	2.3

Fuente : Elaboración Propia

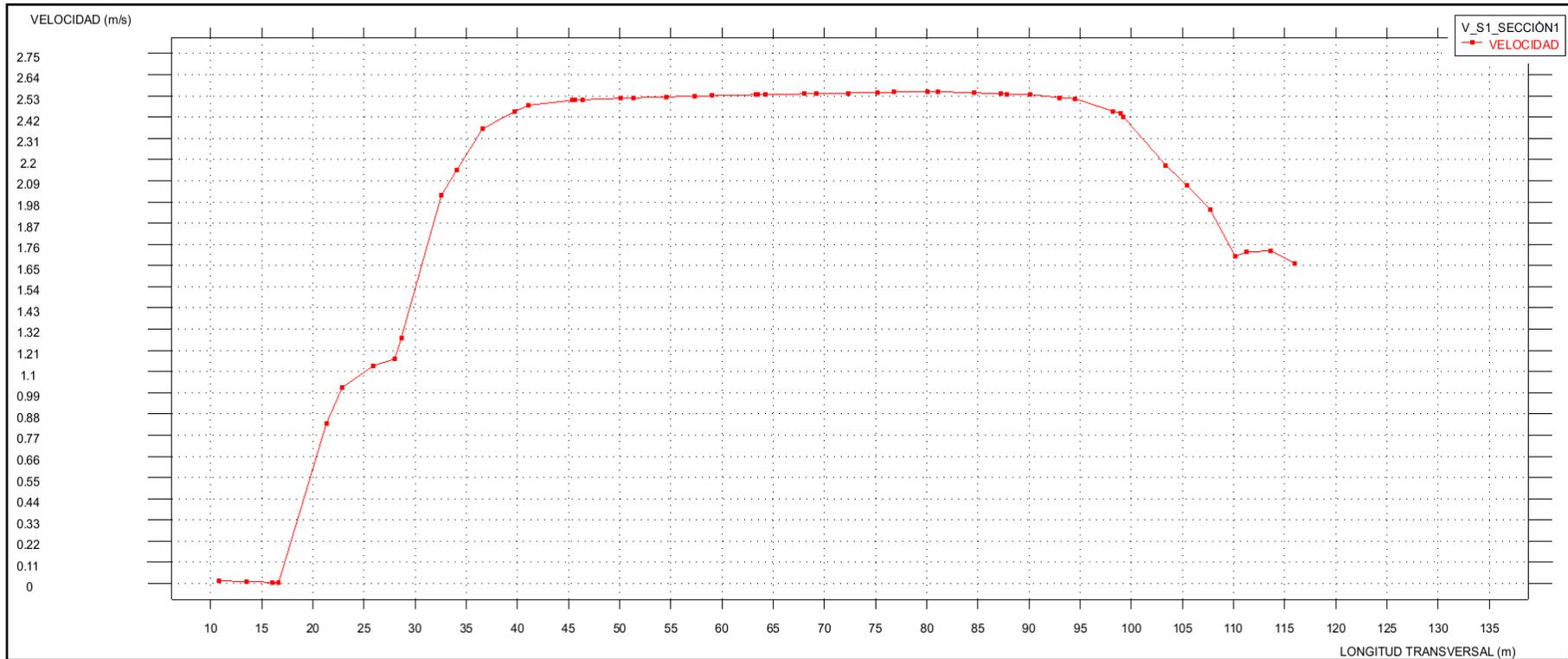
B. Velocidad

Figura N° 50: Secciones para la velocidad



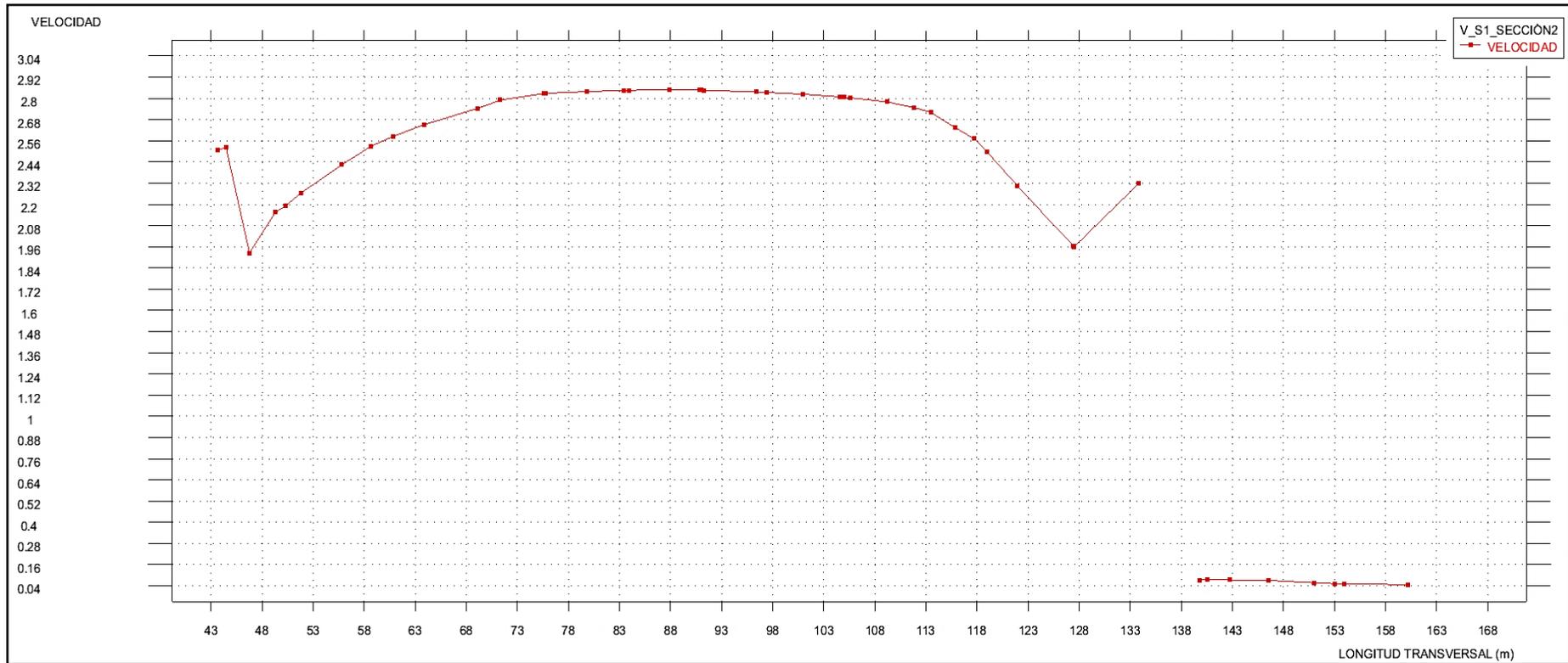
Fuente : Elaboración Propia

Figura N° 51: Sección transversal Sector 1- Sección 1



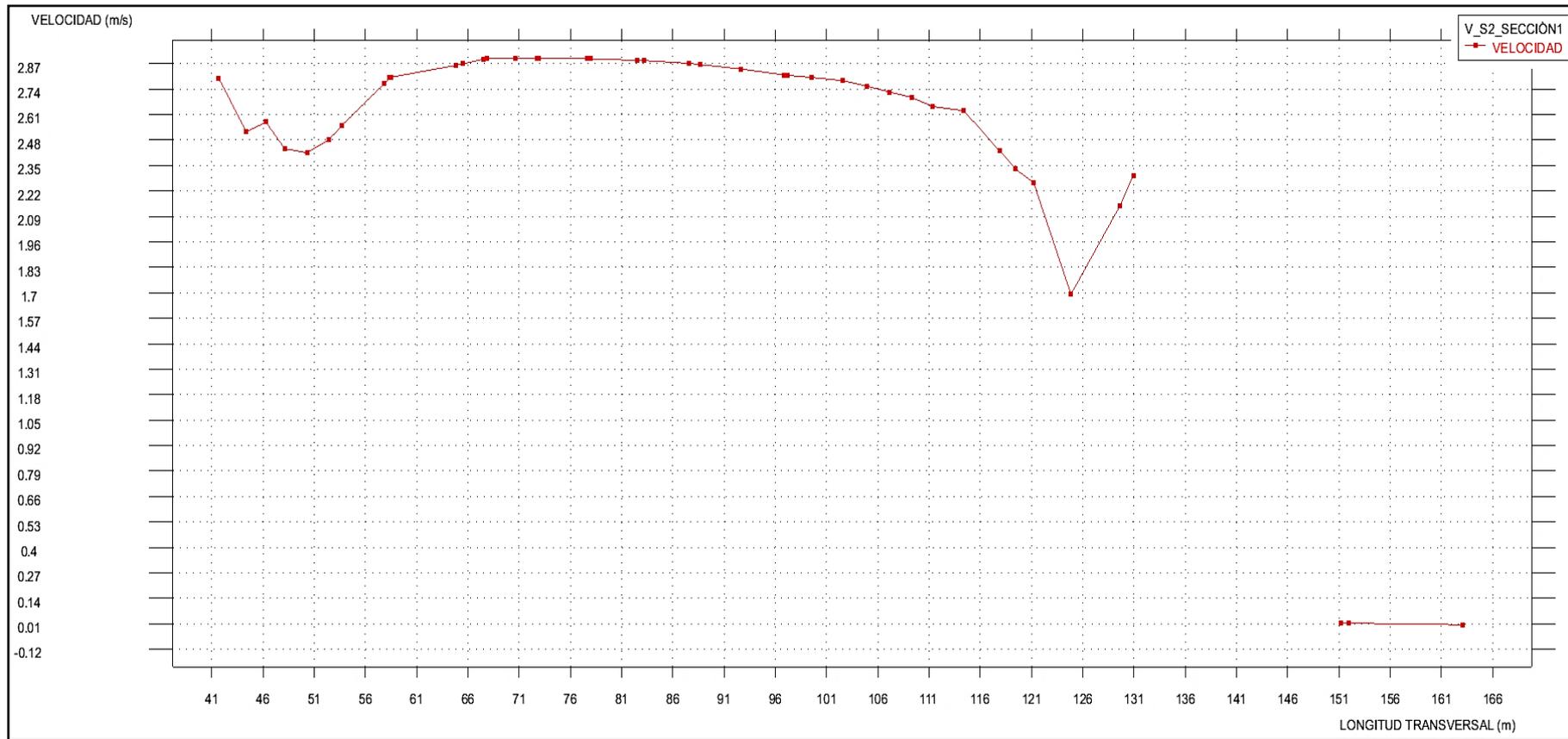
Fuente : Elaboración Propia

Figura N° 52: Sección transversal Sector 1- Sección 2



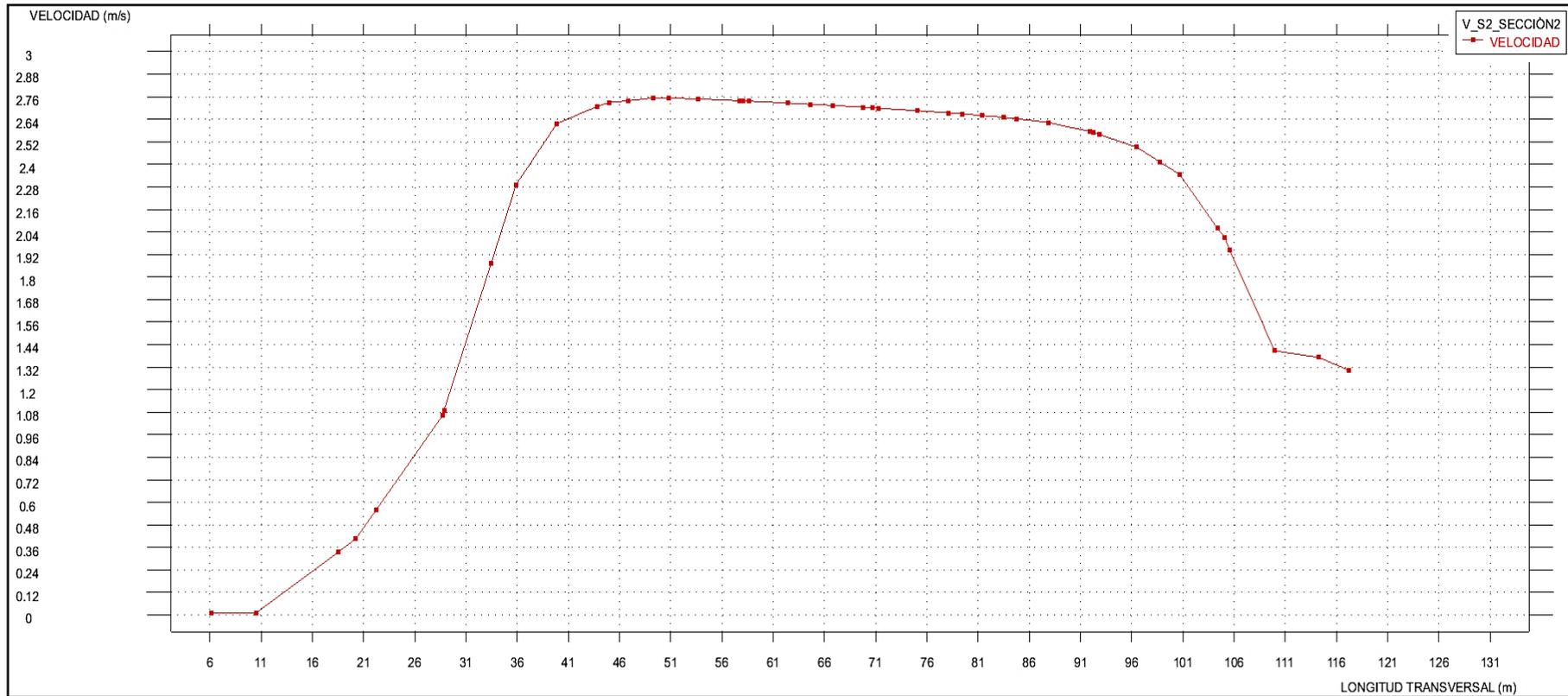
Fuente : Elaboración Propia

Figura N° 53: Sección transversal Sector 2- Sección 1



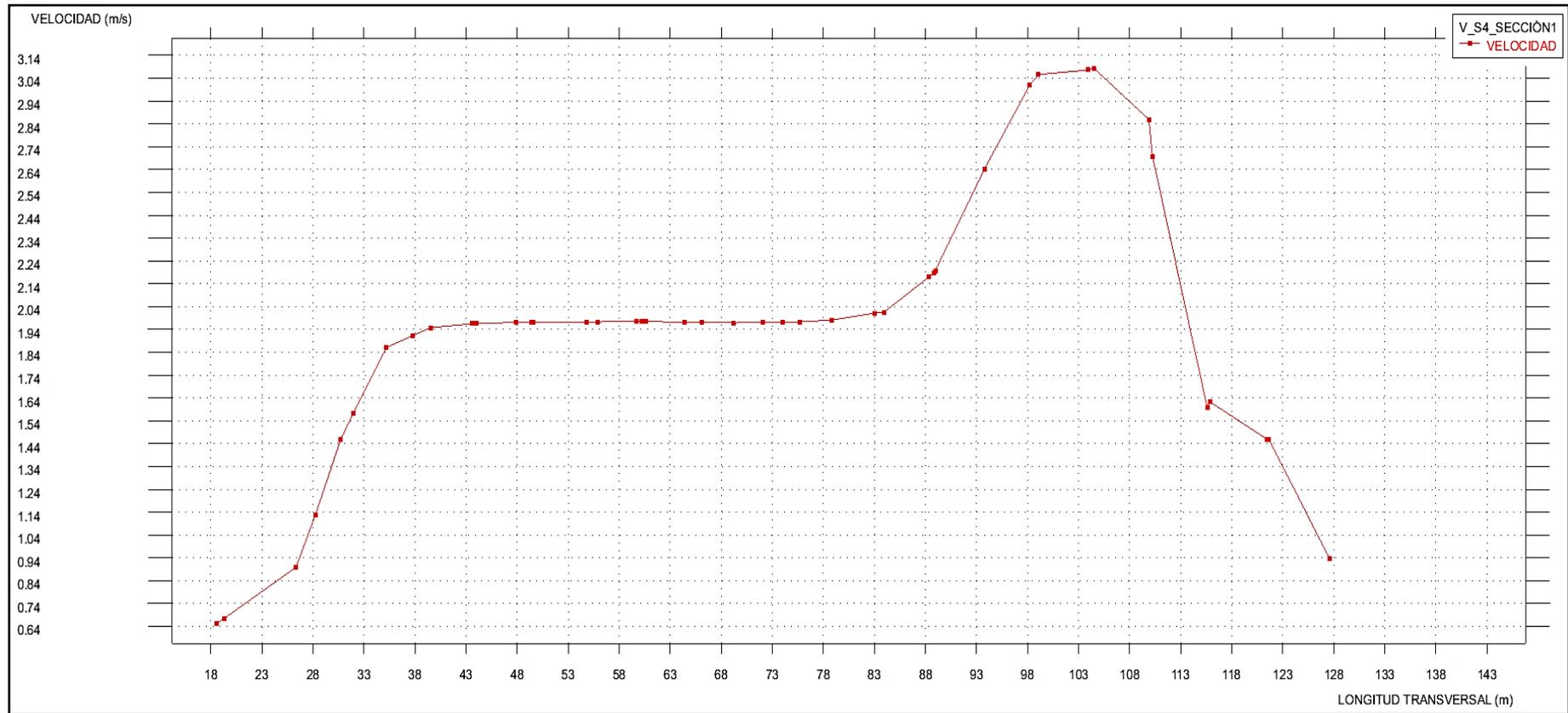
Fuente : Elaboración Propia

Figura N° 54: Sección transversal Sector 2- Sección 2



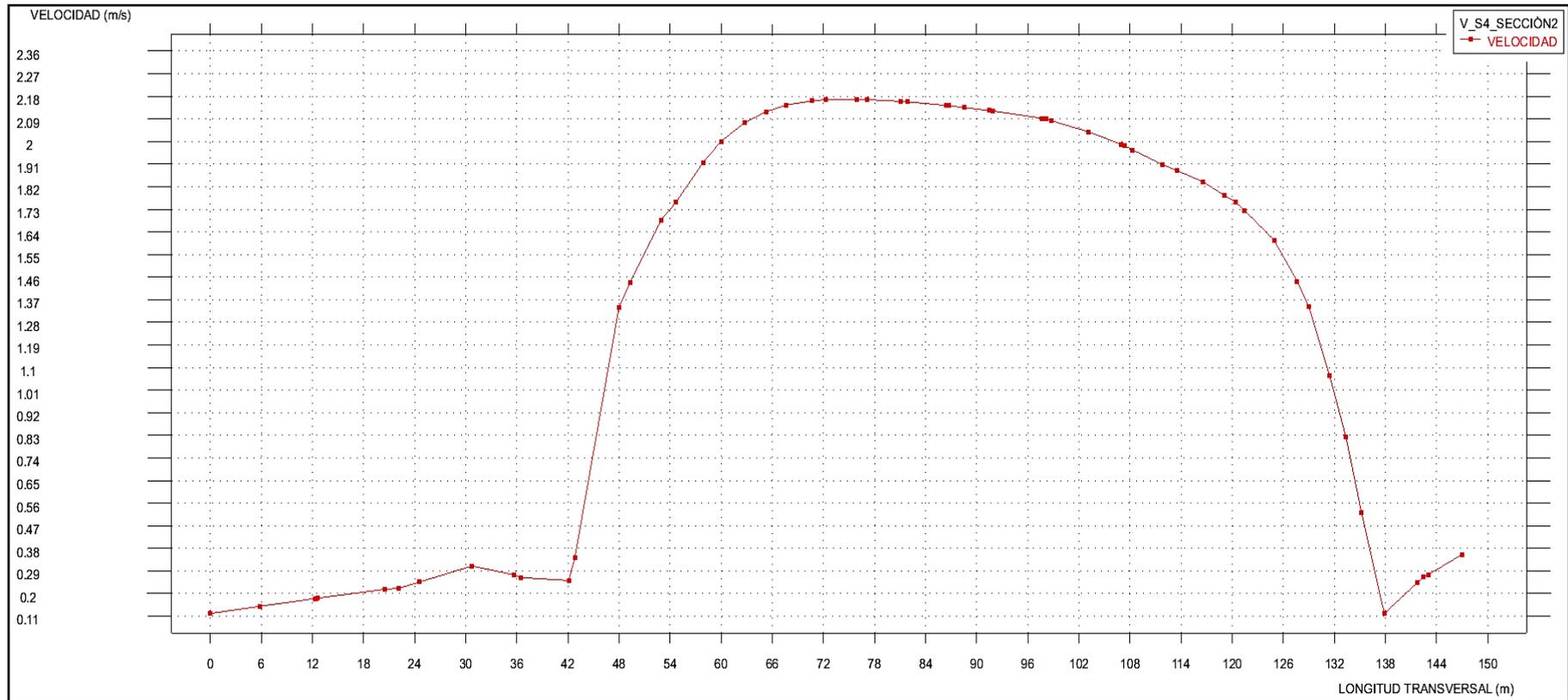
Fuente : Elaboración Propia

Figura N° 55: Sección transversal Sector 4- Sección 1



Fuente : Elaboración Propia

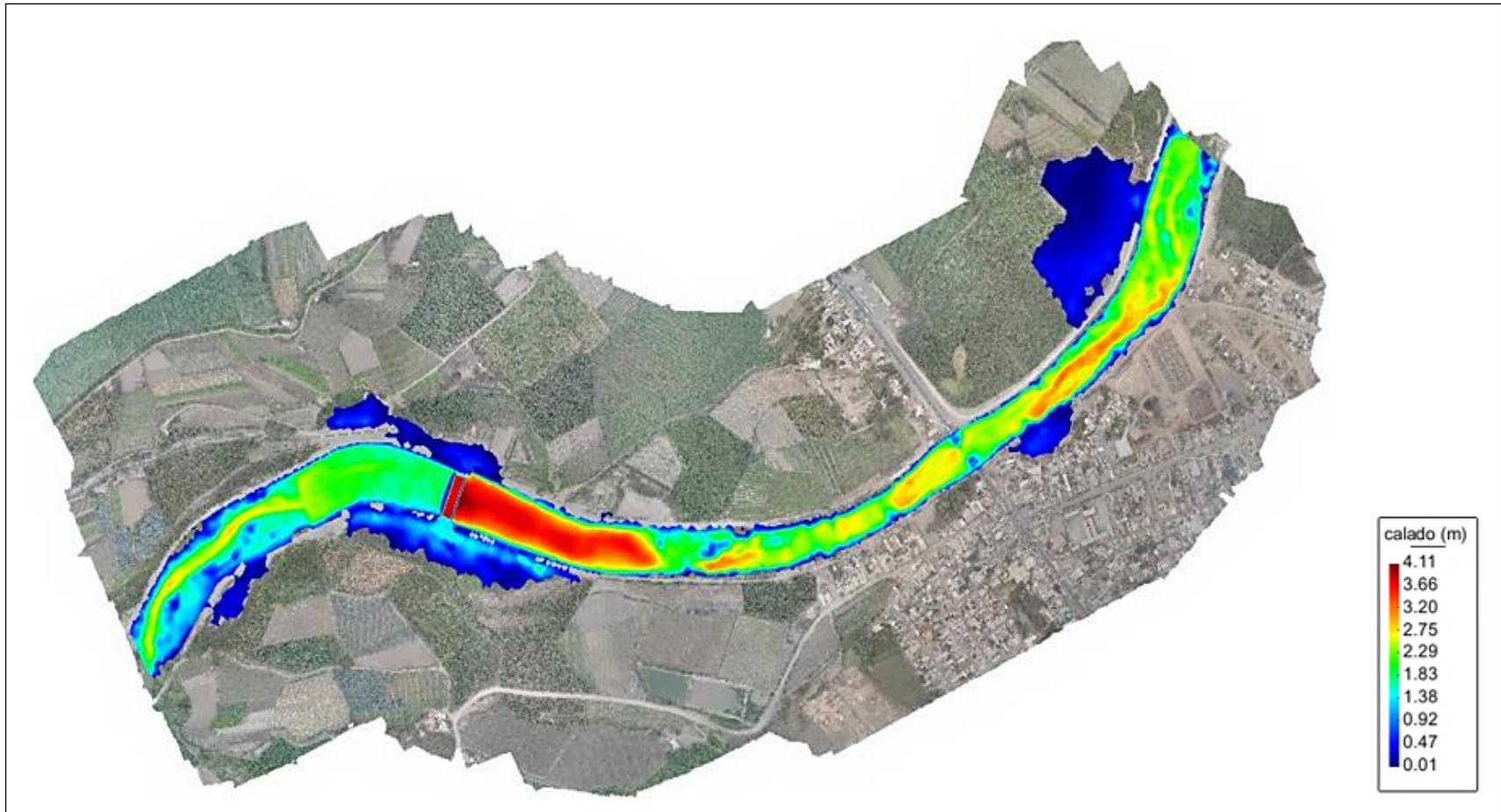
Figura N° 56: Sección transversal Sector 4- Sección 2



Fuente : Elaboración Propia

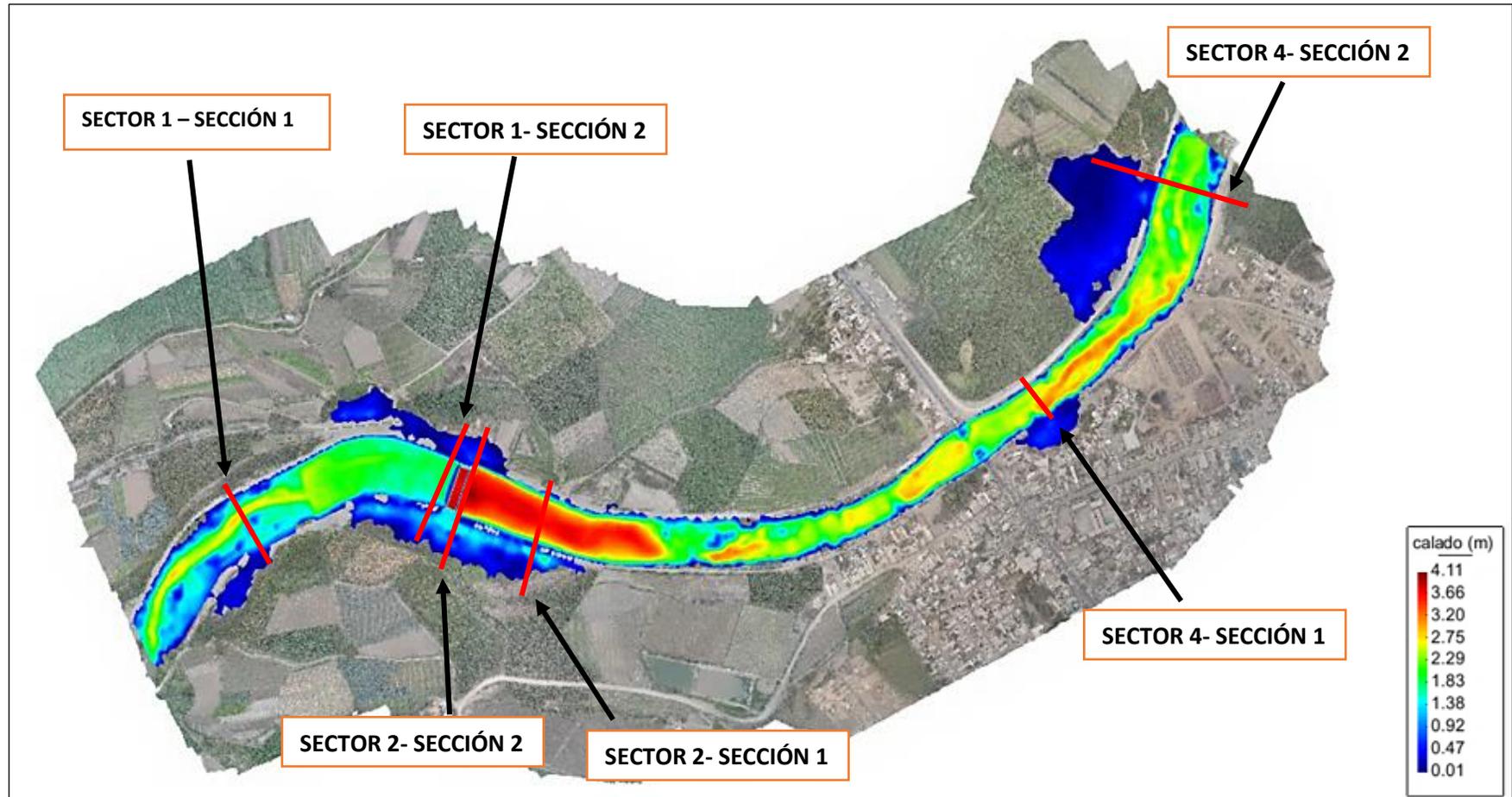
4.3.1.2. Con Bocatoma

Figura N° 57: Resultados del calado



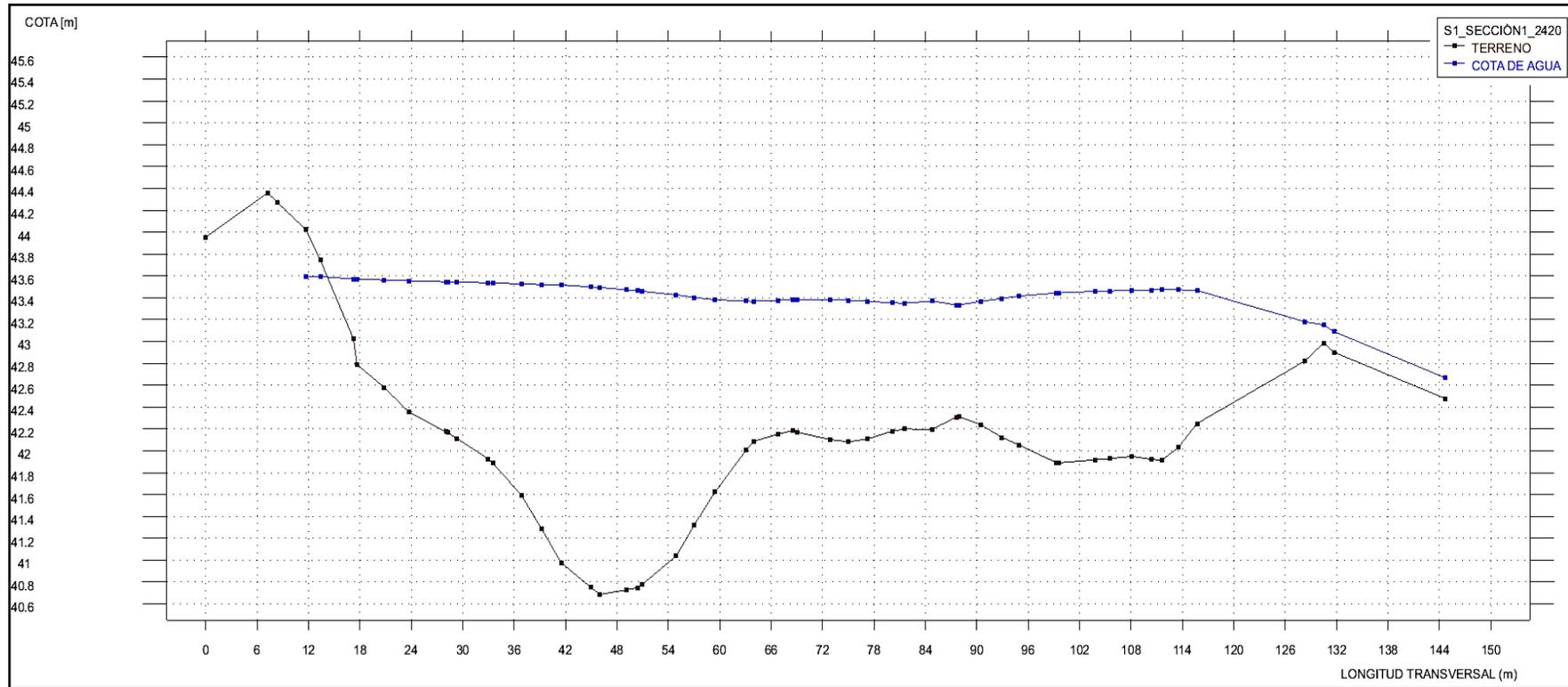
Fuente : Elaboración Propia

Figura N° 58: Secciones de Inundabilidad



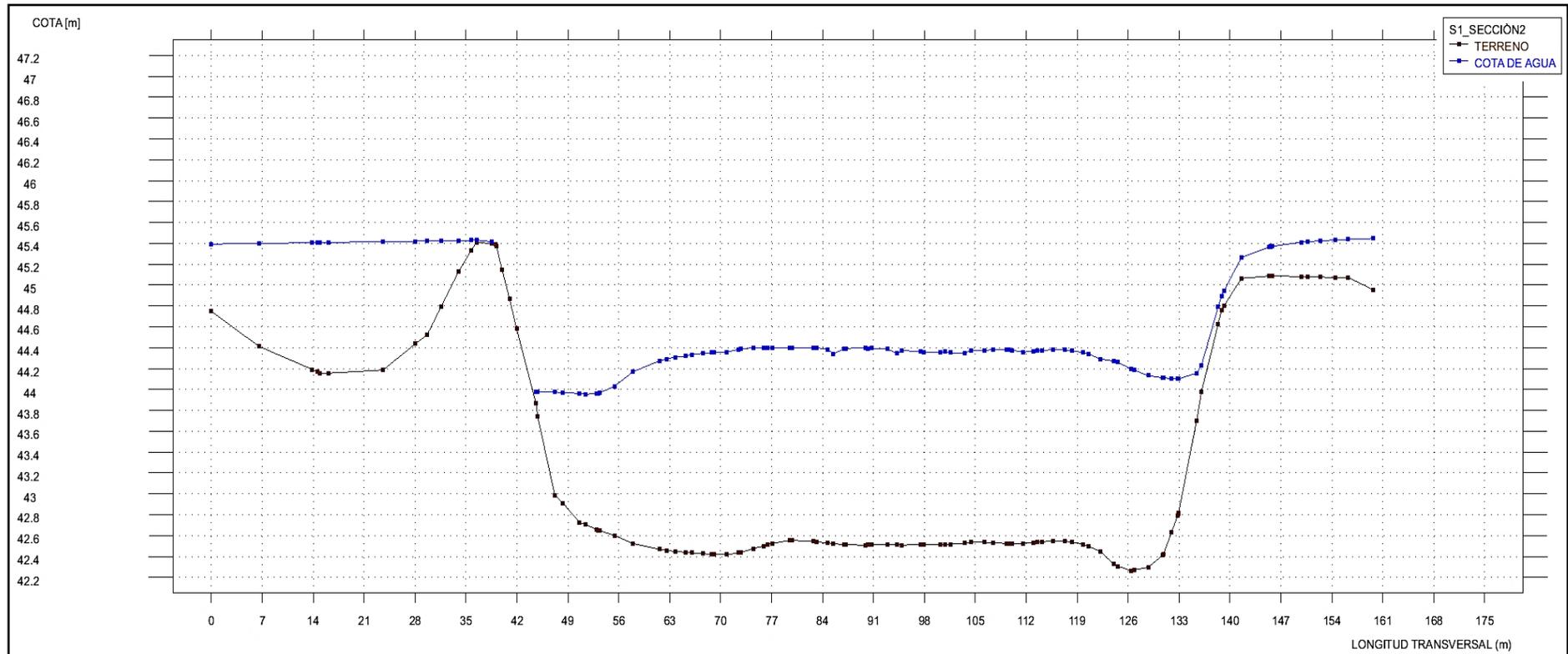
Fuente : Elaboración Propia

Figura N° 59: Sección transversal Sector 1- Sección 1



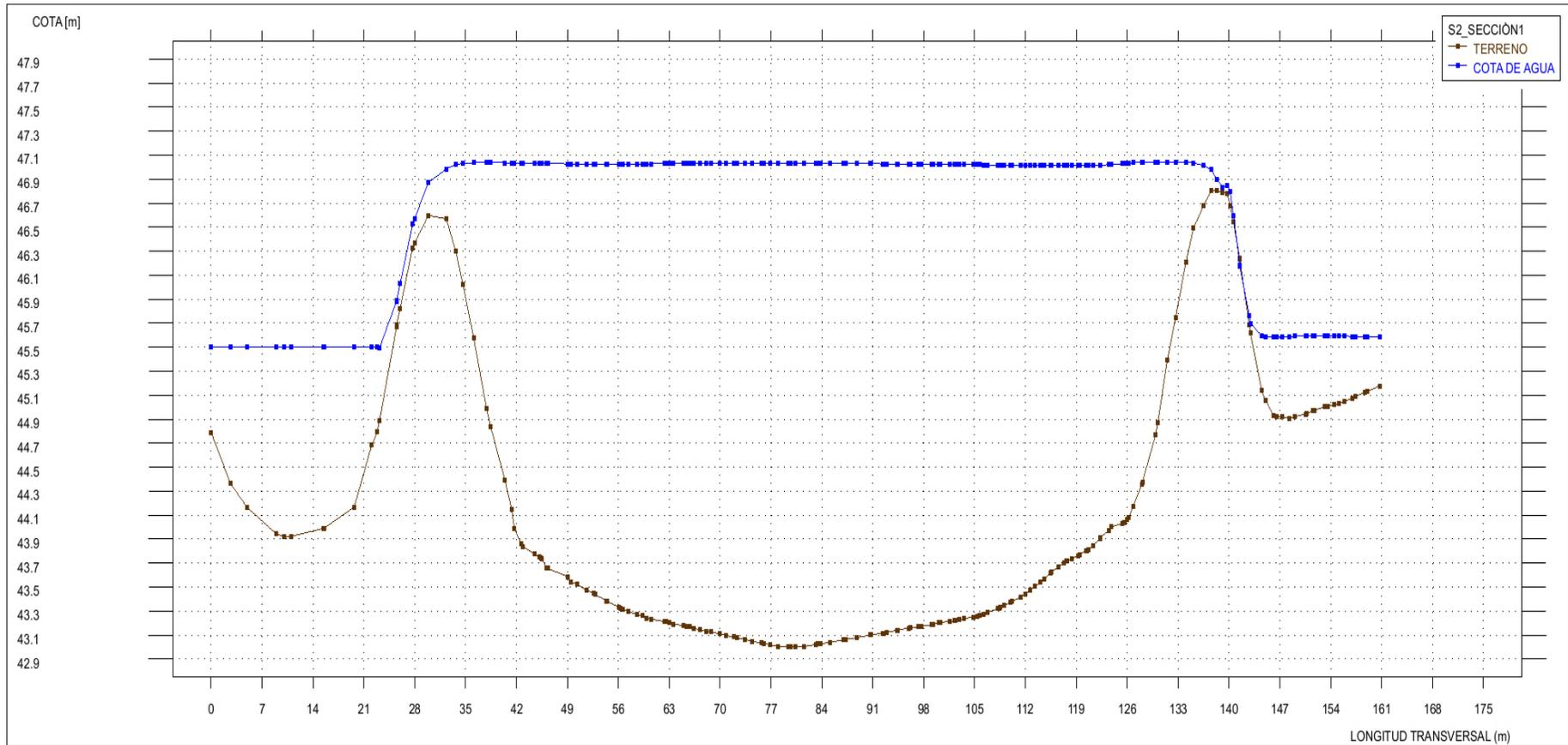
Fuente : Elaboración Propia

Figura N° 60: Sección transversal Sector 1- Sección 2



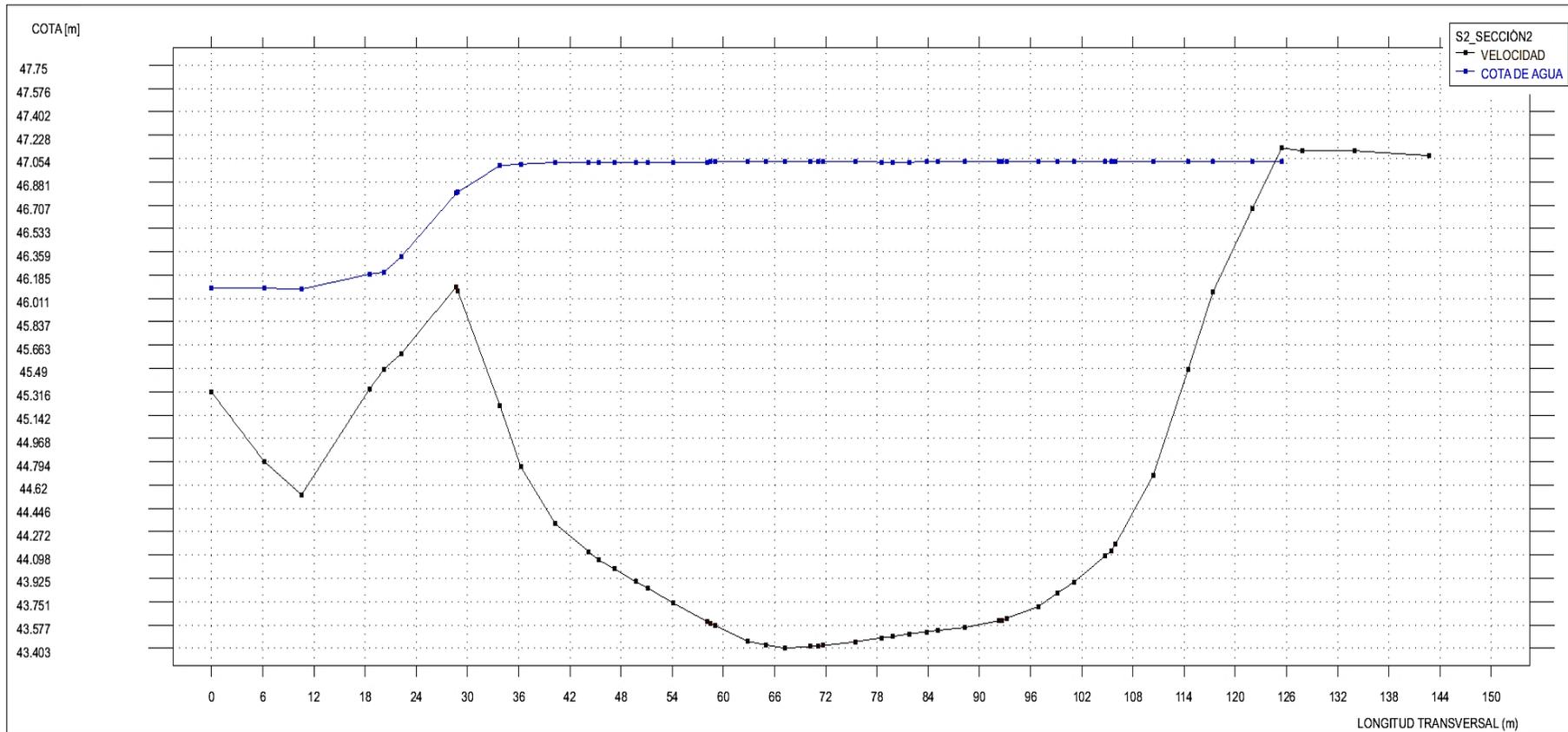
Fuente : Elaboración Propia

Figura N° 61: Sección transversal Sector 2- Sección 1



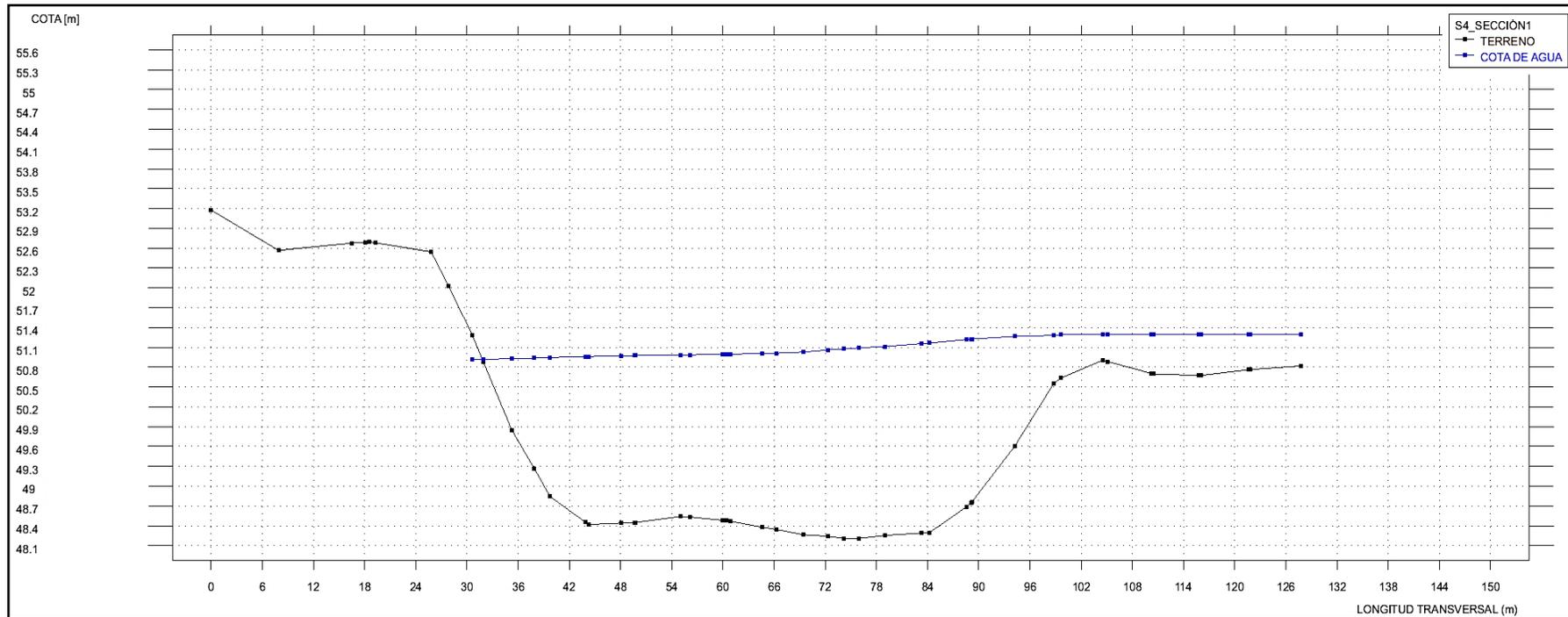
Fuente : Elaboración Propia

Figura N° 62: Sección transversal Sector 2- Sección 2



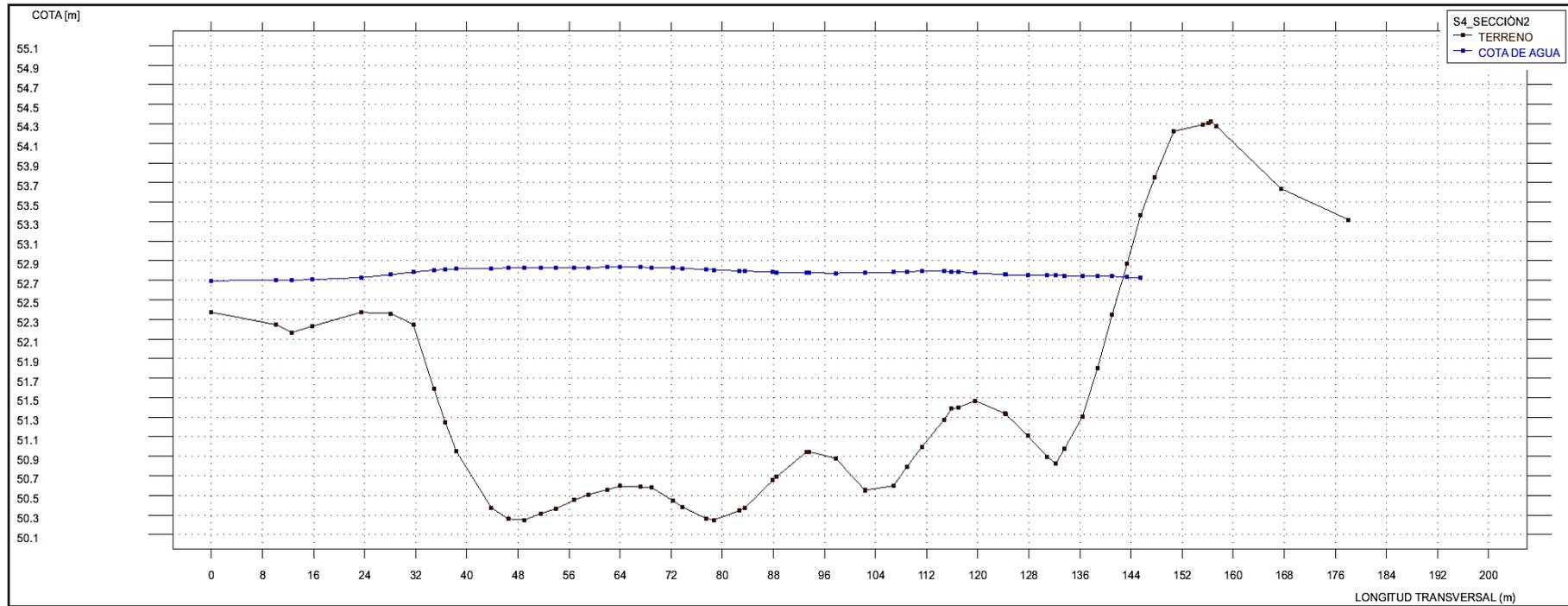
Fuente : Elaboración Propia

Figura N° 63: Sección transversal Sector 4- Sección 1



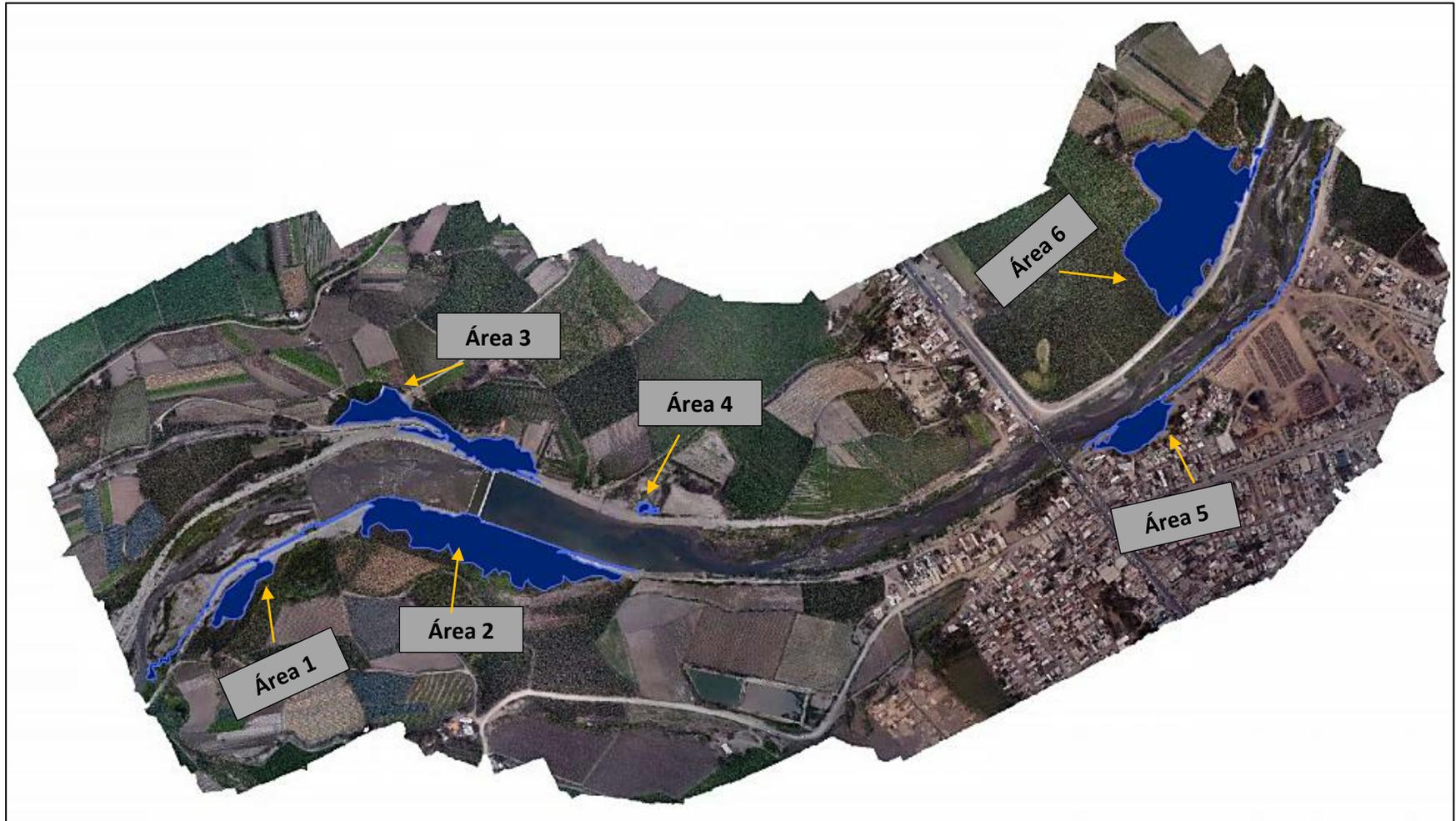
Fuente : Elaboración Propia

Figura N° 64: Sección transversal Sector 4- Sección 2



Fuente : Elaboración Propia

Figura N° 65: Áreas de Inundabilidad (Con Bocatoma)



Fuente : Elaboración Propia

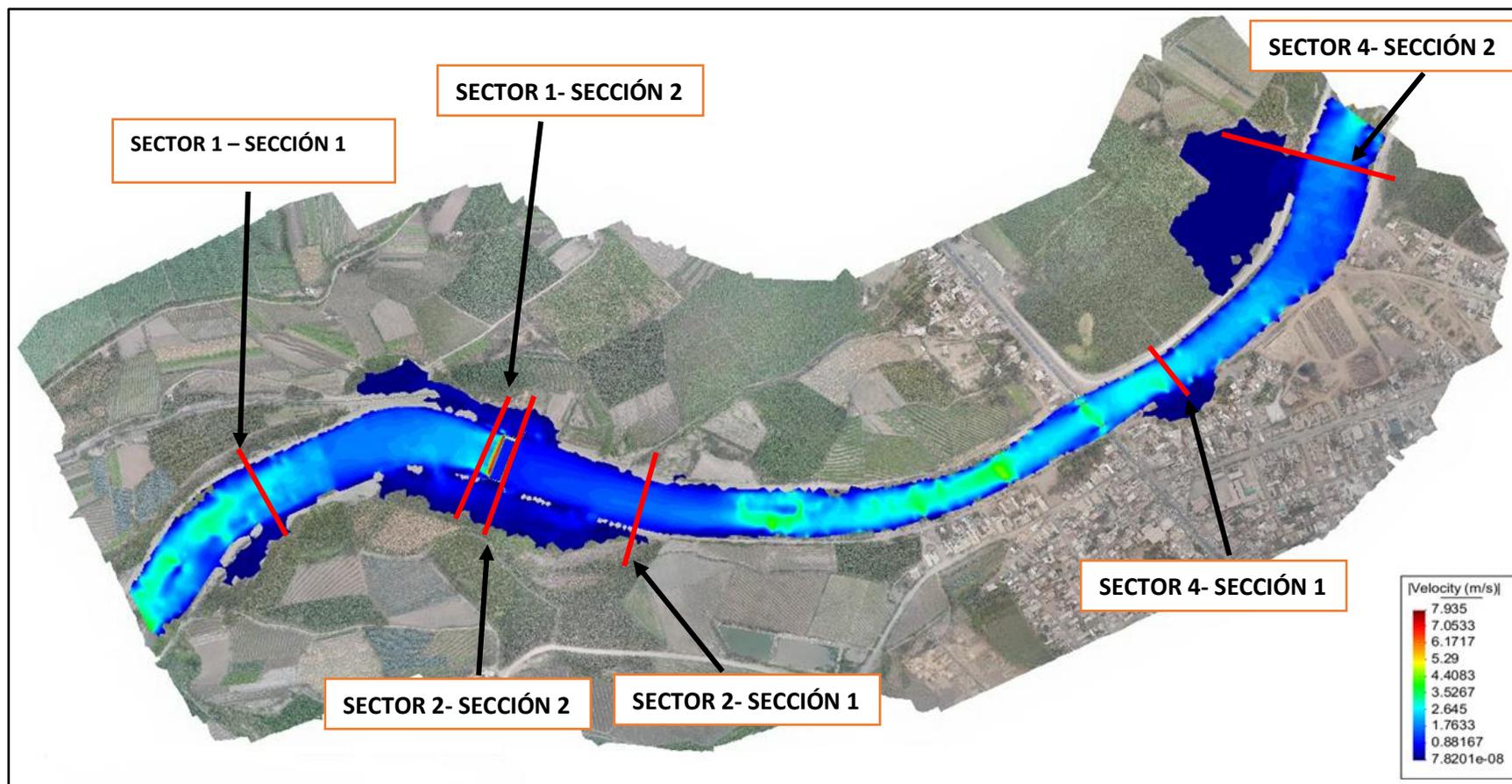
Tabla N° 58: Áreas de inundabilidad

Áreas de Inundabilidad	Km²	Ha
Área 1	12.04	1.20
Área 2	26.87	2.69
Área 3	5.78	0.58
Área 4	6.97	0.70
Área 5	40.11	4.01
Área 6	0.38	0.04
Total	92.14	9.21

Fuente : Elaboración Propia

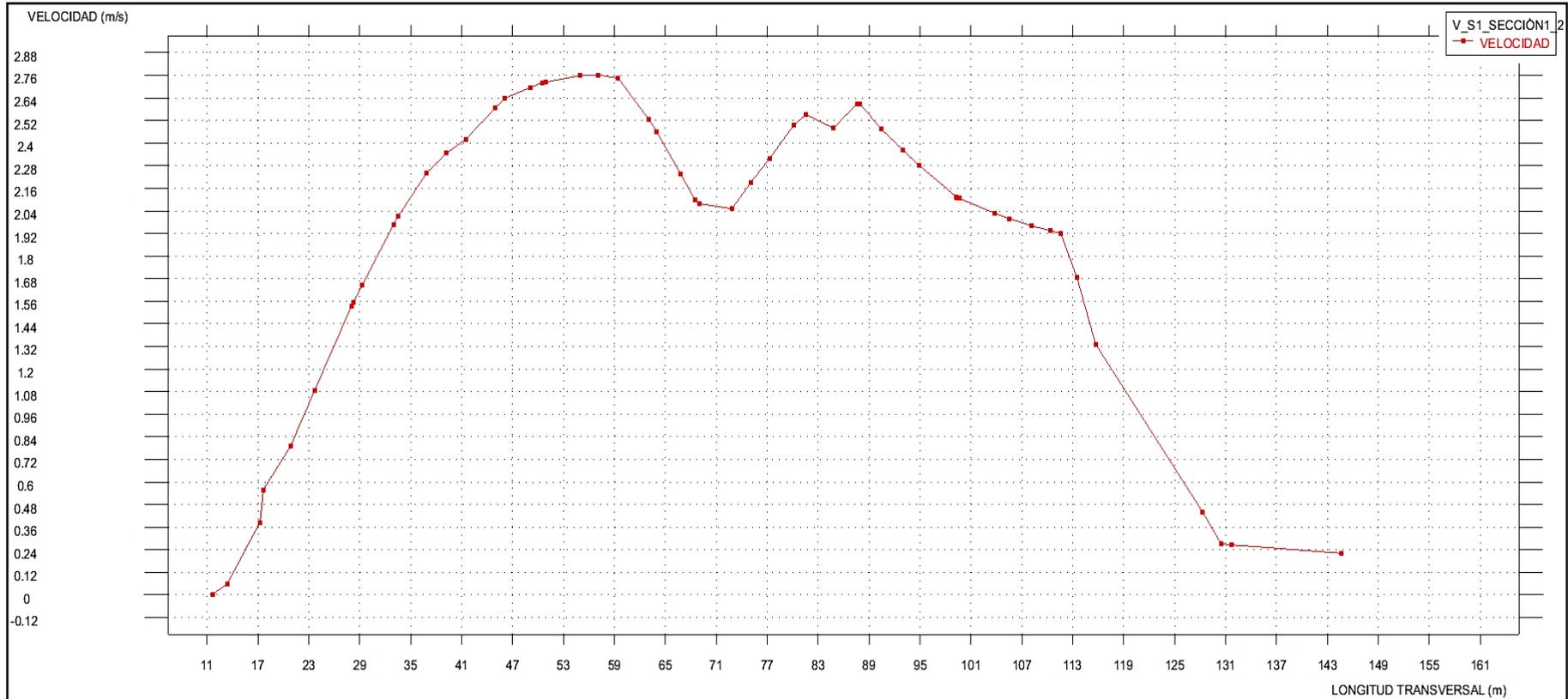
B. Velocidad

Figura N° 66: Secciones para la velocidad



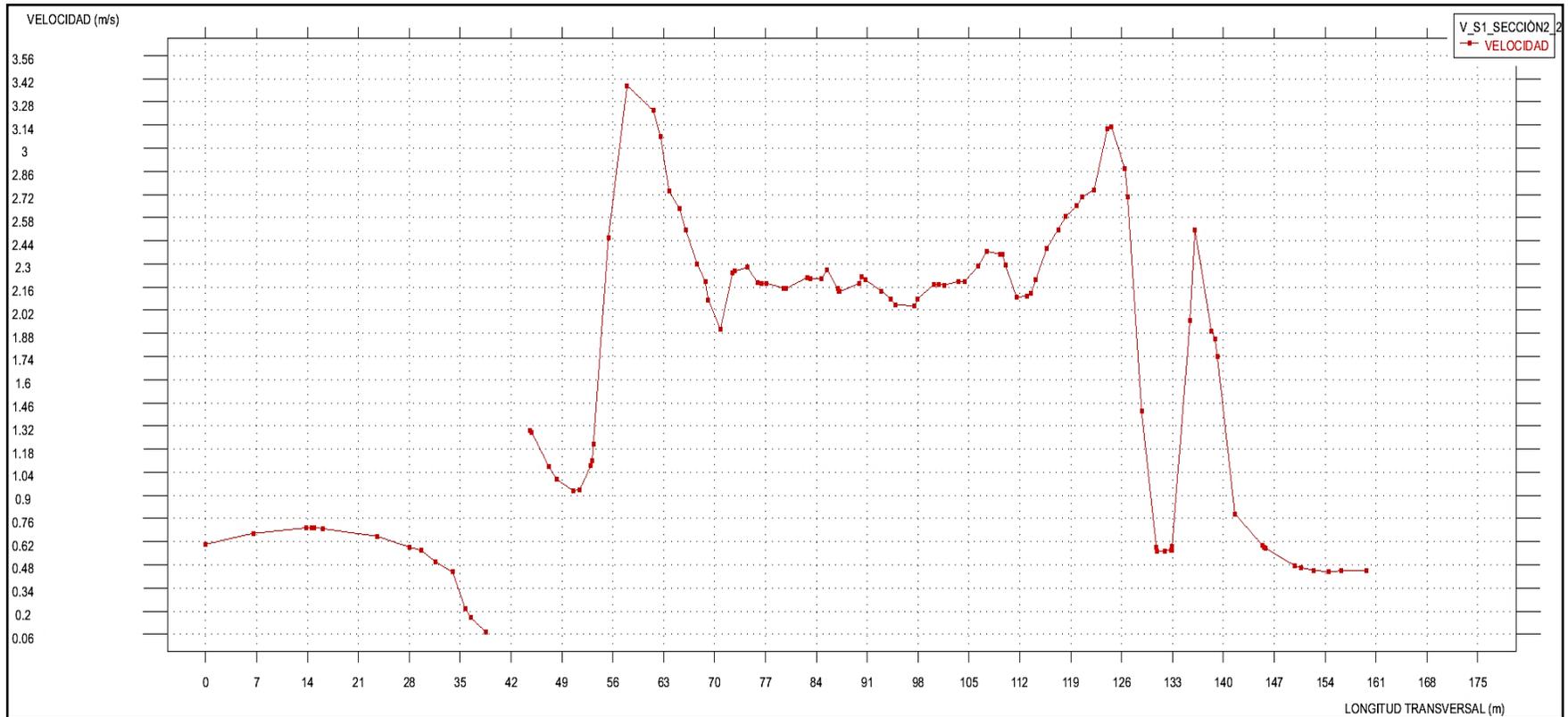
Fuente : Elaboración Propia

Figura N° 67: Sección transversal Sector 1- Sección 1



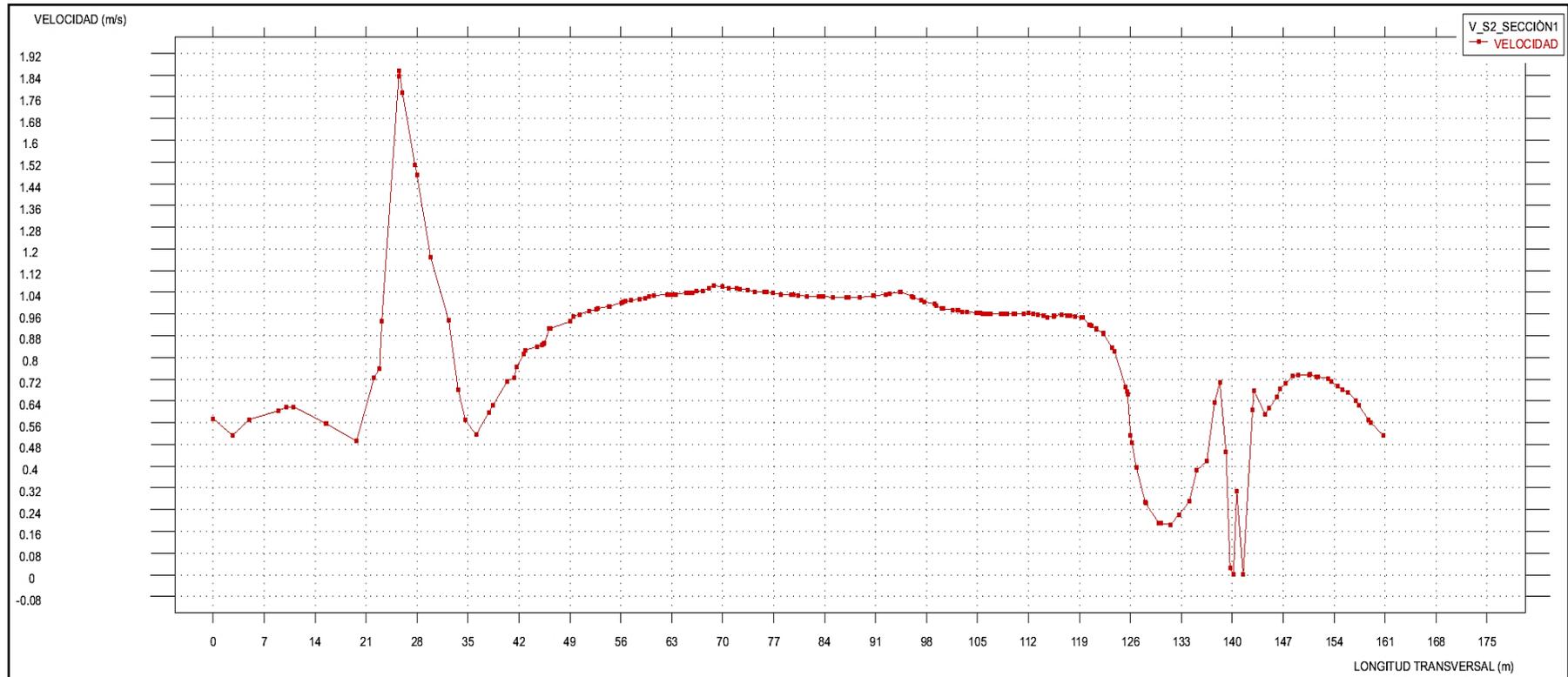
Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 68: Sección transversal Sector 1- Sección 2



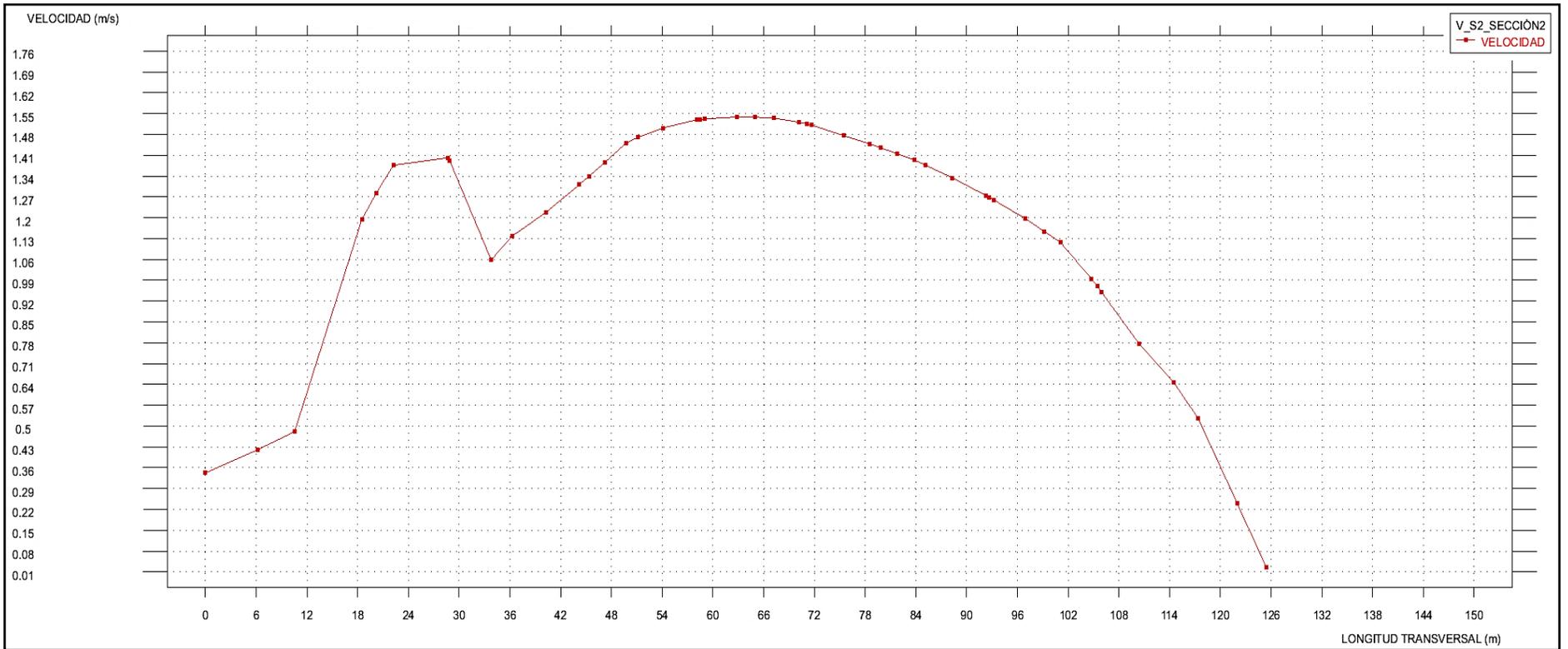
Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 69: Sección transversal Sector 2- Sección 1



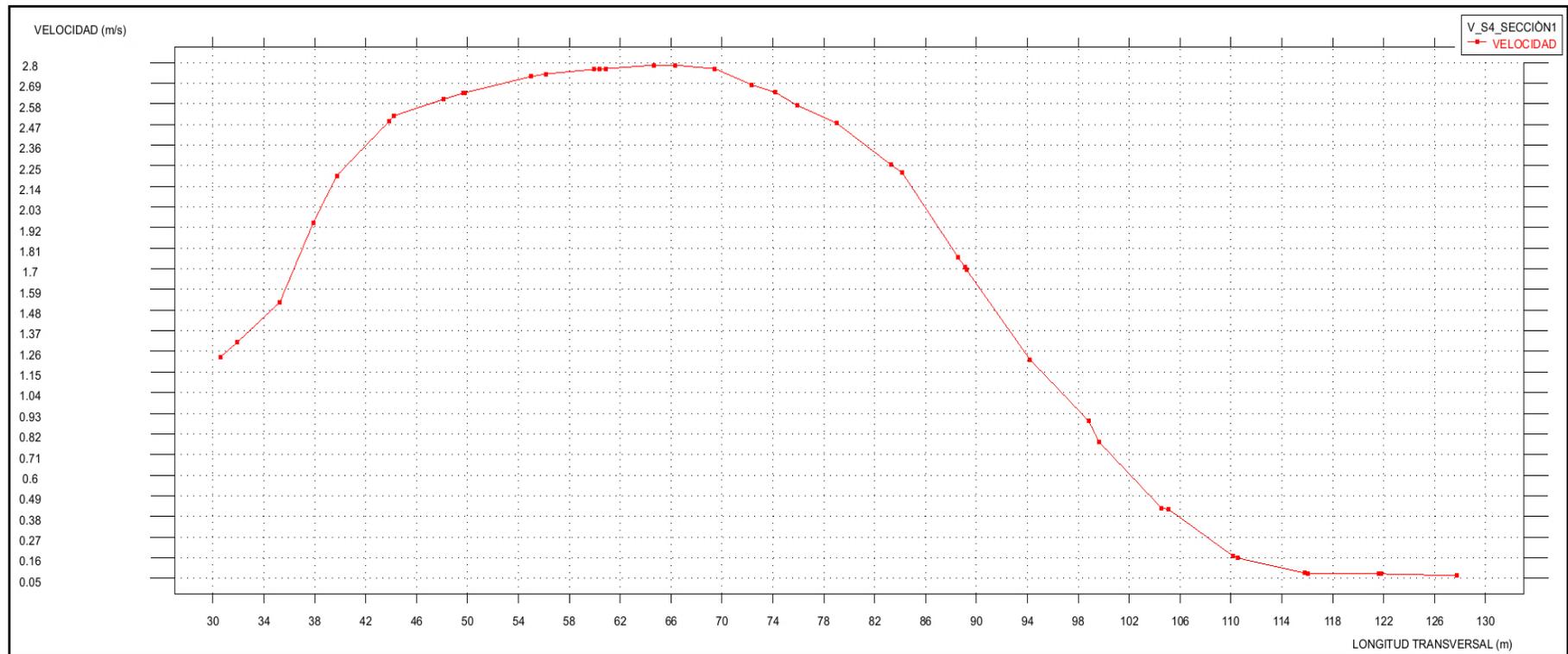
Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 70: Sección transversal Sector 2- Sección 2



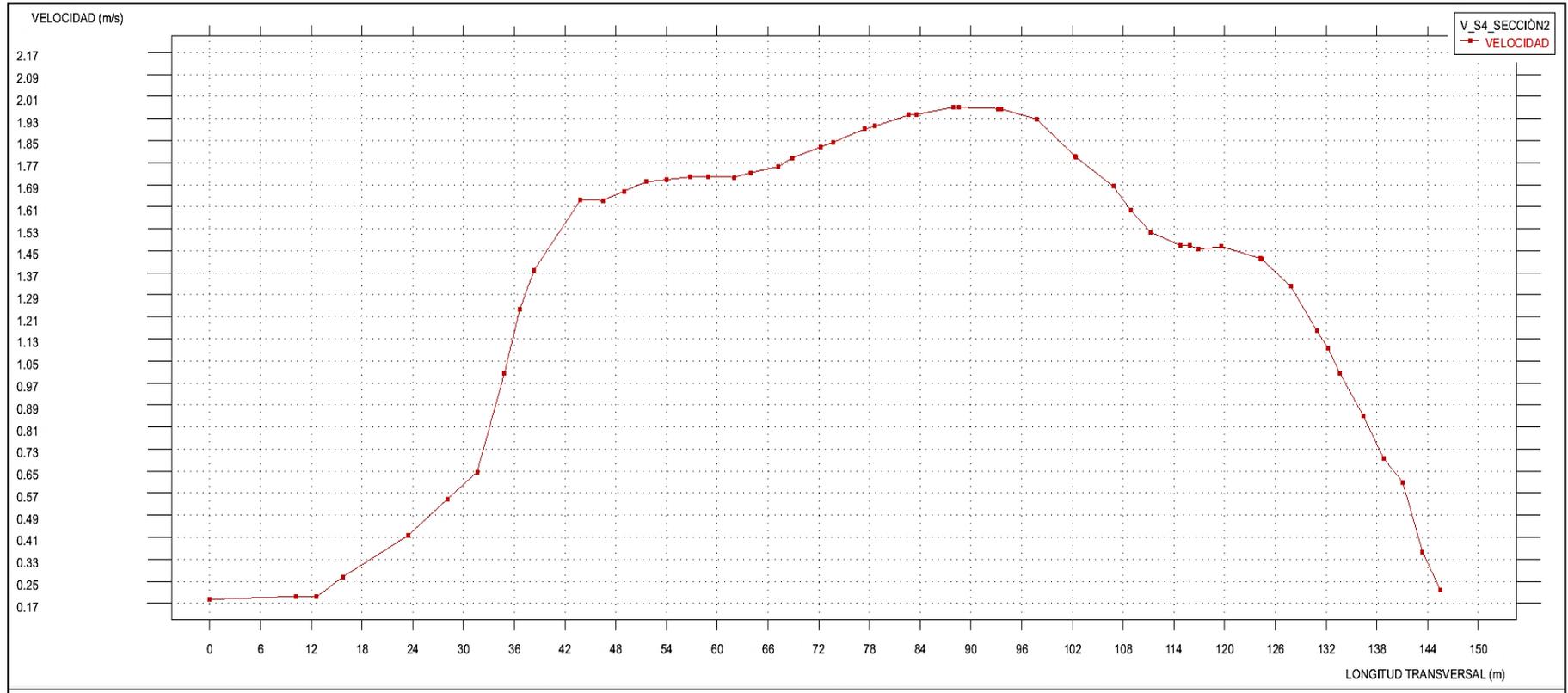
Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 71: Sección transversal Sector 4- Sección 1



Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 72: Sección transversal Sector 2- Sección 1 (Con Bocatoma)



Fuente: Elaboración Propia

4.4. Diseño de Diques de Enrocado

4.4.1. Cálculo del ancho estable

Tabla N° 59: Métodos para calcular el ancho estable

Q DISEÑO (m ³ /seg)	MÉTODO DE SIMONS Y HENDERSON			MÉTODO DE ALTUNIN - MANNING			MÉTODO DE BLENCH		
	B = K ₁ Q ^{1/2}			B = (Q ^{1/2} /S ^{1/5}) (n K ^{5/3}) ^{3/(3+5m)}			B = 1.81(Q F _b /F _s) ^{1/2}		
360.00	Condiciones de Fondo de río	K ₁	B (m)	Valores rugosidad de Manning (n)		B (m)	Factores		B (m)
	Fondo y orillas de grava	2.9	55.02	Descripción	n		Factor de Fondo	F _b	
Pendiente Zona del Proyecto (m/m)	Fondo y orillas de grava	2.9	55.02	Torrentes con piedras de tamaño de una cabeza = 0.040 - 0.036		92.38	Material Grueso	1.2	118.97
				Coeficiente Material del Cauce					
0.00460	MÉTODO DE PETTIT			Descripción	K	92.38	Factor de Orilla	F _s	118.97
	B = 4.44 Q ^{0.5}			Material fácilmente erosionable = 16 a 20	16				
	B (m)			Coeficiente de Tipo de Río			Materiales sueltos	0.1	
	84.24			Descripción	m				
			Para cauces aluviales						

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N° 60: Resultados del ancho estable

MÉTODO	B (m)
MÉTODO DE SIMONS Y HENDERSON	55.02
MÉTODO DE PETTIT	84.24
MÉTODO DE ALTUNIN - MANNING	92.38
MÉTODO DE BLENCH	118.97
RECOMENDACIÓN PRACTICA	70.00
=====> PROMEDIO B:	84.12
=====> SE ADOPTA B:	85.00

Fuente: Elaboración Propia.

4.4.2. Cálculo del tirante

Por resultados del programa el tirante es 3m.

4.4.3. Cálculo de la velocidad media

Tabla N° 61: Calculo de la velocidad media

Formula de Manning: Velocidad Media (m/s) $V = R^{2/3} * S^{1/2} / n$				
Vm= 3.70 m/s				
Radio Hidráulico: R = A / P		R(m):	Pendiente de Fondo (S)	
Tirante medio (y)	Talud de Borde (Z)		0.00430	
3.00	1.5	2.78	Coeficiente de Rugosidad de Manning	
Ancho Estable (m)			Descripción	n
85.00			Cauces de Río con fuerte transporte de acarreo = 0.035	0.035
Área (m2)	Perímetro (m)			
241.5	86.82			

Fuente: Elaboración Propia.

4.4.4. Número de Froude

Tabla N° 62: Cálculo del Numero de Froude

Velocidad media de la corriente (m/s)	Aceleración de la Gravedad	Profundidad Hidráulica Media = Área Mojada / Ancho Superficial:	Froude (F)
V = 3.83	g = 9.81	y = A / B y = 2.84	0.73

Fuente: Elaboración Propia.

4.4.5. Altura del Dique

Tabla N° 63: Cálculo de la altura del Dique

Borde Libre (BL) = ϕe					ALTURA DE MURO (H _D)
Caudal máximo m ³ /s	ϕ	ϕ	e = V ² /2g	BL	H _M = y + BL y : Tirante de diseño (m) y = 3m H _M = 3.82 m Por Procesos Constructivos
3000.00	4000.00	2	1.1	0.75	0.82
2000.00	3000.00	1.7			
1000.00	2000.00	1.4			
500.00	1000.00	1.2			
100.00	500.00	1.1			
					H_M 5.00

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N° 64: Cálculo de la altura del Dique

ALTURA PROMEDIO DE DIQUE (m)	5.00 m
ALTURA PROMEDIO DE ENROCADO (m)	5.00 m
ANCHO DE CORONA (m)	5.00 m

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N° 65: Talud

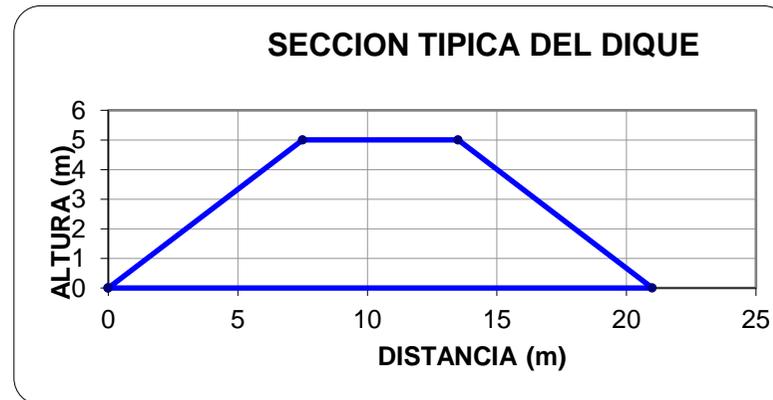
TALUD	H	V
Cara Húmeda	1.5	1
Cara seca	1.5	1

Fuente: Elaboración Propia.

4.4.6. Área del Dique

AREA (m ²)	50.00
------------------------	-------

Figura N°63: Sección Típica del dique



Fuente: Elaboración Propia.

4.4.7. Cálculo de la Socavación

- Para hallar el coeficiente de contracción se utilizó la tabla N° Anexo.

Tabla N° 66: Coeficiente de Contracción

V_m	3.83
B	85.00
μ	0.99

Fuente: Elaboración Propia.

- Para hallar el coeficiente β se obtuvo mediante la tabla N° Anexo.

Tabla N° 67: Coeficiente β

Periodo de retorno: 170 años	
β	1.00

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N° 68: Coeficiente de X

x	1/(X +1)
0.3902	0.72

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 69: Clasificación según el tamaño de las partículas

CLASIFICACION SEGÚN EL TAMAÑO DE PARTICULAS		
Tamaño (mm)		Tipo de material
4000	- 2000	Canto rodado muy grande
2000	- 1000	Canto rodado grande
1000	- 500	Canto rodado medio
500	- 250	Canto rodado pequeño
250	- 130	Cascajo grande
130	- 64	Cascajo pequeño
64	- 32	Grava muy gruesa
32	- 16	Grava gruesa
16	- 8	Grava media
8	- 4	Grava fina
4	- 2	Grava muy fina
2	- 1	Arena muy gruesa
1	- 0.500	Arena gruesa
0.500	- 0.250	Arena media
0.250	- 0.125	Arena fina
0.125	- 0.062	Arena muy fina
0.062	- 0.031	Limo grueso
0.031	- 0.016	Limo medio
0.016	- 0.008	Limo fino

0.008	-	0.004	Limo muy fino
0.004	-	0.002	Arcilla gruesa
0.002	-	0.001	Arcilla media
0.001	-	0.0005	Arcilla fina
0.0005	-	0.00024	Arcilla muy fina
Diámetro medio (D₅₀) =		1.48000	=====> Arena muy gruesa
Material :		=====>	NO COHESIVO

Tabla N° 70: Método de Lischtvan Levediev

METODO DE LISCHTVAN LEVEDIEV	
Suelos Granulares - No Cohesivos	
$t_s = ((\alpha t^{5/3}) / (0.68 D_m^{0.28} \beta))^{1/(x+1)}$ (1)
Suelos Cohesivos	
$t_s = ((\alpha t^{5/3}) / (0.60 \rho_s^{1.18} \beta))^{1/(x+1)}$ (2)
$t_s =$	Tirante después de producirse la socavación (m)
$t =$	Tirante sin socavacion (m)
$t =$	3.00 m
$D_{50} =$	Diámetro 50 de las partículas (mm)
$D_{50} =$	1.48 mm
$\rho_s =$	Densidad de las partículas (kg/m ³)
$\mu =$	Coefficiente de Contraccion
$\alpha =$	Coefficiente
$\alpha =$	$Q / (t_m^{5/3} B \mu)$

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 71: Cálculo del coeficiente "a"

Tirante medio (t _m)= A/B	Q (Caudal de Diseño)	Coefficiente de Contraccion (μ) Tabla N°	Ancho Estable	α
t _m = 2.84	360.00	μ= 0.99	85.00m	0.75

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 72: Tirante de socavación

X : Exponente que depende de : D_m para suelos Cohesivos y γ_s para suelos cohesivos. >>>>> TABLA N° 03		Coeficiente por Tiempo de Retorno : β (Tabla N°04)	TIRANTE DE SOCAVACION SUELOS COHESIVOS
X	$1/x+1$		$t_s = ((a t^{5/3}) / (0.68 D_m^{0.28} \beta))^{1/(x+1)}$
0.39	0.72	1.00	3.87

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 73: Profundidad de Socavación

PROFUNDIDAD DE SOCAVACION (H_s)
$H_s = t_s - t$
$H_s = 0.87 \text{ m}$

Fuente: Elaboración Propia

4.4.8. Cálculo de la Profundidad de Uña

Tabla N° 74: Profundidad de Uña

Profundidad de Uña ($P_{UÑA}$)	FS * H_s
FS	1.5
$P_{UÑA}$	1.30

Fuente: Elaboración Propia

- Por lo tanto seleccionamos:

Puña: 2.00m

4.4.9. Diseño del Revestimiento de Enrocado

4.4.9.1. Para el fondo

Tabla N° 75: Cálculo del Diámetro de la roca

MAZA Y GARCÍA							$\frac{H}{D} = \left[\frac{1.93}{Fr} \right]^{2.36}$
Q (m^3/s)	H (m)	s	B (m)	V(m/s)	g (m/s^2)	Fr	D (m)
360	3	0.0046	85	3.83	9.81	0.71	0.68

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 76: Cálculo del Diámetro de la roca

NEIL							$\frac{H}{D} = \frac{5.99}{Fr^3}$	
Q (m ³ /s)	t (m)	s	B (m)	V(m/s)	g (m/s ²)	Fr	D (m)	
360	3	0.0046	85	3.83	9.81	0.68	0.18	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 77: Cálculo del Diámetro de la roca

MAYNORD						$d_{50} = C_1(yF^3)$			
Q (m ³ /s)	t (m)	s	B (m)	V(m/s)	g (m/s ²)	C1	C2	F	D
360	3	0.0046	85	3.83	9.81	0.28	1.5	0.20	0.006

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 78: Resumen de los resultados

Método	Diámetro (m)
Maza y García	0.68
Neil	0.18
Maynord	0.006

Fuente: Elaboración Propia

- Por criterios constructivos observados el diámetro que se escogerá será de 1.20 m.

A. Estabilidad del Revestimiento del Enrocado de fondo

Tabla N° 79: Cálculo del esfuerzo cortante en el fondo

ESFUERZO CORTANTE EN EL FONDO τ (N/m ²)								
Q (m ³ /s)	H (m)	s	B (m)	ρ	g (m/s ²)	$\tau = \gamma^* h^* S$	Fs	τFs
360	3	0.0046	85	1000	9.81	135.38	1.5	203.07

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 80: Cálculo del esfuerzo cortante crítico de la roca

ESFUERZO CORTANTE CRÍTICO DE LA ROCA $\tau_c = \rho V_*^2$									
ρ	ρs	g (m/s ²)	v	D	Re*	τ^*	V* asumido	V*	τ_c
1000	2650	9.81	10 ⁻⁶	1.00	260000.00	0.06	0.26	0.99	971.19

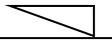
Fuente: Elaboración Propia

Se cumple que :

$$\tau_c > \tau$$

4.4.9.2. Para el talud

Tabla N° 81: Cálculo del Diámetro de la roca

LOPOARDO - ESTELLÉ										
$\frac{u}{\sqrt{g * \Delta * D}} = 1.3 * \left(\frac{H}{D}\right)^{\frac{1}{6}} * \left(1 - \left(\frac{\sin \theta}{\sin \phi}\right)^2\right)^{\frac{1}{4}}$										
Q (m³/s)	H (m)	s	B (m)	V(m/s)	g (m/s²)	Fr	φ	TALUD 	θ	D (m)
360	3	0.0046	85	3.83	9.81	0.71	45.00 °	Z 1.50	3 3.69 °	0.46

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 82: Cálculo del Diámetro de la roca

CALIFORNIA DIVISION OF HIGHWAYS										
$\frac{u}{\sqrt{g * \Delta * D}} = 1.92 * [\sin(\phi - \theta)]^{\frac{1}{2}}$										
Q (m³/s)	H (m)	s	B (m)	V(m/s)	g (m/s²)	Fr	φ	TALUD 	θ	D (m)
360	3	0.0046	85	3.83	9.81	0.68	45.00 °	Z 1.50	3 3.69 °	1.73

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 83: Cálculo del Diámetro de la roca

US. DEPARTMENT OF TRANSPORTATION														$d_{50} = Cd_{50}^I$	
Q (m ³ /s)	H (m)	s	V(ft/s)	g (m/s ²)	ϕ	TALUD 	θ	K1	Fs	Csg	Csf	C	d_{50}^I	d50	
360	3	0.0046	12.60	9.81	45.00 °	1.50	3 3.69 °	0.62	1.1	1.00	0.88	0.88	2.36	0.63	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 84: Resumen de los resultados

Método	Diámetro (m)
Lopardo- Estellé	0.46
California Division of Highways	1.73
Us. Department of Transportation	0.63

Fuente: Elaboración Propia

- Por criterios constructivos observados el diámetro que se escogerá será de 1.00 m.

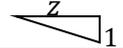
A. Estabilidad del Revestimiento del Enrocado del talud

Tabla N° 85: Cálculo del esfuerzo cortante en el talud

ESFUERZO CORTANTE EN EL TALUD							$\tau_{\text{talud}} = 0.78 * \gamma * h * S$	
Q (m³/s)	t (m)	s	B (m)	ρ	g (m/s²)	τ (N/m²)	Fs	τFs
360	3	0.0046	85	1000	9.81	105.59	1.5	158.39

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 86: Cálculo del esfuerzo cortante crítico de la roca

ESFUERZO CORTANTE CRÍTICO DE LA ROCA											$\tau_c = \rho V_*^2$			
ρ	ρ_s	g (m/s²)	v	D	Re*	τ^*	V* asumido	V*	τ_c	ϕ	TALUD 	θ	K	τ_{ct}
1000	2650	9.81	10 ⁻⁶	0.90	234000.00	0.06	0.26	0.93	874.07	45.00 °	1.50	3 3.69 °	0.36	314.67

Fuente: Elaboración Propia

4.4.10. Filtros

4.4.10.1. Filtro del material granular

- El filtro a usarse será constituido por gravilla, teniendo el siguiente criterio:

$$e=(20a25)*D50 \text{ Filtro}$$

- El D50 de la gravilla obtenida en el laboratorio generalmente se encuentra entre 1 cm a 1.5cm por lo cual asumimos.

$$D50\text{Filtro} = 1.5\text{cm}$$

Luego se obtiene:

$$e=20*1.5=20\text{cm}$$

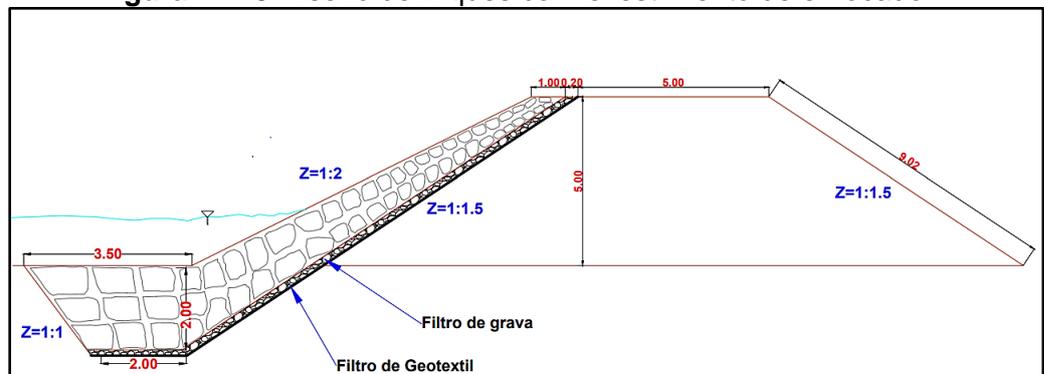
- En la selección del espesor del filtro se debe tener en cuenta, lo siguiente:

- Si $e_{\text{filtro}} > 30\text{cm}$, (El filtro usado se desliza o chorrea).
- Si $e_{\text{filtro}} < 30\text{cm}$, (El filtro usado es Estable).

4.4.10.2. Filtros de Geotextil

Geotextil no tejido, de fibras continuas termoligado, de polipropileno estabilizado (para garantizar su resistencia al reventamiento durante el colocado de las piedras), del tipo Typar o similar, imputrescible.

Figura N° 73:Diseño de Diques con revestimiento de enrocado



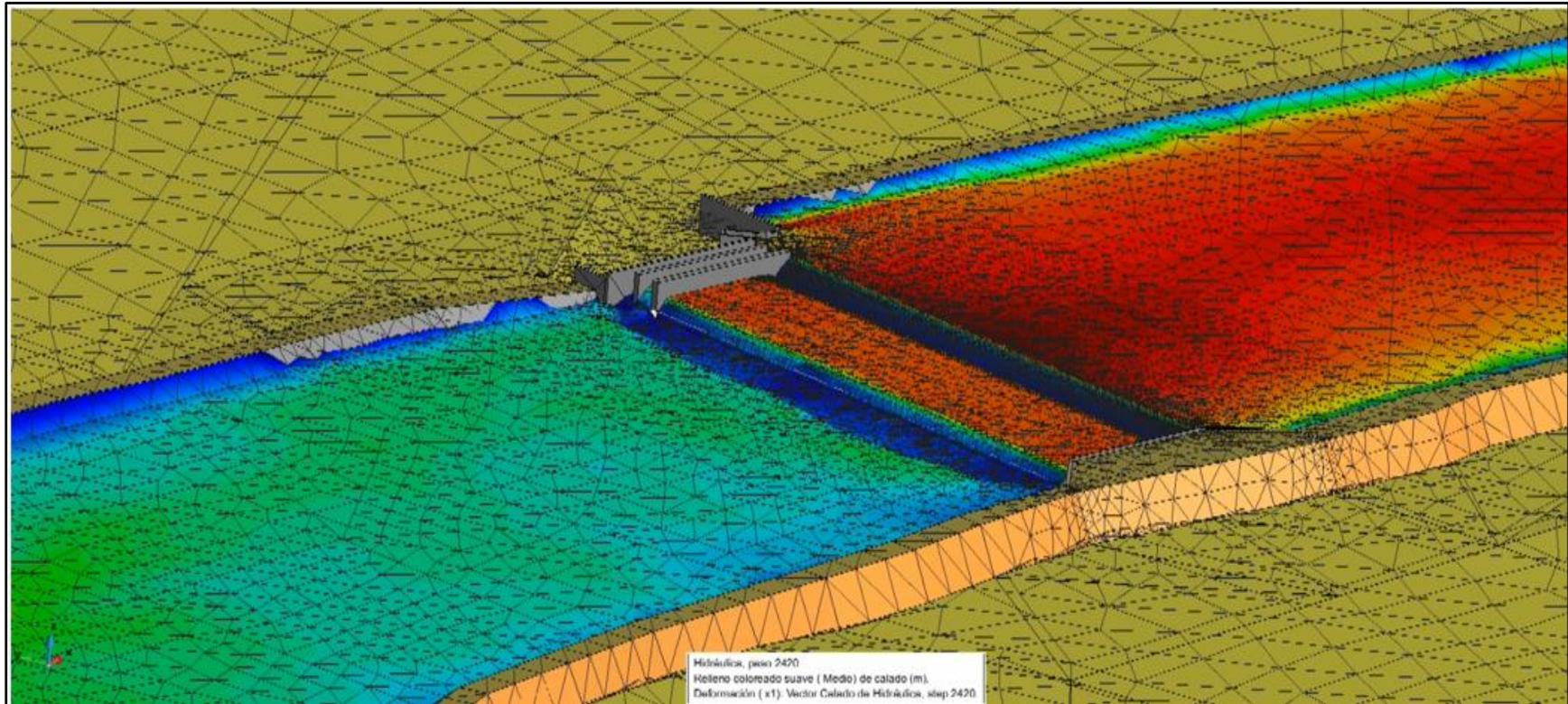
Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 74: Vista en planta de los diques



Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 75: Vista de perfil de los diques

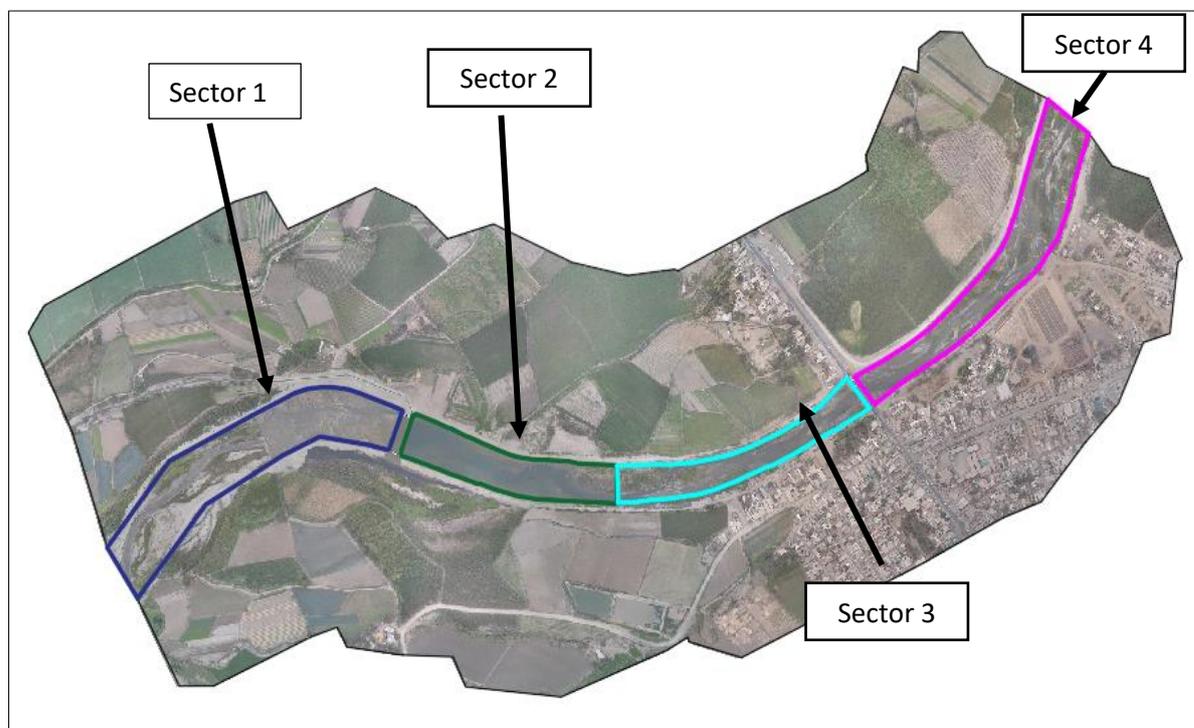


Fuente: Elaboración Propia

4.5. Transporte de Sedimentos de fondo.

4.5.1. Muestreo del Cauce

Figura N° 76: Sectores

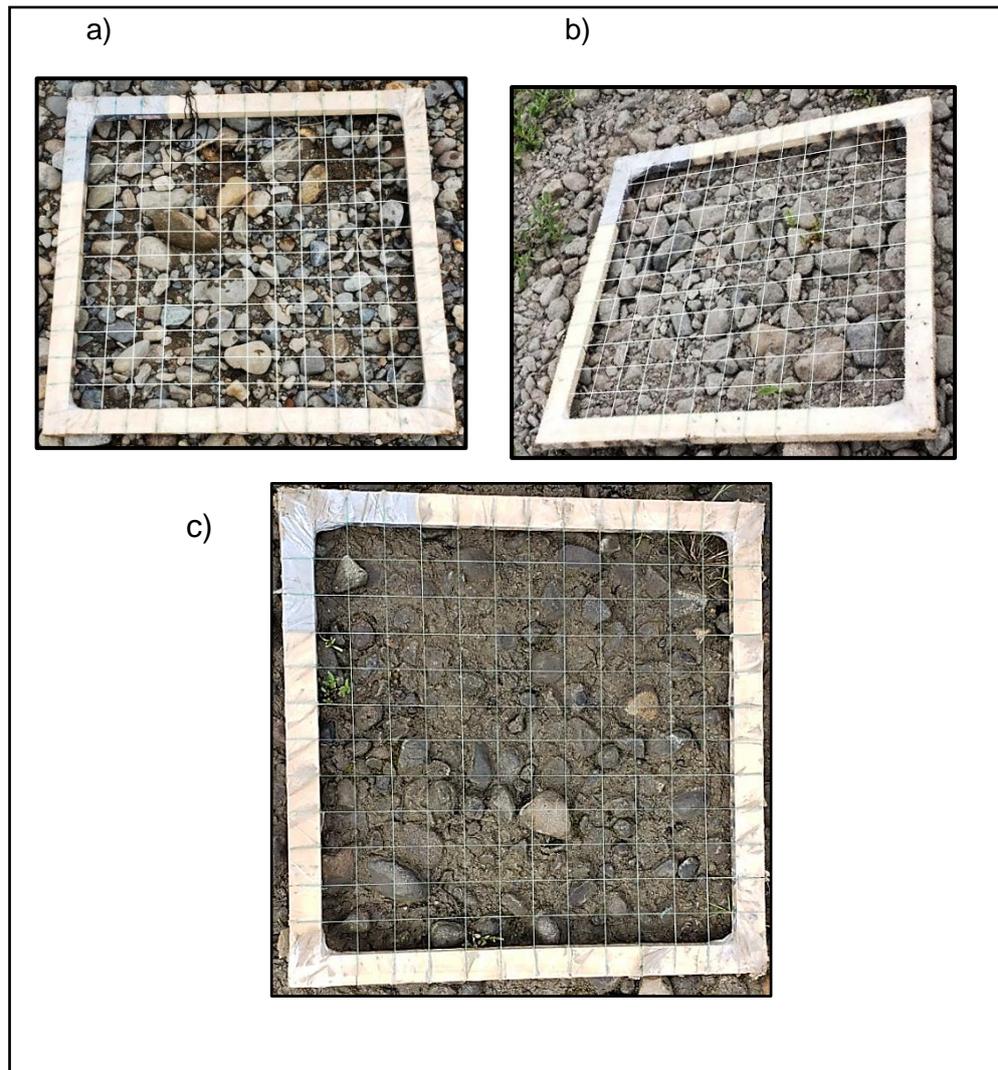


Fuente : Elaboración Propia

4.5.1.1. Muestreo Superficial

- Sector 1 – 1 muestra. (a)
- Sector 3 - 1 muestra. (b)
- Sector 4 – 1 muestra. (c)

Figura N° 77: Muestras superficiales tomadas en el lecho del río Virú

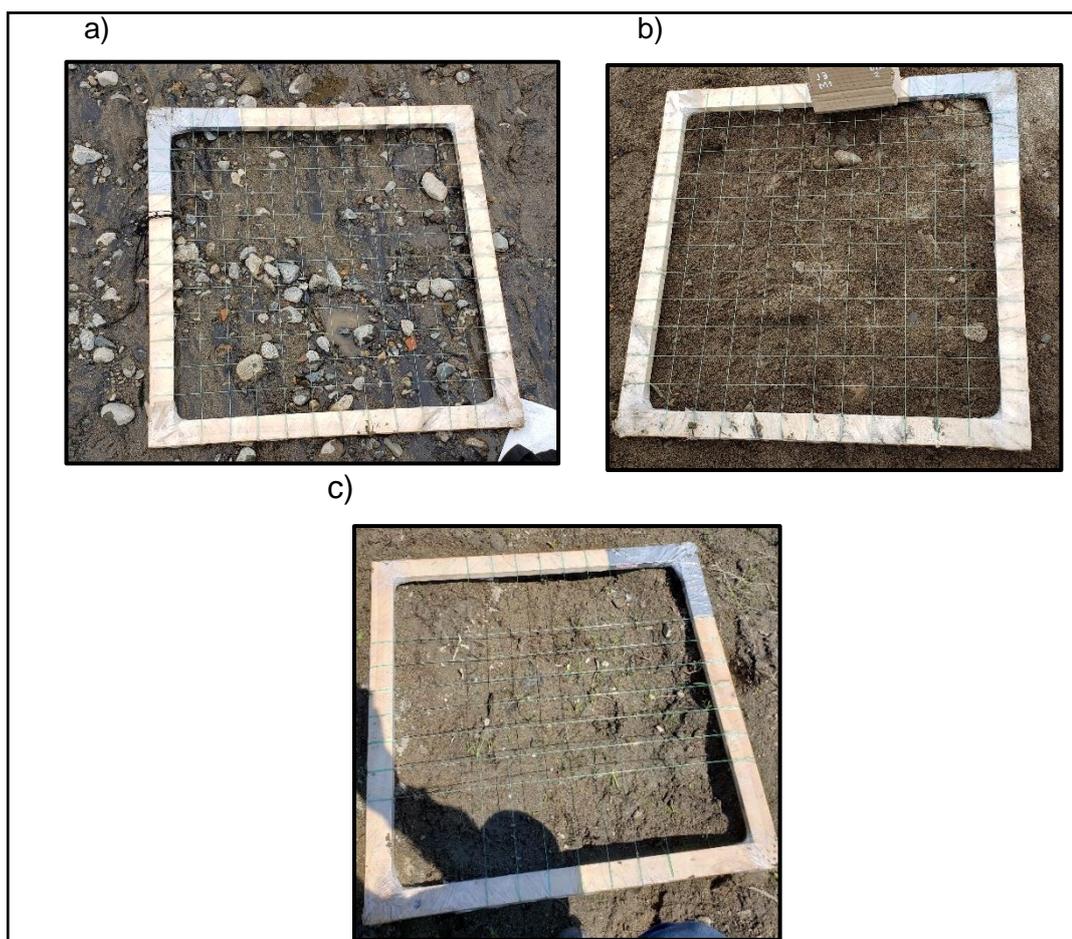


Fuente : Elaboración Propia

4.5.1.2. Muestreo Volumétrico

- Sector 1 – 1 muestra. (a)
- Sector 2 - 1 muestra. (b)
- Sector 4 – 1 muestra. (c)

Figura N° 78: Muestras volumétricas tomadas en el lecho del río Virú



Fuente: Elaboración propia

4.5.2. Análisis Granulométrico

4.5.2.1. Análisis Granulométrico para la muestra superficial

- Se determinó los diámetros característicos mediante una distribución granulométrica (Frecuencia por número) (Anexo, tablas N°143,144,145)

Sector 1:

Tabla N° 87: Diámetros Característicos

D90=	85.86mm
D84=	69.83mm
D65=	53.43mm
D50=	43.97mm
D35=	34.31mm
D16=	15.14mm

Fuente: Elaboración Propia.

Sector 3:

Tabla N° 88: Diámetros Característicos

D90=	87.85mm
D84=	83.16mm
D65=	68.30mm
D50=	48.64mm
D35=	31.43mm
D16=	26.52mm

Fuente: Elaboración Propia.

Sector 4:

Tabla N° 89: Diámetros Característicos

D90=	81.54mm
D84=	72.38mm
D65=	51.26mm
D50=	41.81mm
D35=	35.77mm
D16=	27.24mm

Fuente: Elaboración Propia.

4.4.5.2. Análisis Granulométrico para la muestra volumétrica

- Se determinó los diámetros característicos mediante una distribución granulométrica (Frecuencia por peso) (Anexo, tabla N°146,147,148).

Sector 1:

Tabla N° 90: Diámetros Característicos

D90=	60.85mm
D84=	47.97mm
D65=	20.54mm
D50=	6.78mm
D35=	1.66mm
D16=	0.90mm

Fuente: Elaboración Propia.

Sector 2:

Tabla N° 91: Diámetros Característicos

D90=	34.52mm
D84=	26.24mm
D65=	10.95mm
D50=	4.96mm
D35=	1.91mm
D16=	0.57mm

Fuente: Elaboración Propia.

Sector 4:

Tabla N° 92: Diámetros Característicos

D90=	21.33mm
D84=	14.79mm
D65=	4.94mm
D50=	1.48mm
D35=	0.76mm
D16=	0.49mm

Fuente: Elaboración Propia.

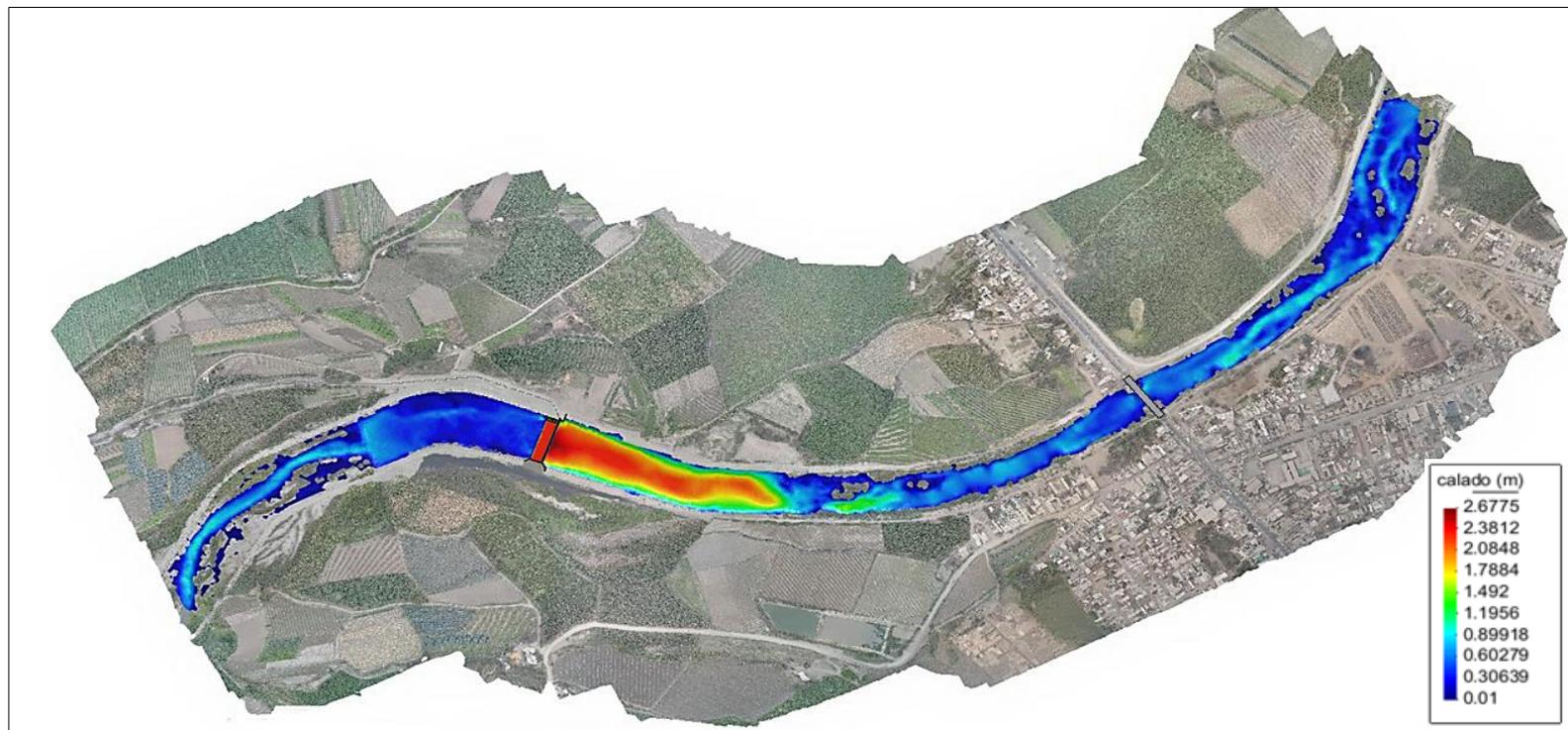
4.5.3. Estimación del Transporte de Sedimento de fondo

4.5.3.1 Con Caudal Dominante

- Se tomó caudales con periodos de retorno de 1.4, 3, 7 y 10 años para el hallar el gasto sólido de fondo, a partir de los gastos solidos de fondo se hallará el caudal dominante sólo para el escenario con bocatoma.

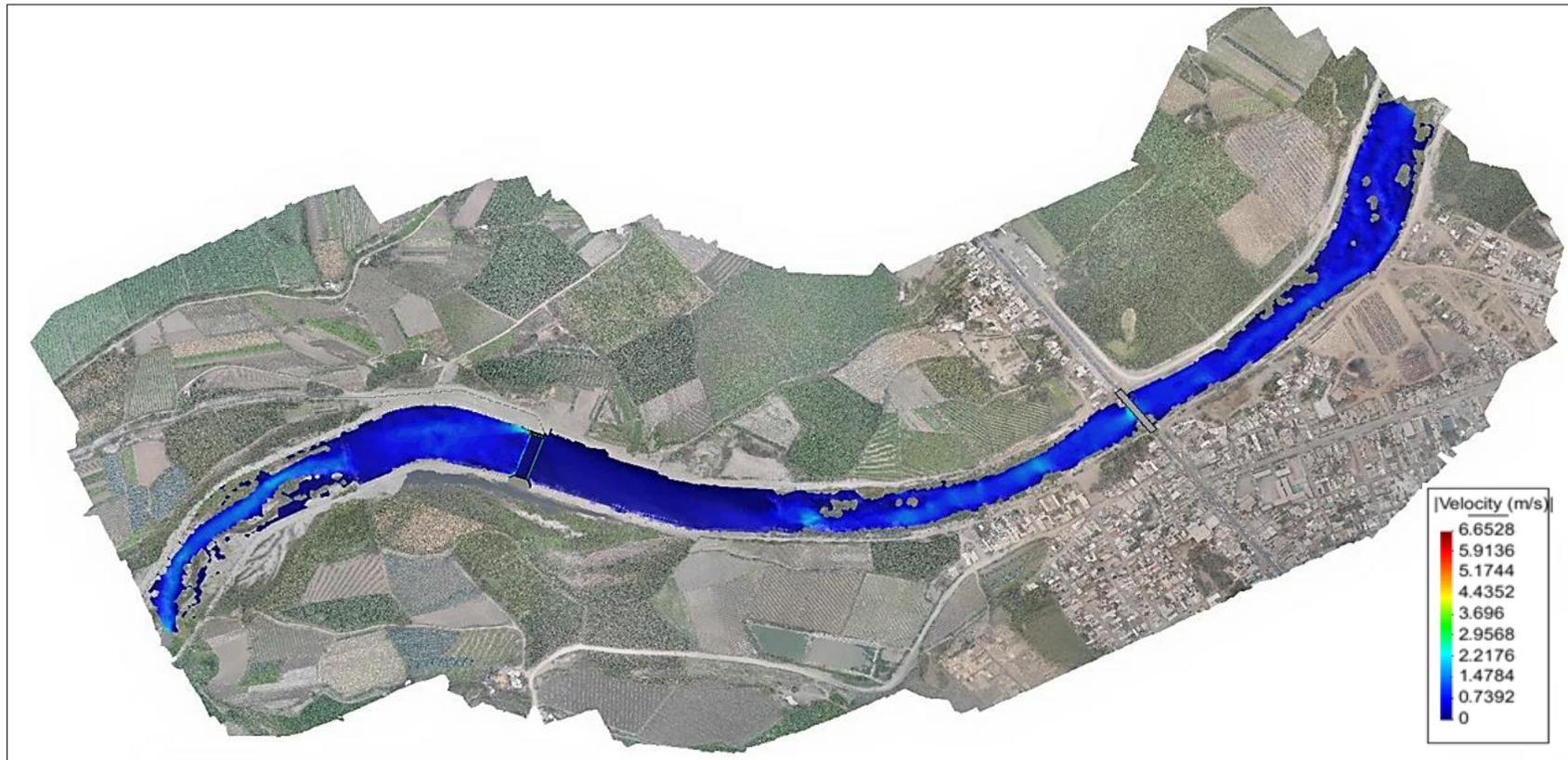
4.5.3.1.1. Periodo de retorno 1.4 años – Caudal 24 m³/s

Figura N° 79: Calado



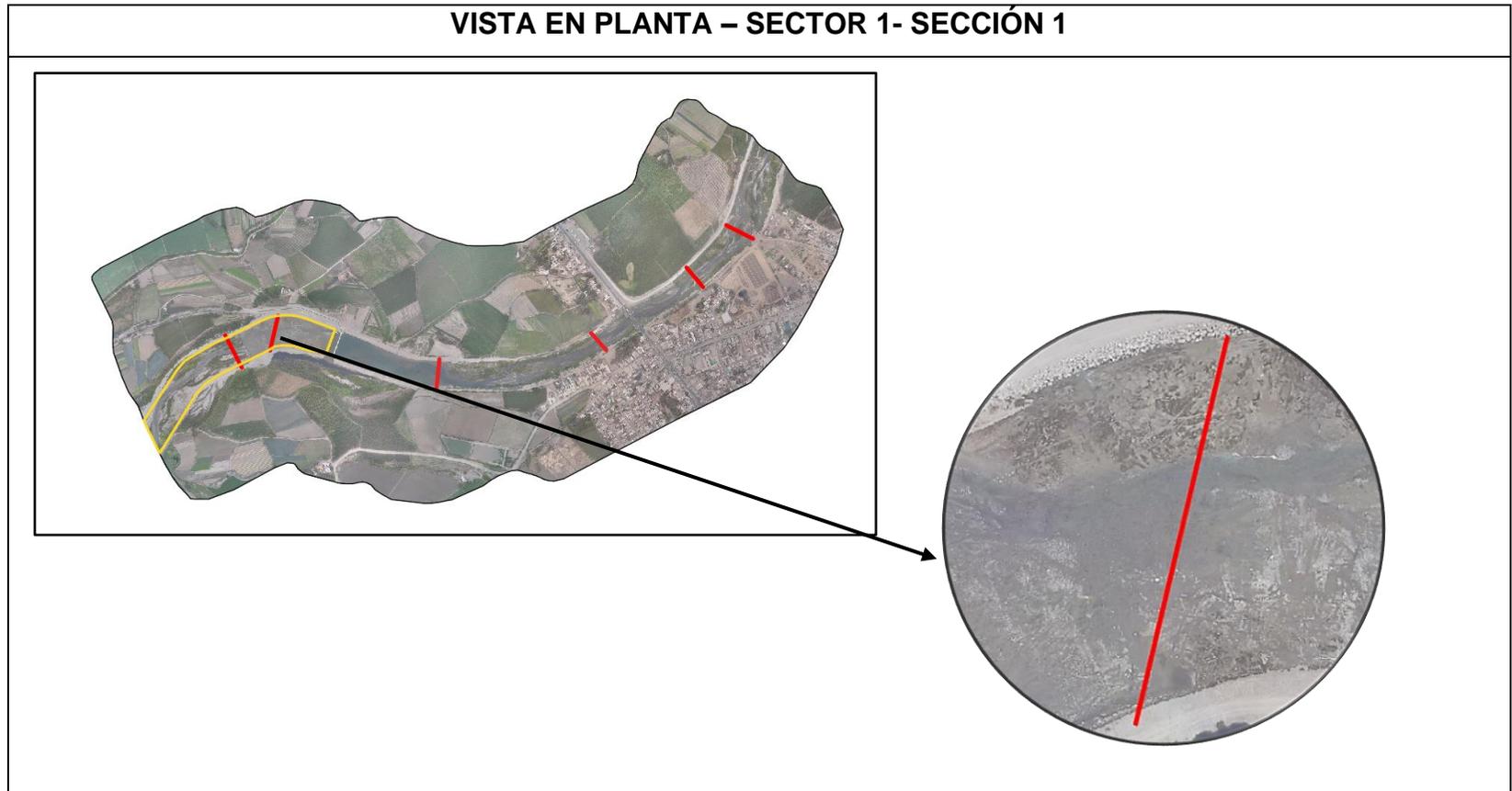
Fuente : Elaboración Propia

Figura N° 80: Velocidad



Fuente : Elaboración Propia

Figura N° 81: Vista en planta – Sector 1-Sección 1



Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 93: Cuantificación del transporte de sedimentos - Sector 1- Sección 1

MEYER PETER Y MÜLLER			
FORMULA	$gB = 8g^{1/2} \left(\frac{\rho_s - \rho}{\rho} \right)^{1/2} D_{50}^{3/2} \left[\left(\frac{ns}{n} \right)^{3/2} \tau_* - 0.047 \right]^{3/2}$		
CONDICIÓN	0.3mm < D50 < 30mm		
SECCIÓN	1		
MUESTRA	Volumétrica		
CAUDAL	24.00 m ³ /s		
ANCHO	100.00 m		
DATOS INICIALES			
PARÁMETROS	Símbolo	Unidad	VALOR
D50	D50	m	0.00678
D90	D90	m	0.06085
Gravedad	g	m/s ²	9.81
Densidad del agua	ρ	Kg/m ³	1000
Densidad de las partículas	ρ _s	Kg/m ³	2650
Número adimensional de Shields en función del	τ* _c	-	0.20
Coeficiente de Manning	n	n	0.03
Radio Hidráulico	R	m	0.49
Velocidad media del flujo	V	m/s	1.02
Pendiente	S	-	0.0046
Coeficiente de Manning debido a la partícula	ns	-	0.024
TRANSPORTE DE SEDIMENTOS			
GASTO SÓLIDO DE FONDO	Símbolo	Unidad	VALOR
Gasto unitario sólido de fondo	q _B	m ³ /s.m	0.00054
Gasto sólido de fondo por sección	Q _B	m ³ /s	0.05365
Gasto unitario sólido de fondo	g _b	Kgf/s.m	1.42
Gasto sólido de fondo por sección	GB	Kgf/s	142.18

Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 82: Vista en planta – Sector 1- Sección 2

VISTA EN PLANTA – SECTOR 1- SECCIÓN 2



Fuente: Elaboración Propia

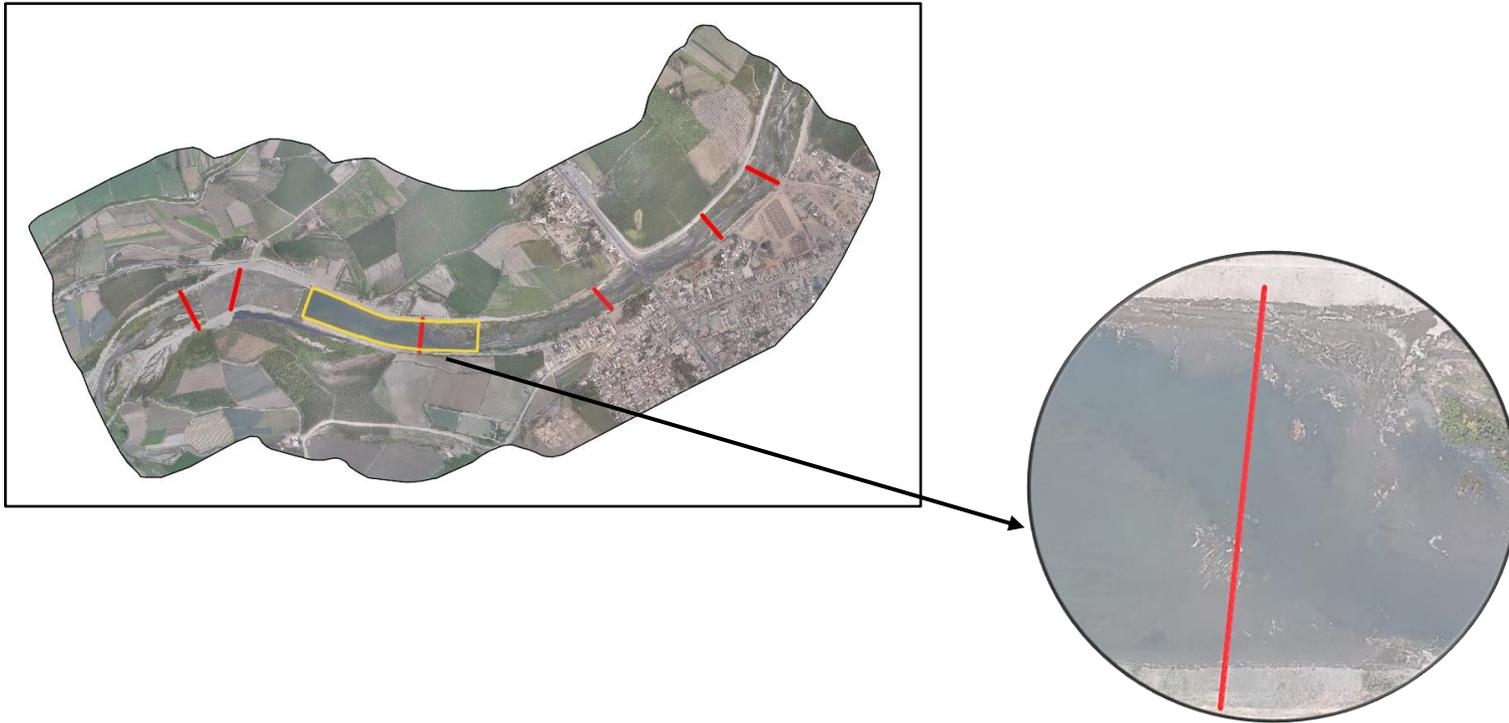
Tabla N° 94: Cuantificación del transporte de sedimentos - Sector 1- Sección 2

PARKER			
FORMULA	$gB = \frac{11.93 * f(\phi) * \left(\frac{\tau_g}{\rho}\right)^{3/2}}{g(s - 1)}$		
CONDICIÓN	Hasta 54mm		
SECCIÓN	2		
MUESTRA	Superficial (Coraza)		
CAUDAL	24.00 m ³ /s		
ANCHO	88.00 m		
DATOS INICIALES			
PARÁMETROS	Símbolo	Unidad	VALOR
D50	D50	m	0.04397
D90	D90	m	0.08586
Gravedad	g	m/s ²	9.81
Densidad del agua. (Kg/m ³)	ρ	Kg/m ³	1000
Pendiente	S	-	0.0046
Velocidad media del flujo	V	m/s	1.44
Densidad de las partículas	ρs	Kg/m ³	2650
Rugosidad del lecho	ks	-	0.17172
Radio hidráulico asociado al esfuerzo cortante del grano	R'	m	0.04
Esfuerzo cortante del grano	τg	N/m ²	2.00
Esfuerzo cortante relativo	φ	-	0.07
Número de Shields de la partícula	θ	-	0.003
Número de Shields crítico	θc	-	0.039
f _x	-	-	1.29E-20
TRANSPORTE DE SEDIMENTOS			
GASTO SÓLIDO DE FONDO	Símbolo	Unidad	VALOR
Gasto unitario sólido de fondo	q _B	m ³ /s.m	8.55E-25
Gasto sólido de fondo por sección	Q _B	m ³ /s	7.53E-23
Gasto unitario sólido de fondo	g _b	Kgf/s.m	2.27E-21
Gasto sólido de fondo por sección	GB	Kgf/s	1.99E-19

Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 83: Vista en planta – Sector 2- Sección 1

VISTA EN PLANTA – SECTOR 2- SECCIÓN 1



Fuente: Elaboración Propia

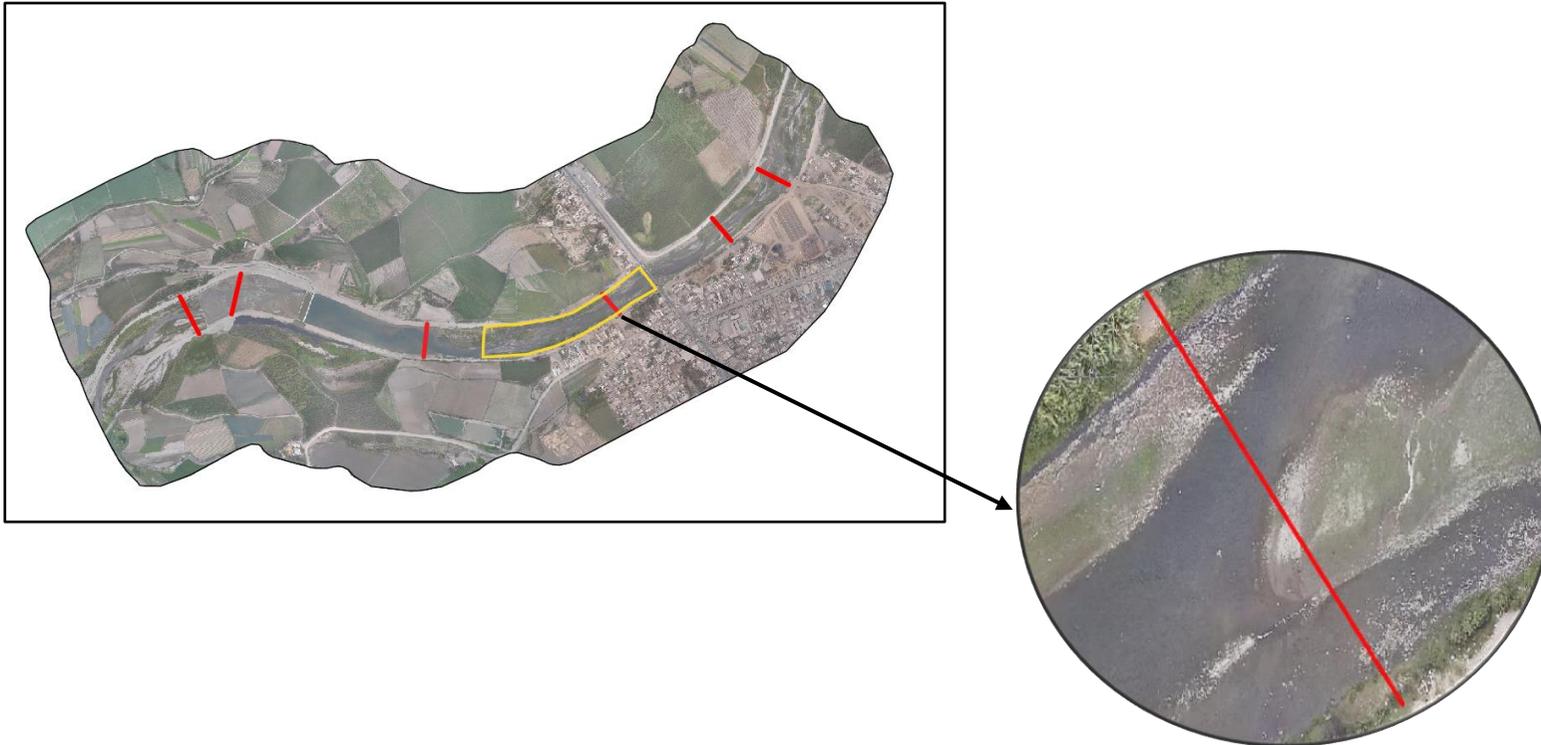
Tabla N° 95: Cuantificación del transporte de sedimentos - Sector 2- Sección 1

MEYER PETER Y MÜLLER			
FORMULA	$gB = 8g^{1/2} \left(\frac{\rho_s - \rho}{\rho} \right)^{1/2} D50^{3/2} \left[\left(\frac{ns}{n} \right)^{3/2} \tau_* - 0.047 \right]^{3/2}$		
CONDICIÓN	0.3mm < D50 < 30mm		
SECCIÓN	1		
MUESTRA	Volumétrica		
CAUDAL	24.00 m ³ /s		
ANCHO	73.00 m		
DATOS INICIALES			
PARÁMETROS	Símbolo	Unidad	VALOR
D50	D50	m	0.00496
D90	D90	m	0.03452
Gravedad	g	m/s ²	9.81
Densidad del agua	ρ	Kg/m ³	1000
Densidad de las partículas	ρ _s	Kg/m ³	2650
Número adimensional de Shields en función al τ	τ * C	-	1.17
Coefficiente de Manning	n	n	0.035
Radio Hidráulico	R	m	2.09
Velocidad media del flujo	V	m/s	0.47
Pendiente	S	-	0.0046
Coefficiente de Manning debido a la partícula	ns	-	0.022
TRANSPORTE DE SEDIMENTOS			
GASTO SÓLIDO DE FONDO	Símbolo	Unidad	VALOR
Gasto unitario sólido de fondo	q _B	m ³ /s.m	0.00429606
Gasto sólido de fondo por sección	Q _B	m ³ /s	0.313612
Gasto unitario sólido de fondo	g _b	Kgf/s.m	11.38455
Gasto sólido de fondo por sección	GB	Kgf/s	30169.05

Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 84: Vista en planta – Sector 3 – Sección 1

VISTA EN PLANTA – SECTOR 3- SECCIÓN 1



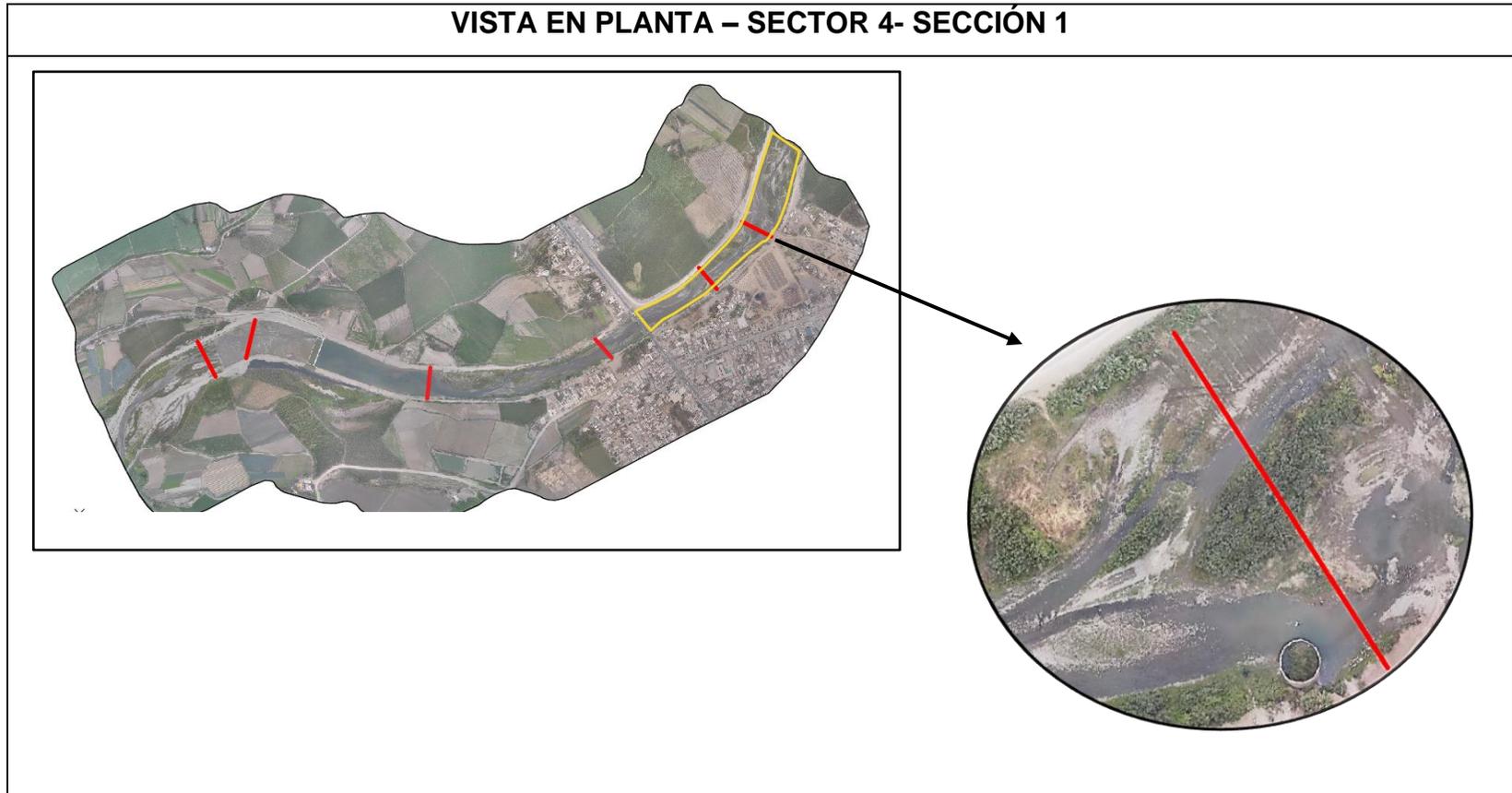
Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 96: Cuantificación del transporte de sedimentos - Sector 3- Sección 1

PARKER			
FORMULA	$gB = \frac{11.93 * f(\phi) * \left(\frac{\tau_g}{\rho}\right)^{2.3}}{g(s-1)}$		
CONDICIÓN	Hasta 54mm		
SECCIÓN	1		
MUESTRA	Superficial (Coraza)		
CAUDAL	24.00 m3/s		
ANCHO	50.00 m		
DATOS INICIALES			
PARÁMETROS	Símbolo	Unidad	VALOR
D50	D50	m	0.08785
D90	D90	m	0.04864
Gravedad	g	m/s ²	9.81
Densidad del agua	ρ	Kg/m ³	1000
Pendiente	S	-	0.0046
Velocidad media del flujo	V	m/s	1.08
Densidad de las partículas	ρs	Kg/m ³	2650
Rugosidad del lecho	ks	-	0.09728
Radio hidráulico asociado al esfuerzo cortante del grano	R'	m	0.00
Esfuerzo cortante del grano	τg	N/m ²	0.17
Esfuerzo cortante relativo	φ	-	3.02E-03
Número de Shields de la partícula	θ	-	1.16E-04
Número de Shields crítico	θc	-	0.039
fx	-	-	2.98E-40
TRANSPORTE DE SEDIMENTOS			
GASTO SÓLIDO DE FONDO	Símbolo	Unidad	VALOR
Gasto unitario sólido de fondo	qB	m ³ /s.m	4.68E-46
Gasto sólido de fondo por sección	QB	m ³ /s	2.34E-44
Gasto unitario sólido de fondo	gb	Kgf/s.m	1.24E-42
Gasto sólido de fondo por sección	GB	Kgf/s	6.20E-41

Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 85: Vista en planta – Sector 4 – Sección 1



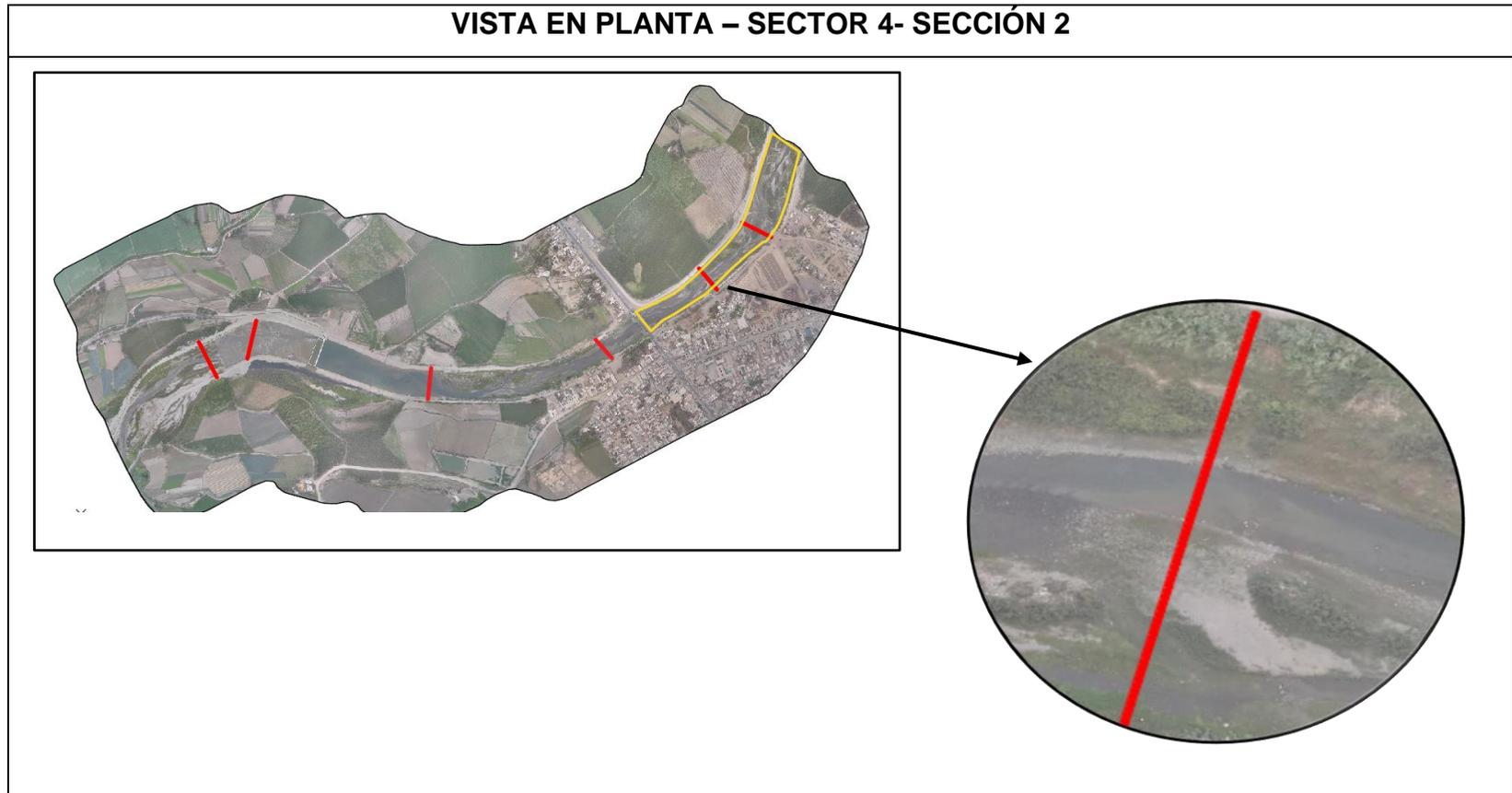
Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 97: Cuantificación del transporte de sedimentos - Sector 4- Sección 1

MEYER PETER Y MULLER			
FORMULA	$gB = 8g^{1/2} \left(\frac{\rho_s - \rho}{\rho} \right)^{1/2} D50^{3/2} \left[\left(\frac{ns}{n} \right)^{3/2} \tau_* - 0.047 \right]^{3/2}$		
CONDICIÓN	0.3mm<D50<30mm		
SECCIÓN	1		
MUESTRA	Volumétrica		
CAUDAL	24.00 m ³ /s		
ANCHO	85.00 m		
DATOS INICIALES			
PARÁMETROS	Símbolo	Unidad	VALOR
D50	D50	m	0.00148
D90	D90	m	0.02133
Gravedad	g	m/s ²	9.81
Densidad del agua	ρ	Kg/m ³	1000
Densidad de las partículas	ρ _s	Kg/m ³	2650
Número adimensional de Shields en función al τ	τ*C	-	1.32
Coefficiente de Manning	n	n	0.053
Radio Hidráulico	R	m	0.70
Velocidad media del flujo	V	m/s	0.85
Pendiente	S	-	0.0046
Coefficiente de Manning debido a la partícula	ns	-	0.020
TRANSPORTE DE SEDIMENTOS			
GASTO SÓLIDO DE FONDO	Símbolo	Unidad	VALOR
Gasto unitario sólido de fondo	q _B	m ³ /s.m	0.0002
Gasto sólido de fondo por sección	Q _B	m ³ /s	0.0205
Gasto unitario sólido de fondo	g _b	Kgf/s.m	0.64
Gasto unitario sólido de fondo por sección	GB	Kgf/s	1692.20

Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 86: Vista en planta – Sector 4 – Sección 2



Fuente: Elaboración Propia

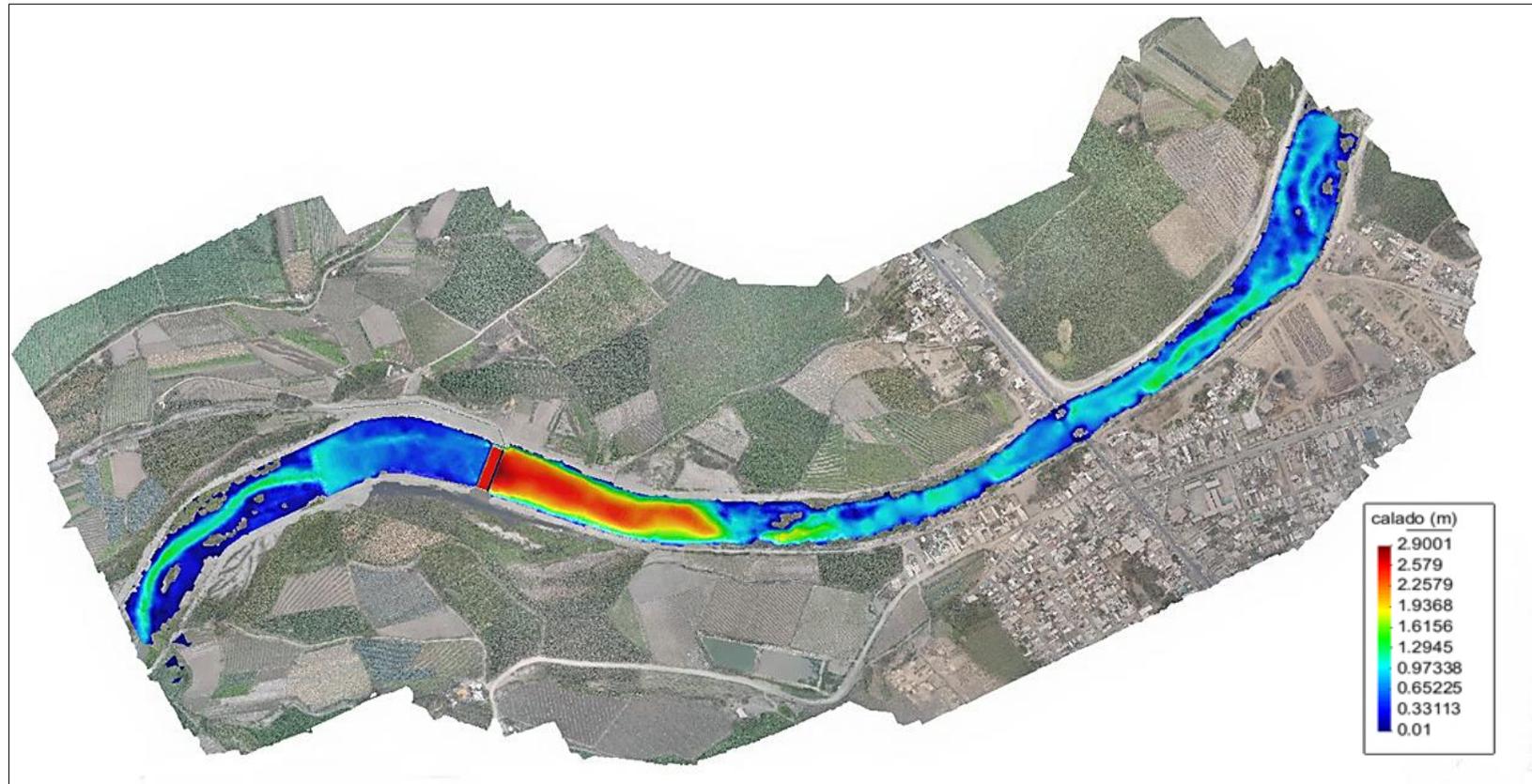
Tabla N° 98: Cuantificación del transporte de sedimentos - Sector 4- Sección 2

PARKER			
FORMULA	$gB = \frac{11.93 * f(\phi) * \left(\frac{\tau_g}{\rho}\right)^{3/2}}{g(s-1)}$		
CONDICIÓN	Hasta 54mm		
SECCIÓN	2		
MUESTRA	Superficial (Coraza)		
CAUDAL	24.00 m3/s		
ANCHO	56.00 m		
DATOS INICIALES			
PARÁMETROS	Símbolo	Unidad	VALOR
D50	D50	m	0.04181
D90	D90	m	0.08154
Gravedad	g	m/s ²	9.81
Densidad del agua	ρ	Kg/m ³	1000
Pendiente	S	-	0.0046
Velocidad media del flujo	V	m/s	1.00
Densidad de las partículas	ρ_s	Kg/m ³	2650
Rugosidad del lecho	ks	-	0.16308
Radio hidráulico asociado al esfuerzo cortante del grano	R'	m	0.01
Esfuerzo cortante del grano	τ_g	N/m ²	0.34
Esfuerzo cortante relativo	ϕ	-	0.01
Número de Shields de la partícula	θ	-	0.0005
Número de Shields crítico	θ_c	-	0.039
fx	-	-	3.69E-31
TRANSPORTE DE SEDIMENTOS			
GASTO SÓLIDO DE FONDO	Símbolo	Unidad	VALOR
Gasto unitario sólido de fondo	qB	m ³ /s.m	1.74E-36
Gasto sólido de fondo por sección	QB	m ³ /s	9.74E-35
Gasto unitario sólido de fondo	gb	Kgf/s.m	4.61E-33
Gasto unitario sólido de fondo por sección	GB	Kgf/s	2.58E-31

Fuente: Elaboración Propia

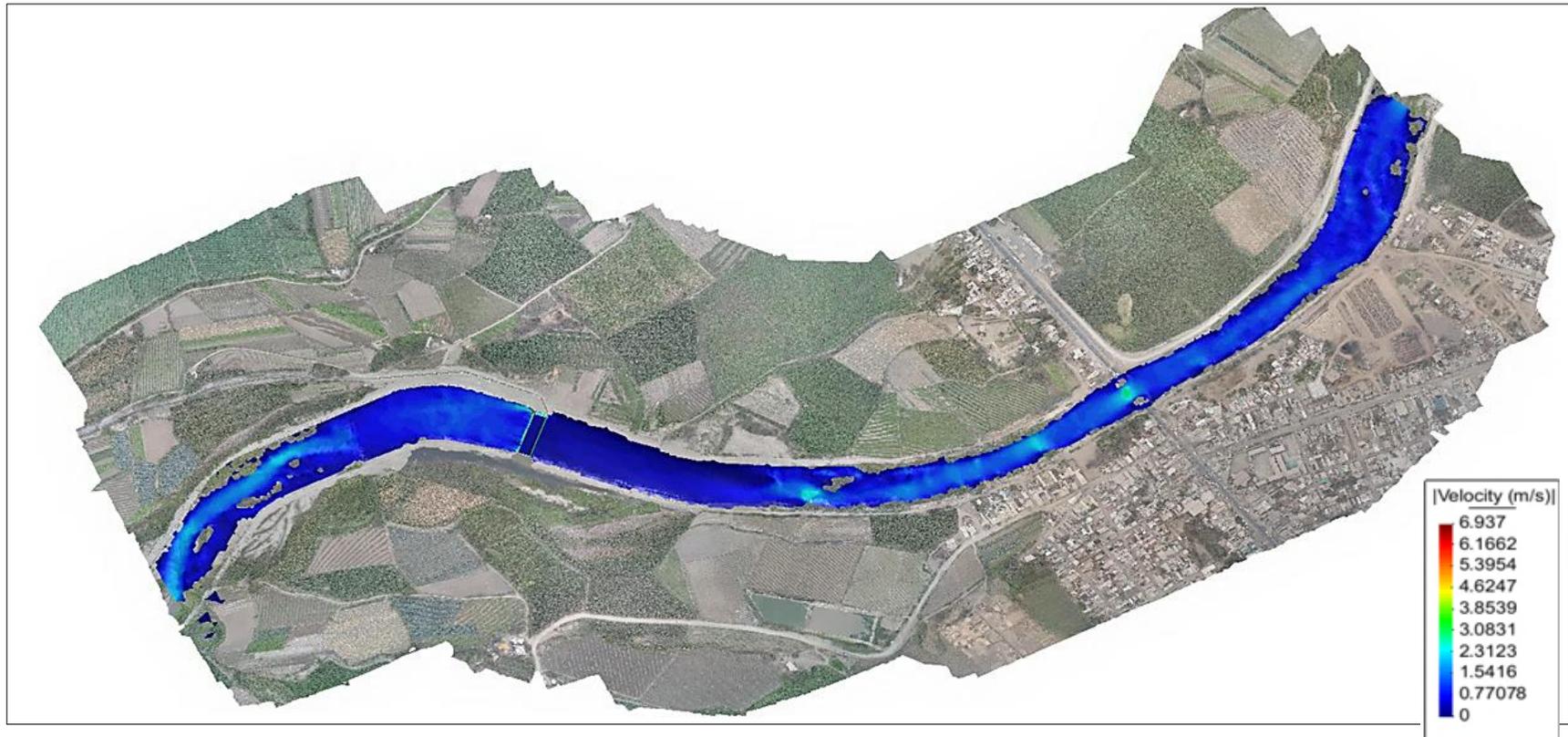
4.5.3.1.2. Periodo de retorno 3– Caudal 52 m³/s

Figura N° 87: Calado



Fuente : Elaboración Propia

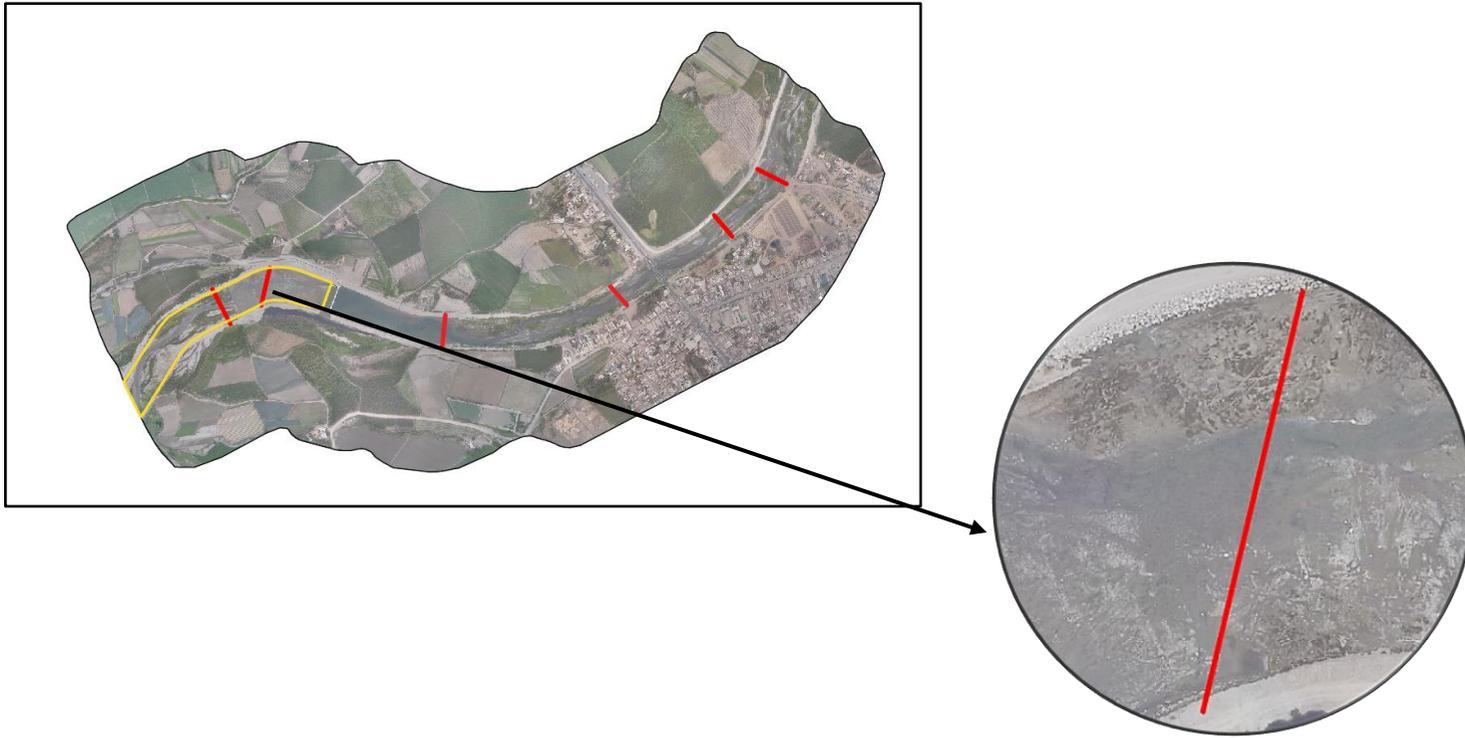
Figura N° 88: Velocidad



Fuente : Elaboración Propia

Figura N° 89: Vista en planta – Sector 1- Sección 1

VISTA EN PLANTA – SECTOR 1- SECCIÓN 1



Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 99: Cuantificación del transporte de sedimentos - Sector 1- Sección 1

MEYER PETER Y MÜLLER			
FORMULA	$qB = 8g^{1/2} \left(\frac{\rho_s - \rho}{\rho} \right)^{1/2} D50^{3/2} \left[\left(\frac{ns}{n} \right)^{3/2} \tau_c - 0.047 \right]^{3/2}$		
CONDICIÓN	0.3mm<D50<30mm		
SECCIÓN	1		
MUESTRA	Volumétrica		
CAUDAL	52.00 m3/s		
ANCHO	100.00 m		
DATOS INICIALES			
PARÁMETROS	Símbolo	Unidad	VALOR
D50	D50	m	0.00678
D90	D90	m	0.06085
Gravedad	g	m/s ²	9.81
Densidad del agua	ρ	Kg/m ³	1000
Densidad de las partículas	ρ_s	Kg/m ³	2650
Número adimensional de Shields en función τ_c	τ_c	-	0.35
Coefficiente de Manning	n	n	0.03
Radio Hidráulico	R	m	0.86
Velocidad media del flujo	V	m/s	1.06
Pendiente	S	-	0.0046
Coefficiente de Manning debido a la partícula	ns	-	0.024
TRANSPORTE DE SEDIMENTOS			
GASTO SÓLIDO DE FONDO	Símbolo	Unidad	VALOR
Gasto unitario sólido de fondo	qB	m ³ /s.m	0.00166
Gasto sólido de fondo por sección	QB	m ³ /s	0.16606
Gasto unitario sólido de fondo	gb	Kgf/s.m	4.40
Gasto sólido de fondo por sección	GB	Kgf/s	440.07

Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 90: Vista en planta – Sector 1- Sección 2

VISTA EN PLANTA – SECTOR 1- SECCIÓN 2



Fuente: Elaboración Propia

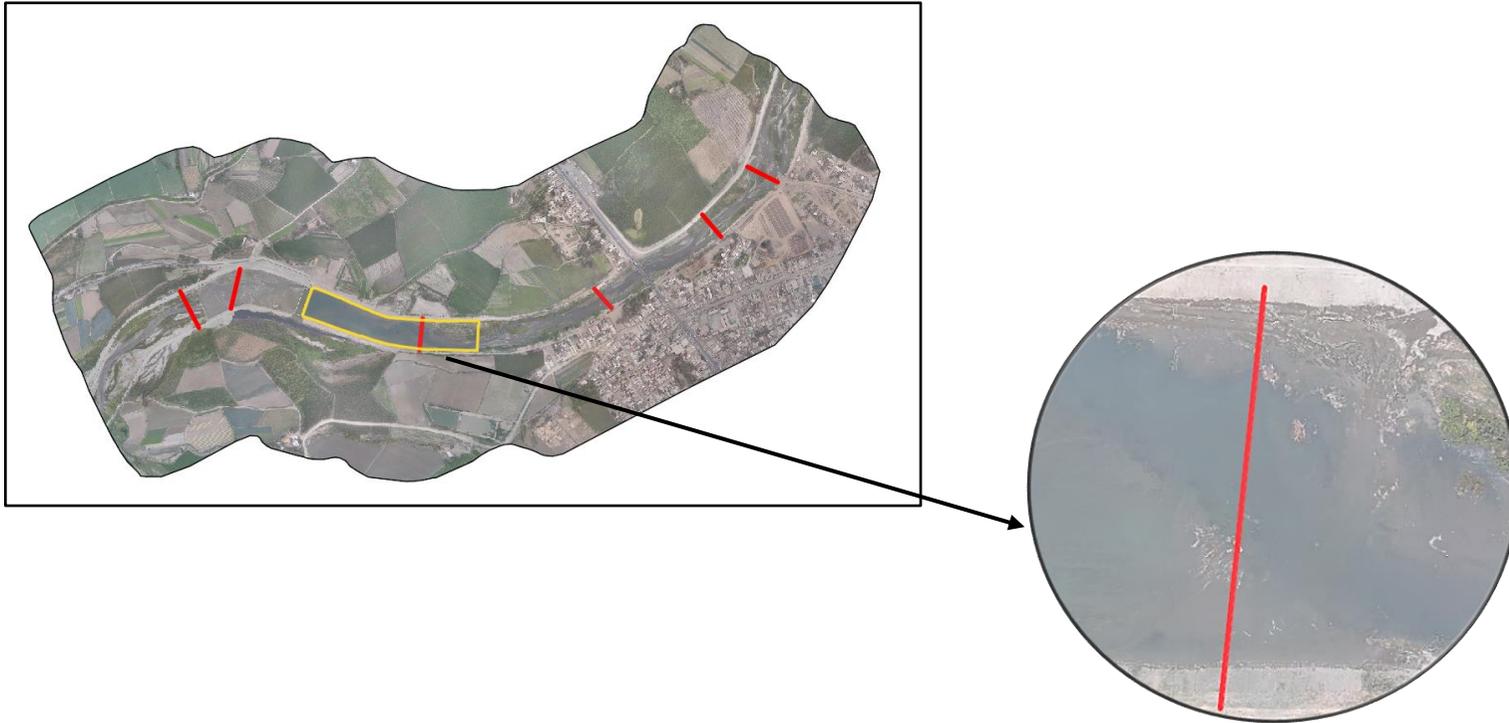
Tabla N° 100: Cuantificación del transporte de sedimentos - Sector 1- Sección 2

PARKER			
FORMULA	$gB = \frac{11.93 * f(\phi) * \left(\frac{\tau_g}{\rho}\right)^{3/2}}{g(s - 1)}$		
CONDICIÓN	Hasta 54mm		
SECCIÓN	2		
MUESTRA	Superficial (Coraza)		
CAUDAL	52.00 m ³ /s		
ANCHO	88.00 m		
DATOS INICIALES			
PARÁMETROS	Símbolo	Unidad	VALOR
D50	D50	m	0.04397
D90	D90	m	0.08586
Gravedad	g	m/s ²	9.81
Densidad del agua. (Kg/m ³)	ρ	Kg/m ³	1000
Pendiente	S	-	0.0046
Velocidad media del flujo	V	m/s	1.4
Densidad de las partículas	ρs	Kg/m ³	2650
Rugosidad del lecho	ks	-	0.17172
Radio hidráulico asociado al esfuerzo cortante del grano	R'	m	0.04
Esfuerzo cortante del grano	τg	N/m ²	1.72
Esfuerzo cortante relativo	φ	-	0.06
Número de Shields de la partícula	θ	-	0.002
Número de Shields crítico	θc	-	0.039
f _x	-	-	1.52E-21
TRANSPORTE DE SEDIMENTOS			
GASTO SÓLIDO DE FONDO	Símbolo	Unidad	VALOR
Gasto unitario sólido de fondo	q _B	m ³ /s.m	8.03E-26
Gasto sólido de fondo por sección	Q _B	m ³ /s	7.07E-24
Gasto unitario sólido de fondo	g _b	Kgf/s.m	2.13E-22
Gasto sólido de fondo por sección	GB	Kgf/s	1.87E-20

Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 91: Vista en planta – Sector 2- Sección 1

VISTA EN PLANTA – SECTOR 2- SECCIÓN 1



Fuente: Elaboración Propia

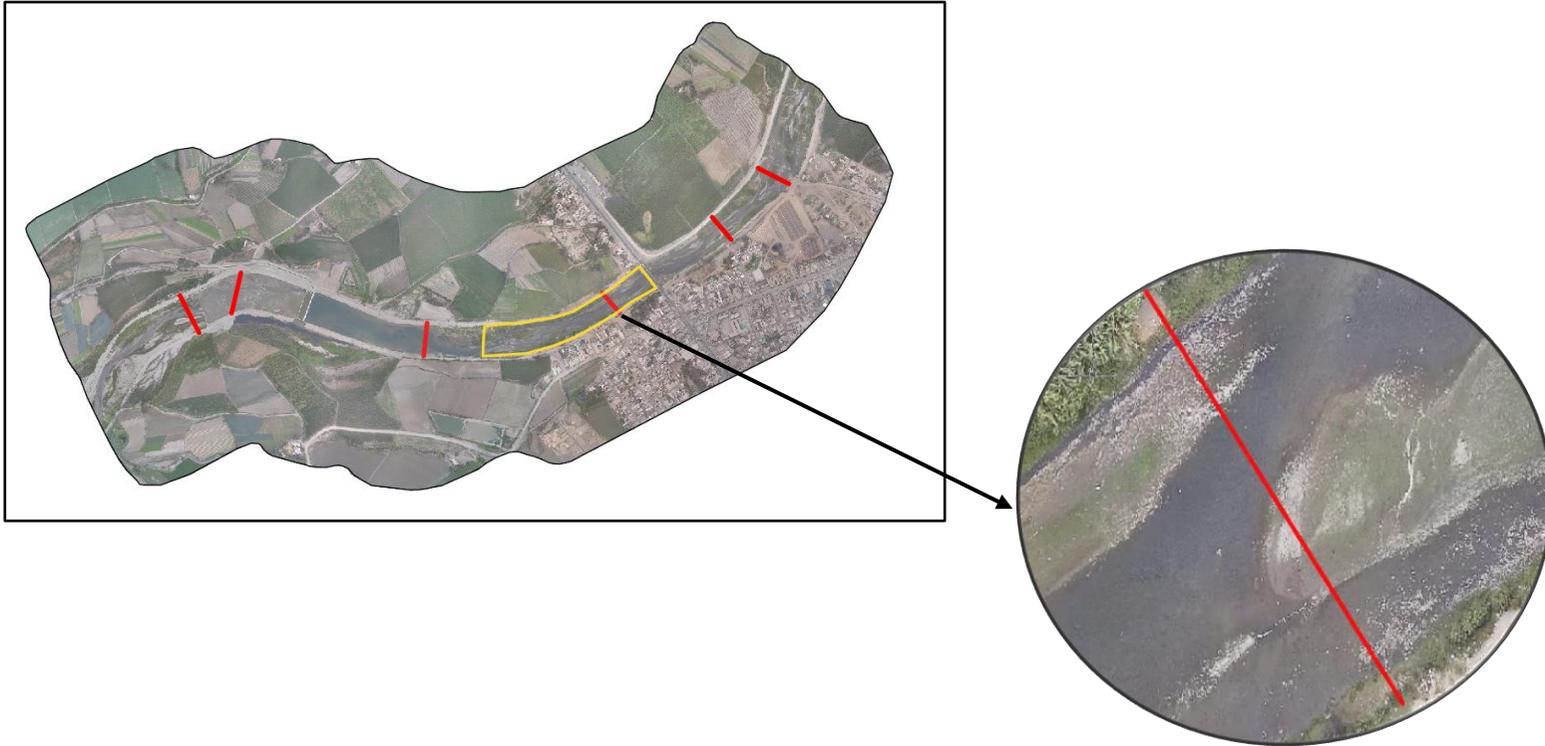
Tabla N° 101: Cuantificación del transporte de sedimentos - Sector 2- Sección 1

MEYER PETER Y MÜLLER			
FORMULA	$gB = 8g^{1/2} \left(\frac{\rho_s - \rho}{\rho} \right)^{1/2} D50^{3/2} \left[\left(\frac{ns}{n} \right)^{3/2} \tau_* - 0.047 \right]^{3/2}$		
CONDICIÓN	0.3mm<D50<30mm		
SECCIÓN	1		
MUESTRA	Volumétrica		
CAUDAL	52.00 m3/s		
ANCHO	73.00 m		
DATOS INICIALES			
PARÁMETROS	Símbolo	Unidad	VALOR
D50	D50	m	0.00496
D90	D90	m	0.03452
Gravedad	g	m/s ²	9.81
Densidad del agua	ρ	Kg/m ³	1000
Densidad de las partículas	ρ _s	Kg/m ³	2650
Número adimensional de Shields en función al τ	τ*C	-	1.29
Coeficiente de Manning	n	n	0.035
Radio Hidráulico	R	m	2.30
Velocidad media del flujo	V	m/s	0.77
Pendiente	S	-	0.0046
Coeficiente de Manning debido a la partícula	ns	-	0.022
TRANSPORTE DE SEDIMENTOS			
GASTO SÓLIDO DE FONDO	Símbolo	Unidad	VALOR
Gasto unitario sólido de fondo	q _B	m ³ /s.m	0.00502030
Gasto sólido de fondo por sección	Q _B	m ³ /s	0.366482
Gasto unitario sólido de fondo	g _b	Kgf/s.m	13.30380
Gasto sólido de fondo por sección	GB	Kgf/s	35255.06

Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 92: Vista en planta – Sector 3 – Sección 1

VISTA EN PLANTA – SECTOR 3- SECCIÓN 1



Fuente: Elaboración Propia

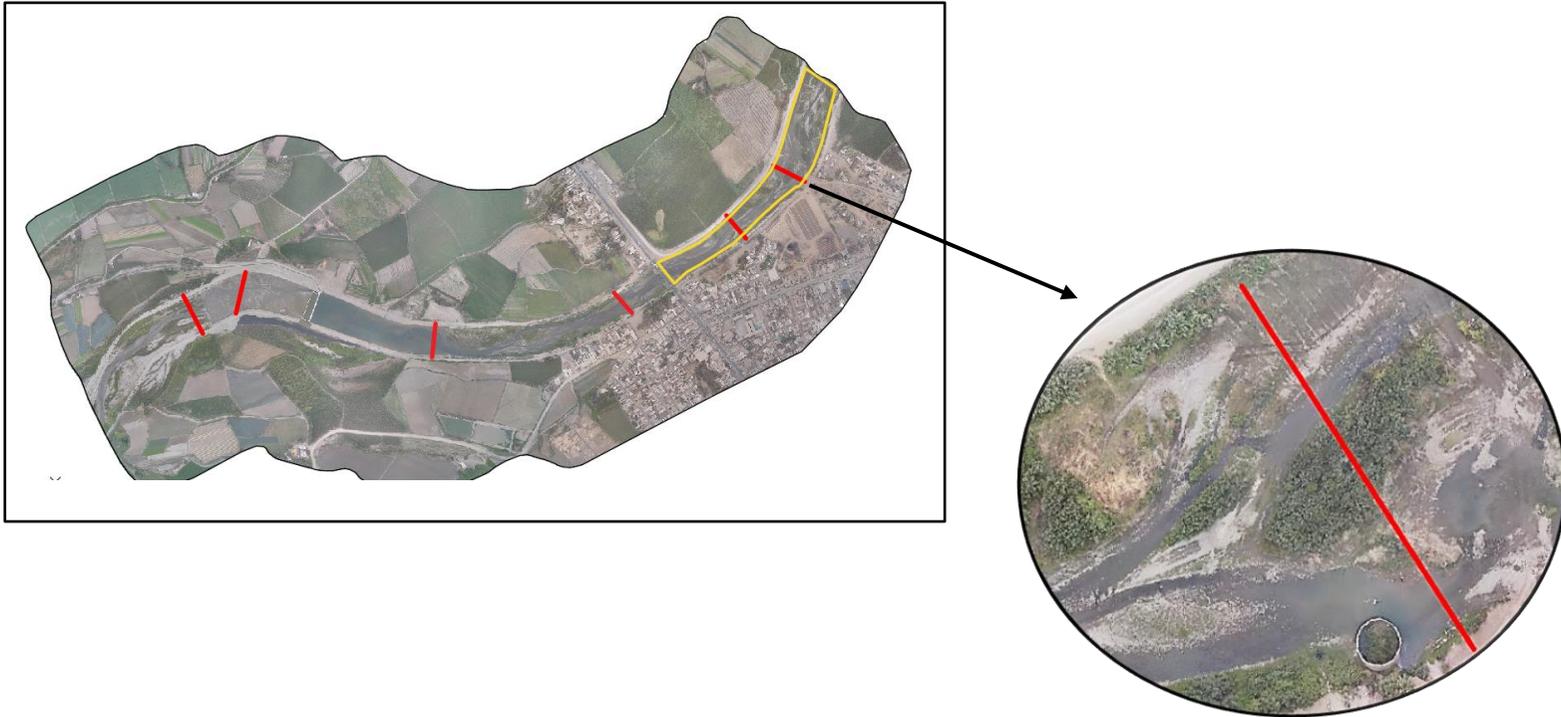
Tabla N° 102: Cuantificación del transporte de sedimentos - Sector 3- Sección 1

PARKER			
FORMULA	$gB = \frac{11.93 * f(\phi) * \left(\frac{\tau_g}{\rho}\right)^{3/2}}{g(s-1)}$		
CONDICIÓN	Hasta 54mm		
SECCIÓN	1		
MUESTRA	Superficial (Coraza)		
CAUDAL	52.00 m3/s		
ANCHO	50.00 m		
DATOS INICIALES			
PARÁMETROS	Símbolo	Unidad	VALOR
D50	D50	m	0.08785
D90	D90	m	0.04864
Gravedad	g	m/s ²	9.81
Densidad del agua	ρ	Kg/m ³	1000
Pendiente	S	-	0.0046
Velocidad media del flujo	V	m/s	1.29
Densidad de las partículas	ρs	Kg/m ³	2650
Rugosidad del lecho	ks	-	0.09728
Radio hidráulico asociado al esfuerzo cortante del grano	R'	m	0.01
Esfuerzo cortante del grano	τg	N/m ²	0.37
Esfuerzo cortante relativo	φ	-	0.01
Número de Shields de la partícula	θ	-	2.57E-04
Número de Shields crítico	θc	-	0.039
fx	-	-	2.24E-35
TRANSPORTE DE SEDIMENTOS			
GASTO SÓLIDO DE FONDO	Símbolo	Unidad	VALOR
Gasto unitario sólido de fondo	qB	m ³ /s.m	1.16E-40
Gasto sólido de fondo por sección	QB	m ³ /s	5.78E-39
Gasto unitario sólido de fondo	gb	Kgf/s.m	3.06E-37
Gasto sólido de fondo por sección	GB	Kgf/s	1.53E-35

Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 93: Vista en planta – Sector 4 – Sección 1

VISTA EN PLANTA – SECTOR 4- SECCIÓN 1



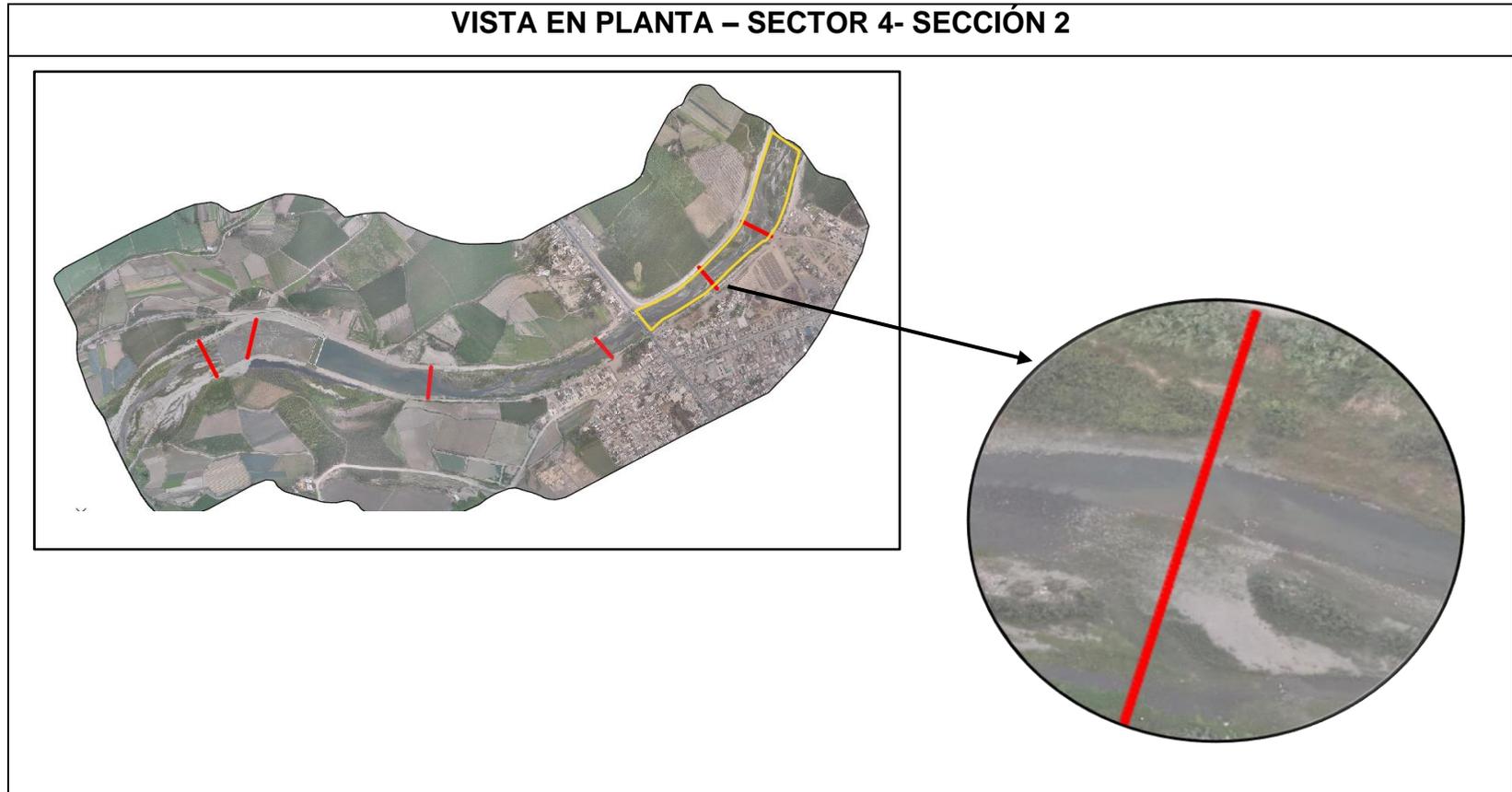
Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 103: Cuantificación del transporte de sedimentos - Sector 4- Sección 1

MEYER PETER Y MULLER			
FORMULA	$gB = 8g^{1/2} \left(\frac{\rho_s - \rho}{\rho} \right)^{1/2} D50^{3/2} \left[\left(\frac{ns}{n} \right)^{3/2} \tau_* - 0.047 \right]^{3/2}$		
CONDICIÓN	0.3mm<D50<30mm		
SECCIÓN	1		
MUESTRA	Volumétrica		
CAUDAL	52.00 m ³ /s		
ANCHO	85.00 m		
DATOS INICIALES			
PARÁMETROS	Símbolo	Unidad	VALOR
D50	D50	m	0.00148
D90	D90	m	0.02133
Gravedad	g	m/s ²	9.81
Densidad del agua	ρ	Kg/m ³	1000
Densidad de las partículas	ρ _s	Kg/m ³	2650
Número adimensional de Shields en función al τ	τ*C	-	2.07
Coefficiente de Manning	n	n	0.053
Radio Hidráulico	R	m	1.10
Velocidad media del flujo	V	m/s	0.96
Pendiente	S	-	0.0046
Coefficiente de Manning debido a la partícula	ns	-	0.020
TRANSPORTE DE SEDIMENTOS			
GASTO SÓLIDO DE FONDO	Símbolo	Unidad	VALOR
Gasto unitario sólido de fondo	q _B	m ³ /s.m	0.0005
Gasto sólido de fondo por sección	Q _B	m ³ /s	0.0444
Gasto unitario sólido de fondo	g _b	Kgf/s.m	1.38
Gasto unitario sólido de fondo por sección	GB	Kgf/s	3669.32

Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 94: Vista en planta – Sector 4 – Sección 2



Fuente: Elaboración Propia

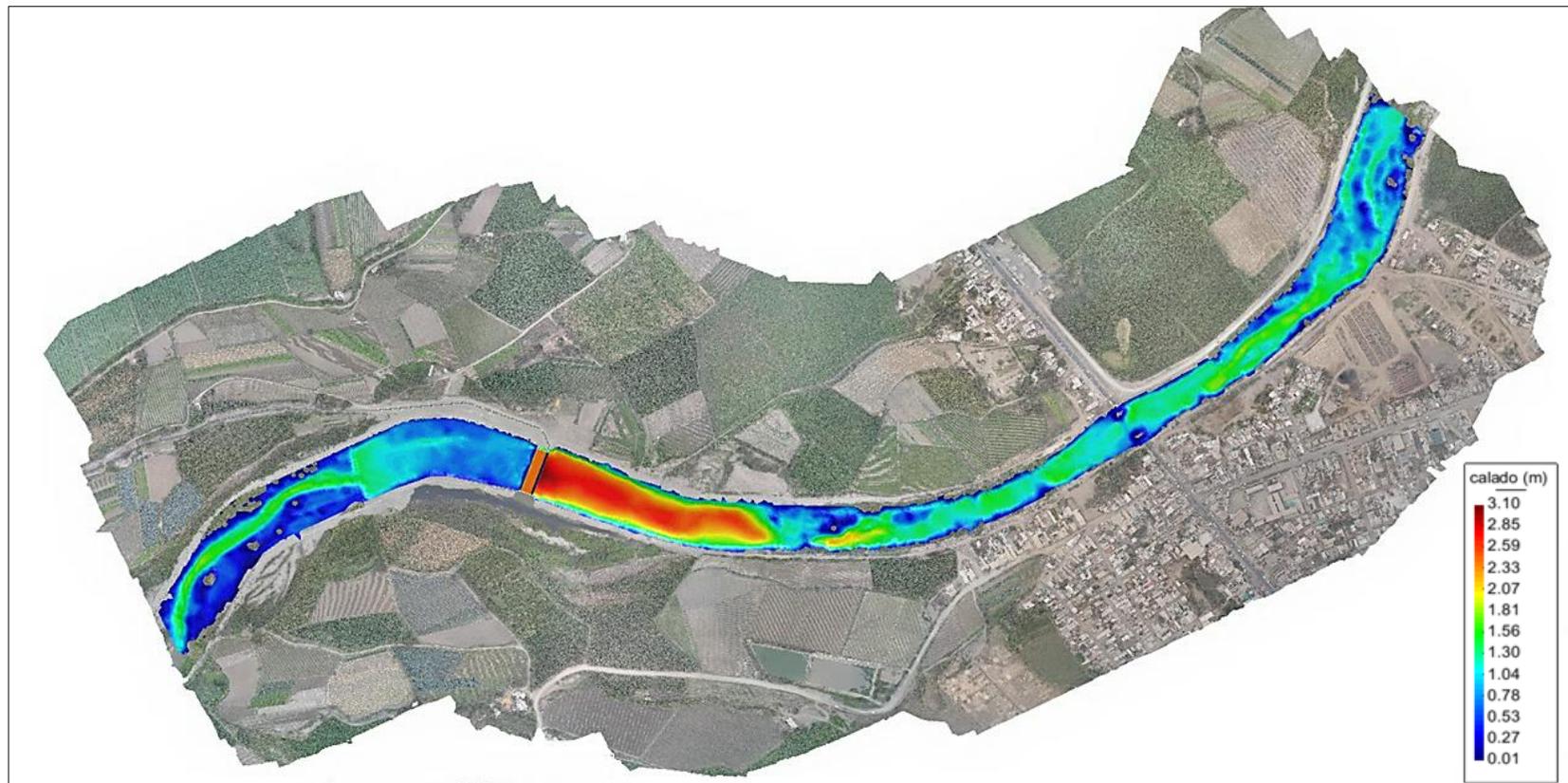
Tabla N° 104: Cuantificación del transporte de sedimentos - Sector 4- Sección 2

PARKER			
FORMULA	$gB = \frac{11.93 * f(\phi) * \left(\frac{\tau_g}{\rho}\right)^{3/2}}{g(s-1)}$		
CONDICIÓN	Hasta 54mm		
SECCIÓN	2		
MUESTRA	Superficial (Coraza)		
CAUDAL	52.00 m3/s		
ANCHO	56.00 m		
DATOS INICIALES			
PARÁMETROS	Símbolo	Unidad	VALOR
D50	D50	m	0.04181
D90	D90	m	0.08154
Gravedad	g	m/s ²	9.81
Densidad del agua	ρ	Kg/m ³	1000
Pendiente	S	-	0.0046
Velocidad media del flujo	V	m/s	1.21
Densidad de las partículas	ρ_s	Kg/m ³	2650
Rugosidad del lecho	ks	-	0.16308
Radio hidráulico asociado al esfuerzo cortante del grano	R'	m	0.02
Esfuerzo cortante del grano	τ_g	N/m ²	0.76
Esfuerzo cortante relativo	ϕ	-	0.03
Número de Shields de la partícula	θ	-	0.001
Número de Shields crítico	θ_c	-	0.039
fx	-	-	2.78E-26
TRANSPORTE DE SEDIMENTOS			
GASTO SÓLIDO DE FONDO	Símbolo	Unidad	VALOR
Gasto unitario sólido de fondo	qB	m ³ /s.m	4.29E-31
Gasto sólido de fondo por sección	QB	m ³ /s	2.40E-29
Gasto unitario sólido de fondo	gb	Kgf/s.m	1.14E-27
Gasto unitario sólido de fondo por sección	GB	Kgf/s	6.37E-26

Fuente: Elaboración Propia

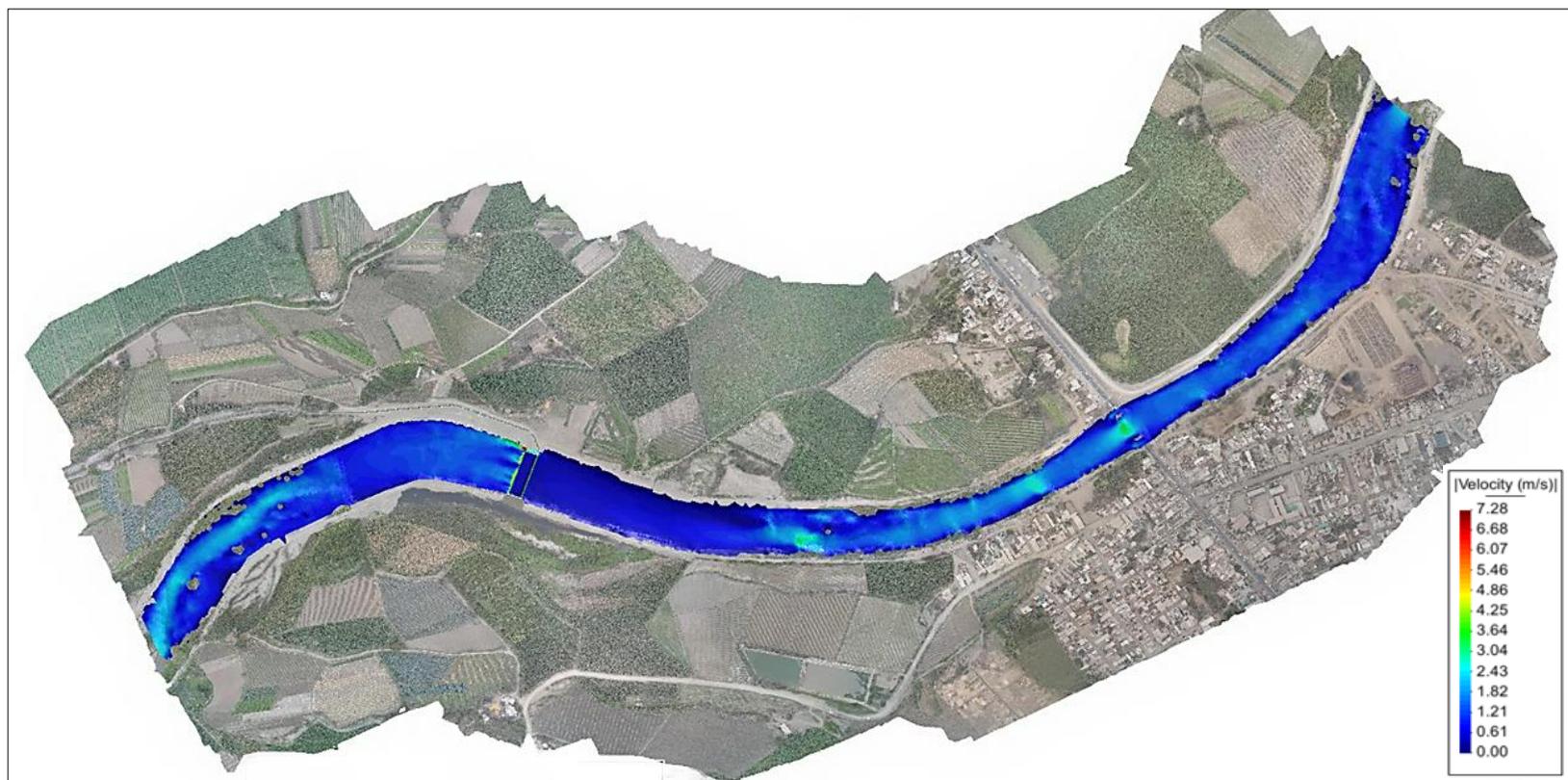
4.5.3.1.3. Periodo de retorno 7– Caudal 94 m³/s

Figura N° 95: Calado



Fuente : Elaboración Propia

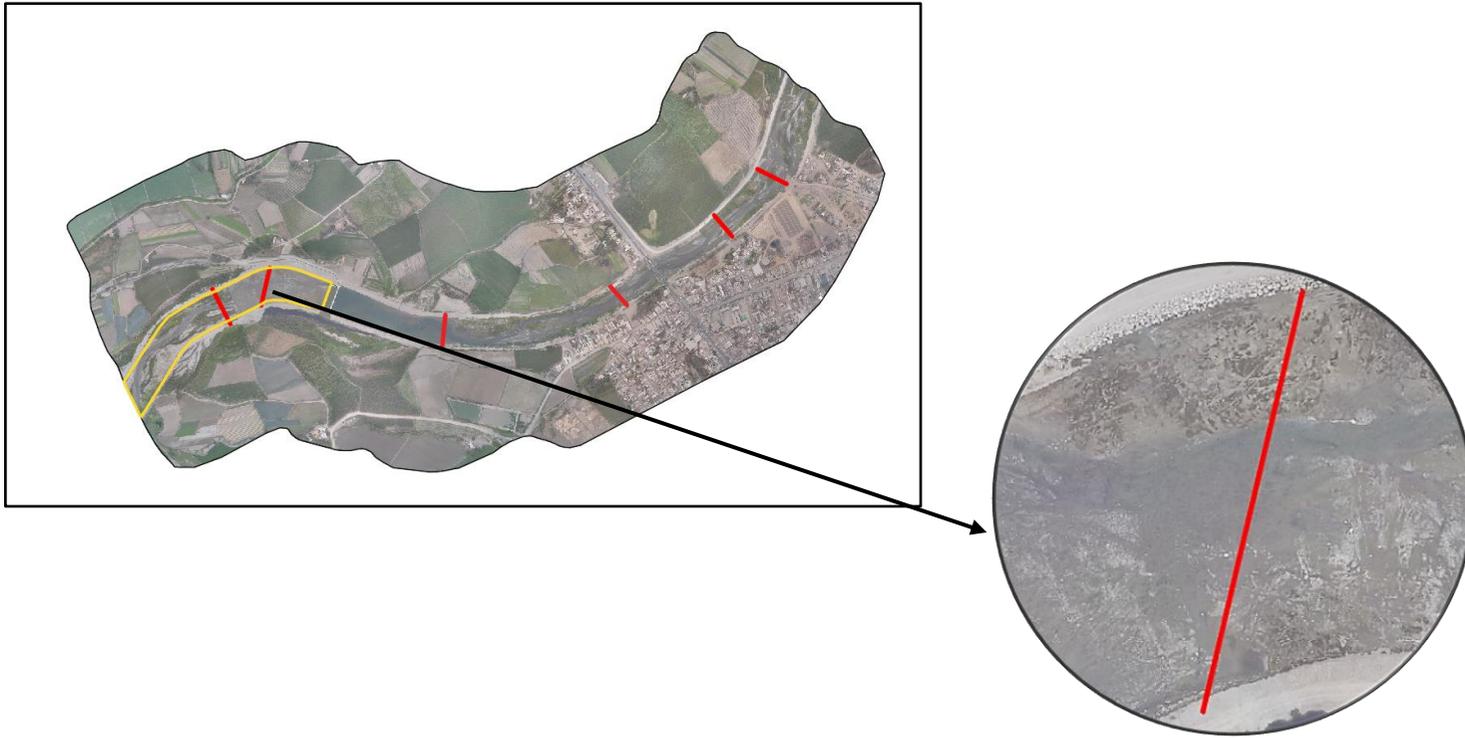
Figura N° 96: Velocidad



Fuente : Elaboración Propia

Figura N° 97: Vista en planta – Sector 1- Sección 1

VISTA EN PLANTA – SECTOR 1- SECCIÓN 1



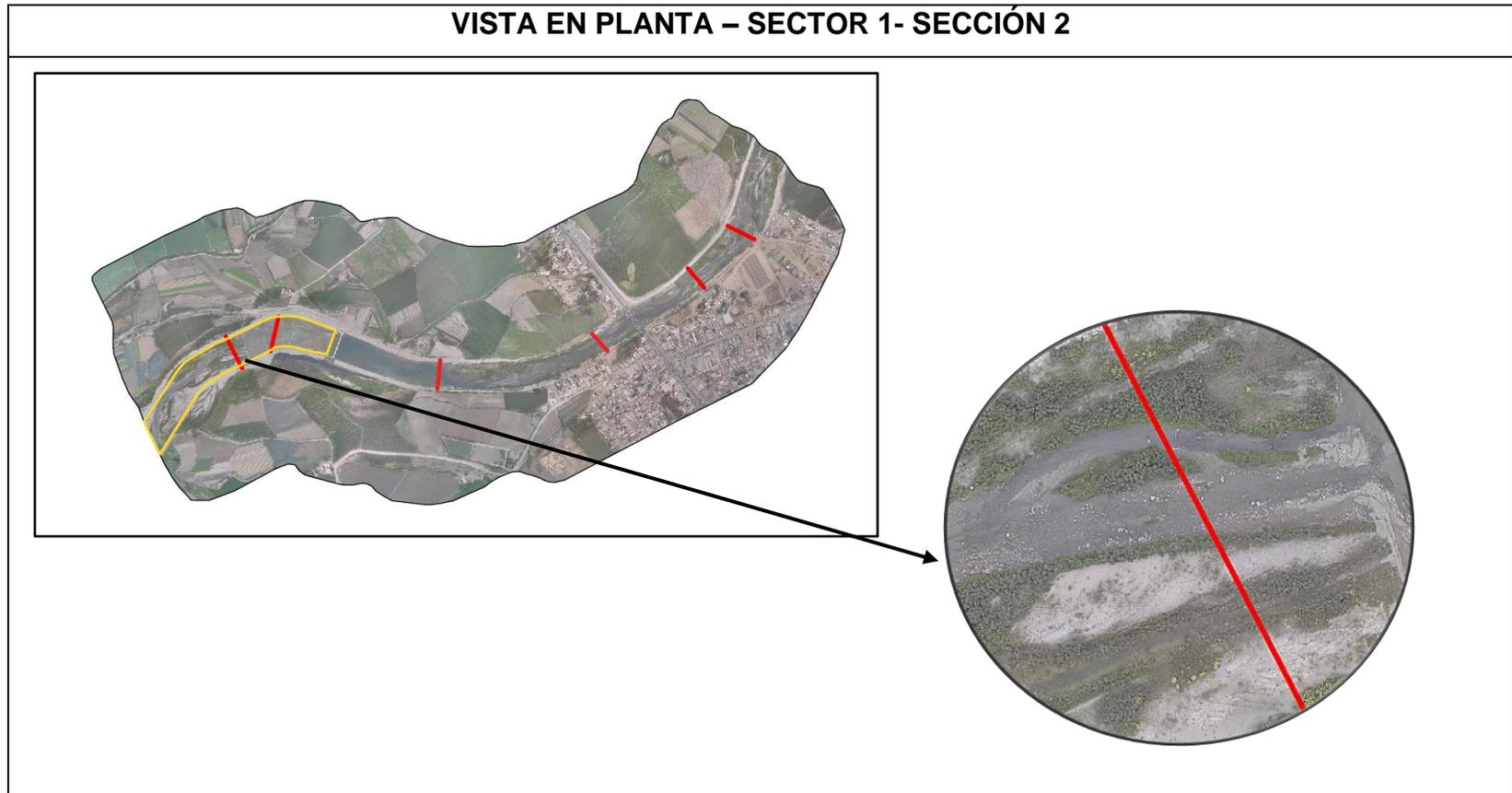
Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 105: Cuantificación del transporte de sedimentos - Sector 1- Sección 1

MEYER PETER Y MÜLLER			
FORMULA	$gB = 8g^{1/2} \left(\frac{\rho_s - \rho}{\rho} \right)^{1/2} D50^{3/2} \left[\left(\frac{ns}{n} \right)^{3/2} \tau_* - 0.047 \right]^{3/2}$		
CONDICIÓN	0.3mm<D50<30mm		
SECCIÓN	1		
MUESTRA	Volumétrica		
CAUDAL	94.00 m3/s		
ANCHO	100.00 m		
DATOS INICIALES			
PARÁMETROS	Símbolo	Unidad	VALOR
D50	D50	m	0.00678
D90	D90	m	0.06085
Gravedad	g	m/s ²	9.81
Densidad del agua	ρ	Kg/m ³	1000
Densidad de las partículas	ρ_s	Kg/m ³	2650
Número adimensional de Shields en función τ_*	$\tau_* C$	-	0.44
Coefficiente de Manning	n	n	0.03
Radio Hidráulico	R	m	1.08
Velocidad media del flujo	V	m/s	1.19
Pendiente	S	-	0.0046
Coefficiente de Manning debido a la partícula	ns	-	0.024
TRANSPORTE DE SEDIMENTOS			
GASTO SÓLIDO DE FONDO	Símbolo	Unidad	VALOR
Gasto unitario sólido de fondo	qB	m ³ /s.m	0.00250
Gasto sólido de fondo por sección	QB	m ³ /s	0.25031
Gasto unitario sólido de fondo	gb	Kgf/s.m	6.63
Gasto sólido de fondo por sección	GB	Kgf/s	663.32

Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 98: Vista en planta – Sector 1- Sección 2



Fuente: Elaboración Propia

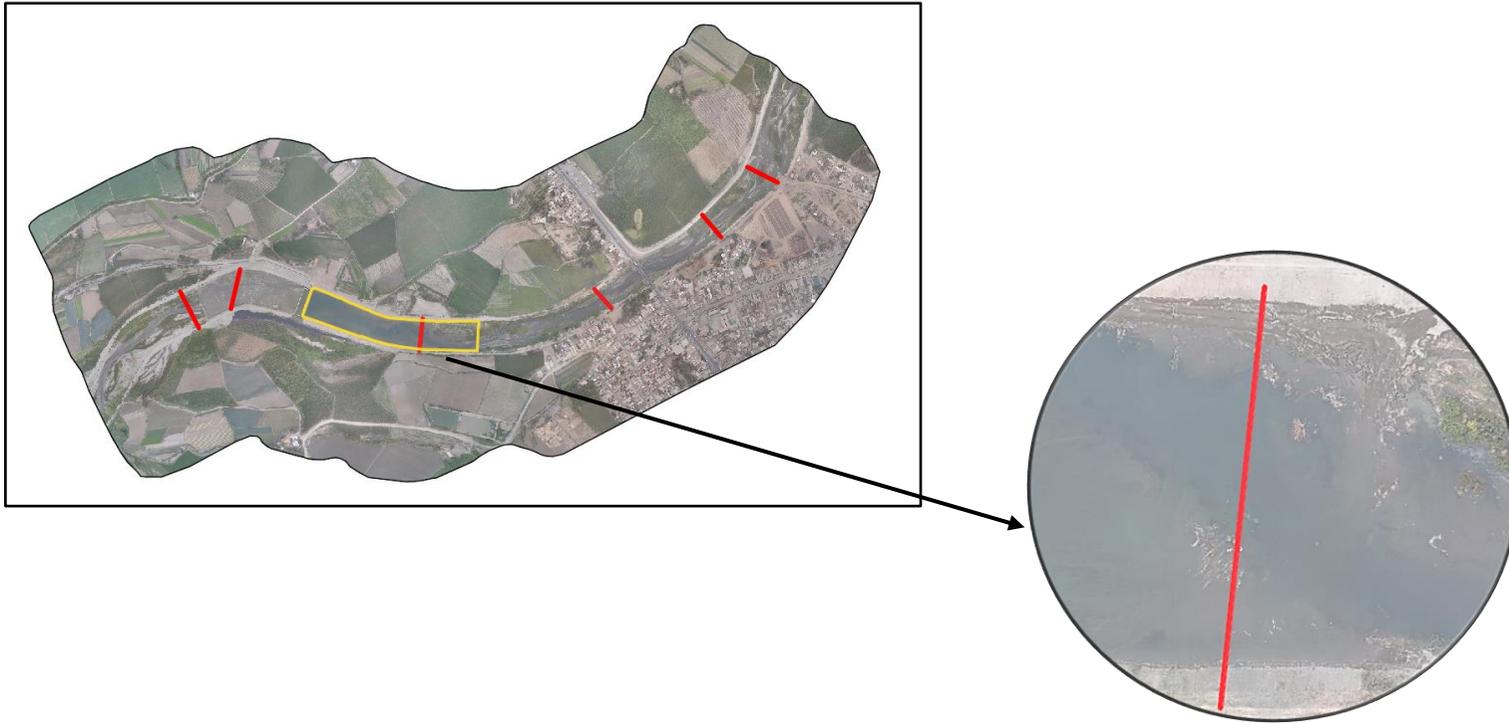
Tabla N° 106: Cuantificación del transporte de sedimentos - Sector 1- Sección 2

PARKER			
FORMULA	$gB = \frac{11.93 * f(\phi) * \left(\frac{\tau_g}{\rho}\right)^{3/2}}{g(s - 1)}$		
CONDICIÓN	Hasta 54mm		
SECCIÓN	2		
MUESTRA	Superficial (Coraza)		
CAUDAL	94.00 m ³ /s		
ANCHO	88.00 m		
DATOS INICIALES			
PARÁMETROS	Símbolo	Unidad	VALOR
D50	D50	m	0.04397
D90	D90	m	0.08586
Gravedad	g	m/s ²	9.81
Densidad del agua. (Kg/m ³)	ρ	Kg/m ³	1000
Pendiente	S	-	0.0046
Velocidad media del flujo	V	m/s	1.51
Densidad de las partículas	ρs	Kg/m ³	2650
Rugosidad del lecho	ks	-	0.17172
Radio hidráulico asociado al esfuerzo cortante del grano	R'	m	0.06
Esfuerzo cortante del grano	τg	N/m ²	2.61
Esfuerzo cortante relativo	φ	-	0.09
Número de Shields de la partícula	θ	-	0.004
Número de Shields crítico	θc	-	0.039
fx	-	-	5.47E-19
TRANSPORTE DE SEDIMENTOS			
GASTO SÓLIDO DE FONDO	Símbolo	Unidad	VALOR
Gasto unitario sólido de fondo	qB	m ³ /s.m	5.36E-23
Gasto sólido de fondo por sección	QB	m ³ /s	4.72E-21
Gasto unitario sólido de fondo	gb	Kgf/s.m	1.42E-19
Gasto sólido de fondo por sección	GB	Kgf/s	1.25E-17

Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 99: Vista en planta – Sector 2 - Sección 1

VISTA EN PLANTA – SECTOR 2- SECCIÓN 1



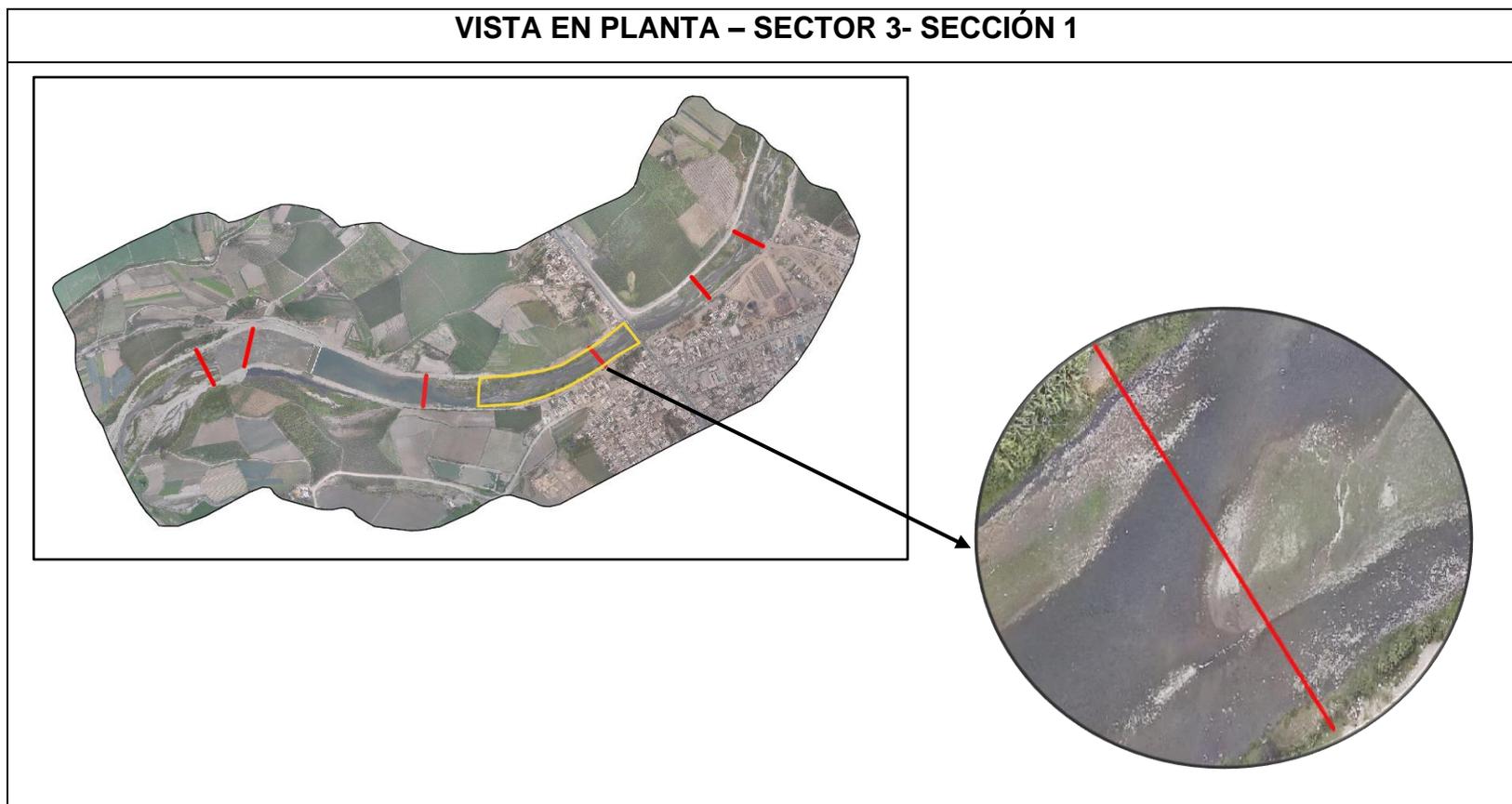
Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 107: Cuantificación del transporte de sedimentos - Sector 2- Sección 1

MEYER PETER Y MÜLLER			
FORMULA	$gB = 8g^{1/2} \left(\frac{\rho_s - \rho}{\rho} \right)^{1/2} D50^{3/2} \left[\left(\frac{ns}{n} \right)^{3/2} \tau_* - 0.047 \right]^{3/2}$		
CONDICIÓN	0.3mm<D50<30mm		
SECCIÓN	1		
MUESTRA	Volumétrica		
CAUDAL	94.00 m3/s		
ANCHO	73.00 m		
DATOS INICIALES			
PARÁMETROS	Símbolo	Unidad	VALOR
D50	D50	m	0.00496
D90	D90	m	0.03452
Gravedad	g	m/s ²	9.81
Densidad del agua	ρ	Kg/m ³	1000
Densidad de las partículas	ρ_s	Kg/m ³	2650
Número adimensional de Shields en funcion al τ	τ_*C	-	1.52
Coeficiente de Manning	n	n	0.035
Radio Hidráulico	R	m	2.70
Velocidad media del flujo	V	m/s	1
Pendiente	S	-	0.0046
Coeficiente de Manning debido a la partícula	ns	-	0.022
TRANSPORTE DE SEDIMENTOS			
GASTO SÓLIDO DE FONDO	Símbolo	Unidad	VALOR
Gasto unitario sólido de fondo	qB	m ³ /s.m	0.00649983
Gasto sólido de fondo por sección	QB	m ³ /s	0.474488
Gasto unitario sólido de fondo	gb	Kgf/s.m	17.22455
Gasto sólido de fondo por sección	GB	Kgf/s	45645.07

Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 100: Vista en planta – Sector 3 – Sección 1



Fuente: Elaboración Propia

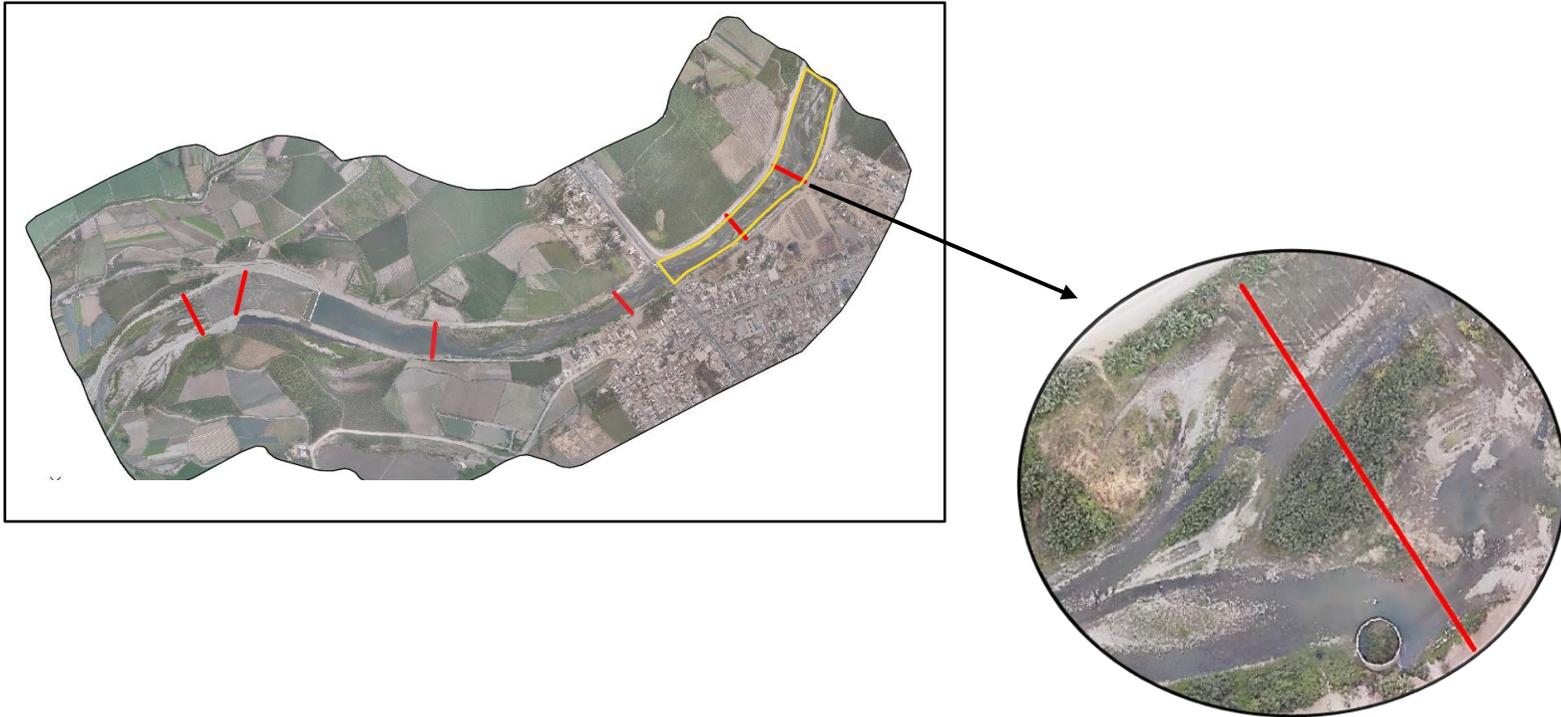
Tabla N° 108: Cuantificación del transporte de sedimentos - Sector 3- Sección 1

PARKER			
FORMULA	$gB = \frac{11.93 * f(\phi) * \left(\frac{\tau_g}{\rho}\right)^{\frac{3}{2}}}{g(s-1)}$		
CONDICIÓN	Hasta 54mm		
SECCIÓN	1		
MUESTRA	Superficial (Coraza)		
CAUDAL	94.00 m3/s		
ANCHO	50.00 m		
DATOS INICIALES			
PARÁMETROS	Símbolo	Unidad	VALOR
D50	D50	m	0.08785
D90	D90	m	0.04864
Gravedad	g	m/s ²	9.81
Densidad del agua	ρ	Kg/m ³	1000
Pendiente	S	-	0.0046
Velocidad media del flujo	V	m/s	1.58
Densidad de las partículas	ρs	Kg/m ³	2650
Rugosidad del lecho	ks	-	0.09728
Radio hidráulico asociado al esfuerzo cortante del grano	R'	m	0.02
Esfuerzo cortante del grano	τg	N/m ²	1.09
Esfuerzo cortante relativo	φ	-	0.02
Número de Shields de la partícula	θ	-	0.001
Número de Shields crítico	θc	-	0.039
fx	-	-	1.22E-28
TRANSPORTE DE SEDIMENTOS			
GASTO SÓLIDO DE FONDO	Símbolo	Unidad	VALOR
Gasto unitario sólido de fondo	qB	m ³ /s.m	3.23E-33
Gasto sólido de fondo por sección	QB	m ³ /s	1.61E-31
Gasto unitario sólido de fondo	gb	Kgf/s.m	8.56E-30
Gasto sólido de fondo por sección	GB	Kgf/s	4.28E-28

Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 101: Vista en planta – Sector 4 – Sección 1

VISTA EN PLANTA – SECTOR 4- SECCIÓN 1



Fuente: Elaboración Propia

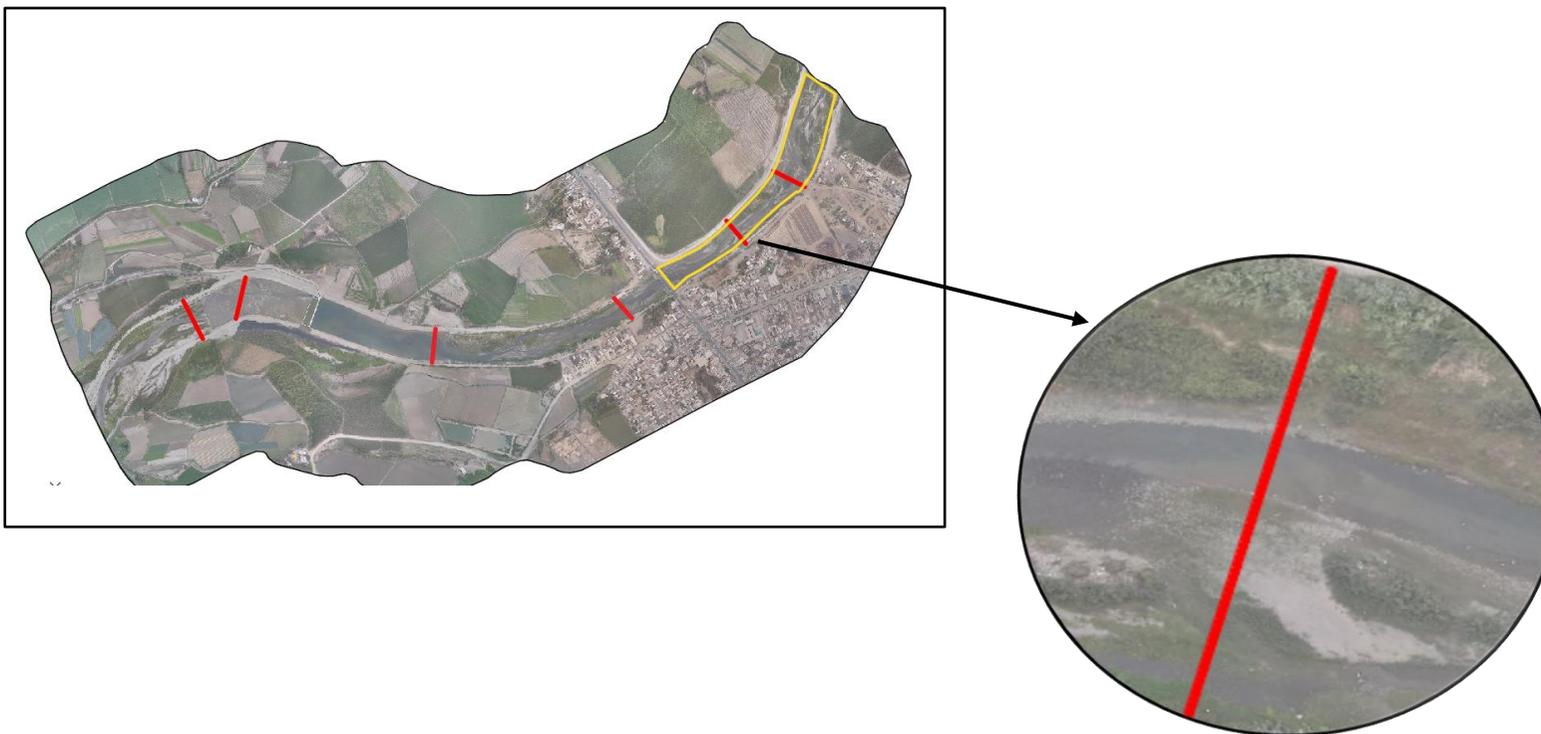
Tabla N° 109: Cuantificación del transporte de sedimentos - Sector 4- Sección 1

MEYER PETER Y MULLER			
FORMULA	$gB = 8g^{1/2} \left(\frac{\rho_s - \rho}{\rho} \right)^{1/2} D50^{3/2} \left[\left(\frac{ns}{n} \right)^{3/2} \tau_* - 0.047 \right]^{3/2}$		
CONDICIÓN	0.3mm<D50<30mm		
SECCIÓN	1		
MUESTRA	Volumétrica		
CAUDAL	94.00 m3/s		
ANCHO	85.00 m		
DATOS INICIALES			
PARÁMETROS	Símbolo	Unidad	VALOR
D50	D50	m	0.00148
D90	D90	m	0.02133
Gravedad	g	m/s ²	9.81
Densidad del agua	ρ	Kg/m ³	1000
Densidad de las partículas	ρs	Kg/m ³	2650
Número adimensional de Shields en función al τ	τ*C	-	3.01
Coefficiente de Manning	n	n	0.053
Radio Hidráulico	R	m	1.60
Velocidad media del flujo	V	m/s	1.08
Pendiente	S	-	0.0046
Coefficiente de Manning debido a la partícula	ns	-	0.020
TRANSPORTE DE SEDIMENTOS			
GASTO SÓLIDO DE FONDO	Símbolo	Unidad	VALOR
Gasto unitario sólido de fondo	qB	m ³ /s.m	0.0010
Gasto sólido de fondo por sección	QB	m ³ /s	0.0819
Gasto unitario sólido de fondo	gb	Kgf/s.m	2.55
Gasto unitario sólido de fondo por sección	GB	Kgf/s	6767.02

Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 102: Vista en planta – Sector 4 – Sección 2

VISTA EN PLANTA – SECTOR 4- SECCIÓN 2



Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 110: Cuantificación del transporte de sedimentos - Sector 4- Sección 2

PARKER			
FORMULA	$gB = \frac{11.93 * f(\phi) * \left(\frac{\tau_g}{\rho}\right)^{0.14}}{g(s-1)}$		
CONDICIÓN	Hasta 54mm		
SECCIÓN	2		
MUESTRA	Superficial (Coraza)		
CAUDAL	94.00 m ³ /s		
ANCHO	56.00 m		
DATOS INICIALES			
PARÁMETROS	Símbolo	Unidad	VALOR
D50	D50	m	0.04181
D90	D90	m	0.08154
Gravedad	g	m/s ²	9.81
Densidad del agua	ρ	Kg/m ³	1000
Pendiente	S	-	0.0046
Velocidad media del flujo	V	m/s	1.45
Densidad de las partículas	ρ_s	Kg/m ³	2650
Rugosidad del lecho	ks	-	0.16308
Radio hidráulico asociado al esfuerzo cortante del grano	R'	m	0.04
Esfuerzo cortante del grano	τ_g	N/m ²	1.88
Esfuerzo cortante relativo	ϕ	-	0.07
Número de Shields de la partícula	θ	-	0.003
Número de Shields crítico	θ_c	-	0.039
fx	-	-	1.04E-20
TRANSPORTE DE SEDIMENTOS			
GASTO SÓLIDO DE FONDO	Símbolo	Unidad	VALOR
Gasto unitario sólido de fondo	qB	m ³ /s.m	6.24E-25
Gasto sólido de fondo por sección	QB	m ³ /s	3.50E-23
Gasto unitario sólido de fondo	gb	Kgf/s.m	1.65E-21
Gasto unitario sólido de fondo por sección	GB	Kgf/s	9.27E-20

Fuente: Elaboración Propia

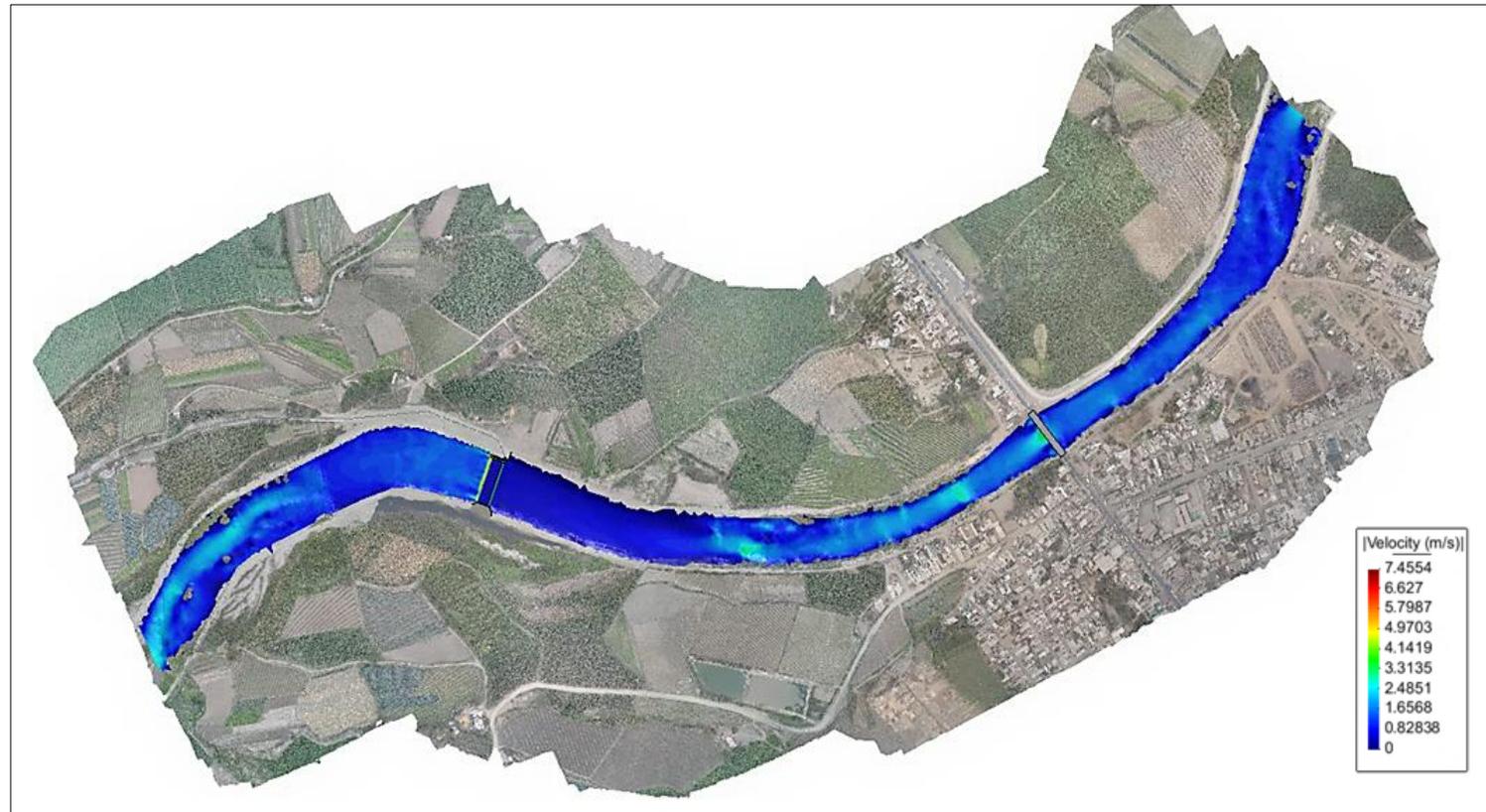
4.5.3.1.4. Periodo de retorno 10– Caudal 110 m³/s

Figura N° 103: Calado



Fuente : Elaboración Propia

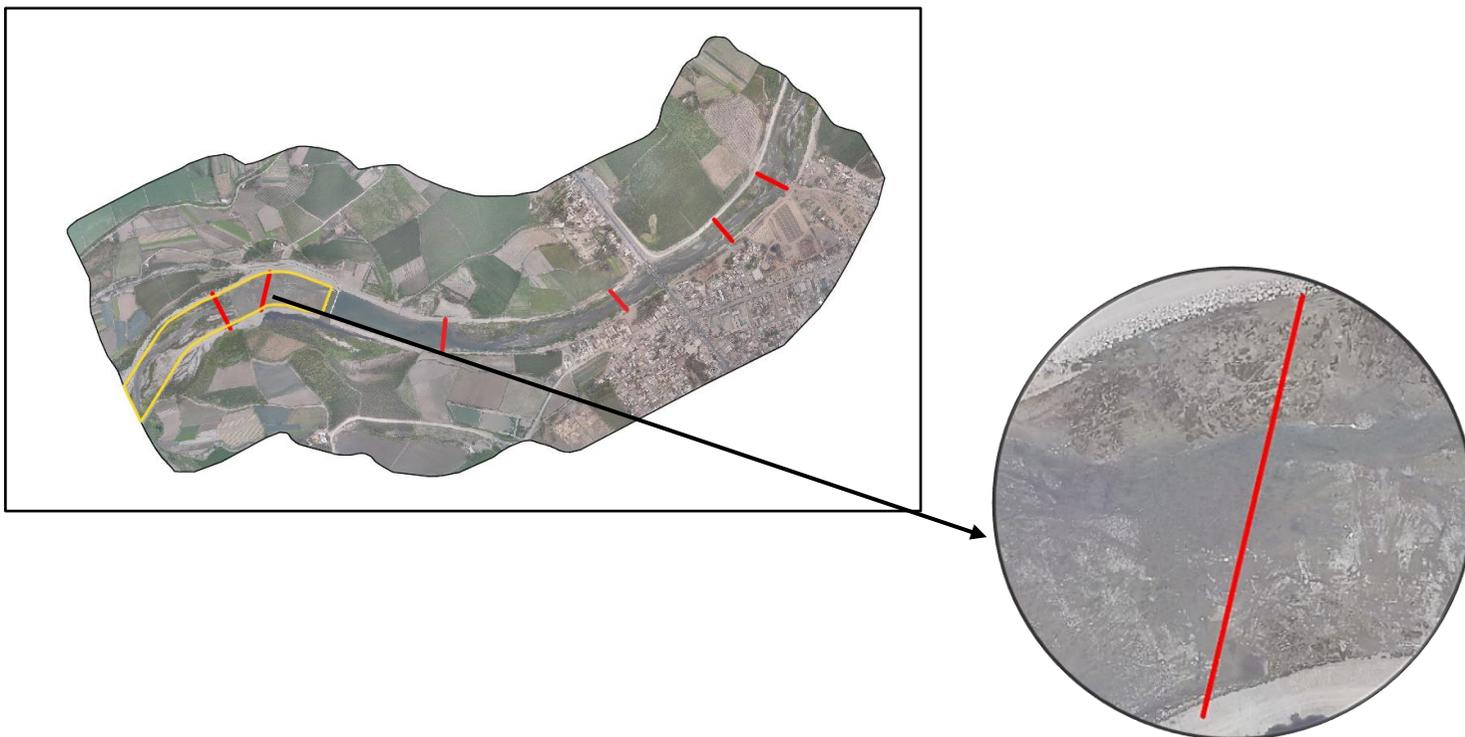
Figura N° 104: Velocidad



Fuente : Elaboración Propia

Figura N° 105: Vista en planta – Sector 1 – Sección 1

VISTA EN PLANTA – SECTOR 1- SECCIÓN 1



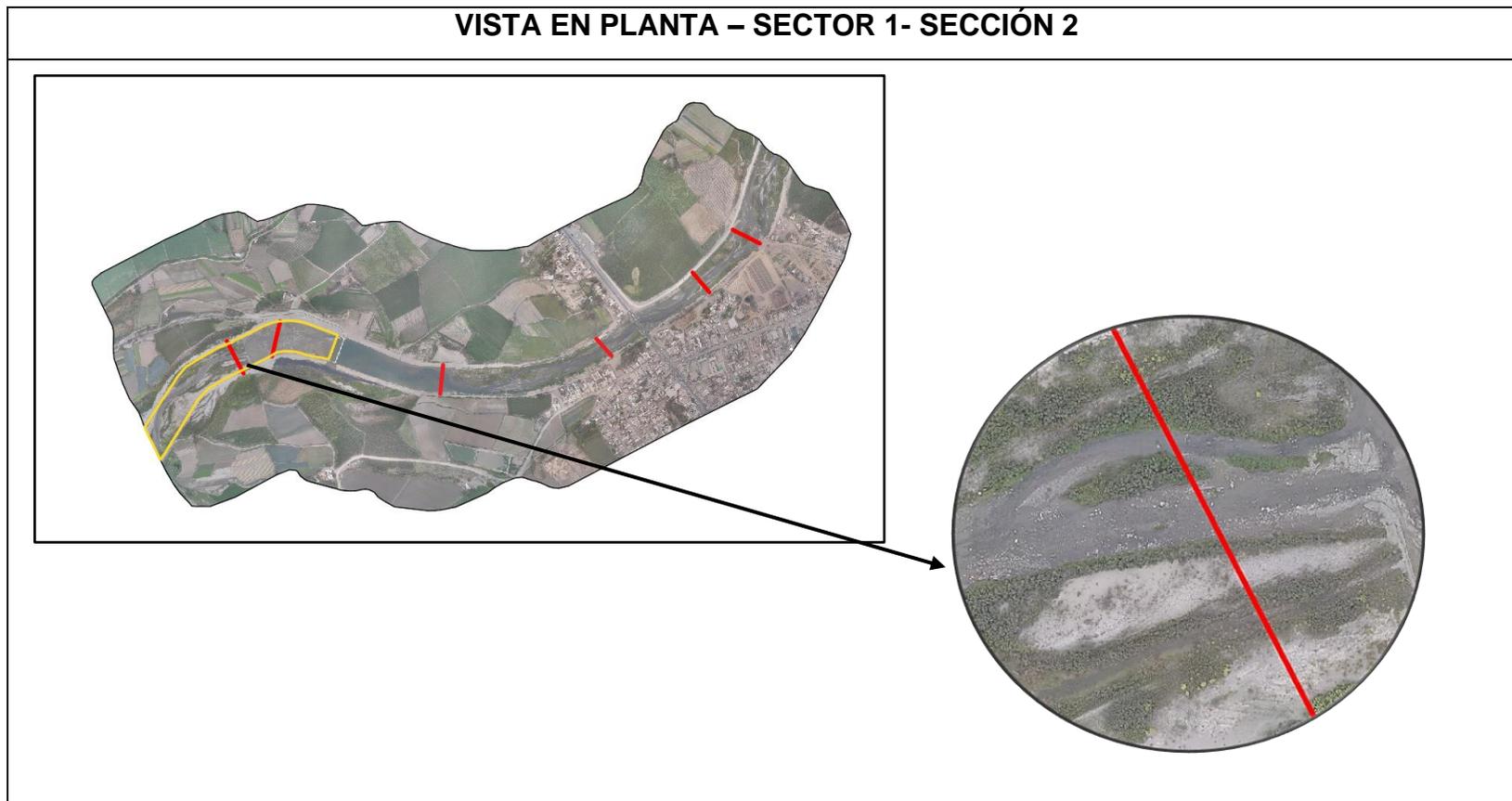
Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 111: Cuantificación del transporte de sedimentos - Sector 1- Sección 1

MEYER PETER Y MÜLLER			
FORMULA	$gB = 8g^{1/2} \left(\frac{\rho_s - \rho}{\rho} \right)^{1/2} D50^{3/2} \left[\left(\frac{ns}{n} \right)^{3/2} \tau_* - 0.047 \right]^{3/2}$		
CONDICIÓN	0.3mm<D50<30mm		
SECCIÓN	1		
MUESTRA	Volumétrica		
CAUDAL	110.00 m3/s		
ANCHO	100.00 m		
DATOS INICIALES			
PARÁMETROS	Símbolo	Unidad	VALOR
D50	D50	m	0.00678
D90	D90	m	0.06085
Gravedad	g	m/s ²	9.81
Densidad del agua	ρ	Kg/m ³	1000
Densidad de las partículas	ρs	Kg/m ³	2650
Número adimensional de Shields en función al	τ*C	-	0.44
Coefficiente de Manning	n	n	0.03
Radio Hidráulico	R	m	1.08
Velocidad media del flujo	V	m/s	1.19
Pendiente	S	-	0.0046
Coefficiente de Manning debido a la partícula	ns	-	0.024
TRANSPORTE DE SEDIMENTOS			
GASTO SÓLIDO DE FONDO	Símbolo	Unidad	VALOR
Gasto unitario sólido de fondo	qB	m ³ /s.m	0.00250
Gasto sólido de fondo por sección	QB	m ³ /s	0.25031
Gasto unitario sólido de fondo	gb	Kgf/s.m	6.63
Gasto sólido de fondo por sección	GB	Kgf/s	663.32

Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 106: Vista en planta – Sector 1 – Sección 2



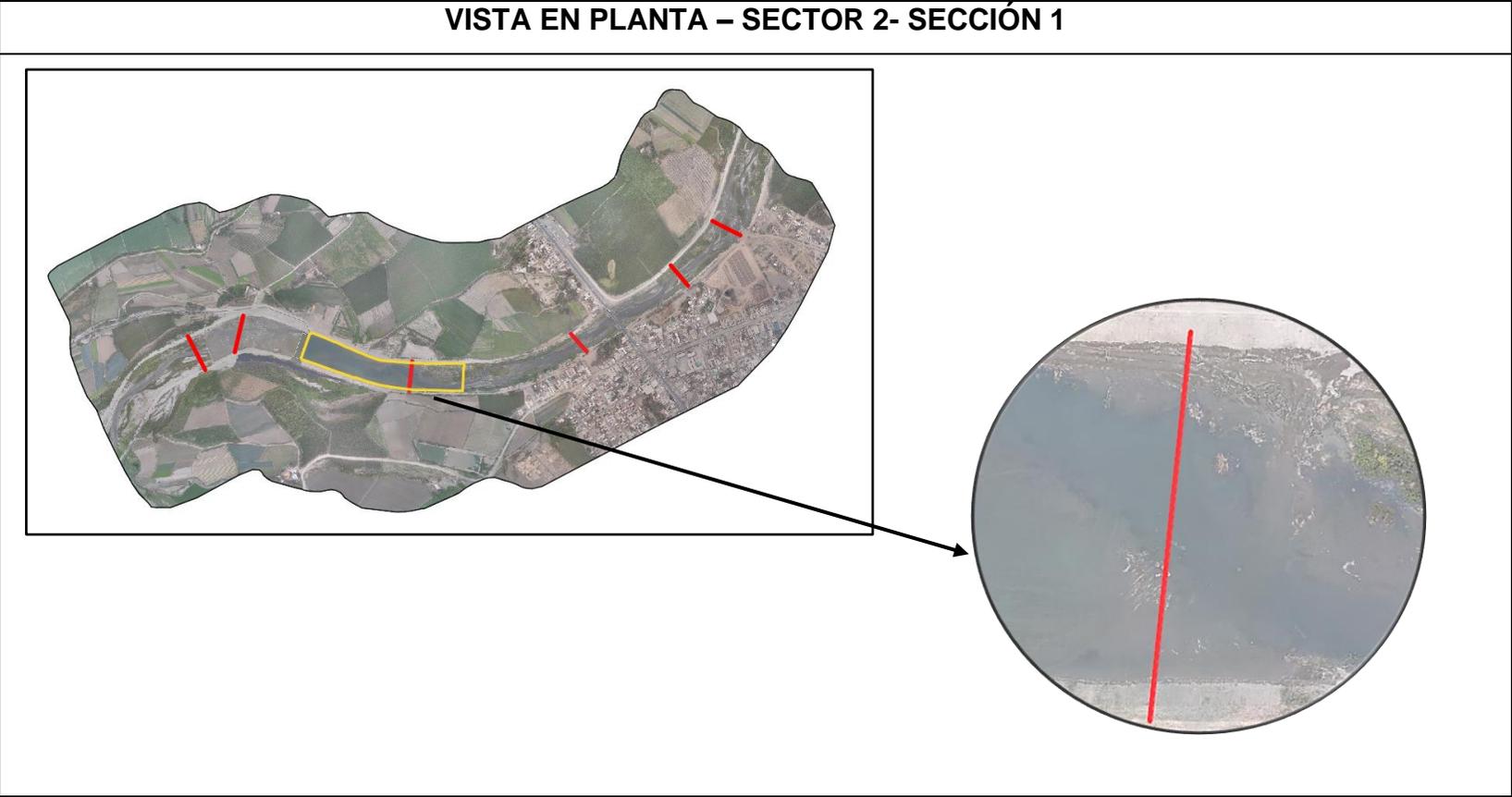
Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 112: Cuantificación del transporte de sedimentos - Sector 1- Sección 2

PARKER			
FORMULA	$gB = \frac{11.93 * f(\phi) * \left(\frac{\tau_g}{\rho}\right)^{3/2}}{g(s - 1)}$		
CONDICIÓN	Hasta 54mm		
SECCIÓN	2		
MUESTRA	Superficial (Coraza)		
CAUDAL	110.00 m3/s		
ANCHO	88.00 m		
DATOS INICIALES			
PARÁMETROS	Símbolo	Unidad	VALOR
D50	D50	m	0.04397
D90	D90	m	0.08586
Gravedad	g	m/s ²	9.81
Densidad del agua. (Kg/m ³)	ρ	Kg/m ³	1000
Pendiente	S	-	0.0046
Velocidad media del flujo	V	m/s	1.51
Densidad de las partículas	ρs	Kg/m ³	2650
Rugosidad del lecho	ks	-	0.17172
Radio hidráulico asociado al esfuerzo cortante del grano	R'	m	0.06
Esfuerzo cortante del grano	τg	N/m ²	2.61
Esfuerzo cortante relativo	φ	-	0.09
Número de Shields de la partícula	θ	-	0.004
Número de Shields crítico	θc	-	0.039
fx	-	-	5.47E-19
TRANSPORTE DE SEDIMENTOS			
GASTO SÓLIDO DE FONDO	Símbolo	Unidad	VALOR
Gasto unitario sólido de fondo	qB	m ³ /s.m	5.36E-23
Gasto sólido de fondo por sección	QB	m ³ /s	4.72E-21
Gasto unitario sólido de fondo	gb	Kgf/s.m	1.42E-19
Gasto sólido de fondo por sección	GB	Kgf/s	1.25E-17

Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 107: Vista en planta – Sector 2 – Sección1



Fuente: Elaboración Propia

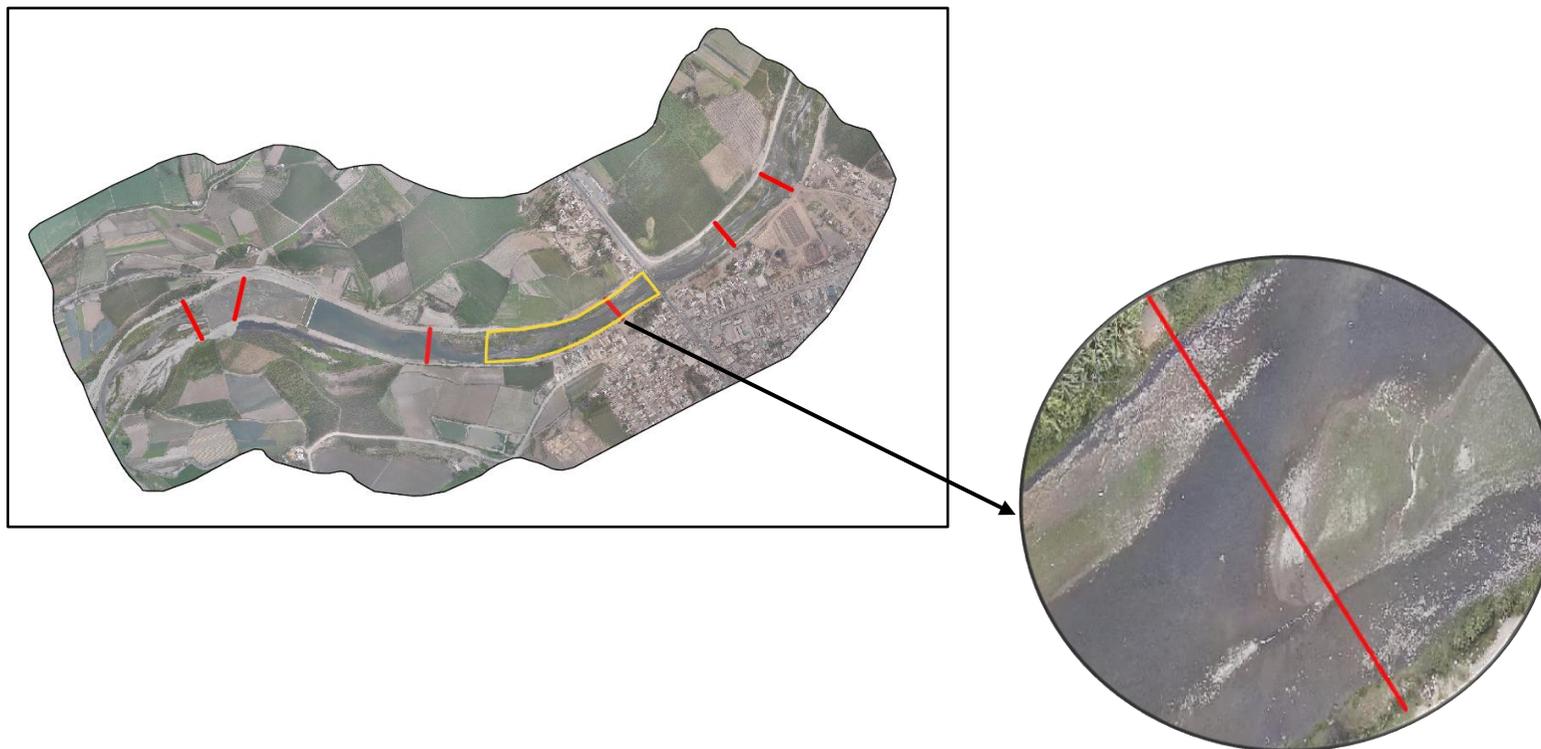
Tabla N° 113: Cuantificación del transporte de sedimentos - Sector 2- Sección 1

PARKER			
FORMULA	$gB = \frac{11.93 * f(\phi) * \left(\frac{\tau_g}{\rho}\right)^{3/2}}{g(s - 1)}$		
CONDICIÓN	Hasta 54mm		
SECCIÓN	2		
MUESTRA	Superficial (Coraza)		
CAUDAL	110.00 m3/s		
ANCHO	88.00 m		
DATOS INICIALES			
PARÁMETROS	Símbolo	Unidad	VALOR
D50	D50	m	0.04397
D90	D90	m	0.08586
Gravedad	g	m/s ²	9.81
Densidad del agua. (Kg/m ³)	ρ	Kg/m ³	1000
Pendiente	S	-	0.0046
Velocidad media del flujo	V	m/s	1.51
Densidad de las partículas	ρs	Kg/m ³	2650
Rugosidad del lecho	ks	-	0.17172
Radio hidráulico asociado al esfuerzo cortante del grano	R'	m	0.06
Esfuerzo cortante del grano	τg	N/m ²	2.61
Esfuerzo cortante relativo	φ	-	0.09
Número de Shields de la partícula	θ	-	0.004
Número de Shields crítico	θc	-	0.039
fx	-	-	5.47E-19
TRANSPORTE DE SEDIMENTOS			
GASTO SÓLIDO DE FONDO	Símbolo	Unidad	VALOR
Gasto unitario sólido de fondo	qB	m ³ /s.m	5.36E-23
Gasto sólido de fondo por sección	QB	m ³ /s	4.72E-21
Gasto unitario sólido de fondo	gb	Kgf/s.m	1.42E-19
Gasto sólido de fondo por sección	GB	Kgf/s	1.25E-17

Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 108: Vista en planta – Sector 3 - Sección 1

VISTA EN PLANTA – SECTOR 3- SECCIÓN 1



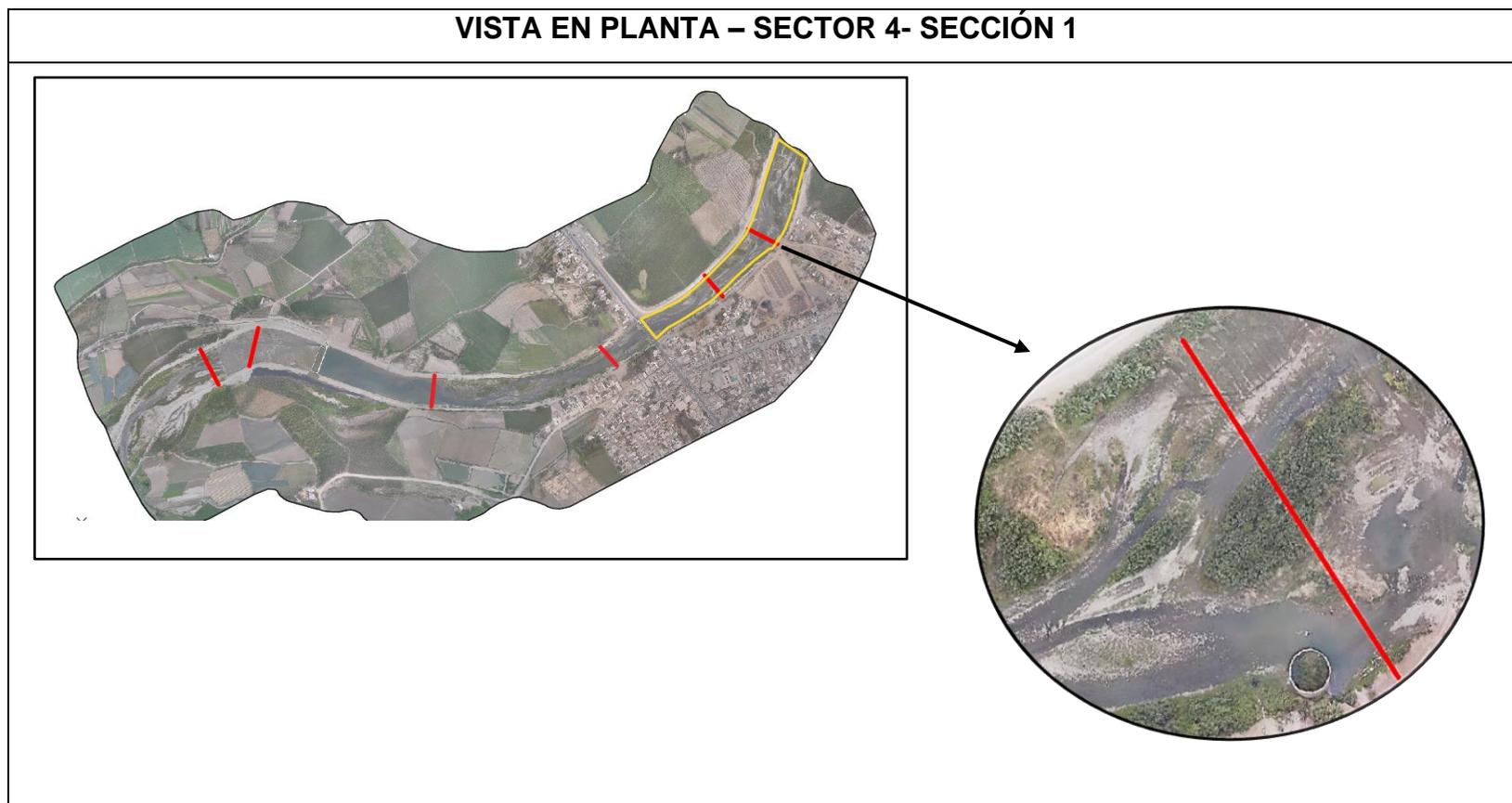
Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 114: Cuantificación del transporte de sedimentos - Sector 3- Sección 1

MEYER PETER Y MÜLLER			
FORMULA	$gB = 8g^{1/2} \left(\frac{\rho_s - \rho}{\rho} \right)^{1/2} D50^{3/2} \left[\left(\frac{ns}{n} \right)^{3/2} \tau_* - 0.047 \right]^{3/2}$		
CONDICIÓN	0.3mm<D50<30mm		
SECCIÓN	1		
MUESTRA	Volumétrica		
CAUDAL	110.00 m3/s		
ANCHO	73.00 m		
DATOS INICIALES			
PARÁMETROS	Símbolo	Unidad	VALOR
D50	D50	m	0.00496
D90	D90	m	0.03452
Gravedad	g	m/s ²	9.81
Densidad del agua	ρ	Kg/m ³	1000
Densidad de las partículas	ρ _s	Kg/m ³	2650
Número adimensional de Shields en funcion al τ	τ*c	-	1.52
Coefficiente de Manning	n	n	0.035
Radio Hidráulico	R	m	2.70
Velocidad media del flujo	V	m/s	1
Pendiente	S	-	0.0046
Coefficiente de Manning debido a la partícula	ns	-	0.022
TRANSPORTE DE SEDIMENTOS			
GASTO SÓLIDO DE FONDO	Símbolo	Unidad	VALOR
Gasto unitario sólido de fondo	q _B	m ³ /s.m	0.00649983
Gasto sólido de fondo por sección	Q _B	m ³ /s	0.474488
Gasto unitario sólido de fondo	g _b	Kgf/s.m	17.22455
Gasto sólido de fondo por sección	GB	Kgf/s	45645.07

Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 109: Vista en planta – Sector 4 – Sección 1



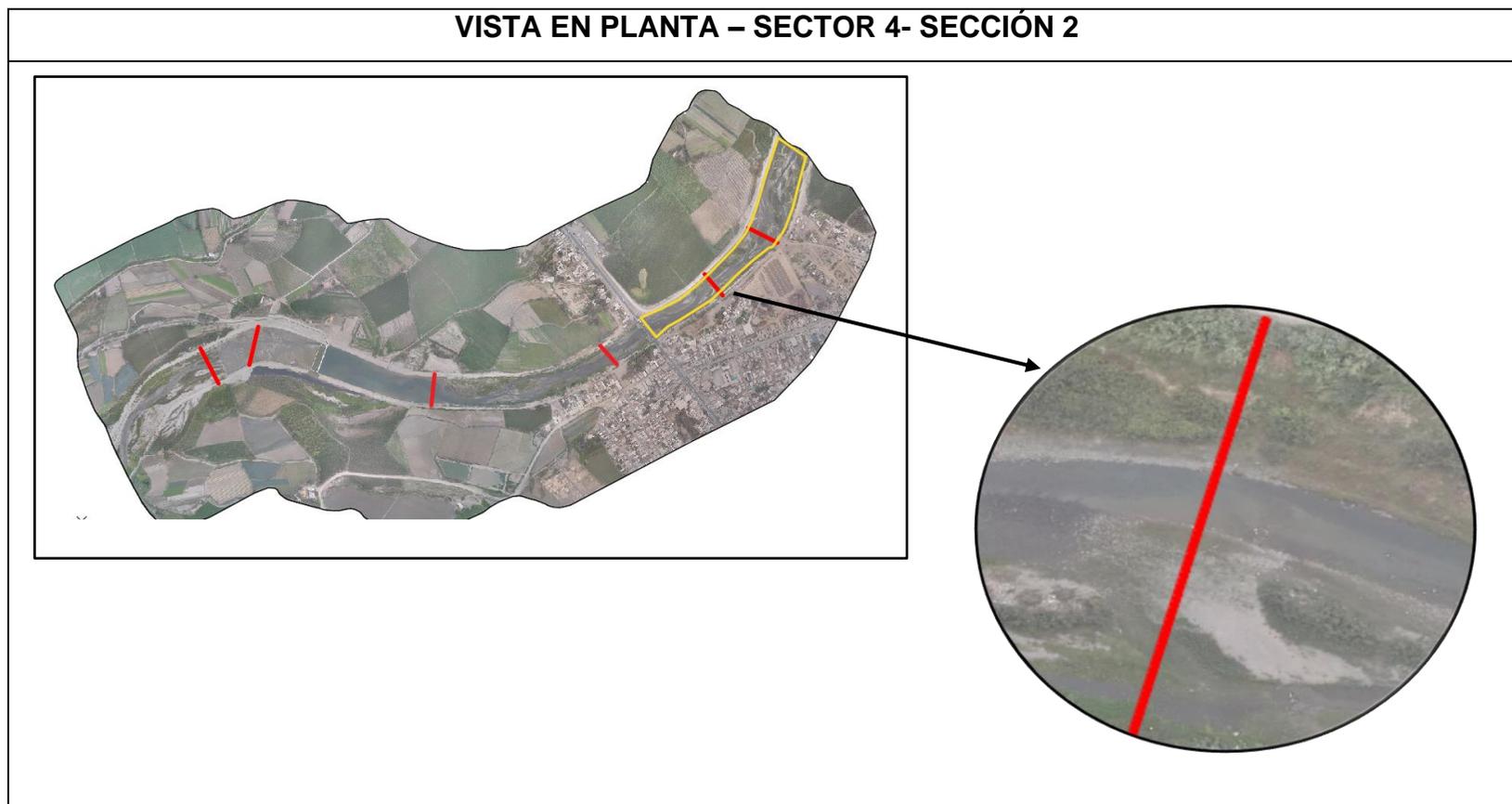
Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 115: Cuantificación del transporte de sedimentos - Sector 4- Sección 1

MEYER PETER Y MULLER			
FORMULA	$gB = 8g^{1/2} \left(\frac{\rho_s - \rho}{\rho} \right)^{1/2} D_{50}^{3/2} \left[\left(\frac{ns}{n} \right)^{3/2} \tau_* - 0.047 \right]^{3/2}$		
CONDICIÓN	0.3mm < D50 < 30mm		
SECCIÓN	1		
MUESTRA	Volumétrica		
CAUDAL	110.00 m ³ /s		
ANCHO	85.00 m		
DATOS INICIALES			
PARÁMETROS	Símbolo	Unidad	VALOR
D50	D50	m	0.00148
D90	D90	m	0.02133
Gravedad	g	m/s ²	9.81
Densidad del agua	ρ	Kg/m ³	1000
Densidad de las partículas	ρ _s	Kg/m ³	2650
Número adimensional de Shields en función al τ	τ*C	-	3.01
Coefficiente de Manning	n	n	0.053
Radio Hidráulico	R	m	1.60
Velocidad media del flujo	V	m/s	1.08
Pendiente	S	-	0.0046
Coefficiente de Manning debido a la partícula	ns	-	0.020
TRANSPORTE DE SEDIMENTOS			
GASTO SÓLIDO DE FONDO	Símbolo	Unidad	VALOR
Gasto unitario sólido de fondo	q _B	m ³ /s.m	0.0010
Gasto sólido de fondo por sección	Q _B	m ³ /s	0.0819
Gasto unitario sólido de fondo	g _b	Kgf/s.m	2.55
Gasto unitario sólido de fondo por sección	GB	Kgf/s	6767.02

Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 110: Vista en planta – Sector 4 – Sección 2



Fuente: Elaboración Propia

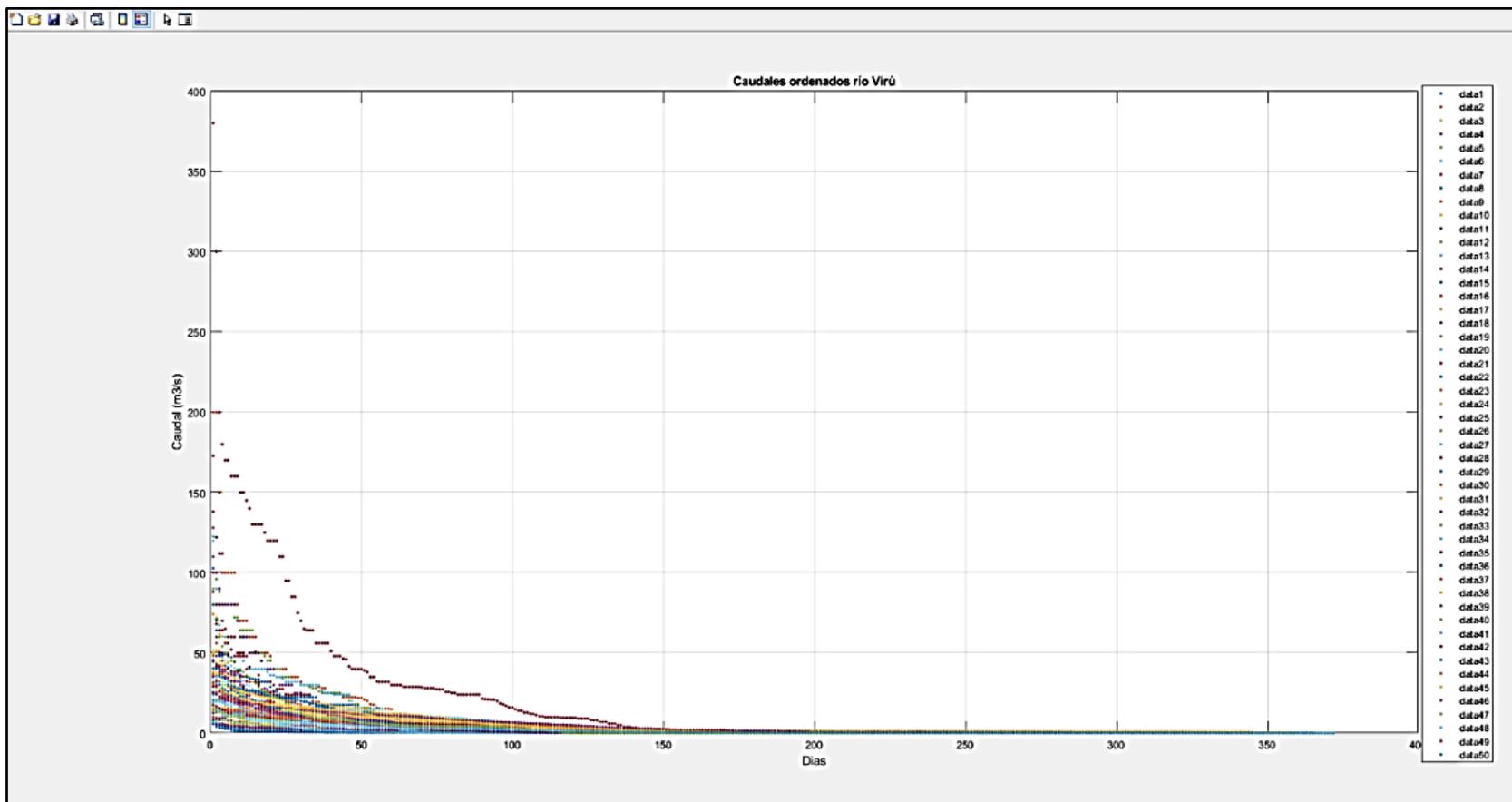
Tabla N° 116: Cuantificación del transporte de sedimentos - Sector 4- Sección 2

PARKER			
FORMULA	$gB = \frac{11.93 * f(\phi) * \left(\frac{\tau_g}{\rho}\right)^{2/3}}{g(s-1)}$		
CONDICIÓN	Hasta 54mm		
SECCIÓN	2		
MUESTRA	Superficial (Coraza)		
CAUDAL	110.00 m3/s		
ANCHO	56.00 m		
DATOS INICIALES			
PARÁMETROS	Símbolo	Unidad	VALOR
D50	D50	m	0.04181
D90	D90	m	0.08154
Gravedad	g	m/s ²	9.81
Densidad del agua	ρ	Kg/m ³	1000
Pendiente	S	-	0.0043
Velocidad media del flujo	V	m/s	1.45
Densidad de las partículas	ρs	Kg/m ³	2650
Rugosidad del lecho	ks	-	0.16308
Radio hidráulico asociado al esfuerzo cortante del grano	R'	m	0.05
Esfuerzo cortante del grano	τg	N/m ²	2.11
Esfuerzo cortante relativo	φ	-	0.08
Número de Shields de la partícula	θ	-	0.003
Número de Shields crítico	θc	-	0.039
fx	-	-	5.72E-20
TRANSPORTE DE SEDIMENTOS			
GASTO SÓLIDO DE FONDO	Símbolo	Unidad	VALOR
Gasto unitario sólido de fondo	qB	m ³ /s.m	4.10E-24
Gasto sólido de fondo por sección	QB	m ³ /s	2.29E-22
Gasto unitario sólido de fondo	gb	Kgf/s.m	1.09E-20
Gasto unitario sólido de fondo por sección	GB	Kgf/s	6.08E-19

Fuente: Elaboración Propia

- De acuerdo a la metodología de Juan Martín Vide el caudal dominante es el caudal que llena el cauce (método geométrico) y se da entre un periodo de retorno de 1.4 y 7 años (método estadístico), sin embargo para nuestra tesis se tomaron periodos de retorno entre 1.4 y 10 años (1.4, 3, 7, 10), además es el caudal que tiene mayor transporte de sedimentos en el fondo (método morfológico).

Figura N° 111: Registro de caudales del río Virú mediante el software Matlab



Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 117: Ordenamiento de los caudales en el software Excel

DÍA	1950	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966
1	20.80	30.00	50.00	40.00	32.00	36.60	88.00	80.00	74.00	40.00	128.00	20.16	122.50	138.00	19.20	48.58	7.78
2	20.80	25.00	48.50	40.00	28.80	28.80	68.00	64.00	56.00	38.00	48.00	20.16	90.00	109.60	16.00	41.21	6.08
3	19.70	22.00	45.00	38.40	19.20	27.20	64.00	51.60	52.00	36.86	48.00	15.20	67.22	80.00	14.40	37.00	5.60
4	19.20	20.00	37.83	38.40	12.80	25.60	64.00	49.24	42.00	32.00	45.00	14.80	45.99	40.00	14.40	36.63	5.60
5	18.00	18.30	37.61	38.40	12.80	25.60	56.00	49.24	35.00	32.00	40.00	14.40	45.49	36.00	14.40	32.00	5.60
6	15.00	17.40	37.61	37.00	12.80	24.00	56.00	49.24	32.96	30.00	32.00	14.20	43.59	32.00	14.40	28.76	5.60
7	14.00	17.00	35.70	36.80	12.60	24.00	52.00	47.18	32.96	26.00	27.20	13.20	41.86	28.00	13.60	28.76	5.60
8	13.00	15.25	33.76	36.80	12.40	22.40	48.00	44.22	32.50	25.00	27.20	13.18	40.55	20.80	13.60	27.62	5.60
9	13.00	15.00	32.00	36.80	12.20	22.40	48.00	38.77	32.00	23.20	26.88	13.12	36.00	19.20	13.20	27.62	5.60
10	13.00	15.00	30.16	36.20	12.10	22.40	48.00	38.77	32.00	22.20	25.00	13.12	33.66	19.20	12.80	26.10	5.60
11	12.80	14.80	30.00	35.20	11.20	20.20	48.00	35.20	30.00	20.00	22.05	12.80	32.50	19.20	12.80	25.09	5.60
12	12.80	14.80	26.46	35.00	11.20	19.20	48.00	35.14	25.64	20.00	21.20	12.80	30.00	19.20	12.80	24.79	5.60
13	12.80	14.80	25.20	32.00	11.20	19.20	41.28	33.98	25.40	19.20	20.80	12.80	29.50	19.20	12.80	24.32	5.60
14	12.80	13.40	25.00	32.00	11.20	16.00	40.00	33.91	25.00	19.20	20.52	12.00	27.71	16.00	12.60	24.32	5.60
15	12.80	13.40	23.19	32.00	11.20	16.00	40.00	33.60	24.00	19.20	20.00	11.84	26.87	16.00	12.00	24.32	5.60
16	12.00	12.80	23.17	32.00	11.20	16.00	36.00	33.60	19.36	18.60	19.20	11.80	26.52	16.00	12.00	23.18	5.00
17	12.00	12.80	22.22	32.00	11.20	15.50	32.00	32.07	19.23	18.46	19.20	11.40	25.34	16.00	11.20	23.18	4.86
18	12.00	12.80	22.00	28.00	11.20	12.80	32.00	32.00	19.20	18.43	19.20	11.32	24.56	16.00	11.20	23.00	4.48
19	12.00	12.80	21.50	27.20	10.00	12.80	32.00	32.00	14.40	18.34	19.02	11.20	24.00	16.00	11.20	23.00	4.48
20	12.00	12.80	20.97	24.00	9.60	12.80	32.00	28.80	14.40	18.04	18.20	11.20	22.08	16.00	11.20	23.00	4.48
21	11.20	12.25	19.52	24.00	9.60	12.60	30.00	26.42	12.80	18.04	16.40	11.20	22.00	16.00	11.20	22.66	4.00
22	11.20	12.00	18.96	22.40	9.60	12.60	27.50	25.92	12.25	18.04	16.00	11.00	21.60	16.00	11.20	22.66	4.00
23	11.20	11.75	18.95	22.40	9.40	11.20	27.43	24.17	10.87	18.00	16.00	10.80	20.88	16.00	11.20	22.66	3.71
24	11.20	11.40	18.00	20.80	9.40	11.20	27.43	21.89	10.50	16.96	13.40	10.80	20.40	16.00	11.20	22.66	3.70
25	10.08	11.00	17.07	19.20	8.70	9.60	24.20	21.89	10.48	16.80	12.80	10.80	20.25	16.00	11.20	22.66	3.70
26	10.00	11.00	16.17	17.60	8.20	9.60	24.00	21.77	10.42	16.33	12.80	10.40	18.60	16.00	11.20	22.66	3.70
27	10.00	11.00	16.16	16.60	8.00	9.60	24.00	21.53	10.08	16.20	12.00	10.00	17.91	16.00	10.80	22.66	3.50
28	9.28	11.00	16.10	16.50	8.00	9.60	24.00	21.53	9.80	16.00	12.00	9.80	17.88	16.00	9.90	22.66	3.20
29	8.80	10.10	15.24	16.00	8.00	9.60	24.00	20.80	9.80	16.00	11.27	9.78	17.00	14.40	9.60	22.66	3.12
30	8.80	9.95	15.24	16.00	8.00	9.60	24.00	20.16	9.70	16.00	10.50	9.54	16.80	14.40	9.60	22.66	3.12
31	8.00	9.60	15.24	16.00	8.00	9.60	24.00	19.20	9.60	15.20	10.00	9.50	16.77	14.40	9.60	16.26	3.10
32	7.20	9.50	15.23	16.00	8.00	8.80	24.00	19.20	9.60	15.04	9.60	9.00	16.52	14.40	9.60	16.00	2.96
33	7.00	9.20	14.99	16.00	8.00	8.00	24.00	18.54	9.60	14.40	9.60	9.00	16.21	14.40	9.60	16.00	2.56

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 118: Caudales Sólidos de fondo con bocatoma

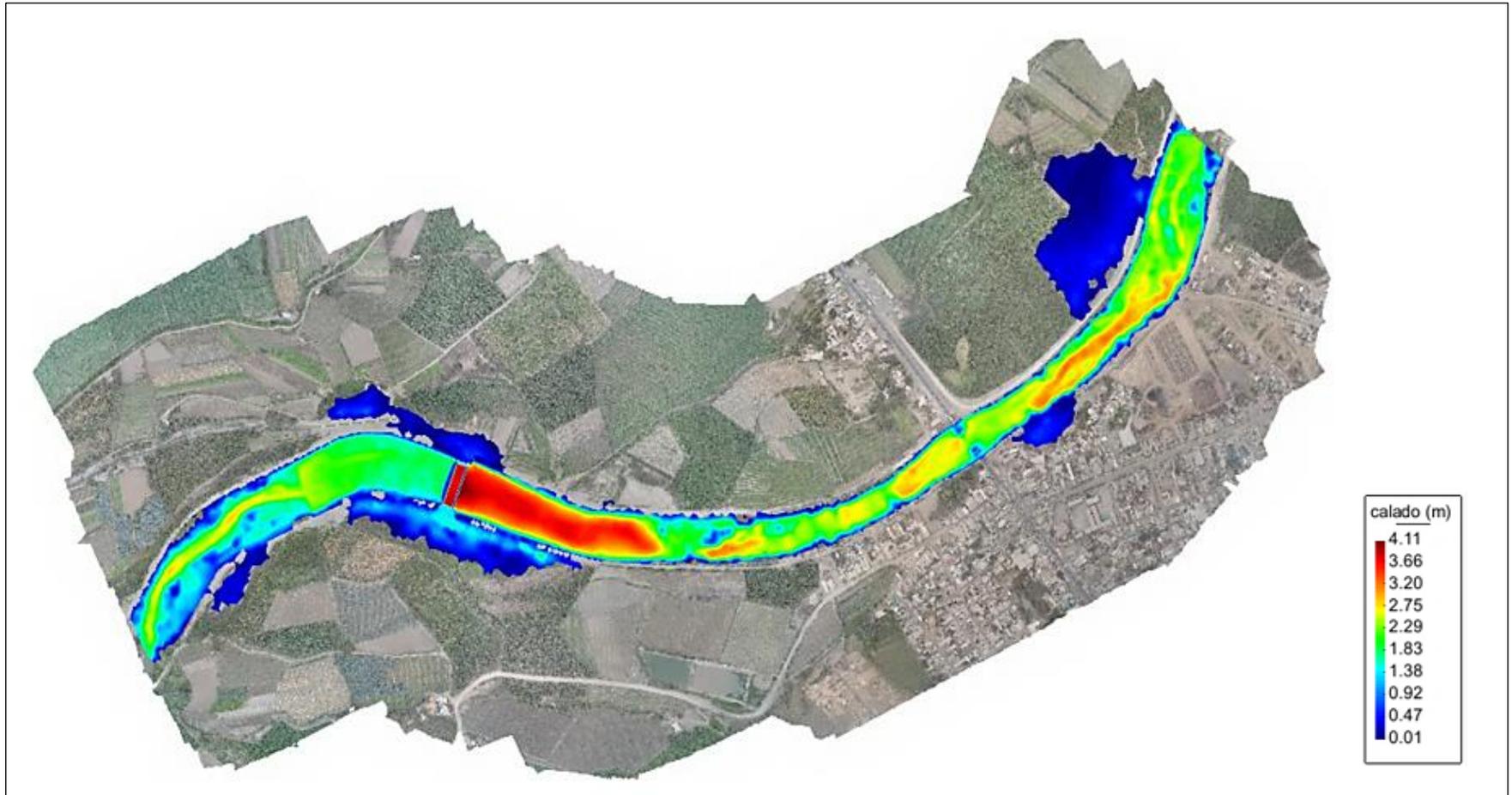
CON BOCATOMA						
Sector - Sección		PR	Q	Qs	Eventos (F)	F*Qs
Sector 1	Sección 1	1.4	24	0.05365	60	3.219152
	sección 2		24	7.53E-23	60	4.52E-21
Sector 2	Sección 1		24	0.31361	60	18.8167251
Sector 3	Sección 1		24	2.34E-44	60	1.4039E-42
Sector 4	Sección 1		24	0.02048	60	1.228935
	Sección 2		24	9.74E-35	60	5.844E-33
Sector 1	Sección 1	3	52	0.1661	15	2.49094439
	sección 2		52	7.0695E-24	15	1.0604E-22
Sector 2	Sección 1		52	0.3665	15	5.49722909
Sector 3	Sección 1		52	5.775E-39	15	8.6626E-38
Sector 4	Sección 1		52	0.0444	15	0.66619974
	Sección 2		52	2.404E-29	15	3.606E-28
Sector 1	Sección 1	7	94	0.2503	12	3.00372773
	sección 2		94	4.7203E-21	12	5.6643E-20
Sector 2	Sección 1		94	0.4745	12	5.69385274
Sector 3	Sección 1		94	1.615E-31	12	1.938E-30
Sector 4	Sección 1		94	0.0819	12	0.98289256
	Sección 2		94	3.4966E-23	12	4.1959E-22
Sector 1	Sección 1	10	110	0.25031064	10	2.50310644
	sección 2		110	4.7203E-21	10	4.7203E-20
Sector 2	Sección 1		110	0.4745	10	4.74487728
Sector 3	Sección 1		110	1.615E-31	10	1.615E-30
Sector 4	Sección 1		110	0.0819	10	0.81907714
	Sección 2		110	2.2947E-22	10	2.29E-21

Fuente: Elaboración Propia

- El caudal dominante para un escenario con bocatoma corresponde a un período de retorno de 7 años $Q= 94\text{m}^3/\text{s}$, puesto que es el caudal que presenta mayor transporte de sedimento en la mayoría de los sectores de estudio.
- El caudal más frecuente es el $Q=24 \text{ m}^3/\text{s}$, puesto que es el caudal que más repite.

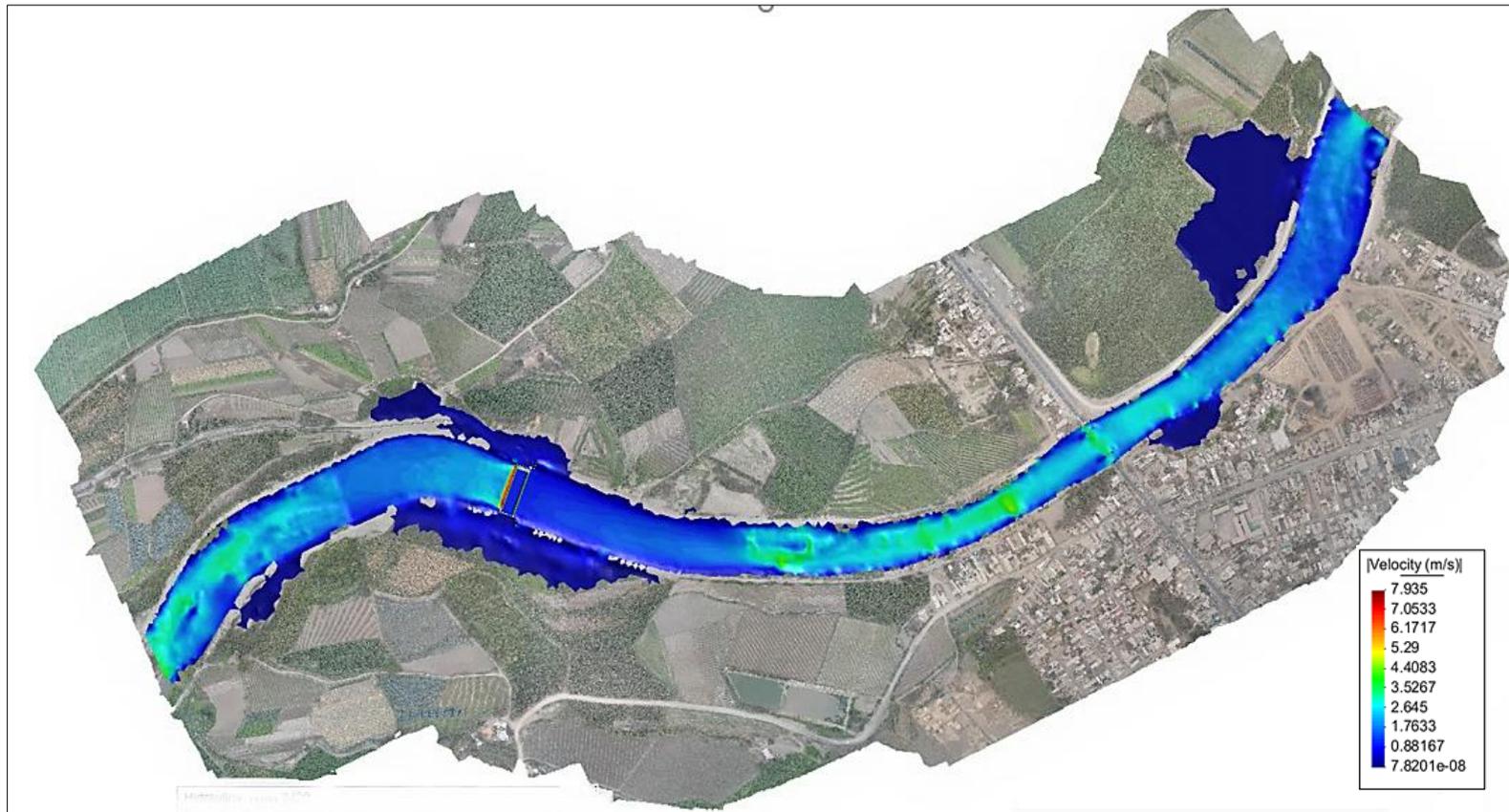
4.5.3.2. Con Caudal de máxima avenida de 360m³/s

Figura N° 112: Calado



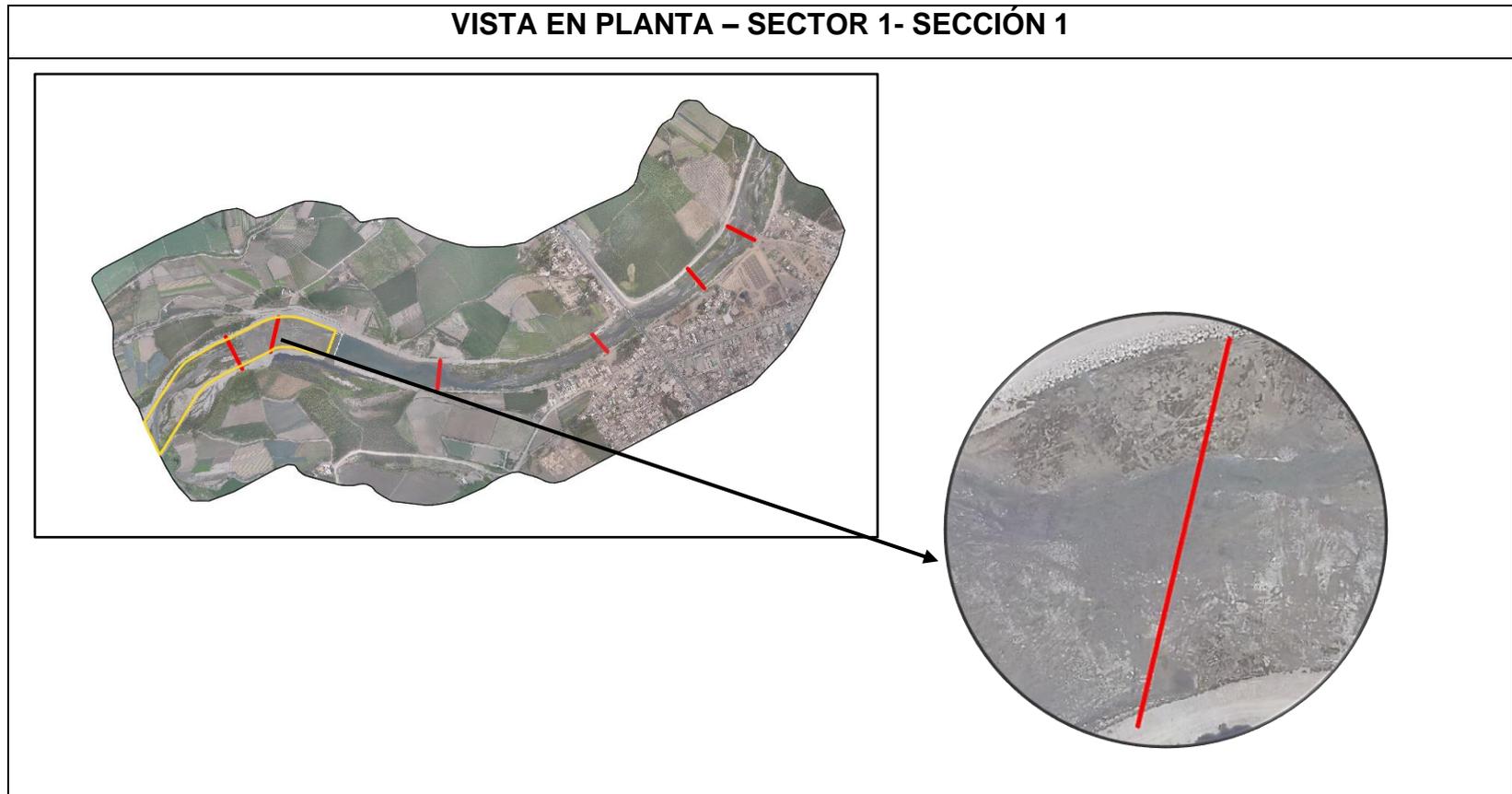
Fuente : Elaboración Propia

Figura N° 113: Velocidad



Fuente : Elaboración Propia

Figura N° 114: Vista en planta – Sector 1- Sección 1



Fuente: Elaboración Propia

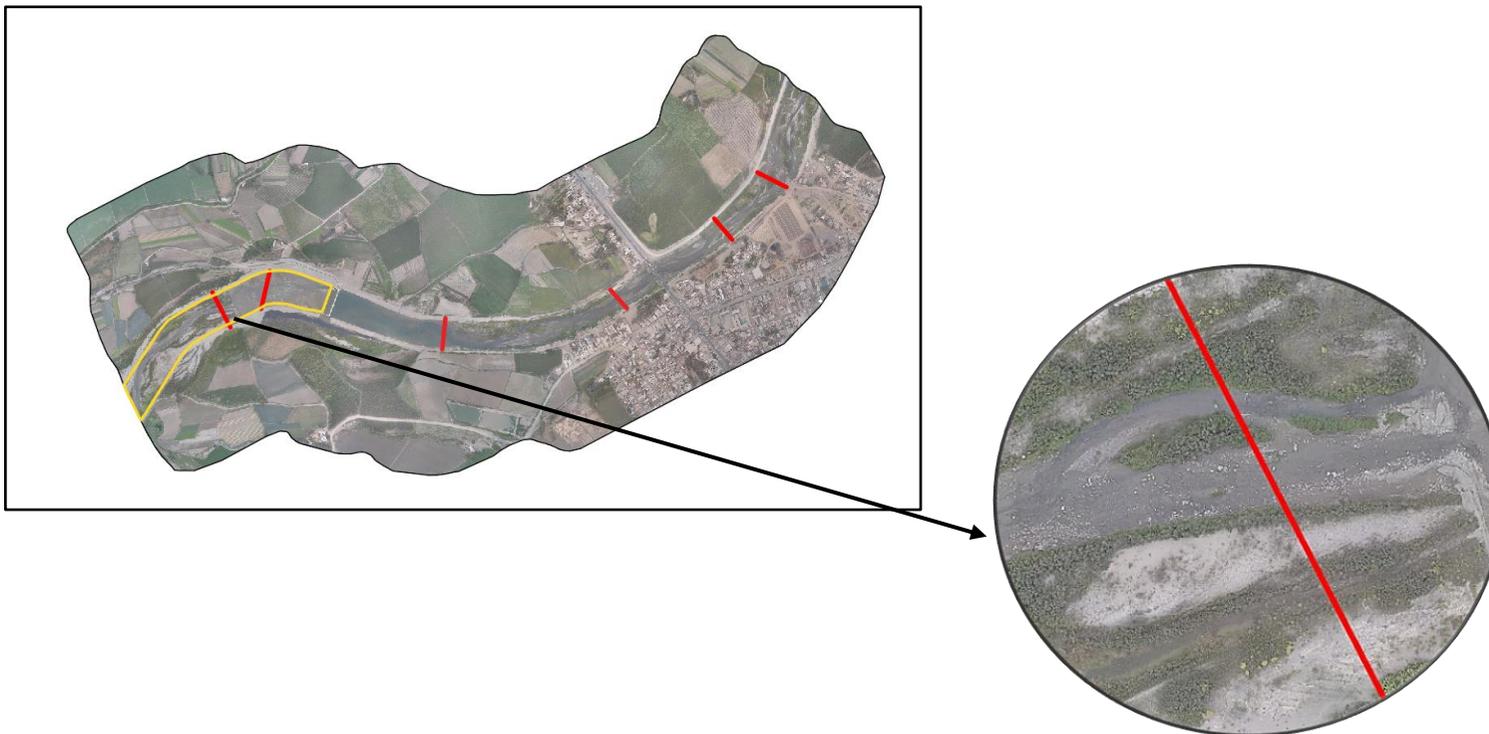
Tabla N° 119: Cuantificación del transporte de sedimentos - Sector 1- Sección 1

MEYER PETER Y MÜLLER			
FORMULA	$gB = 8g^{1/2} \left(\frac{\rho s - \rho}{\rho} \right)^{1/2} D50^{3/2} \left[\left(\frac{ns}{n} \right)^{3/2} \tau \cdot 0.047 \right]^{3/2}$		
CONDICIÓN	0.3mm<D50<30mm		
SECCIÓN	1		
MUESTRA	Volumétrica		
CAUDAL	360.00 m3/s		
ANCHO	100.00 m		
DATOS INICIALES			
PARÁMETROS	Símbolo	Unidad	VALOR
D50	D50	m	0.00678
D90	D90	m	0.06085
Gravedad	g	m/s ²	9.81
Densidad del agua	ρ	Kg/m ³	1000
Densidad de las partículas	ρs	Kg/m ³	2650
Número adimensional de Shields en función al	τ*C	-	0.86
Coeficiente de Manning	n	n	0.03
Radio Hidráulico	R	m	2.10
Velocidad media del flujo	V	m/s	1.87
Pendiente	S	-	0.0046
Coeficiente de Manning debido a la partícula	ns	-	0.024
TRANSPORTE DE SEDIMENTOS			
GASTO SÓLIDO DE FONDO	Símbolo	Unidad	VALOR
Gasto unitario sólido de fondo	qB	m ³ /s.m	0.00767
Gasto sólido de fondo por sección	QB	m ³ /s	0.76699
Gasto unitario sólido de fondo	gb	Kgf/s.m	20.33
Gasto sólido de fondo por sección	GB	Kgf/s	2032.51

Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 115: Vista en planta – Sector 1 – Sección 2

VISTA EN PLANTA – SECTOR 1- SECCIÓN 2



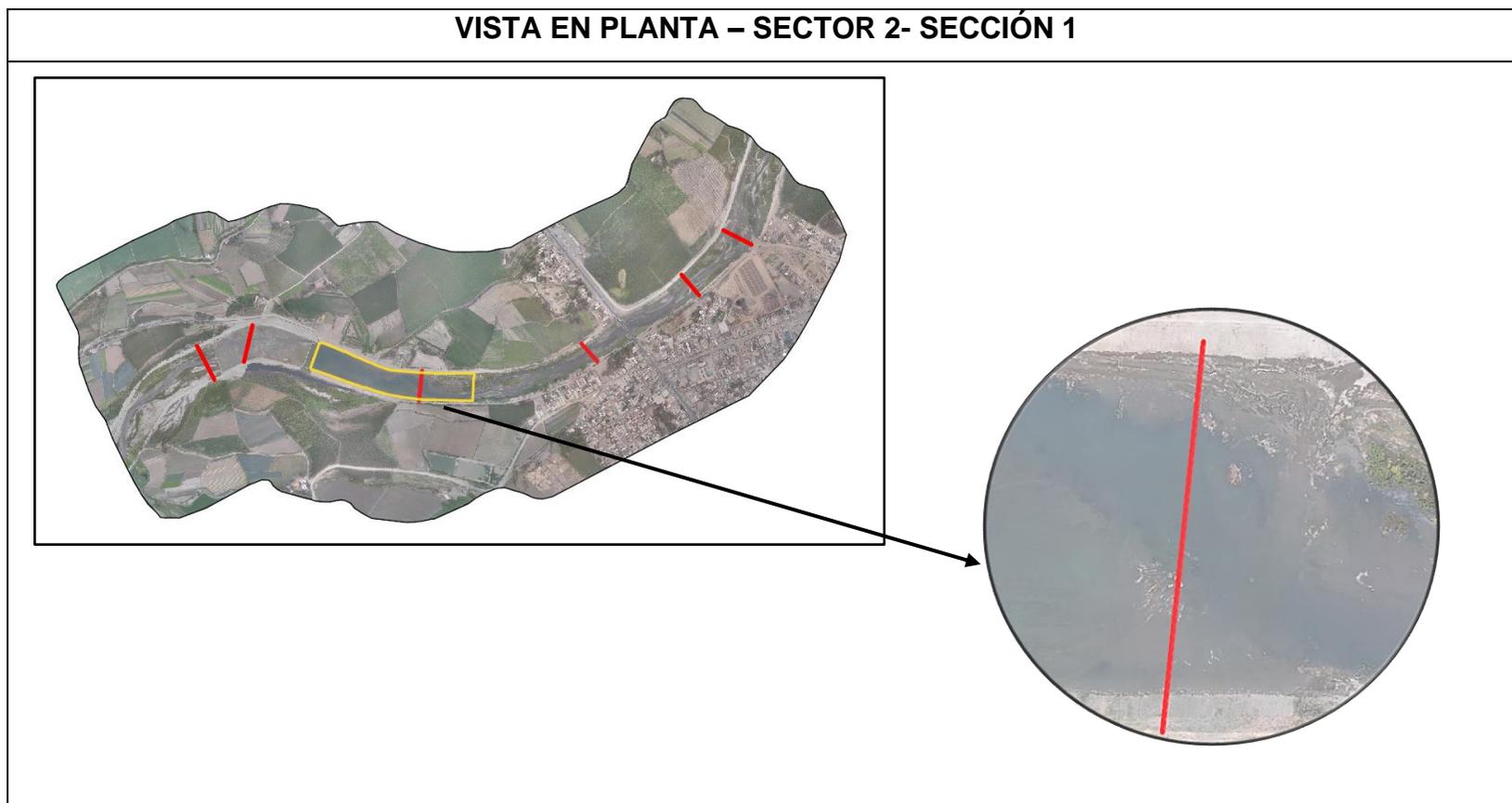
Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 120: Cuantificación del transporte de sedimentos - Sector 1- Sección 2

PARKER			
FORMULA	$gB = \frac{11.93 * f(\phi) * \left(\frac{\tau_g}{\rho}\right)^{3/2}}{g(s - 1)}$		
CONDICIÓN	Hasta 54mm		
SECCIÓN	2		
MUESTRA	Superficial (Coraza)		
CAUDAL	360.00 m3/s		
ANCHO	88.00 m		
DATOS INICIALES			
PARÁMETROS	Símbolo	Unidad	VALOR
D50	D50	m	0.04397
D90	D90	m	0.08586
Gravedad	g	m/s ²	9.81
Densidad del agua. (Kg/m ³)	ρ	Kg/m ³	1000
Pendiente	S	-	0.0046
Velocidad media del flujo	V	m/s	2.21
Densidad de las partículas	ρs	Kg/m ³	2650
Rugosidad del lecho	ks	-	0.17172
Radio hidráulico asociado al esfuerzo cortante del grano	R'	m	0.81
Esfuerzo cortante del grano	τg	N/m ²	36.38
Esfuerzo cortante relativo	φ	-	1.32
Número de Shields de la partícula	θ	-	0.051
Número de Shields crítico	θc	-	0.039
fx	-	-	0.00690
TRANSPORTE DE SEDIMENTOS			
GASTO SÓLIDO DE FONDO	Símbolo	Unidad	VALOR
Gasto unitario sólido de fondo	qB	m ³ /s.m	3.530E-05
Gasto sólido de fondo por sección	QB	m ³ /s	0.003107
Gasto unitario sólido de fondo	gb	Kgf/s.m	0.0936
Gasto sólido de fondo por sección	GB	Kgf/s	8.2327

Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 116: Vista en planta – Sector 2 – Sección 1



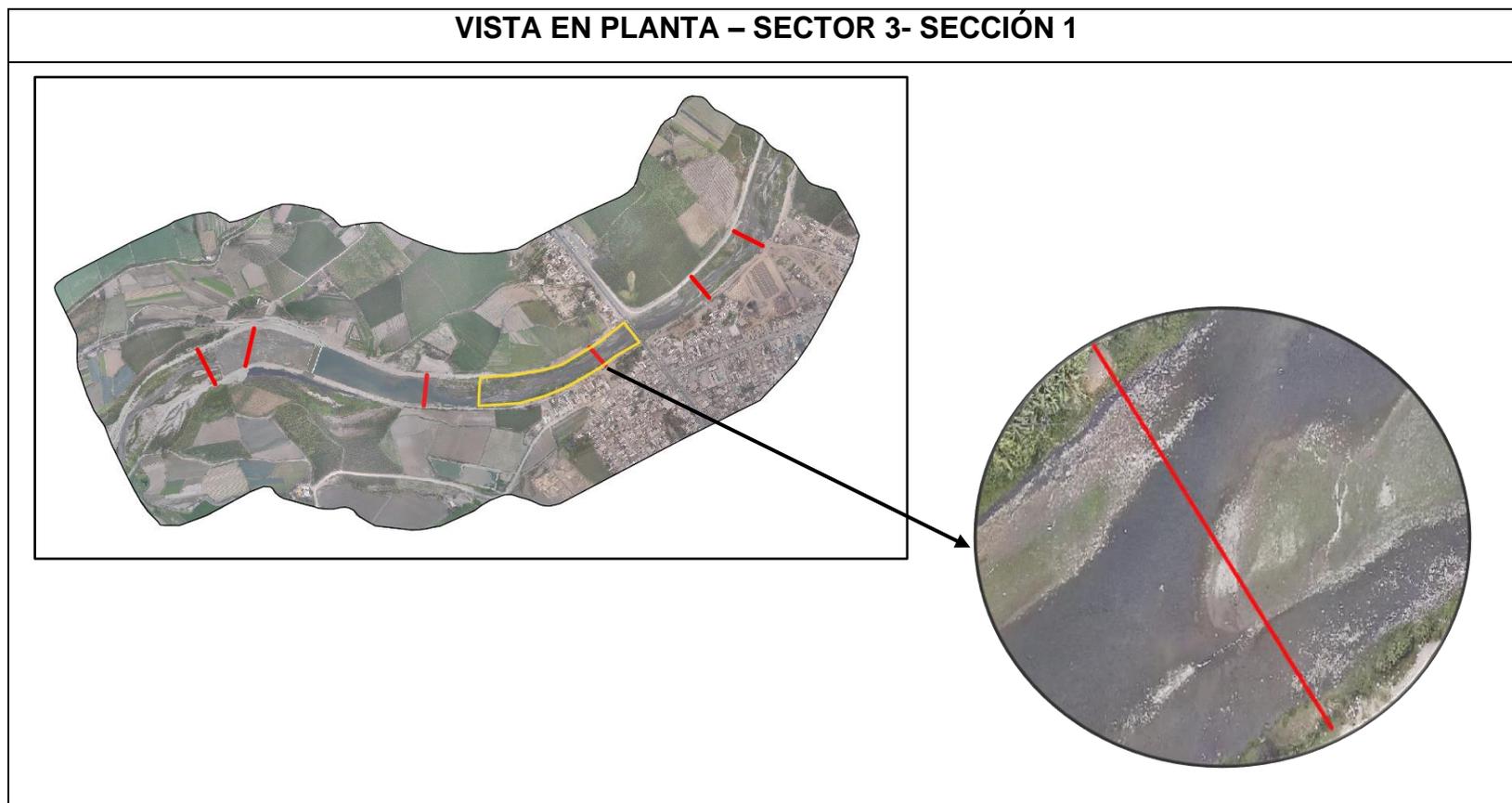
Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 121: Cuantificación del transporte de sedimentos - Sector 2- Sección 1

MEYER PETER Y MÜLLER			
FORMULA	$gB = 8g^{1/2} \left(\frac{\rho_s - \rho}{\rho} \right)^{1/2} D50^{3/2} \left[\left(\frac{ns}{n} \right)^{3/2} \tau_* - 0.047 \right]^{3/2}$		
CONDICIÓN	0.3mm < D50 < 30mm		
SECCIÓN	1		
MUESTRA	Volumétrica		
CAUDAL	360.00 m ³ /s		
ANCHO	73.00 m		
DATOS INICIALES			
PARÁMETROS	Símbolo	Unidad	VALOR
D50	D50	m	0.00496
D90	D90	m	0.03452
Gravedad	g	m/s ²	9.81
Densidad del agua	ρ	Kg/m ³	1000
Densidad de las partículas	ρs	Kg/m ³	2650
Número adimensional de Shields en función al τ	τ*C	-	2.05
Coefficiente de Manning	n	n	0.035
Radio Hidráulico	R	m	3.65
Velocidad media del flujo	V	m/s	1.88
Pendiente	S	-	0.0046
Coefficiente de Manning debido a la partícula	ns	-	0.022
TRANSPORTE DE SEDIMENTOS			
GASTO SÓLIDO DE FONDO	Símbolo	Unidad	VALOR
Gasto unitario sólido de fondo	qB	m ³ /s.m	0.01048767
Gasto sólido de fondo por sección	QB	m ³ /s	0.765600
Gasto unitario sólido de fondo	gb	Kgf/s.m	27.79232
Gasto sólido de fondo por sección	GB	Kgf/s	73649.65

Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 117: Vista en planta – Sector 3 – Sección 1



Fuente: Elaboración Propia

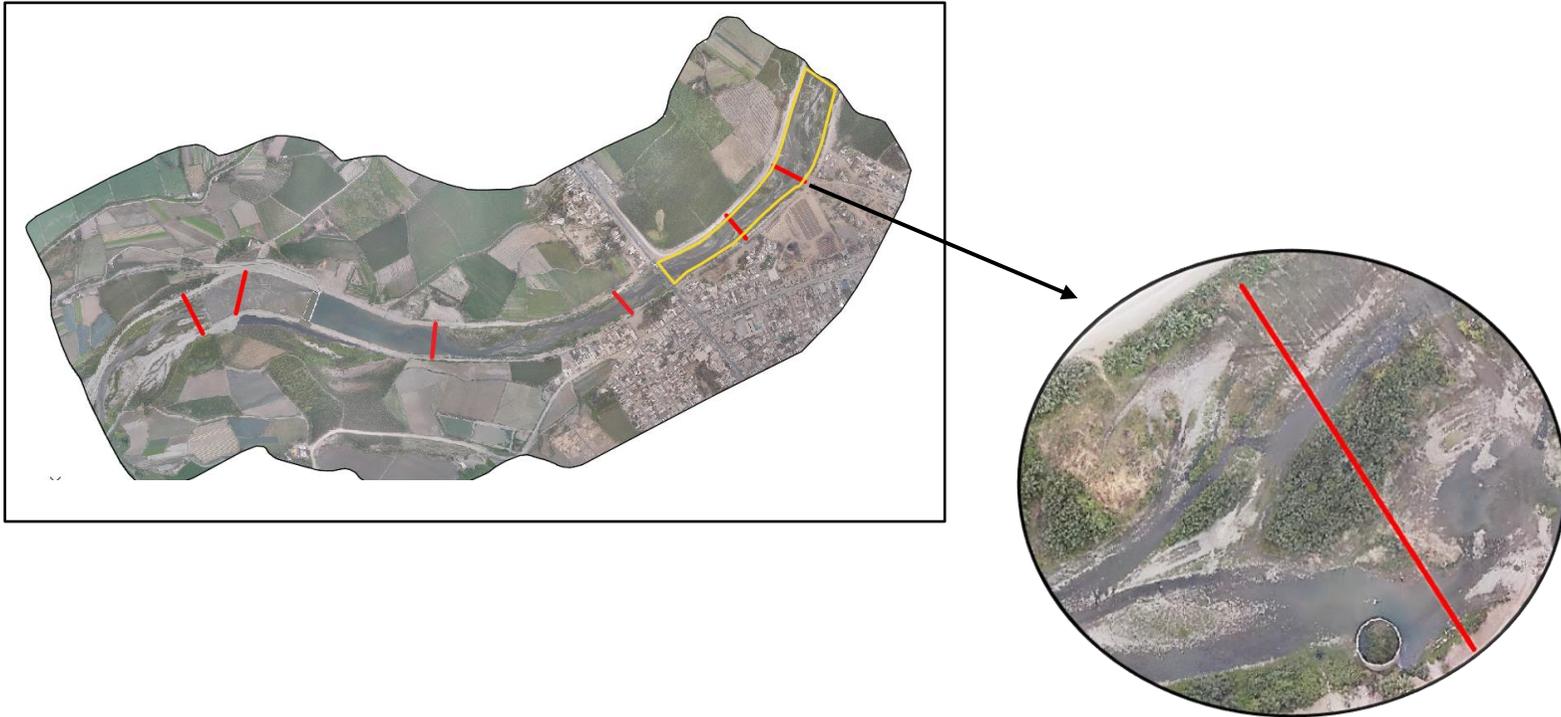
Tabla N° 122: Cuantificación del transporte de sedimentos - Sector 3- Sección 1

PARKER			
FORMULA	$gB = \frac{11.93 * f(\phi) * \left(\frac{\tau_g}{\rho}\right)^{0.34}}{g(s-1)}$		
CONDICIÓN	Hasta 54mm		
SECCIÓN	1		
MUESTRA	Superficial (Coraza)		
CAUDAL	360.00 m3/s		
ANCHO	50.00 m		
DATOS INICIALES			
PARÁMETROS	Símbolo	Unidad	VALOR
D50	D50	m	0.08785
D90	D90	m	0.04864
Gravedad	g	m/s ²	9.81
Densidad del agua	ρ	Kg/m ³	1000
Pendiente	S	-	0.0046
Velocidad media del flujo	V	m/s	3.98
Densidad de las partículas	ρs	Kg/m ³	2650
Rugosidad del lecho	ks	-	0.09728
Radio hidráulico asociado al esfuerzo cortante del grano	R'	m	203.14
Esfuerzo cortante del grano	τg	N/m ²	9167.05
Esfuerzo cortante relativo	φ	-	167.01
Número de Shields de la partícula	θ	-	6.447
Número de Shields crítico	θc	-	0.039
fx	-	-	1.78E-14
TRANSPORTE DE SEDIMENTOS			
GASTO SÓLIDO DE FONDO	Símbolo	Unidad	VALOR
Gasto unitario sólido de fondo	qB	m ³ /s.m	3.64E-13
Gasto sólido de fondo por sección	QB	m ³ /s	1.82E-11
Gasto unitario sólido de fondo	gb	Kgf/s.m	9.65E-10
Gasto sólido de fondo por sección	GB	Kgf/s	4.83E-08

Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 118: Vista en planta – Sector 4 – Sección 1

VISTA EN PLANTA – SECTOR 4- SECCIÓN 1



Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 123: Cuantificación del transporte de sedimentos - Sector 4- Sección 1

MEYER PETER Y MULLER			
FORMULA	$gB = 8g^{1/2} \left(\frac{\rho_s - \rho}{\rho} \right)^{1/2} D50^{3/2} \left[\left(\frac{ns}{n} \right)^{3/2} \tau_* - 0.047 \right]^{3/2}$		
CONDICIÓN	0.3mm<D50<30mm		
SECCIÓN	1		
MUESTRA	Volumétrica		
CAUDAL	360.00 m3/s		
ANCHO	85.00 m		
DATOS INICIALES			
PARÁMETROS	Símbolo	Unidad	VALOR
D50	D50	m	0.00148
D90	D90	m	0.02133
Gravedad	g	m/s ²	9.81
Densidad del agua	ρ	Kg/m ³	1000
Densidad de las partículas	ρ_s	Kg/m ³	2650
Número adimensional de Shields en función al τ	$\tau_* C$	-	5.65
Coefficiente de Manning	n	n	0.053
Radio Hidráulico	R	m	3.00
Velocidad media del flujo	V	m/s	1.7
Pendiente	S	-	0.0046
Coefficiente de Manning debido a la partícula	ns	-	0.020
TRANSPORTE DE SEDIMENTOS			
GASTO SÓLIDO DE FONDO	Símbolo	Unidad	VALOR
Gasto unitario sólido de fondo	qB	m ³ /s.m	0.0026
Gasto sólido de fondo por sección	QB	m ³ /s	0.2210
Gasto unitario sólido de fondo	gb	Kgf/s.m	6.89
Gasto unitario sólido de fondo por sección	GB	Kgf/s	18258.73

Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 119: Vista en planta – Sector 4 – Sección 2

VISTA EN PLANTA – SECTOR 4- SECCIÓN 2



Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 124: Cuantificación del transporte de sedimentos - Sector 4- Sección 2

PARKER			
FORMULA	$gB = \frac{11.93 * f(\phi) * \left(\frac{\tau_g}{\rho}\right)^{0.14}}{g(s-1)}$		
CONDICIÓN	Hasta 54mm		
SECCIÓN	2		
MUESTRA	Superficial (Coraza)		
CAUDAL	360.00 m3/s		
ANCHO	56.00 m		
DATOS INICIALES			
PARÁMETROS	Símbolo	Unidad	VALOR
D50	D50	m	0.04181
D90	D90	m	0.08154
Gravedad	g	m/s ²	9.81
Densidad del agua	ρ	Kg/m ³	1000
Pendiente	S	-	0.0046
Velocidad media del flujo	V	m/s	2.25
Densidad de las partículas	ρ_s	Kg/m ³	2650
Rugosidad del lecho	ks	-	0.16308
Radio hidráulico asociado al esfuerzo cortante del grano	R'	m	0.85
Esfuerzo cortante del grano	τ_g	N/m ²	38.15
Esfuerzo cortante relativo	ϕ	-	1.46
Número de Shields de la partícula	θ	-	0.056
Número de Shields crítico	θ_c	-	0.039
fx	-	-	1.77E-02
TRANSPORTE DE SEDIMENTOS			
GASTO SÓLIDO DE FONDO	Símbolo	Unidad	VALOR
Gasto unitario sólido de fondo	qB	m ³ /s.m	9.71E-05
Gasto sólido de fondo por sección	QB	m ³ /s	5.44E-03
Gasto unitario sólido de fondo	gb	Kgf/s.m	0.257340
Gasto unitario sólido de fondo por sección	GB	Kgf/s	14.411052

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 125: Caudales Sólidos de fondo

CON BOCATOMA				
Sector - Sección		PR	Q (m³/s)	Qs(m³/s)
Sector 1	Sección 1	170	360	0.7670
	sección 2		360	0.00310667
Sector 2	Sección 1		360	0.7656
Sector 3	Sección 1		360	1.8212E-11
Sector 4	Sección 1		360	0.2210
	Sección 2		360	5.44E-03

Fuente: Elaboración Propia

4.5.4. Estimación del volumen de Sedimento de fondo

Se estimó el sedimento para los sectores aguas arriba de la bocatoma, dando como resultados :

4.5.4.1. Caudal dominante de 94 m³/s

Tabla N° 126: Cálculos para estimar el volumen de sedimentación de fondo

SECTOR	SECCION	GASTO SÓLIDO UNITARIO (m³/s.m)	ANCHO DE FONDO(m)	LONGITUD DEL SECTOR (m)	GASTO SÓLIDO DE FONDO POR SECCIÓN (m³/s)	GASTO SÓLIDO DE FONDO POR LONGITUD (m³/s)	GASTO SOLIDO DE FONDO TOTAL	UBICACIÓN
SECTOR 1	Sección 1	0.007669863	100.00 m	296	0.766986256	2.27	3.05	AGUAS ABAJO DE LA BOCATOMA
	sección 2	3.53E-05	88.00 m	391	3.11E-03	0.01		
SECTOR 2	Sección 1	0.006	73.00 m	400	0.474487728	2.60	3.45	AGUAS ARRIBA DE LA BOCATOMA
SECTOR 3	Sección 1	3.23E-33	50.00 m	640	1.61E-31	2.07E-30		
SECTOR 4	Sección 1	9.64E-04	85.00 m	303	8.19E-02	0.29		
	Sección 2	6.24E-25	56.00 m	350	3.50E-23	0.00		

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 127: Cálculos para estimar el volumen de sedimentación de fondo

20% DEL GASTO DE FONDOS	0.69	Se restará el 20% del G.S puesto que será transportado por el canal desripador y despedrador.
GASTO SÓLIDO TOTAL (m³/s)	2.76	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 128: Estimación del volumen de sedimentación de fondo

GASTO SÓLIDO TOTAL (m³/s)	2.76	
TIEMPO DE SIMULACIÓN (s)	3000	
VOLUMEN DE SEDIMENTO DE FONDO (m³)	8275.93	Considerando un tiempo de 50 minutos asumiendo un caudal constante de 94 m³/s

Fuente: Elaboración Propia

4.5.4.2. Caudal de máxima avenida de 360 m³/s

Tabla N° 129: Cálculos para estimar el volumen de sedimentación de fondo

SECTOR	SECCION	GASTO SÓLIDO UNITARIO (m³/s.m)	ANCHO DE FONDO(m)	LONGITUD DEL SECTOR (m)	GASTO SÓLIDO DE FONDO POR SECCIÓN (m³/s)	GASTO SÓLIDO DE FONDO POR LONGITUD (m³/s)	GASTO SOLIDO DE FONDO TOTAL	UBICACIÓN
SECTOR 1	Sección 1	0.007669863	100.00 m	296	0.766986256	2.27	3.05	AGUAS ABAJO DE LA BOCATOMA
	sección 2	3.53E-05	88.00 m	391	3.11E-03	0.01		
SECTOR 2	Sección 1	0.010	73.00 m	400	0.76559974	4.20	6.01	AGUAS ARRIBA DE LA BOCATOMA
SECTOR 3	Sección 1	3.64E-13	50.00 m	640	1.82E-11	2.33E-10		
SECTOR 4	Sección 1	2.60E-03	85.00 m	303	2.21E-01	0.79		
	Sección 2	9.71E-05	56.00 m	350	5.44E-03	0.03		

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 130: Cálculos para estimar el volumen de sedimentación

20% DEL GASTO DE FONDOS	1.20	Se restará el 20% del G.S puesto que será transportado por el canal desripiador y despedrador
GASTO SÓLIDO TOTAL (m³/s)	4.81	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 131: Estimación del volumen de sedimentación

GASTO SÓLIDO TOTAL (m³/s)	4.81	
TIEMPO DE SIMULACIÓN (s)	3000	
VOLUMEN DE SEDIMENTO DE FONDO (m³)	14421.37	Considerando un tiempo de 50 minutos asumiendo un caudal constante de 360 m ³ /s

Fuente: Elaboración Propia

4.5.5. Distribución del Volumen de Sedimento de Fondo

4.5.5.1. Caudal dominante de 94 m³/s

A.- Perfil

Tabla N° 132: Vista del Perfil

VISTA DE PERFIL							
N°	PROGRESIVAS		AREA DE OCUPACIÓN DEL SEDIMENTO (m ²)	ANCHO DEL CAUCE (m)	VOLUMEN REAL (m ³)	SECTORES	VOLUMEN POR SECTOR (m ³)
1	780	800	8.38	81.16	680.53	SECTOR 2	3855.32
2	800	840	12.61	69.37	874.83		
3	840	880	11.46	59.16	678.16		
4	880	920	11.79	49.10	578.71		
5	920	960	9.44	40.34	380.83		
6	960	1000	9.73	30.75	299.15		
7	1000	1040	8.18	23.71	194.01		
8	1040	1080	6.22	15.89	98.88		
9	1080	1120	6.54	8.02	52.48		
10	1120	1160	4.40	4.04	17.76		
11	1160	1200	0.63	57.00	35.77	SECTOR 3	2793.64
12	1200	1240	0.36	47.70	17.39		
13	1240	1280	1.66	54.17	89.78		
14	1280	1320	28.30	46.05	1303.27		
15	1320	1360	15.73	47.44	746.20		
16	1360	1400	3.18	48.30	153.83		
17	1400	1440	0.46	47.10	21.78		
18	1440	1480	3.26	38.28	124.90		
19	1480	1520	0.02	42.77	1.04		
20	1520	1560	3.32	39.19	130.20		
21	1560	1600	0.61	39.71	24.32		
22	1600	1640	1.24	37.27	46.06		
23	1640	1680	1.13	38.51	43.42		
24	1680	1720	VER SECCIONES	39.58	0.00		
25	1720	1760	VER SECCIONES	50.06	0.00		
26	1760	1800	1.02	54.53	55.68		
27	1800	1840	VER SECCIONES	49.00	0.00	SECTOR 4	1423.77
28	1840	1880	VER SECCIONES	42.62	0.00		
29	1880	1920	VER SECCIONES	39.94	0.00		
30	1920	1960	1.58	42.28	66.88		
31	1960	2000	3.50	40.27	140.94		
32	2000	2040	VER SECCIONES	42.92	0.00		
33	2040	2080	1.95	48.10	93.87		
34	2080	2120	7.02	44.33	311.14		
35	2120	2160	5.61	35.64	199.90		
36	2160	2200	VER SECCIONES	56.07	0.00		
37	2200	2240	0.15	58.07	8.53		
38	2240	2280	0.87	67.72	58.69		
39	2280	2320	1.39	71.16	98.81		
40	2320	2360	1.62	75.99	123.28		
41	2360	2400	4.32	74.46	321.73		
VOLUMEN DETERMINADO DEL PERFIL (m ³)							8072.72

Fuente: Elaboración Propia

Volumen de Sedimentación (m ³)	8275.93
--	---------

Volumen Restante (m ³)	203.21
------------------------------------	--------

B. Secciones

Tabla N° 133: Secciones Transversales

SECCIONES TRANSVERSALES					
N°	PROGRESIVAS		AREA SECCIÓN (m ²)	LONGITUD DE LA SECCIÓN (m)	VOLUMEN TOTAL (m ³) = V. PERFÍL + V. MÍNIMO PROMEDIO
1	780	800	17.14	40	685.49
2	800	840	21.99	40	879.78
3	840	880	17.08	40	683.11
4	880	920	14.59	40	583.67
5	920	960	9.64	40	385.78
6	960	1000	7.60	40	304.10
7	1000	1040	4.97	40	198.96
8	1040	1080	2.60	40	103.83
9	1080	1120	1.44	40	57.43
10	1120	1160	0.57	40	22.72
11	1160	1200	1.02	40.0	40.73
12	1200	1240	0.56	40.0	22.35
13	1240	1280	2.37	40.0	94.74
14	1280	1320	32.71	40.0	1308.22
15	1320	1360	18.78	40.0	751.15
16	1360	1400	3.97	40.0	158.78
17	1400	1440	0.67	40.0	26.73
18	1440	1480	3.25	40.0	129.86
19	1480	1520	0.15	40.0	5.99
20	1520	1560	3.38	40.0	135.16
21	1560	1600	0.73	40.0	29.28
22	1600	1640	1.28	40.0	51.02
23	1640	1680	1.21	40.0	48.38
24	1680	1720	0.12	40.0	4.96
25	1720	1760	0.12	40.0	4.96
26	1760	1800	1.52	40.0	60.64
27	1800	1840	0.12	40.0	4.96
28	1840	1880	0.12	40.0	4.96
29	1880	1920	0.12	40.0	4.96
30	1920	1960	1.80	40.0	71.83
31	1960	2000	3.65	40.0	145.90
32	2000	2040	0.12	40.0	4.96
33	2040	2080	2.47	40.0	98.83
34	2080	2120	7.90	40.0	316.09
35	2120	2160	5.12	40.0	204.86
36	2160	2200	0.12	40.0	4.96
37	2200	2240	0.34	40.0	13.49
38	2240	2280	1.59	40.0	63.65
39	2280	2320	2.59	40.0	103.77
40	2320	2360	3.21	40.0	128.23
41	2360	2400	16.33	20.0	326.69
TOTAL					8275.93

Fuente: Elaboración Propia

Volumen promedio mínimo para cada sección (m ³)	4.956
---	-------

4.5.5.2. Caudal de máxima Avenida de 360 m³/s

A. Perfil

Tabla N° 134: Vista del Perfil

VISTA DE PERFIL							
N°	PROGRESIVAS		AREA DE OCUPACIÓN DEL SEDIMENTO (m ²)	ANCHO DEL CAUCE (m)	VOLUMEN REAL (m ³)	SECTORES	VOLUMEN POR SECTOR (m ³)
1	780	800	19.82	81.16	1608.69	SECTOR 2	9113.49
2	800	840	29.81	69.37	2067.98		
3	840	880	27.10	59.16	1603.08		
4	880	920	27.86	49.10	1368.00		
5	920	960	22.32	40.34	900.23		
6	960	1000	23.00	30.75	707.15		
7	1000	1040	19.35	23.71	458.61		
8	1040	1080	14.71	15.89	233.74		
9	1080	1120	15.47	8.02	124.04		
10	1120	1160	10.40	4.04	41.98		
11	1160	1200	0.63	57.00	35.77	SECTOR 3	2793.64
12	1200	1240	0.36	47.70	17.39		
13	1240	1280	1.66	54.17	89.78		
14	1280	1320	28.30	46.05	1303.27		
15	1320	1360	15.73	47.44	746.20		
16	1360	1400	3.18	48.30	153.83		
17	1400	1440	0.46	47.10	21.78		
18	1440	1480	3.26	38.28	124.90		
19	1480	1520	0.02	42.77	1.04		
20	1520	1560	3.32	39.19	130.20		
21	1560	1600	0.61	39.71	24.32	SECTOR 4	1423.77
22	1600	1640	1.24	37.27	46.06		
23	1640	1680	1.13	38.51	43.42		
24	1680	1720	VER SECCIONES	39.58	0.00		
25	1720	1760	VER SECCIONES	50.06	0.00		
26	1760	1800	1.02	54.53	55.68		
27	1800	1840	VER SECCIONES	49.00	0.00		
28	1840	1880	VER SECCIONES	42.62	0.00		
29	1880	1920	VER SECCIONES	39.94	0.00		
30	1920	1960	1.58	42.28	66.88		
31	1960	2000	3.50	40.27	140.94		
32	2000	2040	VER SECCIONES	42.92	0.00		
33	2040	2080	1.95	48.10	93.87		
34	2080	2120	7.02	44.33	311.14		
35	2120	2160	5.61	35.64	199.90		
36	2160	2200	VER SECCIONES	56.07	0.00		
37	2200	2240	0.15	58.07	8.53		
38	2240	2280	0.87	67.72	58.69		
39	2280	2320	1.39	71.16	98.81		
40	2320	2360	1.62	75.99	123.28		
41	2360	2400	4.32	74.46	321.73		
VOLUMEN DETERMINADO DEL PERFIL (m ³)							13330.90

Fuente: Elaboración Propia

Volumen de Sedimentación (m ³)	14421.37
--	----------

Volumen Restante (m ³)	1090.48
------------------------------------	---------

B.- Secciones

Tabla N° 135: Secciones Transversales

SECCIONES TRANSVERSALES					
N°	PROGRESIVAS		ÁREA SECCIÓN (m ²)	LONGITUD DE LA SECCIÓN (m)	VOLUMEN TOTAL (m ³) = V. PERFÍL + V. MÍNIMO PROMEDIO
1	780	800	40.88	40	1635.28
2	800	840	52.36	40	2094.58
3	840	880	40.74	40	1629.67
4	880	920	34.86	40	1394.60
5	920	960	23.17	40	926.82
6	960	1000	18.34	40	733.75
7	1000	1040	12.13	40	485.20
8	1040	1080	6.51	40	260.33
9	1080	1120	3.77	40	150.64
10	1120	1160	1.71	40	68.58
11	1160	1200	1.56	40.0	62.37
12	1200	1240	1.10	40.0	43.99
13	1240	1280	2.91	40.0	116.38
14	1280	1320	33.25	40.0	1329.86
15	1320	1360	19.32	40.0	772.79
16	1360	1400	4.51	40.0	180.42
17	1400	1440	1.21	40.0	48.37
18	1440	1480	3.79	40.0	151.50
19	1480	1520	0.69	40.0	27.63
20	1520	1560	3.92	40.0	156.80
21	1560	1600	1.27	40.0	50.92
22	1600	1640	1.82	40.0	72.66
23	1640	1680	1.75	40.0	70.02
24	1680	1720	0.66	40.0	26.60
25	1720	1760	0.66	40.0	26.60
26	1760	1800	2.06	40.0	82.28
27	1800	1840	0.66	40.0	26.60
28	1840	1880	0.66	40.0	26.60
29	1880	1920	0.66	40.0	26.60
30	1920	1960	2.34	40.0	93.47
31	1960	2000	4.19	40.0	167.54
32	2000	2040	0.66	40.0	26.60
33	2040	2080	3.01	40.0	120.47
34	2080	2120	8.44	40.0	337.73
35	2120	2160	5.66	40.0	226.50
36	2160	2200	0.66	40.0	26.60
37	2200	2240	0.88	40.0	35.13
38	2240	2280	2.13	40.0	85.29
39	2280	2320	3.14	40.0	125.41
40	2320	2360	3.75	40.0	149.87
41	2360	2400	17.42	20.0	348.33
TOTAL					14421.37

Fuente: Elaboración Propia

Volumen promedio mínimo para cada sección (m ³)	14421.37
---	----------

4.5.6. Variación de Profundidad

4.5.6.1. Con Caudal Dominante de 94 m³/s

Tabla N° 136: Profundidad con Caudal Dominante de 94 m³/s

N°	PROFUNDIDAD PROMEDIO Q=94 m ³ /s			
	PROGRESIVAS		ALTURA DE SEDIMENTO	ALTURA REAL
1	780	800	20.45	1.02
2	800	840	12.95	0.65
3	840	880	14.68	0.73
4	880	920	13.63	0.68
5	920	960	9.96	0.50
6	960	1000	9.77	0.49
7	1000	1040	5.90	0.29
8	1040	1080	0.00	0.00
9	1080	1120	6.00	0.30
10	1120	1160	0.00	0.00
11	1160	1200	1.67	0.08
12	1200	1240	0.00	0.00
13	1240	1280	9.04	0.45
14	1280	1320	26.29	1.31
15	1320	1360	12.27	0.61
16	1360	1400	0.00	0.00
17	1400	1440	4.73	0.24
18	1440	1480	0.00	0.00
19	1480	1520	0.61	0.03
20	1520	1560	2.65	0.13
21	1560	1600	2.33	0.12
22	1600	1640	0.00	0.00
23	1640	1680	0.00	0.00
24	1680	1720	0.00	0.00
25	1720	1760	0.00	0.00
26	1760	1800	0.00	0.00
27	1800	1840	0.00	0.00
28	1840	1880	0.00	0.00
29	1880	1920	0.00	0.00
30	1920	1960	7.11	0.36
31	1960	2000	0.00	0.00
32	2000	2040	0.00	0.00
33	2040	2080	5.85	0.29
34	2080	2120	5.54	0.28
35	2120	2160	0.00	0.00
36	2160	2200	2.86	0.14
37	2200	2240	0.00	0.00
38	2240	2280	0.00	0.00
39	2280	2320	10.66	0.53
40	2320	2360	0.00	0.00
41	2360	2400	0.89	0.04
			VARIACIÓN TOTAL (m)	0.227

Fuente : Elaboración Propia

4.5.6.2. Con caudal de máxima avenida de 360 m³/s

Tabla N° 137: Profundidad con Caudal Dominante de 94 m³/s

N°	PROFUNDIDAD PROMEDIO Q=360 m ³ /s			
	PROGRESIVAS		ALTURA DE SEDIMENTO	ALTURA REAL
1	780	800	33.91	1.70
2	800	840	26.26	1.31
3	840	880	27.95	1.40
4	880	920	26.98	1.35
5	920	960	23.07	1.15
6	960	1000	22.91	1.15
7	1000	1040	19.14	0.96
8	1040	1080	12.22	0.61
9	1080	1120	19.15	0.96
10	1120	1160	0.00	0.00
11	1160	1200	1.67	0.08
12	1200	1240	0.00	0.00
13	1240	1280	9.04	0.45
14	1280	1320	26.29	1.31
15	1320	1360	12.27	0.61
16	1360	1400	0.00	0.00
17	1400	1440	4.73	0.24
18	1440	1480	0.00	0.00
19	1480	1520	0.61	0.03
20	1520	1560	2.65	0.13
21	1560	1600	2.33	0.12
22	1600	1640	0.00	0.00
23	1640	1680	0.00	0.00
24	1680	1720	0.00	0.00
25	1720	1760	0.00	0.00
26	1760	1800	0.00	0.00
27	1800	1840	0.00	0.00
28	1840	1880	0.00	0.00
29	1880	1920	0.00	0.00
30	1920	1960	7.11	0.36
31	1960	2000	0.00	0.00
32	2000	2040	0.00	0.00
33	2040	2080	5.85	0.29
34	2080	2120	5.54	0.28
35	2120	2160	0.00	0.00
36	2160	2200	2.86	0.14
37	2200	2240	0.00	0.00
38	2240	2280	0.00	0.00
39	2280	2320	10.66	0.53
40	2320	2360	0.00	0.00
41	2360	2400	0.89	0.04
			VARIACIÓN TOTAL (m)	0.371

Fuente : Elaboración Propia

CONCLUSIONES

Del estudio topográfico realizado en nuestro tramo de estudio se obtuvo una pendiente de 0.46%.

De análisis granulométrico se caracterizó el material de fondo del cauce según la escala de Wentworth de la siguiente manera : Sector 1- sección 1 como grava fina ($D_{50}=6.78\text{mm}$), Sector 1- sección 2 como grava muy gruesa ($D_{50}=43.97\text{mm}$), Sector 2- sección 1 como grava fina ($D_{50}=4.96\text{mm}$), Sector 3- sección 1 como grava muy gruesa ($D_{50}=48.65\text{mm}$), Sector 4- sección 1 como arena muy gruesa ($D_{50}=1.48\text{mm}$), Sector 4- sección 2 como grava muy gruesa($D_{50}=41.81\text{mm}$).

El caudal dominante calculado mediante los 3 métodos (morfológico, geométrico y estadístico) para el escenario con bocatoma fue de $94\text{m}^3/\text{s}$ con un periodo de retorno de 7 años, mientras que para el caudal de máxima avenida se obtuvo como resultado $360\text{m}^3/\text{s}$ para un periodo de retorno de 170 años mediante la distribución Log Normal 2 Parámetros cuya distribución tuvo el mejor ajuste. Este caudal de máxima avenida se usó también para el aporte adicional de nuestra tesis el cual fue el estudio de inundabilidad.

Se estimó que con un caudal de $360\text{ m}^3/\text{s}$ la pendiente y la profundidad tuvieron variaciones de -0.15% , m , -0.37m y respectivamente, mientras que para un caudal de $94\text{m}^3/\text{s}$ la pendiente, la profundidad tuvieron variaciones de -0.11% , -0.23m y respectivamente

Del modelo bidimensional en Iber 2.4.3 con un caudal $360\text{ m}^3/\text{s}$ para el escenario sin bocatoma, el calado máximo fue de 4.60 m , mientras que para el escenario con bocatoma el calado máximo fue de 4.11 m , disminuyendo su calado máximo en 0.49m . Con respecto al calado en el escenario sin bocatoma, se obtiene mayor calado debido a que no existe una estructura que retenga el agua y por lo tanto hay una mejor concentración de caudal en el cauce mientras que en el escenario con bocatoma se obtiene menor calado debido a que se retiene el agua del cauce debido a la estructura de captación y esto a su vez genera

inundación en las áreas adyacentes, lo que reduce el volumen de agua transportado en el cauce que es llevado hacia las planicies.

Del modelo bidimensional en Iber 2.4.3 para un escenario con bocatoma la velocidad máxima fue de 7.94 m/s, mientras que para un escenario sin bocatoma su velocidad máxima fue 6.54 m/s aumentando su velocidad máxima en 1.4 m/s con respecto al modelo sin bocatoma.

El área de inundabilidad para el escenario sin bocatoma fue de 2.3 ha mientras que el escenario con bocatoma fue de 9.21 ha.

Para el diseño de los diques de enrocado se obtuvieron los siguientes resultados: ancho de corona de 5m, altura de dique de 5m, diámetro de la roca en el fondo de 1.20 m y diámetro la roca en el talud de 1.00m.

RECOMENDACIONES

Para el muestreo de fondo se recomienda ubicar zonas donde el cauce no haya sido descolmatado porque que afecta al reconocimiento de la capa superficial, de preferencia ubicar islas que no presenten vegetación o escombros donde el material esté depositado puesto que el material se encontrará inalterado y será más adecuado reconocer la granulometría del fondo.

Para el cálculo del transporte de fondo se recomienda utilizar las fórmulas pseudoempíricas puesto que el programa considera un solo diámetro para todo el modelo y un solo método de transporte de fondo, lo cual no asemeja la realidad debido a que en el muestreo se obtienen diferentes diámetros en cada sector.

Se recomienda que sean asignadas condiciones iniciales en el modelo, de no ser así estaríamos asumiendo que el modelo está totalmente seco.

Para la asignación de las rugosidades del cauce mediante el criterio de Cowan se recomienda hacerlo en los mismos sectores en los que fue hecho el muestreo, teniendo en cuenta la granulometría del fondo.

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_JK1FnuaB7aQ3CD6FrYRlteYs

Basile, P. A. (2018). Transporte de sedimentos y morfodinámica de ríos aluviales. En UNR (Ed.), Biomass Chem Eng (1° Edición).

Bunte, K., & Abt, S. R. (2001). Sampling surface and subsurface particle-size distributions in wadable gravel-and cobble-bed streams for analyses in sediment transport, hydraulics, and streambed monitoring. <https://doi.org/10.2737/RMRS-GTR-74>

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

COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA. (1996). Inicio de Movimiento y Acorazamiento.pdf (p. 133). p. 133. Ciudad de México.

Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca. (2004). Parte li. Transporte De Sedimentos 1. 65.

Farias, H. D. (2005). Análisis del Concepto de Caudal Dominante en Ríos Aluviales y Evaluación de Metodologías de Cálculo. 3, 2–4.

Flumen. (2013). Modelización bidimensional del flujo en lámina libre en aguas poco profundas. 24.

INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL (INDECI). (2011). MANUAL DE ESTIMACIÓN DEL RIESGO ANTE INUNDACIONES FLUVIALES. Recuperado de <http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/pdf/esp/doc1743/doc1743-contenido.pdf>

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

Marisa Rosana Ferreira. (2017). Aplicaciones Topográficas de los Drones. Obtenido de: [http://www.bibliotecacpa.org.ar/greenstone/collect/otragr/index/assoc/HASH0159/314a3cb,8\(1\),11](http://www.bibliotecacpa.org.ar/greenstone/collect/otragr/index/assoc/HASH0159/314a3cb,8(1),11).

Poterr, M. C. (2015). Mecánica de Fluidos (Cuarta Edi; Cengage Learning Editors, Ed.). México D.F.

Raquel Pachas L. (2009). El levantamiento topográfico: Uso del GPS y Estación Total. Academia, 8(16), 29–45. Recuperado de <http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/30397/1/articulo3.pdf>

ROCHA, A. (1998). INTRODUCCIÓN A LA HIDRÁULICA FLUVIAL (Primera Ed; UNI, Ed.).

ROCHA, A. (2003). La Bocatoma, Clave Un Proyecto De Aprovechamiento Hidráulico. Revista Ingeniería Civil, 27. 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. (2007). Hidrología Estadística (1° Edición; Villón, Ed.). Lima.

Wilcock, Pitlick, C. (2009). Estimating Bed-Material Transport in Gravel-bed Rivers. En R. M. R. Station (Ed.), Geography.

ANEXOS

MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN (MDE)

Figura N° 120: Lectura de las coordenadas UTM WGS-84 con ayuda del GPS GARMIN MAP 62s, para georeferenciar la estación total TOPCON ES105.



Fuente: Elaboración Propia.

Figura N° 121: Colocación de la estación total TOPCON ES105.



Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 122: Colocación de los puntos de control en ambos márgenes del río Virú cada 500 m



Fuente: Elaboración Propia.

Figura N° 123: Lectura de 4 puntos (bordes, medio) por cada sección del río Virú cada 20 m



Fuente: Elaboración Propia.

Figura N° 124: Realización de la batimetría



Fuente: Elaboración Propia.

Figura N° 125: Lectura de los puntos de topografía



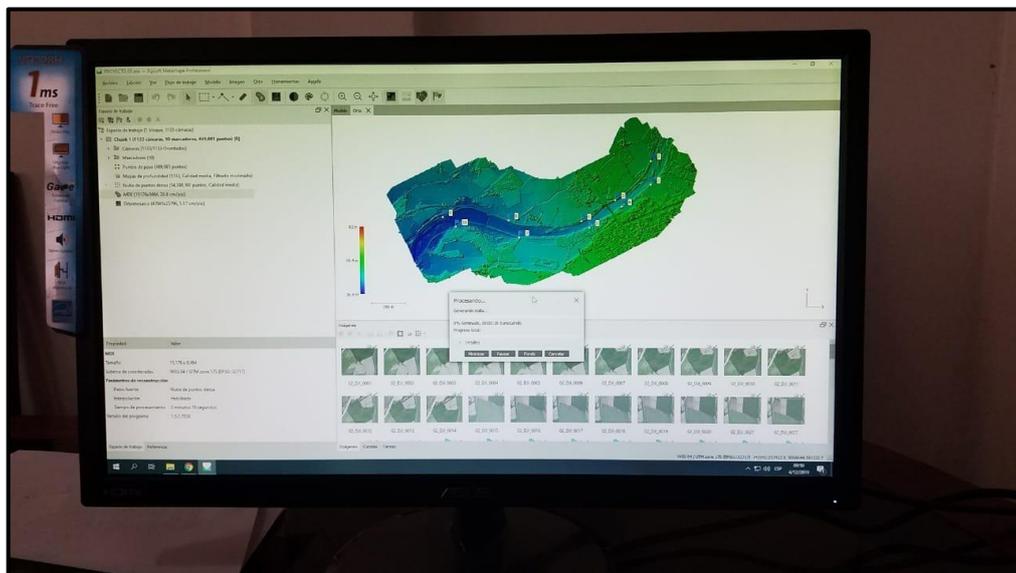
Fuente: Elaboración Propia.

Figura N° 126: Vuelo con Drone DJI PHANTOM 4 PRO



Fuente: Elaboración Propia.

Figura N° 127: Procesamiento de la fotogrametría con el software Agisoft Photoscan



Fuente: Elaboración Propia.

HIDROLOGÍA

Tabla N° 138: Valores de Frecuencia Acumulada $F(z)$ en función de la variable normal tipificada (z) de las distribuciones estadísticas (Normal, Log Normal 2 Parámetros y 3 Parámetros).

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

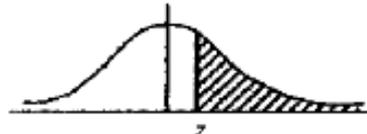
$$Fz = 1 - P(Z > z) = z$$

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



z

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



z

Z	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0,0	0,5000	0,5040	0,5080	0,5120	0,5160	0,5199	0,5239	0,5279	0,5319	0,5359
0,1	0,5398	0,5438	0,5478	0,5517	0,5557	0,5596	0,5636	0,5675	0,5714	0,5753
0,2	0,5793	0,5832	0,5871	0,5910	0,5948	0,5987	0,6026	0,6064	0,6103	0,6141
0,3	0,6179	0,6217	0,6255	0,6293	0,6331	0,6368	0,6406	0,6443	0,6480	0,6517
0,4	0,6554	0,6591	0,6628	0,6664	0,6700	0,6736	0,6772	0,6808	0,6844	0,6879
0,5	0,6915	0,6950	0,6985	0,7019	0,7054	0,7088	0,7123	0,7157	0,7190	0,7224
0,6	0,7257	0,7291	0,7324	0,7357	0,7389	0,7422	0,7454	0,7486	0,7517	0,7549
0,7	0,7580	0,7611	0,7642	0,7673	0,7704	0,7734	0,7764	0,7794	0,7823	0,7852
0,8	0,7881	0,7910	0,7939	0,7967	0,7995	0,8023	0,8051	0,8078	0,8106	0,8133
0,9	0,8159	0,8186	0,8212	0,8238	0,8264	0,8289	0,8315	0,8340	0,8365	0,8389
1,0	0,8413	0,8438	0,8461	0,8485	0,8508	0,8531	0,8551	0,8577	0,8599	0,8621
1,1	0,8013	0,8665	0,8686	0,8708	0,8729	0,8749	0,8770	0,8790	0,8810	0,8830
1,2	0,8849	0,8869	0,8888	0,8907	0,8925	0,8944	0,8962	0,8980	0,8997	0,9015
1,3	0,9032	0,9049	0,9066	0,9082	0,9099	0,9115	0,9131	0,9147	0,9162	0,9177
1,4	0,9192	0,9207	0,9222	0,9236	0,9251	0,9265	0,9279	0,9292	0,9306	0,9319
1,5	0,9332	0,9345	0,9357	0,9370	0,9382	0,9394	0,9406	0,9418	0,9429	0,9441
1,6	0,9452	0,9463	0,9474	0,9484	0,9495	0,9505	0,9515	0,9525	0,9535	0,9545
1,7	0,9554	0,9564	0,9573	0,9582	0,9591	0,9599	0,9608	0,9616	0,9625	0,9633
1,8	0,9641	0,9649	0,9656	0,9664	0,9671	0,9678	0,9686	0,9693	0,9699	0,9706
1,9	0,9713	0,9719	0,9726	0,9732	0,9738	0,9744	0,9750	0,9756	0,9761	0,9767
2,0	0,9772	0,9778	0,9783	0,9788	0,9793	0,9798	0,9803	0,9808	0,9812	0,9817
2,1	0,9821	0,9826	0,9830	0,9834	0,9838	0,9842	0,9846	0,9850	0,9854	0,9857
2,2	0,9861	0,9864	0,9868	0,9871	0,9875	0,9878	0,9881	0,9884	0,9887	0,9890
2,3	0,9893	0,9896	0,9898	0,9901	0,9904	0,9906	0,9909	0,9911	0,9913	0,9916
2,4	0,9918	0,9920	0,9922	0,9925	0,9927	0,9929	0,9931	0,9932	0,9934	0,9936
2,5	0,9938	0,9940	0,9941	0,9943	0,9945	0,9946	0,9948	0,9949	0,9951	0,9952
2,6	0,9953	0,9955	0,9956	0,9957	0,9959	0,9960	0,9961	0,9962	0,9963	0,9964
2,7	0,9965	0,9966	0,9967	0,9968	0,9969	0,9970	0,9971	0,9972	0,9973	0,9974
2,8	0,9974	0,9975	0,9976	0,9977	0,9977	0,9978	0,9979	0,9979	0,9980	0,9981
2,9	0,9981	0,9982	0,9982	0,9983	0,9984	0,9984	0,9985	0,9985	0,9986	0,9986
3,0	0,9987	0,9987	0,9987	0,9988	0,9988	0,9989	0,9989	0,9989	0,9990	0,9990
3,1	0,9990	0,9991	0,9991	0,9991	0,9992	0,9992	0,9992	0,9992	0,9993	0,9993
3,2	0,9993	0,9993	0,9994	0,9994	0,9994	0,9994	0,9994	0,9994	0,9995	0,9995
3,3	0,9995	0,9995	0,9995	0,9996	0,9996	0,9996	0,9996	0,9996	0,9996	0,9997
3,4	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9998
3,6	0,9998	0,9998	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999

Fuente: Villón, 2007

Tabla N° 139: Coeficiente χ^2 para la distribución Gamma 2 Parámetros

p	$\chi^2 = 0.001$ $m = 0.005$	0.002 0.0010	0.003 0.0015	0.004 0.0020	0.005 0.0025	0.006 0.0030	0.007 0.0035	0.008 0.0010	0.009 0.0045	0.010 0.0050
1	0.97477	0.96433	0.95632	0.94957	0.94363	0.93826	0.93332	0.92873	0.92442	0.92034
2	0.99950	0.99900	0.99850	0.99800	0.99750	0.99700	0.99651	0.99601	0.99551	0.99501
3	0.99999	0.99998	0.99996	0.99993	0.99991	0.99988	0.99984	0.99981	0.99977	0.99973
4							0.99999	0.99999	0.99999	0.99999
p	$\chi^2 = 0.01$ $m = 0.005$	0.02 0.010	0.03 0.015	0.04 0.020	0.05 0.025	0.06 0.030	0.07 0.035	0.08 0.040	0.09 0.045	0.10 0.050
1	0.92034	0.88754	0.86249	0.84148	0.82306	0.80650	0.79134	0.77730	0.76415	0.75183
2	0.99501	0.99005	0.98511	0.98020	0.97531	0.97045	0.96561	0.96079	0.95600	0.95123
3	0.99973	0.99925	0.99883	0.99790	0.99707	0.99616	0.99518	0.99412	0.99301	0.99184
4	0.99999	0.99995	0.99989	0.99980	0.99969	0.99956	0.99940	0.99922	0.99902	0.99879
5			0.99999	0.99998	0.99997	0.99995	0.99993	0.99991	0.99987	0.99984
6							0.99999	0.99999	0.99999	0.99998
p	$\chi^2 = 0.1$ $m = 0.05$	0.2 0.10	0.3 0.15	0.4 0.20	0.5 0.25	0.6 0.30	0.7 0.35	0.8 0.40	0.9 0.45	1.0 0.50
1	0.75183	0.65472	0.58388	0.52709	0.47950	0.43858	0.40278	0.37109	0.34278	0.31731
2	0.95123	0.90484	0.86071	0.81873	0.77880	0.74082	0.70469	0.67032	0.63763	0.60653
3	0.99184	0.97759	0.96003	0.94024	0.91889	0.89643	0.87320	0.84947	0.82543	0.80125
4	0.99879	0.99532	0.98981	0.98248	0.97350	0.96306	0.95133	0.93845	0.92456	0.90980
5	0.99984	0.99911	0.99764	0.99533	0.99212	0.98800	0.98297	0.97703	0.97022	0.96257
6	0.99998	0.99985	0.99950	0.99885	0.99784	0.99640	0.99449	0.99207	0.98912	0.98561
7		0.99997	0.99990	0.99974	0.99945	0.99899	0.99834	0.99744	0.99628	0.99483
8			0.99998	0.99994	0.99987	0.99973	0.99953	0.99922	0.99880	0.99825
9				0.99999	0.99997	0.99993	0.99987	0.99978	0.99964	0.99944
10					0.99999	0.99998	0.99997	0.99994	0.99989	0.99983
11						0.99999	0.99998	0.99997	0.99995	0.99995
12							0.99999	0.99999	0.99999	0.99999
p	$\chi^2 = 1.1$ $m = 0.55$	1.2 0.60	1.3 0.65	1.4 0.70	1.5 0.75	1.6 0.80	1.7 0.85	1.8 0.90	1.9 0.95	2.0 1.00
1	0.29427	0.27332	0.25421	0.23672	0.22067	0.20590	0.19229	0.17971	0.16808	0.15730
2	0.57695	0.54681	0.52205	0.49659	0.47237	0.44933	0.42741	0.40657	0.38674	0.36788
3	0.77707	0.75300	0.72913	0.70553	0.68227	0.65939	0.63693	0.61493	0.59342	0.57241
4	0.89427	0.87810	0.86138	0.84420	0.82664	0.80879	0.79072	0.77248	0.75414	0.73576
5	0.95410	0.94488	0.93493	0.92431	0.91307	0.90125	0.88890	0.87607	0.86290	0.84915
6	0.98154	0.97689	0.97168	0.96586	0.95949	0.95258	0.94512	0.93714	0.92866	0.91970
7	0.99305	0.99093	0.98844	0.98557	0.98231	0.97864	0.97457	0.97008	0.96517	0.95984
8	0.99753	0.99664	0.99555	0.99425	0.99271	0.99092	0.98887	0.98654	0.98393	0.98101
9	0.99917	0.99882	0.99838	0.99782	0.99715	0.99633	0.99537	0.99425	0.99295	0.99147
10	0.99973	0.99961	0.99944	0.99921	0.99894	0.99859	0.99817	0.99766	0.99705	0.99634
11	0.99992	0.99987	0.99981	0.99973	0.99962	0.99948	0.99930	0.99908	0.99882	0.99850
12	0.99998	0.99996	0.99994	0.99991	0.99987	0.99982	0.99975	0.99966	0.99954	0.99941
13	0.99999	0.99999	0.99998	0.99997	0.99996	0.99994	0.99991	0.99988	0.99983	0.99977
14			0.99999	0.99999	0.99999	0.99999	0.99997	0.99996	0.99994	0.99992
15				0.99999	0.99999	0.99999	0.99999	0.99999	0.99998	0.99997
16								0.99999	0.99999	0.99999

Fuente: Villón, 2007

Tabla N° 140: Coeficiente χ^2 para la distribución Gamma 2 Parámetros

p	$\chi^2 = 2.2$ m = 1.1	2.4	2.6	2.8	3.0	3.2	3.4	3.6	3.8	4.0
	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	
1	0.13801	0.12134	0.10686	0.09426	0.08327	0.07364	0.06520	0.05778	0.05125	0.04550
2	0.33287	0.30119	0.27253	0.24660	0.22313	0.20190	0.18268	0.16530	0.14957	0.13534
3	0.53195	0.49363	0.45749	0.42350	0.39163	0.36181	0.33397	0.30802	0.28389	0.26146
4	0.69903	0.66263	0.62682	0.59183	0.55783	0.52493	0.49325	0.46284	0.43375	0.40601
5	0.82084	0.79147	0.76137	0.73079	0.69999	0.66918	0.63857	0.60831	0.57856	0.54942
6	0.90042	0.87949	0.85711	0.83350	0.80885	0.78336	0.75722	0.73062	0.70372	0.67668
7	0.94795	0.93444	0.91938	0.90287	0.88500	0.86590	0.84570	0.82452	0.80250	0.77978
8	0.97426	0.96623	0.95691	0.94628	0.93436	0.92119	0.90681	0.89129	0.87470	0.85712
9	0.98790	0.98345	0.97807	0.97170	0.96430	0.95583	0.94631	0.93572	0.92408	0.91141
10	0.99457	0.99225	0.98934	0.98575	0.98142	0.97632	0.97039	0.96359	0.95592	0.94735
11	0.99766	0.99652	0.99503	0.99311	0.99073	0.98781	0.98431	0.98019	0.97541	0.96992
12	0.99903	0.99850	0.99777	0.99680	0.99554	0.99396	0.99200	0.98962	0.98678	0.98344
13	0.99961	0.99938	0.99903	0.99856	0.99793	0.99711	0.99606	0.99475	0.99314	0.99119
14	0.99985	0.99975	0.99960	0.99933	0.99907	0.99866	0.99813	0.99743	0.99655	0.99547
15	0.99994	0.99990	0.99984	0.99974	0.99960	0.99940	0.99913	0.99878	0.99832	0.99774
16	0.99998	0.99996	0.99994	0.99989	0.99983	0.99974	0.99961	0.99944	0.99921	0.99890
17	0.99999	0.99999	0.99998	0.99996	0.99993	0.99989	0.99983	0.99975	0.99964	0.99948
18			0.99999	0.99998	0.99997	0.99995	0.99993	0.99989	0.99984	0.99978
19				0.99999	0.99999	0.99998	0.99997	0.99995	0.99993	0.99989
20					0.99999	0.99999	0.99999	0.99998	0.99997	0.99995
21								0.99999	0.99999	0.99998
22									0.99999	0.99999
p	$\chi^2 = 4.2$ m = 2.1	4.4	4.6	4.8	5.0	5.2	5.4	5.6	5.8	6.0
	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3.0	
1	0.04042	0.03594	0.03197	0.02846	0.02535	0.02259	0.02014	0.01796	0.01603	0.01431
2	0.12246	0.11080	0.10026	0.09072	0.08209	0.07427	0.06721	0.06081	0.05502	0.04979
3	0.24066	0.22139	0.20354	0.18704	0.17180	0.15772	0.14474	0.13278	0.12176	0.11161
4	0.37962	0.35457	0.33085	0.30844	0.28730	0.26739	0.24866	0.23108	0.21459	0.19915
5	0.52099	0.49337	0.46662	0.44077	0.41588	0.39196	0.36904	0.34711	0.32617	0.30622
6	0.64963	0.62271	0.59604	0.56971	0.54381	0.51843	0.49363	0.46945	0.44596	0.42319
7	0.75647	0.73272	0.70864	0.68435	0.65996	0.63557	0.61127	0.58715	0.56329	0.53975
8	0.83864	0.81935	0.79935	0.77872	0.75758	0.73600	0.71409	0.69194	0.66962	0.64723
9	0.89776	0.88317	0.86769	0.85138	0.83431	0.81654	0.79814	0.77919	0.75976	0.73992
10	0.93787	0.92750	0.91625	0.90413	0.89118	0.87742	0.86291	0.84768	0.83178	0.81526
11	0.96370	0.95672	0.94898	0.94046	0.93117	0.92109	0.91026	0.89868	0.88637	0.87337
12	0.97955	0.97509	0.97002	0.96433	0.95798	0.95096	0.94327	0.93489	0.92583	0.91608
13	0.98887	0.98614	0.98298	0.97934	0.97519	0.97052	0.96530	0.95951	0.95313	0.94615
14	0.99414	0.99254	0.99064	0.98841	0.98581	0.98283	0.97943	0.97559	0.97128	0.96649
15	0.99701	0.99610	0.99501	0.99369	0.99213	0.99029	0.98816	0.98571	0.98291	0.97975
16	0.99851	0.99802	0.99741	0.99666	0.99575	0.99467	0.99338	0.99187	0.99012	0.98810
17	0.99928	0.99902	0.99869	0.99828	0.99777	0.99715	0.99639	0.99550	0.99443	0.99319
18	0.99966	0.99953	0.99936	0.99914	0.99886	0.99851	0.99809	0.99757	0.99694	0.99620
19	0.99985	0.99978	0.99969	0.99958	0.99943	0.99924	0.99901	0.99872	0.99836	0.99793
20	0.99993	0.99990	0.99986	0.99980	0.99972	0.99962	0.99950	0.99934	0.99914	0.99890
21	0.99997	0.99995	0.99993	0.99991	0.99987	0.99982	0.99975	0.99967	0.99956	0.99943
22	0.99999	0.99998	0.99997	0.99996	0.99994	0.99991	0.99988	0.99984	0.99978	0.99971
23	0.99999	0.99999	0.99999	0.99998	0.99997	0.99996	0.99994	0.99992	0.99989	0.99986
24		0.99999	0.99999	0.99998	0.99997	0.99996	0.99994	0.99992	0.99989	0.99986
25			0.99999	0.99999	0.99998	0.99997	0.99996	0.99994	0.99992	0.99989
26				0.99999	0.99999	0.99999	0.99999	0.99998	0.99998	0.99998
27					0.99999	0.99999	0.99999	0.99999	0.99999	0.99999

Fuente: Villón, 2007

Tabla N° 141: Coeficiente χ^2 para la distribución Gamma 2 Parámetros

p	$\chi^2 = 6.2$ $m = 3.1$	6.4 3.2	6.6 3.3	6.8 3.4	7.0 3.5	7.2 3.6	7.4 3.7	7.6 3.8	7.8 3.9	8.0 4.0
1	0.01278	0.01141	0.01020	0.00912	0.00815	0.00729	0.00652	0.00584	0.00522	0.00468
2	0.04505	0.04076	0.03688	0.03337	0.03020	0.02732	0.02472	0.02237	0.02024	0.01832
3	0.10228	0.09369	0.08580	0.07855	0.07190	0.06579	0.06018	0.05504	0.05033	0.04601
4	0.18470	0.17120	0.15860	0.14684	0.13589	0.12569	0.11620	0.10738	0.09919	0.09158
5	0.28724	0.26922	0.25213	0.23595	0.22064	0.20619	0.19255	0.17970	0.16761	0.15624
6	0.40116	0.37990	0.35943	0.33974	0.32085	0.30275	0.28543	0.26890	0.25313	0.23810
7	0.51660	0.49390	0.47168	0.45000	0.42888	0.40836	0.38845	0.36918	0.35056	0.33259
8	0.62484	0.60252	0.58034	0.55836	0.53663	0.51522	0.49415	0.47349	0.45323	0.43347
9	0.71975	0.69931	0.67869	0.65793	0.63712	0.61631	0.59555	0.57490	0.55442	0.53415
10	0.79819	0.78061	0.76259	0.74418	0.72544	0.70644	0.68722	0.66784	0.64837	0.62884
11	0.85969	0.84539	0.83049	0.81504	0.79908	0.78266	0.76583	0.74862	0.73110	0.71330
12	0.90567	0.89459	0.88288	0.87054	0.85761	0.84412	0.83009	0.81556	0.80056	0.78513
13	0.93857	0.93038	0.92157	0.91216	0.90215	0.89155	0.88038	0.86865	0.85638	0.84360
14	0.96120	0.95538	0.94903	0.94215	0.93471	0.92673	0.91819	0.90911	0.89948	0.88933
15	0.97619	0.97222	0.96782	0.96269	0.95765	0.95186	0.94559	0.93882	0.93155	0.92378
16	0.98579	0.98317	0.98022	0.97693	0.97326	0.96921	0.96476	0.95989	0.95460	0.94887
17	0.99174	0.99007	0.98816	0.98599	0.98355	0.98081	0.97775	0.97437	0.97064	0.96655
18	0.99532	0.99429	0.99309	0.99171	0.99013	0.98833	0.98630	0.98402	0.98147	0.97864
19	0.99741	0.99679	0.99606	0.99521	0.99421	0.99307	0.99176	0.99025	0.98857	0.98667
20	0.99860	0.99824	0.99781	0.99729	0.99669	0.99598	0.99515	0.99420	0.99311	0.99187
21	0.99926	0.99905	0.99880	0.99850	0.99814	0.99771	0.99721	0.99662	0.99594	0.99514
22	0.99962	0.99950	0.99936	0.99919	0.99898	0.99873	0.99843	0.99807	0.99765	0.99716
23	0.99981	0.99974	0.99967	0.99957	0.99945	0.99931	0.99913	0.99892	0.99867	0.99837
24	0.99990	0.99987	0.99983	0.99978	0.99971	0.99963	0.99953	0.99941	0.99926	0.99908
25	0.99995	0.99994	0.99991	0.99989	0.99985	0.99981	0.99975	0.99968	0.99960	0.99949
26	0.99998	0.99997	0.99996	0.99994	0.99992	0.99990	0.99987	0.99983	0.99978	0.99973
27	0.99999	0.99999	0.99998	0.99997	0.99996	0.99995	0.99993	0.99991	0.99989	0.99985
28		0.99999	0.99999	0.99999	0.99998	0.99998	0.99997	0.99996	0.99994	0.99992
29				0.99999	0.99999	0.99999	0.99998	0.99998	0.99997	0.99996
30					0.99999	0.99999	0.99999	0.99999	0.99999	0.99998
p	$\chi^2 = 8.2$ $m = 4.1$	8.4 4.2	8.6 4.3	8.8 4.4	9.0 4.5	9.2 4.6	9.4 4.7	9.6 4.8	9.8 4.9	10.0 5.0
1	0.00419	0.00375	0.00336	0.00301	0.00270	0.00242	0.00217	0.00195	0.00175	0.00157
2	0.01657	0.01500	0.01357	0.01228	0.01111	0.01005	0.00910	0.00823	0.00745	0.00674
3	0.04205	0.03843	0.03511	0.03207	0.02929	0.02675	0.02442	0.02229	0.02034	0.01857
4	0.08452	0.07798	0.07191	0.06630	0.06110	0.05629	0.05184	0.04773	0.04394	0.04043
5	0.14555	0.13553	0.12612	0.11731	0.10906	0.10135	0.09413	0.08740	0.08110	0.07524
6	0.22381	0.21024	0.19736	0.18514	0.17358	0.16264	0.15230	0.14254	0.13333	0.12465
7	0.31529	0.29865	0.28266	0.26734	0.25266	0.23861	0.22520	0.21240	0.20019	0.18857
8	0.41418	0.39540	0.37715	0.35945	0.34230	0.32571	0.30968	0.29423	0.27935	0.26503
9	0.51412	0.49439	0.47499	0.45594	0.43727	0.41902	0.40120	0.38383	0.36692	0.35049
10	0.60931	0.58983	0.57044	0.55118	0.53210	0.51323	0.49461	0.47626	0.45821	0.44049
11	0.69528	0.67709	0.65876	0.64035	0.62189	0.60344	0.58502	0.56669	0.54846	0.53039
12	0.76931	0.75314	0.73666	0.71991	0.70293	0.68576	0.66844	0.65101	0.63350	0.61596
13	0.83033	0.81660	0.80244	0.78788	0.77294	0.75768	0.74211	0.72627	0.71020	0.69393
14	0.87865	0.86746	0.85579	0.84365	0.83105	0.81803	0.80461	0.79081	0.77666	0.76218
15	0.91551	0.90675	0.89749	0.88774	0.87752	0.86683	0.85569	0.84412	0.83213	0.81974
16	0.94269	0.93606	0.92897	0.92142	0.91341	0.90495	0.89603	0.88667	0.87688	0.86663
17	0.96208	0.95723	0.95198	0.94633	0.94026	0.93378	0.92687	0.91954	0.91179	0.90361
18	0.97551	0.97207	0.96830	0.96420	0.95974	0.95493	0.94974	0.94418	0.93824	0.93191
19	0.98454	0.98217	0.97955	0.97666	0.97348	0.97001	0.96623	0.96213	0.95771	0.95295
20	0.99046	0.98887	0.98709	0.98511	0.98291	0.98047	0.97779	0.97486	0.97166	0.96817
21	0.99424	0.99320	0.99203	0.99070	0.98921	0.98755	0.98570	0.98365	0.98139	0.97891
22	0.99659	0.99593	0.99518	0.99431	0.99333	0.99222	0.99098	0.98958	0.98803	0.98630
23	0.99802	0.99761	0.99714	0.99659	0.99596	0.99524	0.99442	0.99349	0.99245	0.99128
24	0.99858	0.99863	0.99833	0.99799	0.99760	0.99714	0.99661	0.99601	0.99532	0.99455
25	0.99937	0.99922	0.99905	0.99884	0.99860	0.99831	0.99798	0.99760	0.99716	0.99665
26	0.99966	0.99957	0.99947	0.99934	0.99919	0.99902	0.99882	0.99858	0.99830	0.99798
27	0.99981	0.99977	0.99971	0.99963	0.99955	0.99944	0.99932	0.99917	0.99900	0.99880
28	0.99990	0.99987	0.99984	0.99980	0.99975	0.99969	0.99962	0.99953	0.99942	0.99930
29	0.99995	0.99993	0.99991	0.99989	0.99986	0.99983	0.99979	0.99973	0.99967	0.99960
30	0.99997	0.99997	0.99996	0.99994	0.99993	0.99991	0.99988	0.99985	0.99982	0.99977

Fuente: Villón, 2007

Tabla N° 142: Coeficiente χ^2 para la distribución Gamma 2 Parámetros

ν	$\chi^2 = 10.5$ $m = 5.25$	11.0 5.5	11.5 5.75	12.0 6.0	12.5 6.25	13.0 6.5	13.5 6.75	14.0 7.0	14.5 7.25	15.0 7.5
1	0.00119	0.00091	0.00070	0.00053	0.00041	0.00031	0.00024	0.00018	0.00014	0.00011
2	0.00525	0.00409	0.00318	0.00248	0.00193	0.00150	0.00117	0.00091	0.00071	0.00055
3	0.01476	0.01173	0.00931	0.00738	0.00585	0.00464	0.00367	0.00291	0.00230	0.00182
4	0.03280	0.02656	0.02148	0.01735	0.01400	0.01128	0.00907	0.00720	0.00586	0.00470
5	0.06225	0.05138	0.04252	0.03479	0.02854	0.02338	0.01912	0.01561	0.01273	0.01036
6	0.10511	0.08838	0.07410	0.06197	0.05170	0.04304	0.03575	0.02964	0.02452	0.02026
7	0.16196	0.13862	0.11825	0.10056	0.08527	0.07211	0.06082	0.05118	0.04297	0.03599
8	0.23167	0.20170	0.17485	0.15120	0.13025	0.11185	0.09577	0.08177	0.06963	0.05915
9	0.31154	0.27571	0.24299	0.21331	0.18657	0.16261	0.14128	0.12233	0.10562	0.09094
10	0.39777	0.35752	0.31991	0.28506	0.25299	0.22367	0.19704	0.17299	0.15138	0.13206
11	0.48605	0.44326	0.40237	0.36364	0.32726	0.29333	0.26190	0.23299	0.20655	0.18250
12	0.57218	0.52892	0.48662	0.44668	0.40640	0.36904	0.33377	0.30071	0.26992	0.24144
13	0.65263	0.61082	0.56901	0.52764	0.48713	0.44781	0.40997	0.37384	0.33960	0.30735
14	0.72479	0.68604	0.64639	0.60630	0.56622	0.52652	0.48759	0.44971	0.41316	0.37815
15	0.78717	0.75259	0.71641	0.67903	0.64086	0.60230	0.56374	0.52553	0.48800	0.45142
16	0.83925	0.80949	0.77672	0.74398	0.70890	0.67276	0.63591	0.59871	0.56152	0.52464
17	0.88135	0.85656	0.82942	0.80014	0.76896	0.73619	0.70212	0.66710	0.63145	0.59548
18	0.91436	0.89436	0.87195	0.84724	0.82038	0.79157	0.76106	0.72909	0.69596	0.66197
19	0.93952	0.92384	0.90587	0.88562	0.86316	0.83857	0.81202	0.78369	0.75380	0.72260
20	0.95817	0.94622	0.93221	0.91608	0.89779	0.87738	0.85492	0.83050	0.80427	0.77641
21	0.97166	0.96279	0.95214	0.93962	0.92513	0.90862	0.89010	0.86962	0.84718	0.82295
22	0.98118	0.97475	0.96686	0.95738	0.94618	0.93316	0.91827	0.90148	0.88279	0.86224
23	0.98773	0.98319	0.97748	0.97047	0.96201	0.95199	0.94030	0.92687	0.91165	0.89463
24	0.99216	0.98901	0.98498	0.97991	0.97367	0.96612	0.95715	0.94665	0.93454	0.92076
25	0.99507	0.99293	0.99015	0.98657	0.98206	0.97650	0.96976	0.96173	0.95230	0.94138
26	0.99696	0.99555	0.99366	0.99117	0.98798	0.98397	0.97902	0.97300	0.96581	0.95733
27	0.99815	0.99724	0.99598	0.99429	0.99208	0.8925	0.98567	0.98125	0.97588	0.96943
28	0.99890	0.99831	0.99749	0.99637	0.99487	0.99290	0.99037	0.98719	0.98324	0.97844
29	0.99935	0.99899	0.99846	0.99773	0.99672	0.99538	0.99363	0.99138	0.98854	0.98502
30	0.99963	0.99940	0.99907	0.99860	0.99794	0.99704	0.99585	0.99428	0.99227	0.98974
ν	$\chi^2 = 15.5$ $m = 7.75$	16.0 8.0	16.5 8.25	17.0 8.5	17.5 8.75	18.0 9.0	18.5 9.25	19.0 9.5	19.5 9.75	20.0 10.0
1	0.00008	0.00006	0.00005	0.00004	0.00003	0.00002	0.00002	0.00001	0.00001	0.00001
2	0.00043	0.00034	0.00026	0.00020	0.00016	0.00012	0.00010	0.00008	0.00006	0.00005
3	0.00144	0.00113	0.00090	0.00071	0.00056	0.00044	0.00035	0.00027	0.00022	0.00017
4	0.00377	0.00302	0.00242	0.00193	0.00154	0.00123	0.00099	0.00079	0.00063	0.00050
5	0.00843	0.00684	0.00555	0.00450	0.00364	0.00295	0.00238	0.00192	0.00155	0.00125
6	0.01670	0.01375	0.01131	0.00928	0.00761	0.00623	0.00510	0.00416	0.00340	0.00277
7	0.03010	0.02512	0.02092	0.01740	0.01444	0.01197	0.00991	0.00819	0.00676	0.00557
8	0.05012	0.04238	0.03576	0.03011	0.02530	0.02123	0.01777	0.01486	0.01240	0.01034
9	0.07809	0.06688	0.05715	0.04872	0.04144	0.03517	0.02980	0.02519	0.02126	0.01791
10	0.11487	0.09963	0.08619	0.07436	0.06401	0.05496	0.04709	0.04026	0.03435	0.02923
11	0.16073	0.14113	0.12356	0.10788	0.09393	0.08158	0.07068	0.06109	0.05269	0.04534
12	0.21522	0.19124	0.16939	0.14960	0.13174	0.11569	0.10133	0.08853	0.07716	0.06709
13	0.27719	0.24913	0.22318	0.19930	0.17744	0.15752	0.13944	0.12310	0.10840	0.09521
14	0.34485	0.31337	0.28380	0.25618	0.23051	0.20678	0.18495	0.16495	0.14671	0.13014
15	0.41604	0.38205	0.34962	0.31886	0.28986	0.26267	0.23729	0.21373	0.19196	0.17193
16	0.48837	0.45296	0.41864	0.38560	0.35398	0.32390	0.29544	0.26866	0.24359	0.22022
17	0.55951	0.52383	0.48871	0.45437	0.42102	0.38884	0.35797	0.32853	0.30060	0.27423
18	0.62740	0.59255	0.55770	0.52311	0.48902	0.45565	0.42320	0.39182	0.36166	0.33282
19	0.69033	0.65728	0.62370	0.58987	0.55603	0.52244	0.48931	0.45684	0.42521	0.39458
20	0.74712	0.71662	0.68516	0.65297	0.62031	0.58741	0.55451	0.52183	0.48957	0.45793
21	0.79705	0.76965	0.74093	0.71111	0.68039	0.64900	0.61718	0.58514	0.55310	0.52126
22	0.83990	0.81589	0.79032	0.76336	0.73519	0.70599	0.67597	0.64533	0.61428	0.58304
23	0.87582	0.85527	0.83304	0.80925	0.78402	0.75749	0.72983	0.70122	0.67185	0.64191
24	0.90527	0.88808	0.86919	0.84866	0.82657	0.80301	0.77810	0.75199	0.72483	0.69678
25	0.92891	0.91483	0.89912	0.88179	0.86287	0.84239	0.82044	0.79712	0.77254	0.74683
26	0.94749	0.93620	0.92341	0.90908	0.89320	0.87577	0.85683	0.83643	0.81464	0.79156
27	0.96182	0.95295	0.94274	0.93112	0.91806	0.90352	0.88750	0.87000	0.85107	0.83076
28	0.97266	0.96582	0.95782	0.94859	0.93835	0.92615	0.91285	0.89814	0.88200	0.86446
29	0.98071	0.97554	0.96939	0.96218	0.95383	0.94427	0.93344	0.92129	0.90779	0.89293
30	0.98659	0.98274	0.97810	0.97258	0.96608	0.95853	0.94986	0.94001	0.92891	0.91654

Fuente: Villón, 2007

Tabla N° 143: Coeficiente χ^2 para la distribución Gamma 2 Parámetros

ν	$\chi^2 = 21$ $m = 10.5$	22 11.0	23 11.5	24 12.0	25 12.5	26 13.0	27 13.5	28 14.0	29 14.5	30 15.0
1	0.00001									
2	0.00003	0.00002	0.00001	0.00001						
3	0.00011	0.00007	0.00004	0.00003	0.00002	0.00001	0.00001			
4	0.00032	0.00020	0.00013	0.00008	0.00005	0.00003	0.00002	0.00001	0.00001	0.00001
5	0.00081	0.00052	0.00034	0.00022	0.00014	0.00009	0.00006	0.00004	0.00002	0.00002
6	0.00184	0.00121	0.00080	0.00052	0.00034	0.00022	0.00015	0.00009	0.00006	0.00004
7	0.00377	0.00254	0.00171	0.00114	0.00076	0.00050	0.00033	0.00022	0.00015	0.00010
8	0.00715	0.00492	0.00336	0.00229	0.00155	0.00105	0.00071	0.00047	0.00032	0.00021
9	0.01265	0.00888	0.00620	0.00430	0.00297	0.00204	0.00140	0.00095	0.00065	0.00044
10	0.02109	0.01511	0.01075	0.00760	0.00535	0.00374	0.00260	0.00181	0.00125	0.00086
11	0.03337	0.02437	0.01768	0.01273	0.00912	0.00649	0.00460	0.00324	0.00227	0.00159
12	0.05038	0.03752	0.02773	0.02034	0.01482	0.01073	0.00773	0.00553	0.00394	0.00279
13	0.07293	0.05536	0.04168	0.03113	0.02308	0.01700	0.01244	0.00905	0.00653	0.00471
14	0.10163	0.07861	0.06027	0.04582	0.03457	0.02589	0.01925	0.01423	0.01045	0.00763
15	0.13683	0.10780	0.08414	0.06509	0.04994	0.03802	0.02874	0.02157	0.01509	0.01192
16	0.17851	0.14319	0.11374	0.08950	0.06982	0.05403	0.04148	0.03162	0.02394	0.01800
17	0.22629	0.18472	0.14925	0.11944	0.09471	0.07446	0.05807	0.04494	0.03453	0.02635
18	0.27941	0.23199	0.19059	0.15503	0.12492	0.09976	0.07900	0.06206	0.04838	0.03745
19	0.33680	0.28426	0.23734	0.19615	0.16054	0.13019	0.10465	0.08343	0.06599	0.05180
20	0.39713	0.34051	0.28880	0.24239	0.20143	0.16581	0.13526	0.10940	0.08776	0.06955
21	0.45894	0.39951	0.34398	0.29306	0.24716	0.20645	0.17085	0.14015	0.11400	0.09199
22	0.52074	0.45989	0.40173	0.34723	0.29707	0.25168	0.21123	0.17568	0.14486	0.11846
23	0.58109	0.52025	0.46077	0.40381	0.35029	0.30087	0.25597	0.21578	0.18031	0.14940
24	0.63873	0.57927	0.51980	0.46160	0.40576	0.35317	0.30445	0.26004	0.22013	0.18475
25	0.69261	0.63574	0.57756	0.51937	0.46237	0.40760	0.35588	0.30785	0.26392	0.22429
26	0.74196	0.68870	0.63295	0.57597	0.51898	0.46311	0.40933	0.35846	0.31108	0.26761
27	0.78629	0.73738	0.68501	0.63032	0.57446	0.51860	0.46379	0.41097	0.36090	0.31415
28	0.82535	0.78129	0.73304	0.68154	0.62784	0.57305	0.51825	0.46445	0.41253	0.36322
29	0.85915	0.82019	0.77654	0.72893	0.67825	0.62549	0.57171	0.51791	0.46507	0.41400
30	0.88789	0.85404	0.81526	0.77203	0.72503	0.67513	0.62327	0.57044	0.51760	0.46565
ν	$\chi^2 = 31$ $m = 15.5$	32 16.0	33 16.5	34 17.0	35 17.5	36 18.0	37 18.5	38 19.0	39 19.5	40 20.0
5	0.00001	0.00001	0.00001	0.00001						
6	0.00003	0.00002	0.00001	0.00001						
7	0.00006	0.00004	0.00003	0.00002	0.00001	0.00001	0.00001	0.00001		
8	0.00014	0.00009	0.00006	0.00004	0.00003	0.00002	0.00001	0.00002	0.00001	0.00001
9	0.00030	0.00020	0.00013	0.00009	0.00006	0.00004	0.00003	0.00002	0.00001	0.00001
10	0.00059	0.00040	0.00027	0.00019	0.00012	0.00008	0.00006	0.00004	0.00003	0.00002
11	0.00110	0.00076	0.00053	0.00036	0.00025	0.00017	0.00012	0.00008	0.00005	0.00004
12	0.00197	0.00138	0.00097	0.00068	0.00047	0.00032	0.00022	0.00015	0.00011	0.00007
13	0.00337	0.00240	0.00170	0.00120	0.00085	0.00059	0.00041	0.00029	0.00020	0.00014
14	0.00554	0.00401	0.00288	0.00206	0.00147	0.00104	0.00074	0.00052	0.00036	0.00026
15	0.00878	0.00644	0.00469	0.00341	0.00246	0.00177	0.00127	0.00090	0.00064	0.00045
16	0.01346	0.01000	0.00739	0.00543	0.00397	0.00289	0.00210	0.00151	0.00109	0.00078
17	0.01997	0.01505	0.01127	0.00840	0.00622	0.00459	0.00337	0.00246	0.00179	0.00129
18	0.02879	0.02199	0.01669	0.01260	0.00945	0.00706	0.00524	0.00387	0.00285	0.00209
19	0.04037	0.03125	0.02404	0.01838	0.01397	0.01056	0.00793	0.00593	0.00442	0.00327
20	0.05519	0.04330	0.03374	0.02613	0.02010	0.01538	0.01170	0.00886	0.00667	0.00500
21	0.07366	0.05855	0.04622	0.03624	0.02824	0.02187	0.01683	0.01289	0.00981	0.00744
22	0.09612	0.07740	0.06187	0.04912	0.03875	0.03037	0.02366	0.01832	0.01411	0.01081
23	0.12279	0.10014	0.08107	0.06516	0.05202	0.04125	0.03251	0.02547	0.01984	0.01537
24	0.15378	0.12699	0.10407	0.08467	0.06840	0.05489	0.04376	0.03467	0.02731	0.02139
25	0.18902	0.15801	0.13107	0.10791	0.08820	0.07160	0.05774	0.04626	0.03684	0.02916
26	0.22827	0.19312	0.16210	0.13502	0.11165	0.09167	0.07475	0.06056	0.04875	0.03901
27	0.27114	0.23208	0.19707	0.16605	0.13887	0.11530	0.09507	0.07786	0.06336	0.05124
28	0.31708	0.27451	0.23574	0.20087	0.16987	0.14260	0.11886	0.09840	0.08092	0.06613
29	0.36542	0.31957	0.27774	0.23926	0.20454	0.17356	0.14622	0.12234	0.10166	0.08394
30	0.41541	0.36753	0.32254	0.28083	0.24264	0.20808	0.17714	0.14975	0.12573	0.10486

Fuente: Villón, 2007

Tabla N° 144: Tabla para hallar el factor de frecuencia K para la distribución Gamma 3 Parámetros y Log Pearson tipo 3

Coeficiente de asimetría C_r o C_w	Periodo de retorno en años						
	2	5	10	25	50	100	200
	Probabilidad de excedencia						
	0.50	0.20	0.10	0.04	0.02	0.01	0.005
3.0	-0.396	0.420	1.180	2.278	3.152	4.051	4.970
2.9	-0.390	0.440	1.195	2.277	3.134	4.013	4.909
2.8	-0.384	0.460	1.210	2.275	3.114	3.973	4.847
2.7	-0.376	0.479	1.224	2.272	3.093	3.932	4.783
2.6	-0.368	0.499	1.238	2.267	3.071	3.889	4.718
2.5	-0.360	0.518	1.250	2.262	3.048	3.845	4.652
2.4	-0.351	0.537	1.262	2.256	3.023	3.800	4.584
2.3	-0.341	0.555	1.274	2.248	2.997	3.753	4.515
2.2	-0.330	0.574	1.284	2.240	2.970	3.705	4.444
2.1	-0.319	0.592	1.294	2.230	2.942	3.656	4.372
2.0	-0.307	0.609	1.302	2.219	2.912	3.605	4.298
1.9	-0.294	0.627	1.310	2.207	2.881	3.553	4.223
1.8	-0.282	0.643	1.318	2.193	2.848	3.499	4.147
1.7	-0.268	0.660	1.324	2.179	2.815	3.444	4.069
1.6	-0.254	0.675	1.329	2.163	2.780	3.388	3.990
1.5	-0.240	0.690	1.333	2.146	2.743	3.330	3.910
1.4	-0.225	0.705	1.337	2.128	2.706	3.271	3.828
1.3	-0.210	0.719	1.339	2.108	2.666	3.211	3.745
1.2	-0.195	0.732	1.340	2.087	2.626	3.149	3.661
1.1	-0.180	0.745	1.341	2.066	2.585	3.087	3.575
1.0	-0.164	0.758	1.340	2.043	2.542	3.022	3.489
0.9	-0.148	0.769	1.339	2.018	2.498	2.957	3.401
0.8	-0.132	0.780	1.336	1.993	2.453	2.891	3.312
0.7	-0.116	0.790	1.333	1.967	2.407	2.824	3.223
0.6	-0.099	0.800	1.328	1.939	2.359	2.755	3.132
0.5	-0.083	0.808	1.323	1.910	2.311	2.686	3.041
0.4	-0.066	0.816	1.317	1.880	2.261	2.615	2.949
0.3	-0.050	0.824	1.309	1.849	2.211	2.544	2.856
0.2	-0.033	0.830	1.301	1.818	2.159	2.472	2.763
0.1	-0.017	0.836	1.292	1.785	2.107	2.400	2.670
0.0	0	0.842	1.282	1.751	2.054	2.326	2.576

Fuente: Villón, 2007

Tabla N° 145: Factor δ para hallar el error estándar de las distribuciones Gamma 3 Parámetros y 2 Parámetros.

γ	$T_r=2$	$T_r=5$	$T_r=10$	$T_r=20$	$T_r=50$	$T_r=100$
0.0	1.0801	1.1698	1.3748	1.6845	2.1988	2.6363
0.1	1.0808	1.2006	1.4367	1.7810	2.3425	2.8168
0.2	1.0830	1.2309	1.4989	1.8815	2.4986	3.0175
0.3	1.0866	1.2609	1.5610	1.9852	2.6656	3.2365
0.4	1.0913	1.2905	1.6227	2.0915	2.8423	3.4724
0.5	1.0987	1.3199	1.6838	2.1998	3.0277	3.7238
0.6	1.1073	1.3492	1.7441	2.3094	3.2209	3.9895
0.7	1.1179	1.3785	1.8032	2.4198	3.1208	4.2684
0.8	1.1304	1.4082	1.8609	2.5303	3.6266	4.5595
0.9	1.1449	1.4385	1.9170	2.6403	3.8374	4.8618
1.0	1.1614	1.4699	1.9714	2.7492	4.0522	5.1741
1.1	1.1799	1.5030	2.0240	2.8564	4.2699	5.4952
1.2	1.2003	1.5382	2.0747	2.9613	4.4996	5.8240
1.3	1.2223	1.5764	2.1237	3.0631	4.7100	6.1592
1.4	1.2157	1.6181	2.1711	3.1615	4.9301	6.4992
1.5	1.2701	1.6643	2.2173	3.2557	5.1486	6.8427
1.6	1.2952	1.7157	2.2627	3.3455	5.3644	7.1881
1.7	1.3204	1.7732	2.3081	3.4303	5.5761	7.5339
1.8	1.3452	1.8374	2.3541	3.5100	5.7827	7.8783
1.9	1.3690	1.9091	2.4018	3.5844	5.9829	8.2196
2.0	1.3913	1.9888	2.4525	3.6536	6.1755	8.5562

Fuente: Villón, 2007

Tabla N° 146: Tabla para hallar el delta tabular Δ_0 para la prueba de bondad de ajuste Smirnov Kolmogorov.

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: Villón, 2007

Tabla N° 147: Prueba de bondad de ajuste Smirnov Kolmogorov para la distribución Normal.

N°=m	Q=X(m³/s)	P (X) =m/n+1	Z = (X- \bar{X})/S	F(Z)	$\Delta = (P(X)-F(Z))$
1	5.60	0.0143	-0.8049	0.2104	0.1961
2	6.00	0.0286	-0.7982	0.2124	0.1838
3	7.00	0.0429	-0.7816	0.2172	0.1743
4	7.78	0.0571	-0.7686	0.2211	0.1640
5	8.00	0.0714	-0.7649	0.2222	0.1508
6	8.32	0.0857	-0.7596	0.2237	0.1380
7	10.00	0.1000	-0.7317	0.2322	0.1322
8	10.00	0.1143	-0.7317	0.2322	0.1179
9	12.00	0.1286	-0.6984	0.2425	0.1139
10	12.80	0.1429	-0.6851	0.2467	0.1038
11	14.70	0.1571	-0.6534	0.2567	0.0996
12	14.90	0.1714	-0.6501	0.2578	0.0864
13	15.00	0.1857	-0.6484	0.2583	0.0726
14	15.00	0.2000	-0.6484	0.2583	0.0583
15	15.00	0.2143	-0.6484	0.2583	0.0440
16	16.00	0.2286	-0.6318	0.2638	0.0352
17	17.50	0.2429	-0.6068	0.2720	0.0291
18	19.20	0.2571	-0.5786	0.2814	0.0243
19	19.50	0.2714	-0.5736	0.2831	0.0117
20	20.16	0.2857	-0.5626	0.2869	0.0012
21	20.80	0.3000	-0.5519	0.2905	0.0095
22	21.30	0.3143	-0.5436	0.2934	0.0209
23	24.50	0.3286	-0.4903	0.3119	0.0167
24	25.20	0.3429	-0.4787	0.3161	0.0268
25	25.60	0.3571	-0.4720	0.3184	0.0387
26	28.60	0.3714	-0.4221	0.3365	0.0349
27	28.80	0.3857	-0.4188	0.3377	0.0480
28	29.00	0.4000	-0.4155	0.3389	0.0611
29	29.50	0.4143	-0.4071	0.3420	0.0723
30	30.00	0.4286	-0.3988	0.3450	0.0836
31	32.00	0.4429	-0.3655	0.3574	0.0855
32	35.00	0.4571	-0.3156	0.3761	0.0810
33	35.00	0.4714	-0.3156	0.3761	0.0953
34	36.26	0.4857	-0.2946	0.3841	0.1016
35	36.60	0.5000	-0.2890	0.3863	0.1137
36	38.00	0.5143	-0.2657	0.3952	0.1191
37	38.50	0.5286	-0.2574	0.3984	0.1302
38	40.00	0.5429	-0.2324	0.4081	0.1348
39	40.00	0.5571	-0.2324	0.4081	0.1490
40	40.00	0.5714	-0.2324	0.4081	0.1633
41	40.00	0.5857	-0.2324	0.4081	0.1776

42	40.00	0.6000	-0.2324	0.4081	0.1919
43	40.50	0.6143	-0.2241	0.4113	0.2030
44	42.50	0.6286	-0.1908	0.4243	0.2043
45	44.25	0.6429	-0.1617	0.4358	0.2071
46	45.00	0.6571	-0.1492	0.4407	0.2164
47	45.60	0.6714	-0.1392	0.4460	0.2254
48	48.00	0.6857	-0.0993	0.4605	0.2252
49	48.00	0.7000	-0.0993	0.4605	0.2395
50	48.58	0.7143	-0.0896	0.4643	0.2500
51	50.00	0.7286	-0.0660	0.4737	0.2549
52	51.70	0.7429	-0.0377	0.4850	0.2579
53	74.00	0.7571	0.3334	0.6306	0.1265
54	74.33	0.7714	0.3389	0.6327	0.1387
55	80.00	0.7857	0.4333	0.6676	0.1181
56	88.00	0.8000	0.5664	0.7144	0.0856
57	90.00	0.8143	0.5997	0.7256	0.0887
58	100.00	0.8286	0.7661	0.7782	0.0504
59	102.70	0.8429	0.8110	0.7913	0.0516
60	110.00	0.8571	0.9325	0.8245	0.0326
61	110.00	0.8714	0.9325	0.8245	0.0469
62	120.00	0.8857	1.0989	0.8641	0.0216
63	122.50	0.9000	1.1405	0.8730	0.0270
64	128.00	0.9143	1.2321	0.8910	0.0233
65	138.00	0.9286	1.3985	0.9190	0.0096
66	172.80	0.9429	1.9776	0.9760	0.0331
67	200.00	0.9571	2.4303	0.9925	0.0354
68	200.00	0.9714	2.4303	0.9925	0.0211
69	380.00	0.9857	5.4258	1.0000	0.0143
PARÁMETRO ESTADÍSTICOS					
DATOS (n)		MEDIA (\bar{X})		DESV. ESTÁNDAR (S)	
69		53.96		60.09	

Fuente : Elaboración Propia

Tabla N° 148: Prueba de bondad de ajuste Smirnov Kolmogorov para la distribución Log Normal 2 Parámetros

N°=m	Q=X(m³/s)	LnX	P (X) =m/n+1	Z = (LnX- \bar{X} LnX)/ σ_y	F(Z)	$\Delta =(P(X)-F(Z))$
1	5.60	1.7228	0.0143	-1.9890	0.0234	0.0091
2	6.00	1.7918	0.0286	-1.9143	0.0278	0.0008
3	7.00	1.9459	0.0429	-1.7473	0.0403	0.0026
4	7.78	2.0516	0.0571	-1.6329	0.0512	0.0059
5	8.00	2.0794	0.0714	-1.6027	0.0545	0.0169
6	8.32	2.1187	0.0857	-1.5602	0.0594	0.0263
7	10.00	2.3026	0.1000	-1.3610	0.0868	0.0132
8	10.00	2.3026	0.1143	-1.3610	0.0868	0.0275
9	12.00	2.4849	0.1286	-1.1635	0.1223	0.0063
10	12.80	2.5494	0.1429	-1.0936	0.1371	0.0058
11	14.70	2.6878	0.1571	-0.9437	0.1727	0.0156
12	14.90	2.7014	0.1714	-0.9291	0.1764	0.0050
13	15.00	2.7081	0.1857	-0.9218	0.1783	0.0074
14	15.00	2.7081	0.2000	-0.9218	0.1783	0.0217
15	15.00	2.7081	0.2143	-0.9218	0.1783	0.0360
16	16.00	2.7726	0.2286	-0.8519	0.1971	0.0315
17	17.50	2.8622	0.2429	-0.7549	0.2252	0.0177
18	19.20	2.9549	0.2571	-0.6544	0.2564	0.0007
19	19.50	2.9704	0.2714	-0.6376	0.2619	0.0095
20	20.16	3.0037	0.2857	-0.6016	0.2737	0.0120
21	20.80	3.0350	0.3000	-0.5677	0.2851	0.0149
22	21.30	3.0587	0.3143	-0.5420	0.2939	0.0204
23	24.50	3.1987	0.3286	-0.3904	0.3481	0.0195
24	25.20	3.2268	0.3429	-0.3599	0.3595	0.0166
25	25.60	3.2426	0.3571	-0.3428	0.3695	0.0124
26	28.60	3.3534	0.3714	-0.2228	0.4118	0.0404
27	28.80	3.3604	0.3857	-0.2153	0.4148	0.0291
28	29.00	3.3673	0.4000	-0.2078	0.4177	0.0177
29	29.50	3.3844	0.4143	-0.1892	0.4249	0.0106
30	30.00	3.4012	0.4286	-0.1710	0.4321	0.0035
31	32.00	3.4657	0.4429	-0.1011	0.4597	0.0168
32	35.00	3.5553	0.4571	-0.0041	0.4984	0.0413
33	35.00	3.5553	0.4714	-0.0041	0.4984	0.0270
34	36.26	3.5907	0.4857	0.0342	0.5137	0.0280
35	36.60	3.6000	0.5000	0.0443	0.5177	0.0177
36	38.00	3.6376	0.5143	0.0850	0.5339	0.0196
37	38.50	3.6507	0.5286	0.0992	0.5395	0.0109
38	40.00	3.6889	0.5429	0.1406	0.5559	0.0130
39	40.00	3.6889	0.5571	0.1406	0.5559	0.0012
40	40.00	3.6889	0.5714	0.1406	0.5559	0.0155
41	40.00	3.6889	0.5857	0.1406	0.5559	0.0298
42	40.00	3.6889	0.6000	0.1406	0.5559	0.0441

43	40.50	3.7013	0.6143	0.1540	0.5612	0.0531
44	42.50	3.7495	0.6286	0.2062	0.5817	0.0469
45	44.25	3.7899	0.6429	0.2499	0.5987	0.0442
46	45.00	3.8067	0.6571	0.2681	0.6057	0.0514
47	45.60	3.8199	0.6714	0.2825	0.6112	0.0602
48	48.00	3.8712	0.6857	0.3380	0.6323	0.0534
49	48.00	3.8712	0.7000	0.3380	0.6323	0.0677
50	48.58	3.8832	0.7143	0.3510	0.6372	0.0771
51	50.00	3.9120	0.7286	0.3822	0.6489	0.0797
52	51.70	3.9455	0.7429	0.4185	0.6622	0.0807
53	74.00	4.3041	0.7571	0.8069	0.7901	0.0330
54	74.33	4.3085	0.7714	0.8117	0.7915	0.0201
55	80.00	4.3820	0.7857	0.8913	0.8136	0.0279
56	88.00	4.4773	0.8000	0.9946	0.8400	0.0400
57	90.00	4.4998	0.8143	1.0189	0.8459	0.0316
58	100.00	4.6052	0.8286	1.1330	0.8714	0.0428
59	102.70	4.6318	0.8429	1.1619	0.8714	0.0285
60	110.00	4.7005	0.8571	1.2363	0.8918	0.0347
61	110.00	4.7005	0.8714	1.2363	0.8918	0.0204
62	120.00	4.7875	0.8857	1.3305	0.9083	0.0226
63	122.50	4.8081	0.9000	1.3528	0.9119	0.0119
64	128.00	4.8520	0.9143	1.4004	0.9193	0.0050
65	138.00	4.9273	0.9286	1.4819	0.9308	0.0022
66	172.80	5.1521	0.9429	1.7255	0.9578	0.0149
67	200.00	5.2983	0.9571	1.8838	0.9702	0.0131
68	200.00	5.2983	0.9714	1.8838	0.9702	0.0012
69	380.00	5.9402	0.9857	2.5790	0.9950	0.0093
PARÁMETROS ESTADÍSTICOS						
Datos (n)	Media (\bar{X})	Media log($\bar{X}\ln X$)	Desv. E(S)	Desv. E(σ)	Coef. Variación ($Cv=\bar{X}/S$)	
69	53.96	3.56	60.09	0.92	1.11	

Fuente : Elaboración Propia

Tabla N° 149: Prueba de bondad de ajuste Smirnov Kolmogorov para la distribución Log Normal 3 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	5.60	0.0143	3.08	1.124	5.364	-2.2625	0.0118	0.0025
2	6.00	0.0286	3.48	1.246	4.813	-2.1431	0.0161	0.0125
3	7.00	0.0429	4.48	1.499	3.767	-1.8961	0.0290	0.0139
4	7.78	0.0571	5.26	1.659	3.170	-1.7392	0.0410	0.0161
5	8.00	0.0714	5.48	1.700	3.025	-1.6991	0.0446	0.0268
6	8.32	0.0857	5.80	1.757	2.831	-1.6436	0.0501	0.0356
7	10.00	0.1000	7.48	2.012	2.039	-1.3950	0.0815	0.0185
8	10.00	0.1143	7.48	2.012	2.039	-1.3950	0.0815	0.0328
9	12.00	0.1286	9.48	2.249	1.418	-1.1634	0.1223	0.0063
10	12.80	0.1429	10.28	2.330	1.232	-1.0842	0.1391	0.0038
11	14.70	0.1571	12.18	2.499	0.884	-0.9185	0.1792	0.0221
12	14.90	0.1714	12.38	2.516	0.854	-0.9026	0.1834	0.0120
13	15.00	0.1857	12.48	2.524	0.839	-0.8947	0.1855	0.0002
14	15.00	0.2000	12.48	2.524	0.839	-0.8947	0.1855	0.0145
15	15.00	0.2143	12.48	2.524	0.839	-0.8947	0.1855	0.0288
16	16.00	0.2286	13.48	2.601	0.704	-0.8194	0.2063	0.0223
17	17.50	0.2429	14.98	2.706	0.538	-0.7163	0.2369	0.0060
18	19.20	0.2571	16.68	2.814	0.392	-0.6113	0.2705	0.0134
19	19.50	0.2714	16.98	2.832	0.370	-0.5939	0.2763	0.0049
20	20.16	0.2857	17.64	2.870	0.325	-0.5566	0.2889	0.0032
21	20.80	0.3000	18.28	2.906	0.285	-0.5218	0.3009	0.0009
22	21.30	0.3143	18.78	2.933	0.257	-0.4954	0.3102	0.0041
23	24.50	0.3286	21.98	3.090	0.122	-0.3417	0.3663	0.0377
24	25.20	0.3429	22.68	3.121	0.101	-0.3110	0.3779	0.0350
25	25.60	0.3571	23.08	3.139	0.091	-0.2940	0.3844	0.0273
26	28.60	0.3714	26.08	3.261	0.032	-0.1746	0.4307	0.0593
27	28.80	0.3857	26.28	3.269	0.029	-0.1671	0.4336	0.0479
28	29.00	0.4000	26.48	3.276	0.027	-0.1597	0.4366	0.0366
29	29.50	0.4143	26.98	3.295	0.021	-0.1414	0.4438	0.0295
30	30.00	0.4286	27.48	3.313	0.016	-0.1235	0.4509	0.0223
31	32.00	0.4429	29.48	3.384	0.003	-0.0548	0.4781	0.0352
32	35.00	0.4571	32.48	3.481	0.002	0.0398	0.5159	0.0588
33	35.00	0.4714	32.48	3.481	0.002	0.0398	0.5159	0.0445
34	36.26	0.4857	33.74	3.519	0.006	0.0770	0.5307	0.0450
35	36.60	0.5000	34.08	3.529	0.008	0.0868	0.5346	0.0346
36	38.00	0.5143	35.48	3.569	0.017	0.1262	0.5502	0.0359
37	38.50	0.5286	35.98	3.583	0.020	0.1398	0.5556	0.0270
38	40.00	0.5429	37.48	3.624	0.034	0.1797	0.5713	0.0284
39	40.00	0.5571	37.48	3.624	0.034	0.1797	0.5713	0.0142
40	40.00	0.5714	37.48	3.624	0.034	0.1797	0.5713	0.0001
41	40.00	0.5857	37.48	3.624	0.034	0.1797	0.5713	0.0144

42	40.00	0.6000	37.48	3.624	0.034	0.1797	0.5713	0.0287
43	40.50	0.6143	37.98	3.637	0.039	0.1927	0.5764	0.0379
44	42.50	0.6286	39.98	3.688	0.062	0.2428	0.5959	0.0327
45	44.25	0.6429	41.73	3.731	0.085	0.2847	0.6121	0.0308
46	45.00	0.6571	42.48	3.749	0.096	0.3021	0.6187	0.0384
47	45.60	0.6714	43.08	3.763	0.104	0.3158	0.6239	0.0475
48	48.00	0.6857	45.48	3.817	0.142	0.3687	0.6438	0.0419
49	48.00	0.7000	45.48	3.817	0.142	0.3687	0.6438	0.0562
50	48.58	0.7143	46.06	3.830	0.152	0.3811	0.6484	0.0659
51	50.00	0.7286	47.48	3.860	0.177	0.4108	0.6594	0.0692
52	51.70	0.7429	49.18	3.895	0.208	0.4452	0.6719	0.0710
53	74.00	0.7571	71.48	4.269	0.688	0.8105	0.7912	0.0341
54	74.33	0.7714	71.81	4.274	0.696	0.8150	0.7925	0.0211
55	80.00	0.7857	77.48	4.350	0.829	0.8892	0.8131	0.0274
56	88.00	0.8000	85.48	4.448	1.017	0.9852	0.8377	0.0377
57	90.00	0.8143	87.48	4.471	1.064	1.0078	0.8432	0.0289
58	100.00	0.8286	97.48	4.580	1.299	1.1136	0.8673	0.0387
59	102.70	0.8429	100.18	4.607	1.362	1.1402	0.8729	0.0300
60	110.00	0.8571	107.48	4.677	1.532	1.2090	0.8867	0.0296
61	110.00	0.8714	107.48	4.677	1.532	1.2090	0.8867	0.0153
62	120.00	0.8857	117.48	4.766	1.760	1.2959	0.9025	0.0168
63	122.50	0.9000	119.98	4.787	1.816	1.3164	0.9060	0.0060
64	128.00	0.9143	125.48	4.832	1.939	1.3602	0.9131	0.0012
65	138.00	0.9286	135.48	4.909	2.158	1.4351	0.9244	0.0042
66	172.80	0.9429	170.28	5.137	2.882	1.6585	0.9514	0.0085
67	200.00	0.9571	197.48	5.286	3.407	1.8032	0.9643	0.0072
68	200.00	0.9714	197.48	5.286	3.407	1.8032	0.9643	0.0071
69	380.00	0.9857	377.48	5.934	6.219	2.4362	0.9926	0.0069
					72.30			
PARÁMETROS ESTADÍSTICOS								
Datos (n)	Media ($\bar{X}_{Ln}(X-X_0)$)		Desv. Estándar (σ)		Mediana		X0	
69	3.4397		1.024		36.60		2.52	

Fuente : Elaboración Propia

Tabla N° 150: Prueba de bondad de ajuste Smirnov Kolmogorov para la distribución Gamma 2 Parámetros.

N°=m	Q=X(m³/s)	Ln X	P (X) =m/n+1	$Y=\frac{X}{\beta}$	$X^2=\frac{2X}{\beta}$	G(y)	$\Delta =(P(X)-G(y))$
1	5.60	1.7228	0.0143	0.136	0.271	0.0581	0.04381
2	6.00	1.7918	0.0286	0.145	0.291	0.0633	0.03473
3	7.00	1.9459	0.0429	0.169	0.339	0.0764	0.03354
4	7.78	2.0516	0.0571	0.188	0.377	0.0867	0.02956
5	8.00	2.0794	0.0714	0.194	0.387	0.0897	0.01827
6	8.32	2.1187	0.0857	0.201	0.403	0.0940	0.00829
7	10.00	2.3026	0.1000	0.242	0.484	0.1169	0.01690
8	10.00	2.3026	0.1143	0.242	0.484	0.1169	0.00261
9	12.00	2.4849	0.1286	0.291	0.581	0.1445	0.01593
10	12.80	2.5494	0.1429	0.310	0.620	0.1555	0.01264
11	14.70	2.6878	0.1571	0.356	0.712	0.1818	0.02466
12	14.90	2.7014	0.1714	0.361	0.722	0.1846	0.01317
13	15.00	2.7081	0.1857	0.363	0.726	0.1859	0.00019
14	15.00	2.7081	0.2000	0.363	0.726	0.1859	0.01410
15	15.00	2.7081	0.2143	0.363	0.726	0.1859	0.02839
16	16.00	2.7726	0.2286	0.387	0.775	0.1997	0.02887
17	17.50	2.8622	0.2429	0.424	0.847	0.2201	0.02276
18	19.20	2.9549	0.2571	0.465	0.930	0.2431	0.01404
19	19.50	2.9704	0.2714	0.472	0.944	0.2471	0.02433
20	20.16	3.0037	0.2857	0.488	0.976	0.2559	0.02981
21	20.80	3.0350	0.3000	0.504	1.007	0.2644	0.03560
22	21.30	3.0587	0.3143	0.516	1.031	0.2710	0.04329
23	24.50	3.1987	0.3286	0.593	1.186	0.3124	0.01617
24	25.20	3.2268	0.3429	0.610	1.220	0.3213	0.02156
25	25.60	3.2426	0.3571	0.620	1.240	0.3263	0.03084
26	28.60	3.3534	0.3714	0.692	1.385	0.3633	0.00813
27	28.80	3.3604	0.3857	0.697	1.395	0.3657	0.02001
28	29.00	3.3673	0.4000	0.702	1.404	0.3681	0.03190
29	29.50	3.3844	0.4143	0.714	1.429	0.3741	0.04019
30	30.00	3.4012	0.4286	0.726	1.453	0.3800	0.04857
31	32.00	3.4657	0.4429	0.775	1.550	0.4034	0.03946
32	35.00	3.5553	0.4571	0.847	1.695	0.4371	0.02004
33	35.00	3.5553	0.4714	0.847	1.695	0.4371	0.03433
34	36.26	3.5907	0.4857	0.878	1.756	0.4509	0.03481
35	36.60	3.6000	0.5000	0.886	1.772	0.4545	0.04550
36	38.00	3.6376	0.5143	0.920	1.840	0.4694	0.04489
37	38.50	3.6507	0.5286	0.932	1.864	0.4746	0.05397
38	40.00	3.6889	0.5429	0.969	1.937	0.4900	0.05286
39	40.00	3.6889	0.5571	0.969	1.937	0.4900	0.06714
40	40.00	3.6889	0.5714	0.969	1.937	0.4900	0.08143

41	40.00	3.6889	0.5857	0.969	1.937	0.4900	0.09571
42	40.00	3.6889	0.6000	0.969	1.937	0.4900	0.11000
43	40.50	3.7013	0.6143	0.981	1.961	0.4951	0.11919
44	42.50	3.7495	0.6286	1.029	2.058	0.5149	0.11367
45	44.25	3.7899	0.6429	1.071	2.143	0.5317	0.11116
46	45.00	3.8067	0.6571	1.090	2.179	0.5387	0.11844
47	45.60	3.8199	0.6714	1.104	2.208	0.5443	0.12713
48	48.00	3.8712	0.6857	1.162	2.324	0.5660	0.11971
49	48.00	3.8712	0.7000	1.162	2.324	0.5660	0.13400
50	48.58	3.8832	0.7143	1.176	2.352	0.5711	0.14319
51	50.00	3.9120	0.7286	1.211	2.421	0.5833	0.14527
52	51.70	3.9455	0.7429	1.252	2.504	0.5976	0.14526
53	74.00	4.3041	0.7571	1.792	3.583	0.7481	0.00904
54	74.33	4.3085	0.7714	1.800	3.599	0.7499	0.02153
55	80.00	4.3820	0.7857	1.937	3.874	0.7785	0.00721
56	88.00	4.4773	0.8000	2.131	4.261	0.8137	0.01370
57	90.00	4.4998	0.8143	2.179	4.358	0.8216	0.00731
58	100.00	4.6052	0.8286	2.421	4.843	0.8566	0.02803
59	102.70	4.6318	0.8429	2.487	4.973	0.8649	0.02204
60	110.00	4.7005	0.8571	2.663	5.327	0.8850	0.02786
61	110.00	4.7005	0.8714	2.663	5.327	0.8850	0.01357
62	120.00	4.7875	0.8857	2.906	5.811	0.9078	0.02209
63	122.50	4.8081	0.9000	2.966	5.932	0.9128	0.01280
64	128.00	4.8520	0.9143	3.099	6.198	0.9229	0.00861
65	138.00	4.9273	0.9286	3.341	6.683	0.9384	0.00983
66	172.80	5.1521	0.9429	4.184	8.368	0.9719	0.02904
67	200.00	5.2983	0.9571	4.843	9.685	0.9849	0.02776
68	200.00	5.2983	0.9714	4.843	9.685	0.9849	0.01347
69	380.00	5.9402	0.9857	9.201	18.402	0.9998	0.01409
PARÁMETRO ESTADÍSTICOS							
Datos (n)	Media (\bar{X})	Media Log ($\bar{X}\ln X$)	Grado de Libertad (v)	γ	β	γ	
69	53.96	3.56	2.61	0.43	41.30	1.31	

Fuente : Elaboración Propia

Tabla N° 151: Prueba de bondad de ajuste Smirnov Kolmogorov para la distribución Gamma 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)	$\Delta=(P(X)-G(y))$
1	5.60	0.0143	2339.17	-113133.60	-0.0933	-0.1866	0.0000	0.0143
2	6.00	0.0286	2300.63	-110349.76	-0.0889	-0.1778	0.0000	0.0286
3	7.00	0.0429	2205.70	-103590.75	-0.0778	-0.1556	0.0000	0.0429
4	7.78	0.0571	2133.05	-98514.65	-0.0692	-0.1384	0.0000	0.0571
5	8.00	0.0714	2112.77	-97113.53	-0.0668	-0.1335	0.0000	0.0714
6	8.32	0.0857	2083.46	-95099.35	-0.0632	-0.1265	0.0000	0.0857
7	10.00	0.1000	1932.91	-84980.46	-0.0447	-0.0893	0.0000	0.1000
8	10.00	0.1143	1932.91	-84980.46	-0.0447	-0.0893	0.0000	0.1143
9	12.00	0.1286	1761.06	-73902.55	-0.0225	-0.0451	0.0000	0.1286
10	12.80	0.1429	1694.55	-69756.08	-0.0137	-0.0274	0.0000	0.1429
11	14.70	0.1571	1541.73	-60536.09	0.0073	0.0146	0.9053	0.7482
12	14.90	0.1714	1526.07	-59615.76	0.0095	0.0191	0.8905	0.7191
13	15.00	0.1857	1518.27	-59159.11	0.0106	0.0213	0.8807	0.6950
14	15.00	0.2000	1518.27	-59159.11	0.0106	0.0213	0.8807	0.6807
15	15.00	0.2143	1518.27	-59159.11	0.0106	0.0213	0.8807	0.6664
16	16.00	0.2286	1441.34	-54720.21	0.0217	0.0434	0.8352	0.6066
17	17.50	0.2429	1329.69	-48487.08	0.0383	0.0766	0.7760	0.5331
18	19.20	0.2571	1208.60	-42016.90	0.0571	0.1142	0.7380	0.4809
19	19.50	0.2714	1187.83	-40938.52	0.0604	0.1208	0.7316	0.4602
20	20.16	0.2857	1142.77	-38631.36	0.0677	0.1354	0.7174	0.4317
21	20.80	0.3000	1099.91	-36478.52	0.0748	0.1495	0.7038	0.4038
22	21.30	0.3143	1067.00	-34853.40	0.0803	0.1606	0.6930	0.3787
23	24.50	0.3286	868.18	-25580.92	0.1157	0.2314	0.7606	0.4320
24	25.20	0.3429	827.42	-23800.71	0.1234	0.2469	0.7207	0.3778
25	25.60	0.3571	804.57	-22821.54	0.1278	0.2557	0.6980	0.3409
26	28.60	0.3714	643.38	-16319.28	0.1610	0.3220	0.5714	0.2000
27	28.80	0.3857	633.27	-15936.28	0.1632	0.3265	0.5688	0.1831
28	29.00	0.4000	623.25	-15559.33	0.1654	0.3309	0.5663	0.1663
29	29.50	0.4143	598.53	-14643.06	0.1710	0.3419	0.5600	0.1457
30	30.00	0.4286	574.32	-13763.48	0.1765	0.3530	0.5538	0.1252
31	32.00	0.4429	482.46	-10597.16	0.1986	0.3972	0.5287	0.0858
32	35.00	0.4571	359.67	-6821.09	0.2318	0.4636	0.4535	0.0036
33	35.00	0.4714	359.67	-6821.09	0.2318	0.4636	0.4535	0.0179
34	36.26	0.4857	313.46	-5549.87	0.2457	0.4915	0.4389	0.0468
35	36.60	0.5000	301.54	-5236.23	0.2495	0.4990	0.0000	0.5000
36	38.00	0.5143	254.88	-4069.12	0.2650	0.5299	0.4263	0.0880
37	38.50	0.5286	239.16	-3698.65	0.2705	0.5410	0.4218	0.1068
38	40.00	0.5429	195.02	-2723.43	0.2871	0.5742	0.4491	0.0938
39	40.00	0.5571	195.02	-2723.43	0.2871	0.5742	0.4491	0.1080
40	40.00	0.5714	195.02	-2723.43	0.2871	0.5742	0.4491	0.1223
41	40.00	0.5857	195.02	-2723.43	0.2871	0.5742	0.4491	0.1366

42	40.00	0.6000	195.02	-2723.43	0.2871	0.5742	0.4491	0.1509
43	40.50	0.6143	181.30	-2441.25	0.2926	0.5852	0.4446	0.1697
44	42.50	0.6286	131.44	-1507.00	0.3147	0.6295	0.3804	0.2482
45	44.25	0.6429	94.38	-916.89	0.3341	0.6682	0.3927	0.2502
46	45.00	0.6571	80.37	-720.51	0.3424	0.6847	0.3979	0.2592
47	45.60	0.6714	69.97	-585.31	0.3490	0.6980	0.4022	0.2693
48	48.00	0.6857	35.58	-212.23	0.3755	0.7511	0.3866	0.2991
49	48.00	0.7000	35.58	-212.23	0.3755	0.7511	0.3866	0.3134
50	48.58	0.7143	29.00	-156.15	0.3820	0.7639	0.3825	0.3318
51	50.00	0.7286	15.72	-62.33	0.3977	0.7953	0.3726	0.3560
52	51.70	0.7429	5.13	-11.62	0.4165	0.8329	0.3179	0.4250
53	74.00	0.7571	401.40	8042.16	0.6630	1.3261	0.2497	0.5075
54	74.33	0.7714	414.74	8446.13	0.6667	1.3334	0.2484	0.5230
55	80.00	0.7857	677.82	17647.22	0.7294	1.4588	0.0741	0.7116
56	88.00	0.8000	1158.39	39425.76	0.8179	1.6357	0.0142	0.7859
57	90.00	0.8143	1298.53	46792.49	0.8400	1.6799	0.0357	0.7786
58	100.00	0.8286	2119.23	97558.81	0.9505	1.9011	0.0456	0.7830
59	102.70	0.8429	2375.11	115751.03	0.9804	1.9608	0.0752	0.7677
60	110.00	0.8571	3139.93	175946.17	1.0611	2.1222	0.0645	0.7927
61	110.00	0.8714	3139.93	175946.17	1.0611	2.1222	0.0000	0.8714
62	120.00	0.8857	4360.63	287954.57	1.1717	2.3434	0.0805	0.8052
63	122.50	0.9000	4697.06	321913.08	1.1993	2.3987	0.1921	0.7079
64	128.00	0.9143	5481.19	405800.44	1.2602	2.5203	0.1625	0.7518
65	138.00	0.9286	7061.89	593446.72	1.3707	2.7415	0.1085	0.8201
66	172.80	0.9429	14121.77	1678162.09	1.7555	3.5111	0.0523	0.8905
67	200.00	0.9571	21326.24	3114379.35	2.0563	4.1126	0.0426	0.9145
68	200.00	0.9714	21326.24	3114379.35	2.0563	4.1126	0.0426	0.9288
69	380.00	0.9857	106298.87	34657159.29	4.0467	8.0934	0.0045	0.9812
	SUMATORIA		245532.28	43121914.01				
Datos (n)	Media (\bar{X})	Desv. Est (S)	M3	Cx	X0	β	γ	v
69	53.96	60.09	624955.28	3.01	14.04	90.43	0.44	0.90

Fuente : Elaboración Propia

Tabla N° 152: Prueba de bondad de ajuste Smirnov Kolmogorov para la distribución Log Pearson tipo 3

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	5.60	1.7228	0.0143	3.3722	-6.1925	127.8376	-163.5351	0.0000	0.0143
2	6.00	1.7918	0.0286	3.1235	-5.5204	128.7601	-161.6901	0.0000	0.0286
3	7.00	1.9459	0.0429	2.6024	-4.1983	130.8212	-157.5679	0.0000	0.0429
4	7.78	2.0516	0.0571	2.2727	-3.4263	132.2338	-154.7427	0.0000	0.0571
5	8.00	2.0794	0.0714	2.1894	-3.2396	132.6066	-153.9970	0.0000	0.0714
6	8.32	2.1187	0.0857	2.0749	-2.9888	133.1310	-152.9481	0.0000	0.0857
7	10.00	2.3026	0.1000	1.5789	-1.9839	135.5903	-148.0297	0.0000	0.1000
8	10.00	2.3026	0.1143	1.5789	-1.9839	135.5903	-148.0297	0.0000	0.1143
9	12.00	2.4849	0.1286	1.1539	-1.2396	138.0281	-143.1541	0.0000	0.1286
10	12.80	2.5494	0.1429	1.0194	-1.0293	138.8910	-141.4282	0.0000	0.1429
11	14.70	2.6878	0.1571	0.7591	-0.6614	140.7416	-137.7271	0.0000	0.1571
12	14.90	2.7014	0.1714	0.7357	-0.6311	140.9223	-137.3657	0.0000	0.1714
13	15.00	2.7081	0.1857	0.7243	-0.6164	141.0117	-137.1868	0.0000	0.1857
14	15.00	2.7081	0.2000	0.7243	-0.6164	141.0117	-137.1868	0.0000	0.2000
15	15.00	2.7081	0.2143	0.7243	-0.6164	141.0117	-137.1868	0.0000	0.2143
16	16.00	2.7726	0.2286	0.6186	-0.4866	141.8747	-135.4609	0.0000	0.2286
17	17.50	2.8622	0.2429	0.4857	-0.3385	143.0729	-133.0645	0.0000	0.2429
18	19.20	2.9549	0.2571	0.3651	-0.2206	144.3125	-130.5853	0.0000	0.2571
19	19.50	2.9704	0.2714	0.3466	-0.2040	144.5198	-130.1707	0.0000	0.2714
20	20.16	3.0037	0.2857	0.3085	-0.1713	144.9648	-129.2806	0.0000	0.2857
21	20.80	3.0350	0.3000	0.2747	-0.1440	145.3827	-128.4448	0.0000	0.3000
22	21.30	3.0587	0.3143	0.2504	-0.1253	145.7003	-127.8096	0.0000	0.3143
23	24.50	3.1987	0.3286	0.1299	-0.0468	147.5718	-124.0666	0.0000	0.3286

24	25.20	3.2268	0.3429	0.1104	-0.0367	147.9485	-123.3133	0.0000	0.3429
25	25.60	3.2426	0.3571	0.1002	-0.0317	148.1590	-122.8922	0.0000	0.3571
26	28.60	3.3534	0.3714	0.0423	-0.0087	149.6407	-119.9288	0.0000	0.3714
27	28.80	3.3604	0.3857	0.0395	-0.0078	149.7339	-119.7424	0.0000	0.3857
28	29.00	3.3673	0.4000	0.0368	-0.0071	149.8264	-119.5574	0.0000	0.4000
29	29.50	3.3844	0.4143	0.0305	-0.0053	150.0550	-119.1002	0.0000	0.4143
30	30.00	3.4012	0.4286	0.0249	-0.0039	150.2797	-118.6508	0.0000	0.4286
31	32.00	3.4657	0.4429	0.0087	-0.0008	151.1427	-116.9249	0.0000	0.4429
32	35.00	3.5553	0.4571	0.0000	0.0000	152.3409	-114.5285	0.0000	0.4571
33	35.00	3.5553	0.4714	0.0000	0.0000	152.3409	-114.5285	0.0000	0.4714
34	36.26	3.5907	0.4857	0.0010	0.0000	152.8138	-113.5827	0.0000	0.4857
35	36.60	3.6000	0.5000	0.0017	0.0001	152.9386	-113.3331	0.0000	0.5000
36	38.00	3.6376	0.5143	0.0062	0.0005	153.4405	-112.3293	0.0000	0.5143
37	38.50	3.6507	0.5286	0.0084	0.0008	153.6153	-111.9797	0.0000	0.5286
38	40.00	3.6889	0.5429	0.0168	0.0022	154.1263	-110.9576	0.0000	0.5429
39	40.00	3.6889	0.5571	0.0168	0.0022	154.1263	-110.9576	0.0000	0.5571
40	40.00	3.6889	0.5714	0.0168	0.0022	154.1263	-110.9576	0.0000	0.5714
41	40.00	3.6889	0.5857	0.0168	0.0022	154.1263	-110.9576	0.0000	0.5857
42	40.00	3.6889	0.6000	0.0168	0.0022	154.1263	-110.9576	0.0000	0.6000
43	40.50	3.7013	0.6143	0.0202	0.0029	154.2924	-110.6254	0.0000	0.6143
44	42.50	3.7495	0.6286	0.0362	0.0069	154.9369	-109.3364	0.0000	0.6286
45	44.25	3.7899	0.6429	0.0532	0.0123	155.4765	-108.2573	0.0000	0.6429
46	45.00	3.8067	0.6571	0.0613	0.0152	155.7012	-107.8079	0.0000	0.6571
47	45.60	3.8199	0.6714	0.0680	0.0177	155.8783	-107.4537	0.0000	0.6714
48	48.00	3.8712	0.6857	0.0974	0.0304	156.5641	-106.0820	0.0000	0.6857
49	48.00	3.8712	0.7000	0.0974	0.0304	156.5641	-106.0820	0.0000	0.7000
50	48.58	3.8832	0.7143	0.1050	0.0340	156.7247	-105.7608	0.0000	0.7143
51	50.00	3.9120	0.7286	0.1245	0.0440	157.1100	-104.9903	0.0000	0.7286

52	51.70	3.9455	0.7429	0.1493	0.0577	157.5570	-104.0962	0.0000	0.7429
53	74.00	4.3041	0.7571	0.5550	0.4134	162.3519	-94.5064	0.0000	0.7571
54	74.33	4.3085	0.7714	0.5616	0.4209	162.4114	-94.3874	0.0000	0.7714
55	80.00	4.3820	0.7857	0.6772	0.5573	163.3943	-92.4216	0.0000	0.7857
56	88.00	4.4773	0.8000	0.8431	0.7742	164.6687	-89.8728	0.0000	0.8000
57	90.00	4.4998	0.8143	0.8849	0.8324	164.9692	-89.2718	0.0000	0.8143
58	100.00	4.6052	0.8286	1.0942	1.1446	166.3780	-86.4543	0.0000	0.8286
59	102.70	4.6318	0.8429	1.1507	1.2343	166.7342	-85.7418	0.0000	0.8429
60	110.00	4.7005	0.8571	1.3027	1.4869	167.6524	-83.9055	0.0000	0.8571
61	110.00	4.7005	0.8714	1.3027	1.4869	167.6524	-83.9055	0.0000	0.8714
62	120.00	4.7875	0.8857	1.5089	1.8535	168.8158	-81.5787	0.0000	0.8857
63	122.50	4.8081	0.9000	1.5600	1.9484	169.0915	-81.0273	0.0000	0.9000
64	128.00	4.8520	0.9143	1.6716	2.1613	169.6787	-79.8528	0.0000	0.9143
65	138.00	4.9273	0.9286	1.8718	2.5609	170.6845	-77.8412	0.0000	0.9286
66	172.80	5.1521	0.9429	2.5377	4.0426	173.6914	-71.8274	0.0000	0.9429
67	200.00	5.2983	0.9571	3.0248	5.2608	175.6460	-67.9182	0.0000	0.9571
68	200.00	5.2983	0.9714	3.0248	5.2608	175.6460	-67.9182	0.0000	0.9714
69	380.00	5.9402	0.9857	5.6694	13.4992	184.2282	-50.7539	0.0000	0.9857
				57.9623	8.4186				
PARÁMETROS ESTADÍSTICOS									
Datos (n)	Media log (\bar{X}_{LnX})	S (LnX)	Cs LnX	X0	β	γ	v		
69	3.56	0.92	0.16	-7.84	0.07	152.39	304.78		

Fuente : Elaboración Propia

Tabla N° 153: Prueba de bondad de ajuste Smirnov Kolmogorov para la distribución Gumbel.

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)= e ^{-e^{-y}}	$\Delta =(P(X)-G(Y))$
1	5.60	0.0143	2339.1662	-113133.6045	-0.4552	0.2067	0.1924
2	6.00	0.0286	2300.6343	-110349.7562	-0.4466	0.2095	0.1809
3	7.00	0.0429	2205.7044	-103590.7482	-0.4253	0.2165	0.1737
4	7.78	0.0571	2133.0475	-98514.6457	-0.4086	0.2221	0.1649
5	8.00	0.0714	2112.7746	-97113.5297	-0.4039	0.2236	0.1522
6	8.32	0.0857	2083.4594	-95099.3538	-0.3971	0.2259	0.1402
7	10.00	0.1000	1932.9149	-84980.4615	-0.3612	0.2381	0.1381
8	10.00	0.1143	1932.9149	-84980.4615	-0.3612	0.2381	0.1238
9	12.00	0.1286	1761.0551	-73902.5515	-0.3185	0.2528	0.1242
10	12.80	0.1429	1694.5513	-69756.0798	-0.3015	0.2588	0.1159
11	14.70	0.1571	1541.7345	-60536.0948	-0.2609	0.2730	0.1159
12	14.90	0.1714	1526.0686	-59615.7578	-0.2567	0.2746	0.1031
13	15.00	0.1857	1518.2656	-59159.1082	-0.2545	0.2753	0.0896
14	15.00	0.2000	1518.2656	-59159.1082	-0.2545	0.2753	0.0753
15	15.00	0.2143	1518.2656	-59159.1082	-0.2545	0.2753	0.0610
16	16.00	0.2286	1441.3357	-54720.2063	-0.2332	0.2829	0.0543
17	17.50	0.2429	1329.6909	-48487.0838	-0.2012	0.2944	0.0515
18	19.20	0.2571	1208.6002	-42016.8979	-0.1649	0.3075	0.0504
19	19.50	0.2714	1187.8312	-40938.5173	-0.1585	0.3098	0.0384
20	20.16	0.2857	1142.7731	-38631.3627	-0.1444	0.3150	0.0292
21	20.80	0.3000	1099.9124	-36478.5157	-0.1307	0.3199	0.0199
22	21.30	0.3143	1066.9975	-34853.3957	-0.1201	0.3238	0.0095
23	24.50	0.3286	868.1820	-25580.9184	-0.0517	0.3489	0.0203
24	25.20	0.3429	827.4211	-23800.7067	-0.0368	0.3543	0.0115
25	25.60	0.3571	804.5691	-22821.5446	-0.0283	0.3575	0.0003
26	28.60	0.3714	643.3795	-16319.2756	0.0358	0.3810	0.0096
27	28.80	0.3857	633.2736	-15936.2837	0.0400	0.3826	0.0031
28	29.00	0.4000	623.2476	-15559.3313	0.0443	0.3842	0.0158
29	29.50	0.4143	598.5327	-14643.0586	0.0550	0.3881	0.0262
30	30.00	0.4286	574.3178	-13763.4833	0.0656	0.3920	0.0366
31	32.00	0.4429	482.4580	-10597.1559	0.1083	0.4077	0.0352
32	35.00	0.4571	359.6685	-6821.0866	0.1724	0.4310	0.0262
33	35.00	0.4714	359.6685	-6821.0866	0.1724	0.4310	0.0404
34	36.26	0.4857	313.4645	-5549.8655	0.1993	0.4407	0.0450
35	36.60	0.5000	301.5407	-5236.2325	0.2065	0.4433	0.0567
36	38.00	0.5143	254.8789	-4069.1233	0.2364	0.4541	0.0602
37	38.50	0.5286	239.1640	-3698.6537	0.2471	0.4579	0.0707

38	40.00	0.5429	195.0192	-2723.4290	0.2791	0.4693	0.0735
39	40.00	0.5571	195.0192	-2723.4290	0.2791	0.4693	0.0878
40	40.00	0.5714	195.0192	-2723.4290	0.2791	0.4693	0.1021
41	40.00	0.5857	195.0192	-2723.4290	0.2791	0.4693	0.1164
42	40.00	0.6000	195.0192	-2723.4290	0.2791	0.4693	0.1307
43	40.50	0.6143	181.3043	-2441.2489	0.2898	0.4731	0.1412
44	42.50	0.6286	131.4446	-1507.0024	0.3324	0.4881	0.1404
45	44.25	0.6429	94.3798	-916.8931	0.3698	0.5011	0.1417
46	45.00	0.6571	80.3699	-720.5106	0.3858	0.5067	0.1505
47	45.60	0.6714	69.9720	-585.3108	0.3986	0.5111	0.1604
48	48.00	0.6857	35.5804	-212.2343	0.4498	0.5285	0.1572
49	48.00	0.7000	35.5804	-212.2343	0.4498	0.5285	0.1715
50	48.58	0.7143	28.9974	-156.1491	0.4622	0.5327	0.1816
51	50.00	0.7286	15.7207	-62.3312	0.4925	0.5428	0.1858
52	51.70	0.7429	5.1299	-11.6188	0.5288	0.5547	0.1881
53	74.00	0.7571	401.4041	8042.1608	1.0048	0.6934	0.0637
54	74.33	0.7714	414.7362	8446.1323	1.0118	0.6952	0.0762
55	80.00	0.7857	677.8250	17647.2229	1.1328	0.7246	0.0611
56	88.00	0.8000	1158.3862	39425.7568	1.3036	0.7622	0.0378
57	90.00	0.8143	1298.5264	46792.4946	1.3463	0.7709	0.0434
58	100.00	0.8286	2119.2279	97558.8098	1.5597	0.8104	0.0181
59	102.70	0.8429	2375.1073	115751.0258	1.6173	0.8200	0.0228
60	110.00	0.8571	3139.9293	175946.1684	1.7732	0.8438	0.0133
61	110.00	0.8714	3139.9293	175946.1684	1.7732	0.8438	0.0276
62	120.00	0.8857	4360.6308	287954.5706	1.9866	0.8718	0.0139
63	122.50	0.9000	4697.0562	321913.0841	2.0400	0.8781	0.0219
64	128.00	0.9143	5481.1920	405800.4436	2.1573	0.8908	0.0235
65	138.00	0.9286	7061.8934	593446.7239	2.3708	0.9108	0.0177
66	172.80	0.9429	14121.7744	1678162.0898	3.1136	0.9565	0.0137
67	200.00	0.9571	21326.2424	3114379.3527	3.6941	0.9754	0.0183
68	200.00	0.9714	21326.2424	3114379.3527	3.6941	0.9754	0.0040
69	380.00	0.9857	106298.8685	34657159.2865	7.5360	0.9995	0.0138
SUMATORIA			245532.2769	43121914.0099			
PARÁMETROS ESTADÍSTICOS							
Datos (n)	Media (\bar{X})	Desv. Est. (S)		α		μ	
69	53.96	60.09		46.85		26.92	

Fuente : Elaboración Propia

Tabla N° 154: Prueba de bondad de ajuste Smirnov Kolmogorov para la distribución Log Gumbel.

N°=m	Q=X(m³/s)	P (X) =m/n+1	Ln(X)	(LnX- \bar{X} LnX)²	y	G(y) Ord	Δ
1	5.60	0.0143	1.7228	3.3722	-1.9739	0.0007	0.0135
2	6.00	0.0286	1.7918	3.1235	-1.8780	0.0014	0.0271
3	7.00	0.0429	1.9459	2.6024	-1.6639	0.0051	0.0378
4	7.78	0.0571	2.0516	2.2727	-1.5171	0.0105	0.0467
5	8.00	0.0714	2.0794	2.1894	-1.4784	0.0125	0.0590
6	8.32	0.0857	2.1187	2.0749	-1.4239	0.0157	0.0700
7	10.00	0.1000	2.3026	1.5789	-1.1684	0.0401	0.0599
8	10.00	0.1143	2.3026	1.5789	-1.1684	0.0401	0.0742
9	12.00	0.1286	2.4849	1.1539	-0.9151	0.0823	0.0462
10	12.80	0.1429	2.5494	1.0194	-0.8255	0.1020	0.0409
11	14.70	0.1571	2.6878	0.7591	-0.6332	0.1520	0.0051
12	14.90	0.1714	2.7014	0.7357	-0.6144	0.1575	0.0140
13	15.00	0.1857	2.7081	0.7243	-0.6051	0.1602	0.0255
14	15.00	0.2000	2.7081	0.7243	-0.6051	0.1602	0.0398
15	15.00	0.2143	2.7081	0.7243	-0.6051	0.1602	0.0541
16	16.00	0.2286	2.7726	0.6186	-0.5155	0.1874	0.0412
17	17.50	0.2429	2.8622	0.4857	-0.3910	0.2280	0.0149
18	19.20	0.2571	2.9549	0.3651	-0.2622	0.2726	0.0154
19	19.50	0.2714	2.9704	0.3466	-0.2407	0.2802	0.0088
20	20.16	0.2857	3.0037	0.3085	-0.1944	0.2968	0.0111
21	20.80	0.3000	3.0350	0.2747	-0.1510	0.3125	0.0125
22	21.30	0.3143	3.0587	0.2504	-0.1180	0.3246	0.0103
23	24.50	0.3286	3.1987	0.1299	0.0764	0.3960	0.0674
24	25.20	0.3429	3.2268	0.1104	0.1156	0.4103	0.0674
25	25.60	0.3571	3.2426	0.1002	0.1374	0.4183	0.0611
26	28.60	0.3714	3.3534	0.0423	0.2914	0.4737	0.1022
27	28.80	0.3857	3.3604	0.0395	0.3011	0.4771	0.0914
28	29.00	0.4000	3.3673	0.0368	0.3107	0.4805	0.0805
29	29.50	0.4143	3.3844	0.0305	0.3344	0.4888	0.0745
30	30.00	0.4286	3.4012	0.0249	0.3578	0.4970	0.0684
31	32.00	0.4429	3.4657	0.0087	0.4474	0.5277	0.0848
32	35.00	0.4571	3.5553	0.0000	0.5719	0.5687	0.1115
33	35.00	0.4714	3.5553	0.0000	0.5719	0.5687	0.0972
34	36.26	0.4857	3.5907	0.0010	0.6210	0.5843	0.0986
35	36.60	0.5000	3.6000	0.0017	0.6340	0.5883	0.0883
36	38.00	0.5143	3.6376	0.0062	0.6862	0.6044	0.0901
37	38.50	0.5286	3.6507	0.0084	0.7043	0.6099	0.0813
38	40.00	0.5429	3.6889	0.0168	0.7574	0.6257	0.0828
39	40.00	0.5571	3.6889	0.0168	0.7574	0.6257	0.0686

40	40.00	0.5714	3.6889	0.0168	0.7574	0.6257	0.0543
41	40.00	0.5857	3.6889	0.0168	0.7574	0.6257	0.0400
42	40.00	0.6000	3.6889	0.0168	0.7574	0.6257	0.0257
43	40.50	0.6143	3.7013	0.0202	0.7747	0.6307	0.0165
44	42.50	0.6286	3.7495	0.0362	0.8416	0.6499	0.0213
45	44.25	0.6429	3.7899	0.0532	0.8977	0.6653	0.0224
46	45.00	0.6571	3.8067	0.0613	0.9210	0.6716	0.0144
47	45.60	0.6714	3.8199	0.0680	0.9394	0.6765	0.0051
48	48.00	0.6857	3.8712	0.0974	1.0107	0.6949	0.0092
49	48.00	0.7000	3.8712	0.0974	1.0107	0.6949	0.0051
50	48.58	0.7143	3.8832	0.1050	1.0274	0.6991	0.0152
51	50.00	0.7286	3.9120	0.1245	1.0674	0.7090	0.0196
52	51.70	0.7429	3.9455	0.1493	1.1138	0.7202	0.0227
53	74.00	0.7571	4.3041	0.5550	1.6120	0.8192	0.0620
54	74.33	0.7714	4.3085	0.5616	1.6182	0.8202	0.0487
55	80.00	0.7857	4.3820	0.6772	1.7203	0.8361	0.0504
56	88.00	0.8000	4.4773	0.8431	1.8527	0.8549	0.0549
57	90.00	0.8143	4.4998	0.8849	1.8839	0.8590	0.0447
58	100.00	0.8286	4.6052	1.0942	2.0303	0.8770	0.0484
59	102.70	0.8429	4.6318	1.1507	2.0673	0.8812	0.0383
60	110.00	0.8571	4.7005	1.3027	2.1627	0.8914	0.0342
61	110.00	0.8714	4.7005	1.3027	2.1627	0.8914	0.0199
62	120.00	0.8857	4.7875	1.5089	2.2836	0.9031	0.0174
63	122.50	0.9000	4.8081	1.5600	2.3122	0.9057	0.0057
64	128.00	0.9143	4.8520	1.6716	2.3732	0.9110	0.0033
65	138.00	0.9286	4.9273	1.8718	2.4777	0.9195	0.0091
66	172.80	0.9429	5.1521	2.5377	2.7901	0.9404	0.0024
67	200.00	0.9571	5.2983	3.0248	2.9932	0.9511	0.0060
68	200.00	0.9714	5.2983	3.0248	2.9932	0.9511	0.0203
69	380.00	0.9857	5.9402	5.6694	3.8848	0.9797	0.0061
SUMATORIA				57.9623			
PARÁMETROS ESTADÍSTICOS							
Datos (n)	Media log $\bar{X} \ln X$	S Ln(X)	α		μ		
69	3.5591	0.9232	0.7199		3.1437		

Fuente : Elaboración Propia

ESTUDIO DE SEDIMENTACIÓN

Figura N° 128: Elaboración del marco de muestreo



Fuente : Elaboración Propia

Figura N° 129: Realizar el tensado del hilo de pescador para formar la cuadrícula



Fuente : Elaboración Propia

Figura N° 130: Ubicación de los puntos de muestreo mediante un GPS Garmin 62s



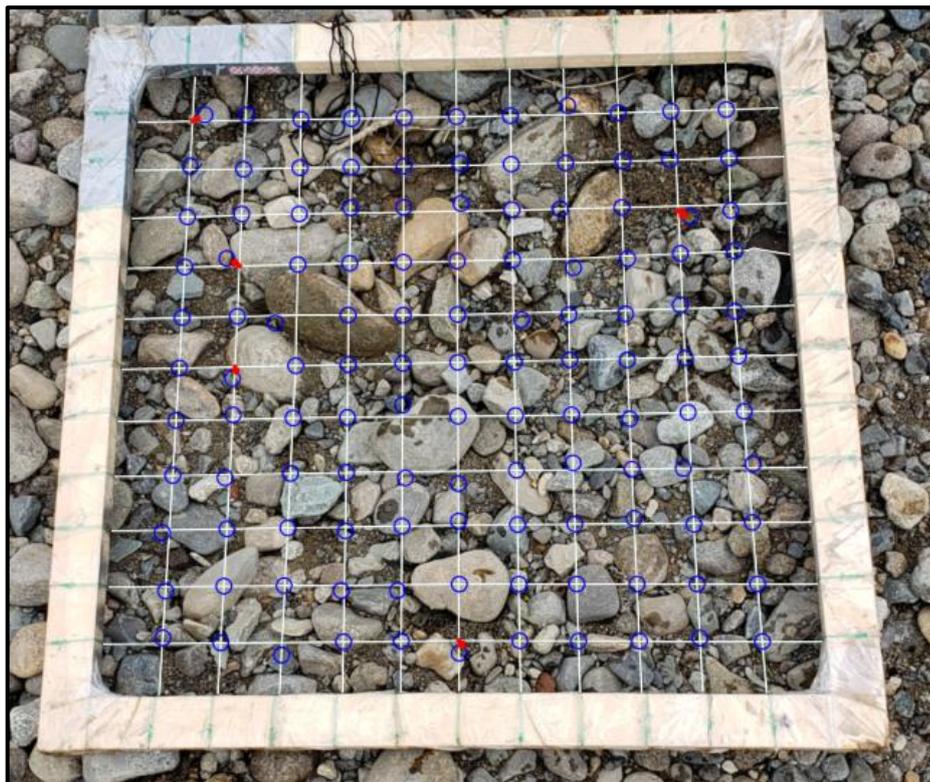
Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 131: Colocación de la malla de muestreo



Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 132: Selección de las partículas que se ubican debajo de los puntos de intercepción de la cuadrícula



Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 133: Recolección de las muestras seleccionadas mediante la malla de muestreo



Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 134: Medición de las partículas mediante un vernier o pie de rey



Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 135: Clasificación de las partículas mediante rangos de la escala de Wentworth



Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 136: Trazado del área (60cm*60cm) para el muestreo volumétrico. Sector 1



Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 137: Medición de la mayor partícula por el lado b (3.9 cm aprox) para conocer la cantidad de muestra extraída (39kg). Sector 1



Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 138: Trazado del área (60cm*60cm) para el muestreo volumétrico. Sector 2



Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 139: Medición de la mayor partícula por el lado b (2.5 cm aprox) para conocer la cantidad de muestra extraída (25kg). Sector 2



Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 140: Trazado del área (60cm*60cm) para el muestreo volumétrico. Sector 4



Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 141: Medición de la mayor partícula por el lado b (1.24 cm aprox) para conocer la cantidad de muestra extraída (12.40 kg). Sector 4



Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 142: Peso de la muestra saturada del sector 1



Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 143: Peso de la muestra saturada del sector 1



Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 144: Peso de la muestra saturada del sector 1



Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 145: Peso de la muestra saturada del sector 1



Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 146: Peso de la muestra saturada del sector 1



Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 147: Peso de la muestra saturada del sector 2



Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 148: Peso de la muestra saturada del sector 2



Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 149: Peso de la muestra saturada del sector 2



Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 150: Peso de la muestra saturada del sector 4



Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 151: Peso de la muestra saturada del sector 4



Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 152: Secado de las muestras saturadas.



Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 153: Peso de la muestra seca del sector 1



Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 154: Peso de la muestra seca del sector 1



Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 155: Peso de la muestra seca del sector 1



Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 156: Peso de la muestra seca del sector 1



Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 157: Peso de la muestra seca del sector 1



Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 158: Peso de la muestra seca del sector 2



Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 159: Peso de la muestra seca del sector 2



Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 160: Peso de la muestra seca del sector 2



Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 161: Peso de la muestra seca del sector 4



Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 162: Peso de la muestra seca del sector 4



Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 163: Tamizado de las muestras volumétricas



Fuente: Elaboración Propia

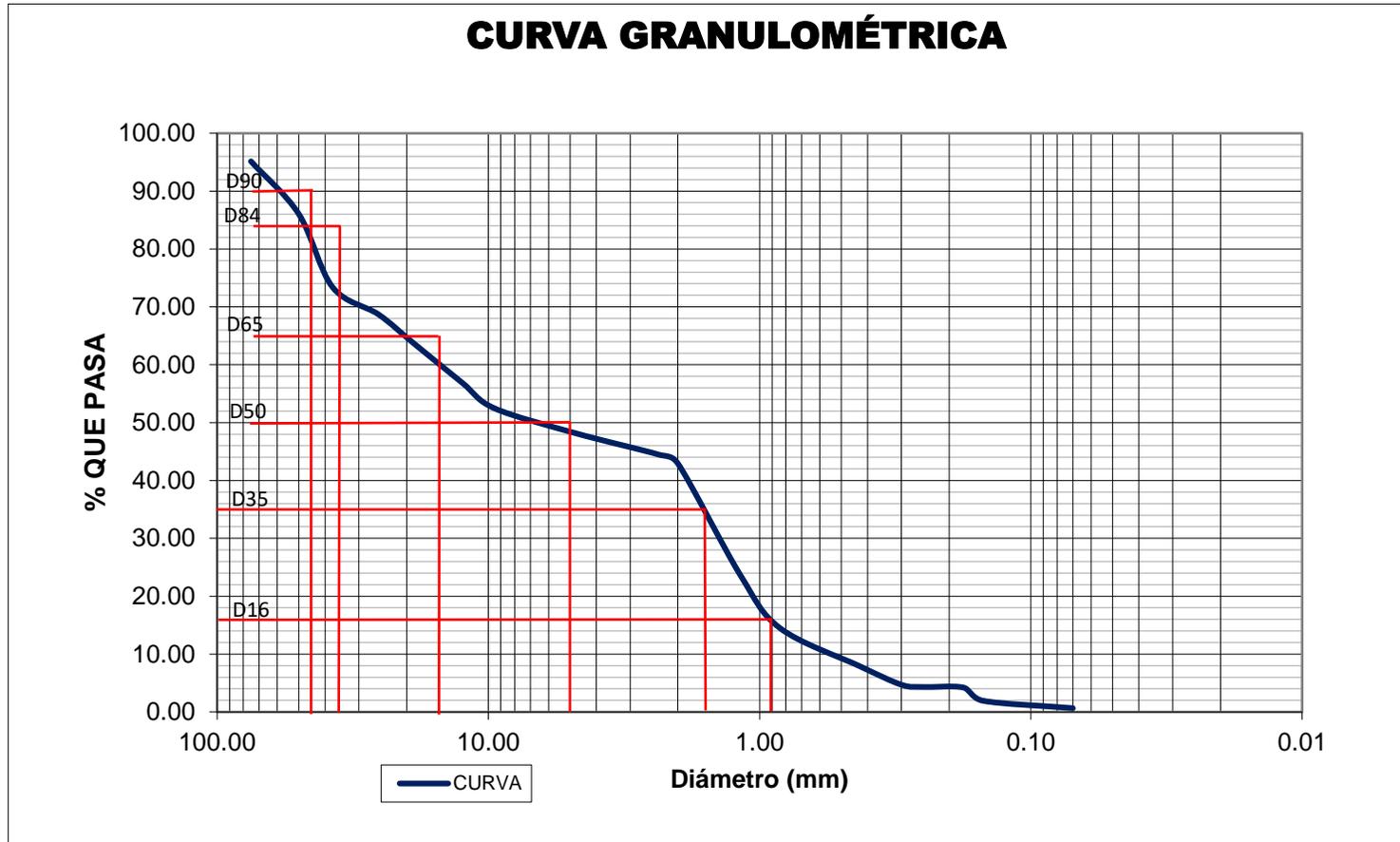


ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D-422

Tabla N° 155: Distribución Granulométrica

HECHO POR : Bach. ALFARO LAYZA, EDWIN LUIS Bach. WHITE ÁLVAREZ, MARTÍN PATRIZIO					
TESIS: EVOLUCIÓN DE LA MORFOLOGÍA DEL CAUCE DEL RÍO VIRÚ POR EFECTOS DE AVENIDAS Y CAUDAL DOMINANTE, TRAMO PUENTE VIRÚ Y BOCATOMA MOCHÁN, PROVINCIA VIRÚ- DEPARTAMENTO LA LIBERTAD.					
SECTOR: 1 SECCIÓN: 1 MUESTREO : VOLUMÉTRICO TIPO DE SUELO : Grava fina.					
PESO DE LA MUESTRA SATURADA + BANDEJA		44896.70 gr			
PESO DE LA BANDEJA		3783.50 gr			
PESO DE LA MUESTRA SECA + BANDEJA		43361.90 gr			
PESO DE AGUA		1534.80 gr			
PESO TOTAL A EVALUAR		39578.40 gr			
ABERT. MALLA		PESO RETENIDO	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
TAMICES	DIAMETRO (mm) (ASTM)	(gr)			
3"	75.00	1921.40	4.85	4.85	95.15
2"	50.00	3598.6	9.09	13.95	86.05
1 1/2"	37.50	5013.40	12.67	26.61	73.39
1"	25.40	1860.00	4.70	31.31	68.69
3/4"	19.00	1920.50	4.85	36.17	63.83
1/2"	12.50	2741.40	6.93	43.09	56.91
3/8"	9.50	1751.20	4.42	47.52	52.48
N° 4	4.75	1716.50	4.34	51.85	48.15
N° 8	2.36	1449.60	3.66	55.52	44.48
N° 10	2.00	621.40	1.57	57.09	42.91
N° 16	1.18	7598.50	19.20	76.29	23.71
20	0.84	3650.10	9.22	85.51	14.49
40	0.43	2585.00	6.53	92.04	7.96
50	0.30	1289.10	3.26	95.30	4.70
60	0.25	153.10	0.39	95.68	4.32
80	0.18	39.50	0.10	95.78	4.22
100	0.15	903.80	2.28	98.07	1.93
200	0.07	504.50	1.27	99.34	0.66
PLATO		260.80	0.66	100.00	0.00
SUMATORIA		39578.40	100.00		
D90=		60.85 mm			
D84=		47.97 mm			
D65=		20.54 mm			
D50=		6.78 mm			
D35=		1.66 mm			
D16=		0.90 mm			

Gráfico N° 3: Curva Granulométrica



Fuente: Elaboración Propia

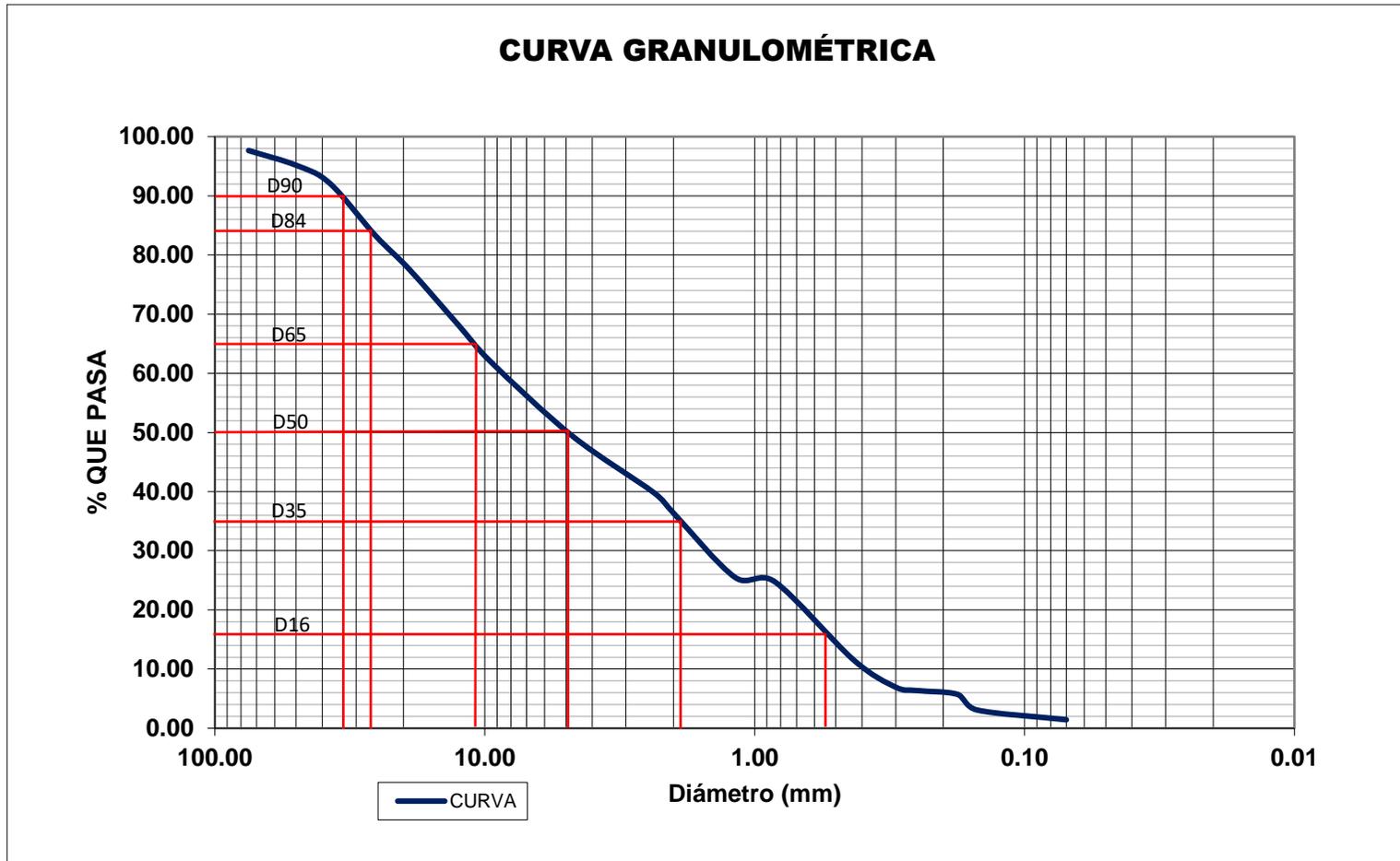


ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D-422

Tabla N° 156: Distribución Granulométrica

HECHO POR : Bach. ALFARO LAYZA, EDWIN LUIS Bach. WHITE ÁLVAREZ, MARTÍN PATRIZIO					
TESIS: EVOLUCIÓN DE LA MORFOLOGÍA DEL CAUCE DEL RÍO VIRÚ POR EFECTOS DE AVENIDAS Y CAUDAL DOMINANTE, TRAMO PUENTE VIRÚ Y BOCATOMA MOCHÁN, PROVINCIA VIRÚ- DEPARTAMENTO LA LIBERTAD.					
SECTOR: 2 SECCIÓN: 1 MUESTREO : VOLUMÉTRICO TIPO DE SUELO : Grava Fina.					
PESO DE LA MUESTRA SATURADA + BANDEJA		28705.00 gr			
PESO DE LA BANDEJA		2398.30 gr			
PESO DE LA MUESTRA SECA + BANDEJA		27503.40 gr			
PESO DE AGUA		1201.60 gr			
PESO TOTAL A EVALUAR		25105.10 gr			
ABERT. MALLA		PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
TAMICES	DIAMETRO (mm) (ASTM)				
3"	75.00	586.00	2.33	2.33	97.67
2"	50.00	619.90	2.47	4.80	95.20
1 1/2"	37.50	761.60	3.03	7.84	92.16
1"	25.40	2202.40	8.77	16.61	83.39
3/4"	19.00	1427.70	5.69	22.30	77.70
1/2"	12.50	2345.50	9.34	31.64	68.36
3/8"	9.50	1636.50	6.52	38.16	61.84
N° 4	4.75	3111.00	12.39	50.55	49.45
N° 8	2.36	2462.50	9.81	60.36	39.64
N° 10	2.00	869.90	3.47	63.82	36.18
N° 16	1.18	2715.70	10.82	74.64	25.36
20	0.84	183.30	0.73	75.37	24.63
40	0.43	3296.60	13.13	88.50	11.50
50	0.30	1159.20	4.62	93.12	6.88
60	0.25	141.00	0.56	93.68	6.32
80	0.18	161.70	0.64	94.33	5.67
100	0.15	654.90	2.61	96.93	3.07
200	0.07	411.40	1.64	98.57	1.43
PLATO		358.30	1.43	100.00	0.00
SUMATORIA		25105.10	100.00		
D90=		34.52 mm			
D84=		26.24 mm			
D65=		10.95 mm			
D50=		4.96 mm			
D35=		1.91 mm			
D16=		0.57 mm			

Gráfico N° 4: Curva Granulométrica



Fuente: Elaboración Propia



ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

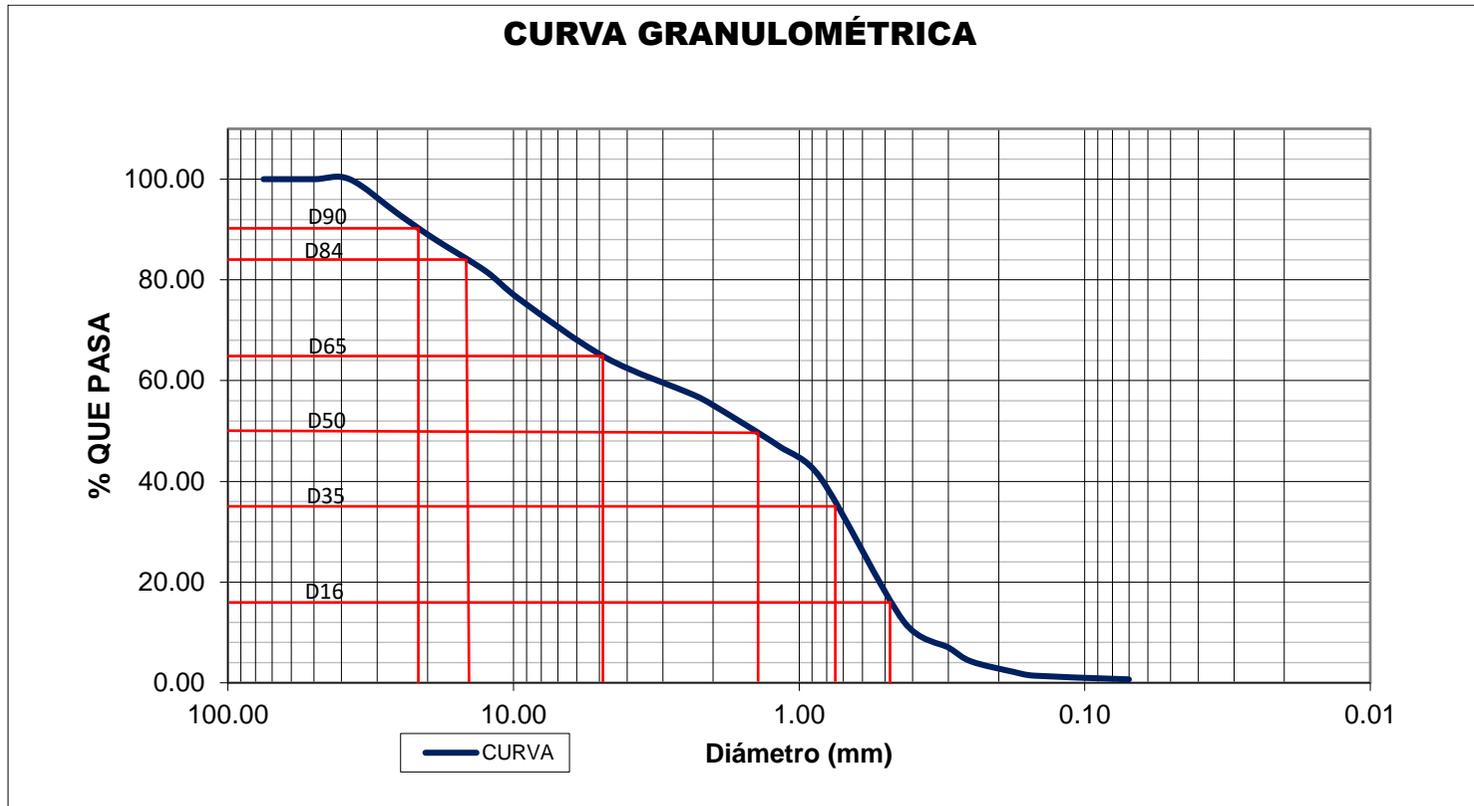
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D-422

Tabla N° 157: Distribución Granulométrica

HECHO POR : Bach. ALFARO LAYZA, EDWIN LUIS Bach. WHITE ÁLVAREZ, MARTÍN PATRIZIO					
TESIS: EVOLUCIÓN DE LA MORFOLOGÍA DEL CAUCE DEL RÍO VIRÚ POR EFECTOS DE AVENIDAS Y CAUDAL DOMINANTE, TRAMO PUENTE VIRÚ Y BOCATOMA MOCHÁN, PROVINCIA VIRÚ- DEPARTAMENTO LA LIBERTAD.					
SECTOR: 4 SECCIÓN: 1 MUESTREO : VOLUMÉTRICO TIPO DE SUELO : Arena muy gruesa					
PESO DE LA MUESTRA SATURADA + BANDEJA		15895.00 gr			
PESO DE LA BANDEJA		1449.60 gr			
PESO DE LA MUESTRA SECA + BANDEJA		13881.60 gr			
PESO DE AGUA		2013.40 gr			
PESO TOTAL A EVALUAR		12432.00 gr			
ABERT. MALLA		PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
TAMICES	DIAMETRO (mm) (ASTM)				
3"	75.00	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.50	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	852.40	6.86	6.86	93.14
3/4"	19.00	615.20	4.95	11.81	88.19
1/2"	12.50	805.70	6.48	18.29	81.71
3/8"	9.50	697.40	5.61	23.90	76.10
N° 4	4.75	1436.80	11.56	35.45	64.55
N° 8	2.36	905.90	7.29	42.74	57.26
N° 10	2.00	265.90	2.14	44.88	55.12
N° 16	1.18	1004.00	8.08	52.95	47.05
N° 20	0.84	792.00	6.37	59.33	40.67
N° 40	0.43	3544.10	28.51	87.83	12.17
N°50	0.30	642.40	5.17	93.00	7.00
N°60	0.25	341.00	2.74	95.74	4.26
N°80	0.18	261.70	2.11	97.85	2.15
N° 100	0.15	91.40	0.74	98.58	1.42
N° 200	0.07	91.70	0.74	99.32	0.68
PLATO		84.40	0.68	100.00	0.00
SUMATORIA		12432.00	100.00		
D90=		21.33 mm			
D84=		14.79 mm			
D65=		4.94 mm			
D50=		1.48 mm			
D35=		0.76 mm			
D16=		0.49 mm			

Gráfico N° 5: Curva Granulométrica



Fuente: Elaboración Propia

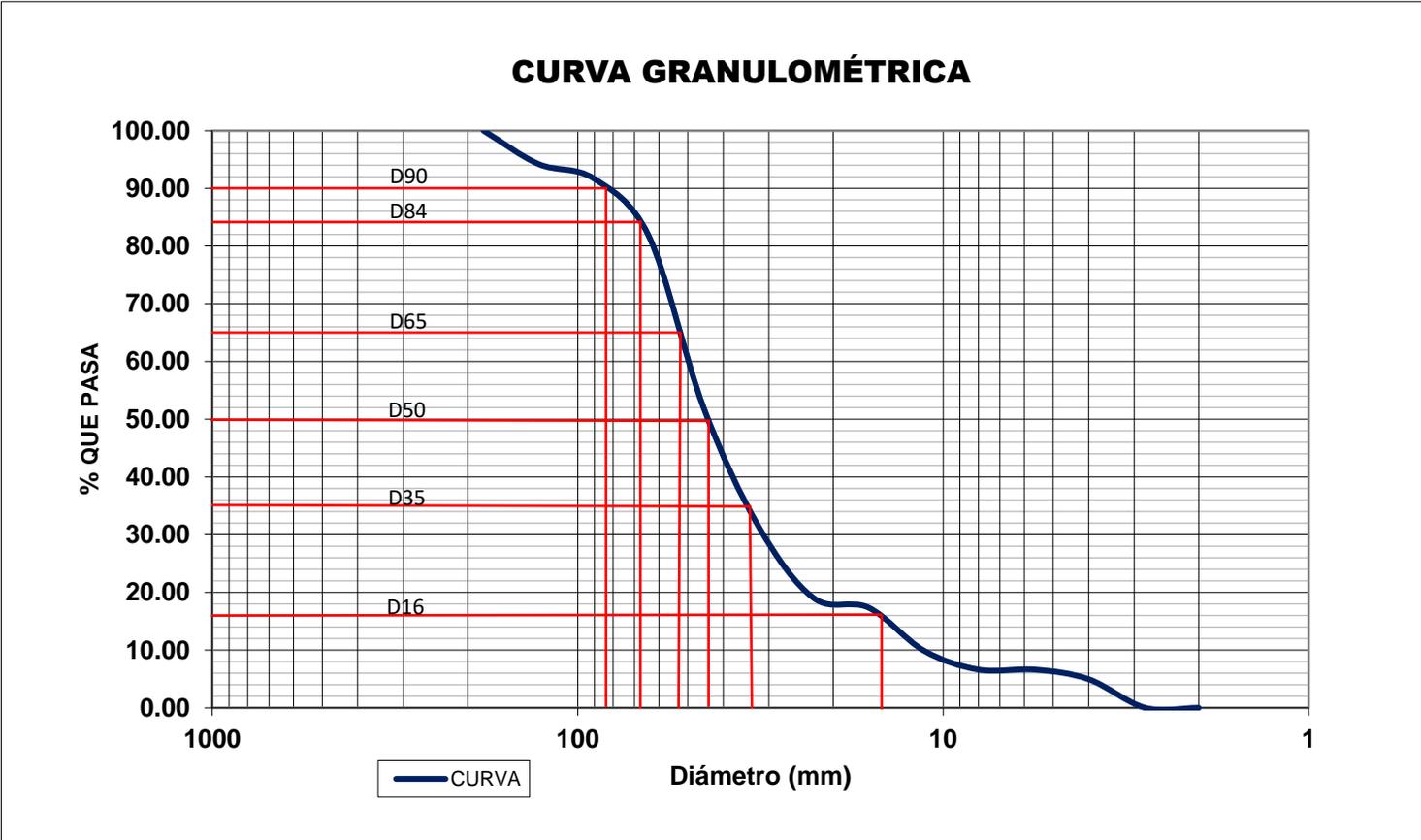


ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR CONTEO

Tabla N° 158: Distribución Granulométrica

HECHO POR : Bach. ALFARO LAYZA, EDWIN LUIS Bach. WHITE ÁLVAREZ, MARTÍN PATRIZIO				
TESIS: EVOLUCIÓN DE LA MORFOLOGÍA DEL CAUCE DEL RÍO VIRÚ POR EFECTOS DE AVENIDAS Y CAUDAL DOMINANTE, TRAMO PUENTE VIRÚ Y BOCATOMA MOCHÁN, PROVINCIA VIRÚ- DEPARTAMENTO LA LIBERTAD.				
SECTOR: 1 SECCIÓN: 2 MUESTREO : SUPERFICIAL (CORAZA) TIPO DE SUELO : Grava muy gruesa.				
TAMAÑO DE PARTÍCULA	NÚMERO DE PARTICULAS	%RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
mm				
181	0	0	0	100.00
128	0	0.00	0.00	94.21
90.5	3	2.48	2.48	91.74
64	12	9.92	12.40	81.82
45.3	36	29.75	42.15	52.07
32	25	20.66	62.81	31.40
22.6	15	12.40	75.21	19.01
16	2	1.65	76.86	17.36
11.3	9	7.44	84.30	9.92
8	4	3.31	87.60	6.61
5.6	0	0.00	87.60	6.61
4	2	1.65	89.26	4.96
2.8	6	4.96	94.21	0.00
2	7	5.79	100.00	0.00
<2	0	0.00	100.00	0.00
SUMATORIA	121	100		
D90=			85.86 mm	
D84=			69.83 mm	
D65=			53.43 mm	
D50=			43.97 mm	
D35=			34.31 mm	
D16=			15.14 mm	

Gráfico N° 6: Curva Granulométrica



Fuente: Elaboración Propia

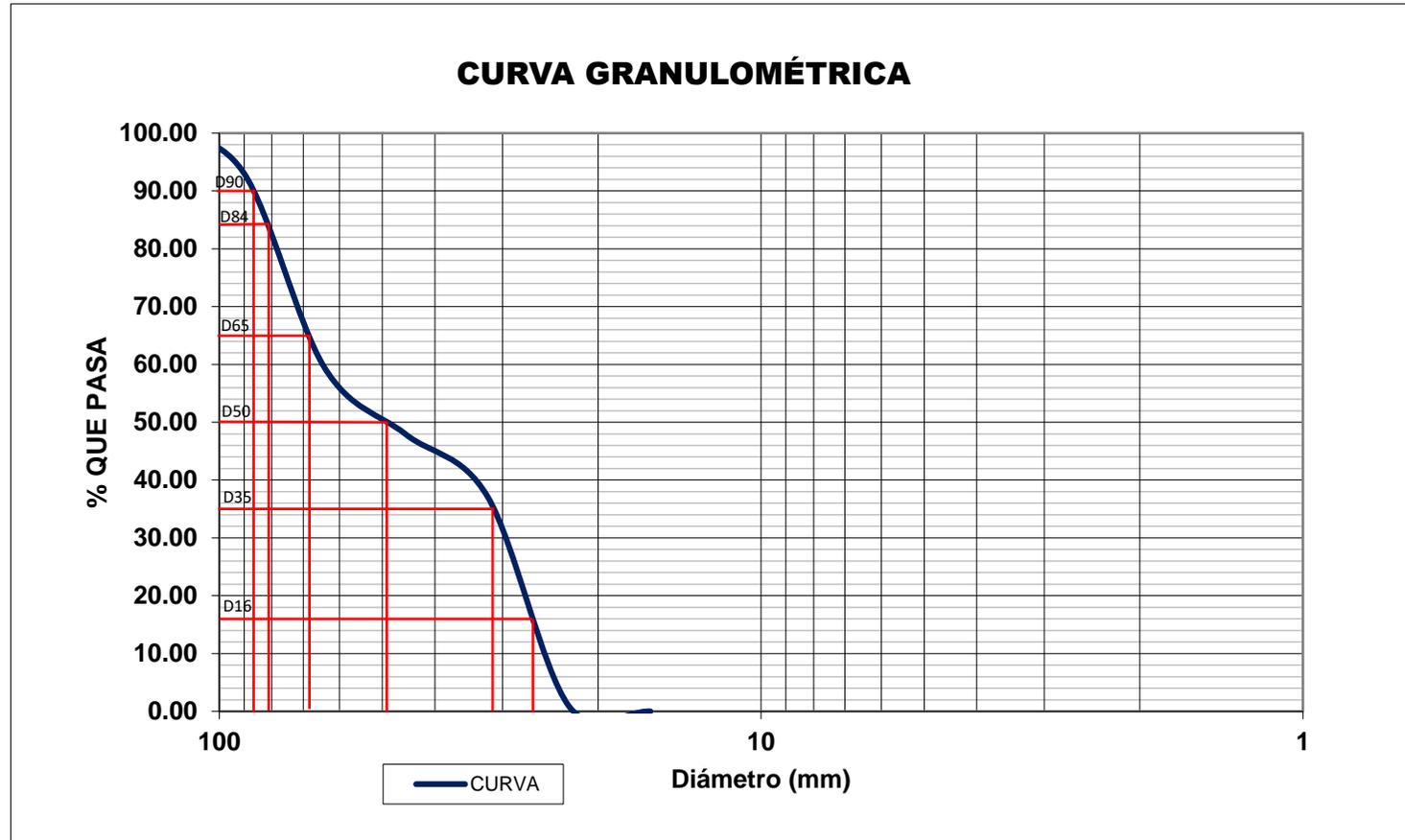


ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR CONTEO

Tabla N° 159: Distribución Granulométrica

HECHO POR : Bach. ALFARO LAYZA, EDWIN LUIS Bach. WHITE ÁLVAREZ, MARTÍN PATRIZIO				
TESIS: EVOLUCIÓN DE LA MORFOLOGÍA DEL CAUCE DEL RÍO VIRÚ POR EFECTOS DE AVENIDAS Y CAUDAL DOMINANTE, TRAMO PUENTE VIRÚ Y BOCATOMA MOCHÁN, PROVINCIA VIRÚ-DEPARTAMENTO LA LIBERTAD.				
SECTOR: 3 SECCIÓN: 1 MUESTREO: SUPERFICIAL(CORAZA) TIPO DE SUELO : Grava muy gruesa.				
TAMAÑO DE PARTÍCULA	NÚMERO DE PARTICULAS	%RETENIDO	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
mm				
181	0	0.00	0.00	100.00
128	0	0.00	0.00	100.00
90.5	8	6.61	6.61	93.39
64	41	33.88	40.50	59.50
45.3	14	11.57	52.07	47.93
32	13	10.74	62.81	37.19
22.6	44	36.36	99.17	0.83
16	1	0.83	100.00	0.00
11.3	0	0.00	100.00	0.00
8	0	0.00	100.00	0.00
5.6	0	0.00	100.00	0.00
4	0	0.00	100.00	0.00
2.8	0	0.00	100.00	0.00
2	0	0.00	100.00	0.00
<2	0	0.00	100.00	0.00
SUMATORIA	121			
D90=			87.85 mm	
D84=			83.16 mm	
D65=			68.30 mm	
D50=			48.64 mm	
D35=			31.43 mm	
D16=			26.52 mm	

Gráfico N° 7: Curva Granulométrica



Fuente: Elaboración Propia



ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

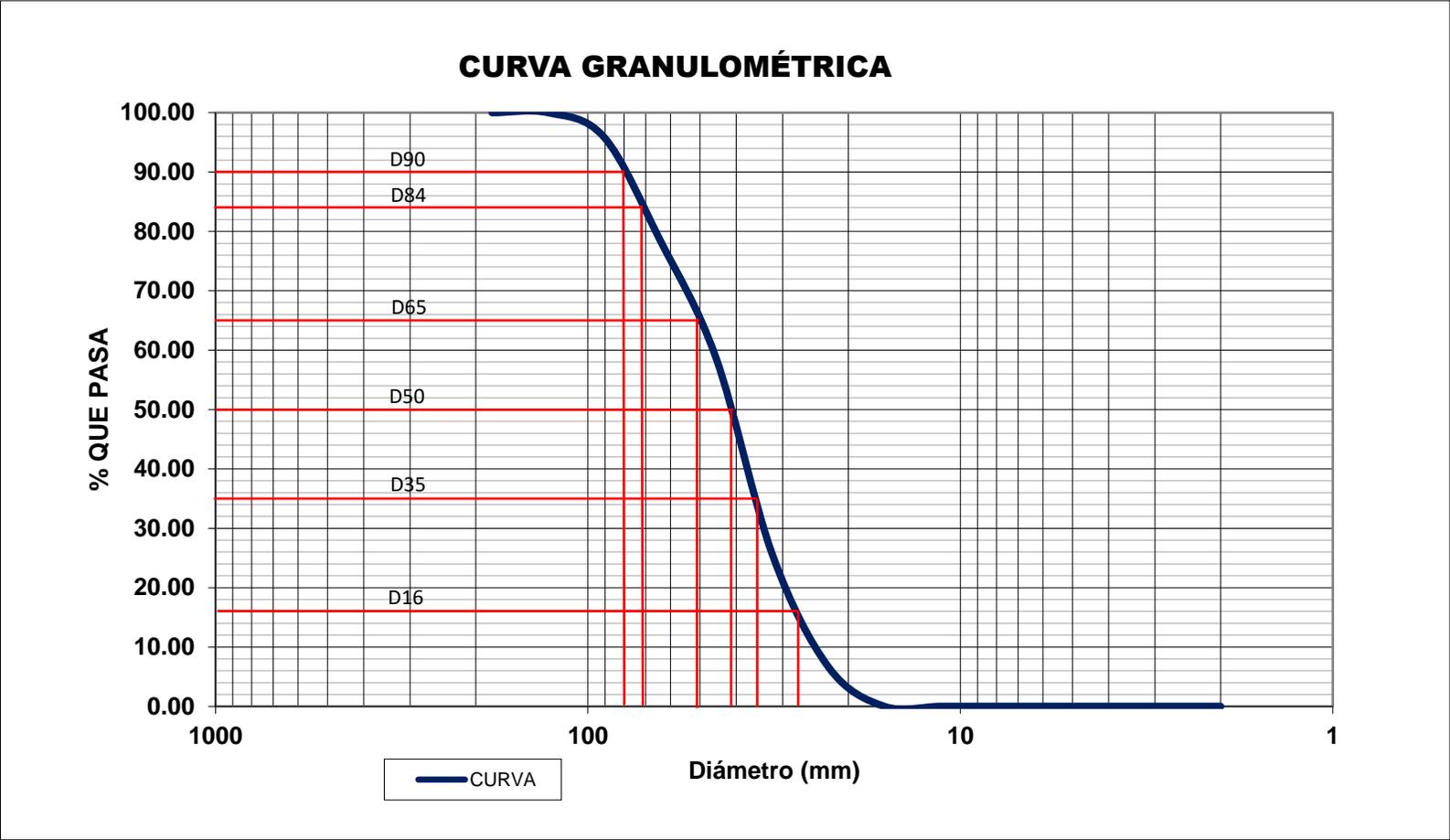
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR CONTEO

Tabla N° 160: Distribución Granulométrica

HECHO POR : Bach. ALFARO LAYZA, EDWIN LUIS Bach. WHITE ÁLVAREZ, MARTÍN PATRIZIO				
TESIS: EVOLUCIÓN DE LA MORFOLOGÍA DEL CAUCE DEL RÍO VIRÚ POR EFECTOS DE AVENIDAS Y CAUDAL DOMINANTE, TRAMO PUENTE VIRÚ Y BOCATOMA MOCHÁN, PROVINCIA VIRÚ- DEPARTAMENTO LA LIBERTAD.				
SECTOR: 4 SECCIÓN: 2 MUESTREO : SUPERFICIAL (CORAZA) TIPO DE SUELO : Grava muy				
TAMAÑO DE PARTÍCULA	NÚMERO DE PARTICULAS	%RETENIDO	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
mm				
181	0	0	0	100.00
128	0	0	0	100.00
90.5	5	4.13	4.13	95.87
64	21	17.36	21.49	78.51
45.3	24	19.83	41.32	58.68
32	40	33.06	74.38	25.62
22.6	23	19.01	93.39	6.61
16	8	6.61	100.00	0.00
11.3	0	0.00	100.00	0.00
8	0	0.00	100.00	0.00
5.6	0	0.00	100.00	0.00
4	0	0.00	100.00	0.00
2.8	0	0.00	100.00	0.00
2	0	0.00	100.00	0.00
<2	0	0.00	100.00	0.00
SUMATORIA	121.00	100		
D90=	81.54 mm			
D84=	72.38 mm			
D65=	51.26 mm			
D50=	41.81 mm			
D35=	35.77 mm			
D16=	27.24 mm			

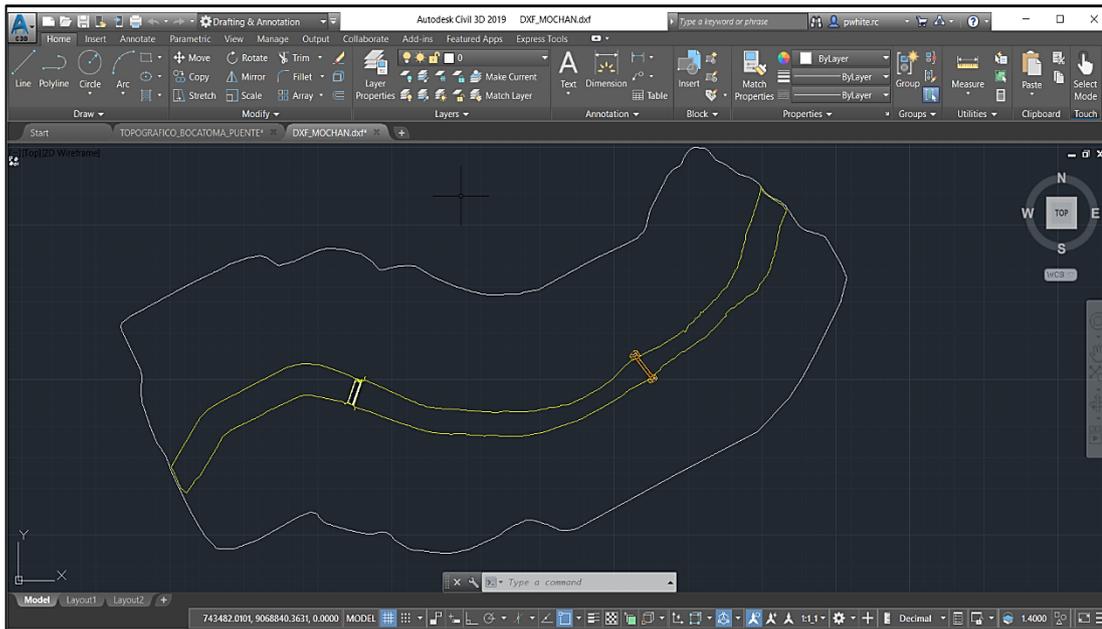
Gráfico N° 8: Curva Granulométrica



Fuente: Elaboración Propia

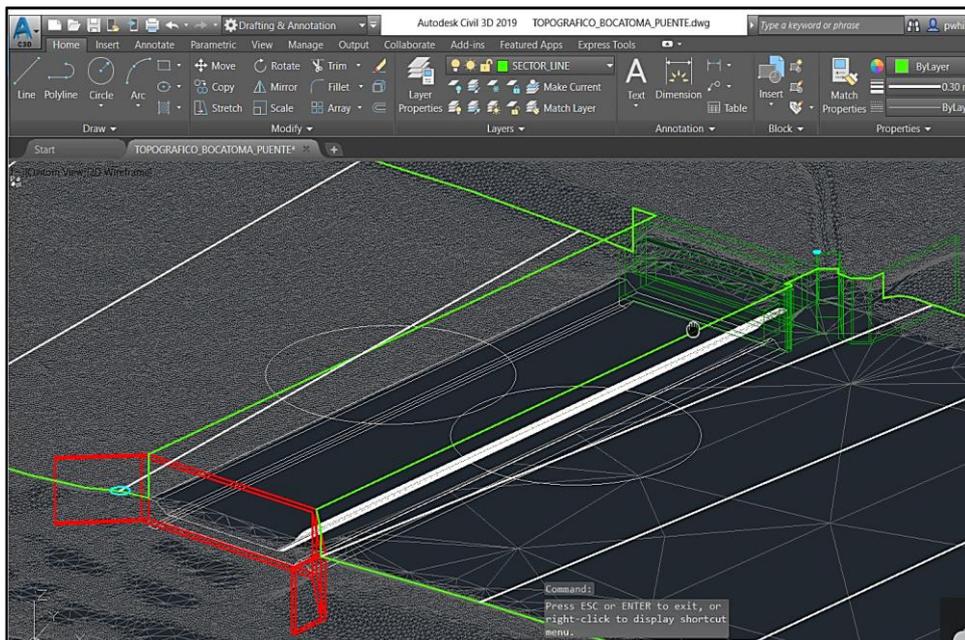
MODELAMIENTO HIDRÁULICO

Figura N° 164: Creación de contornos de las áreas en software civil 3d mediante comando polilínea 3d



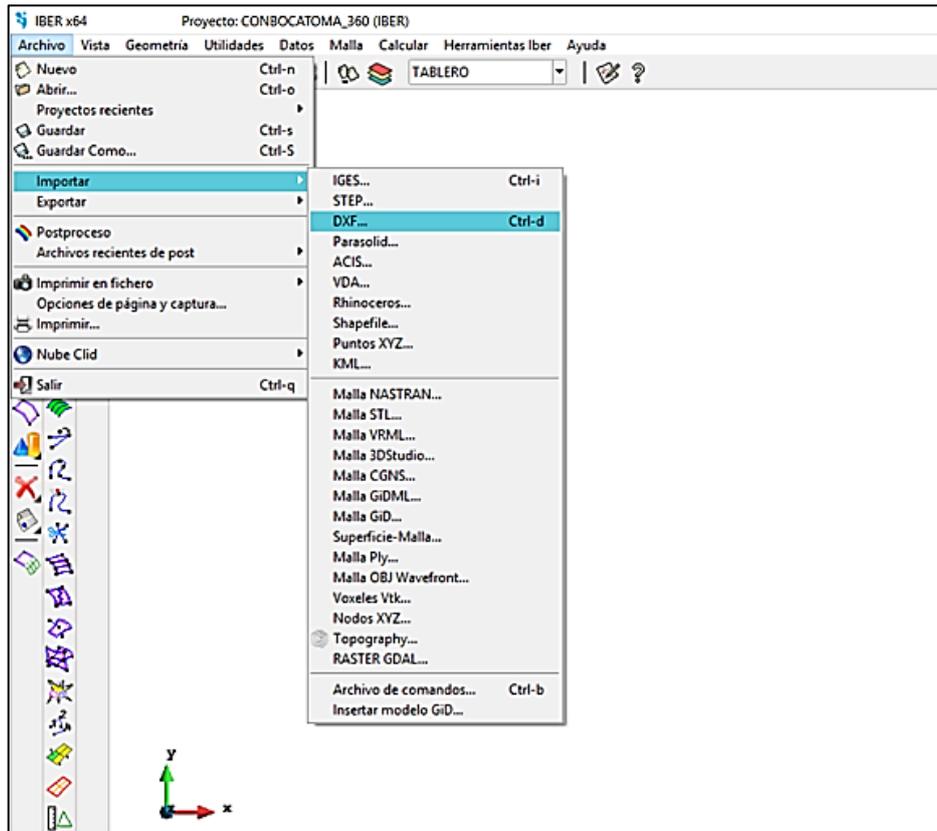
Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 165: Adaptar las estructuras hidráulicas a la topografía



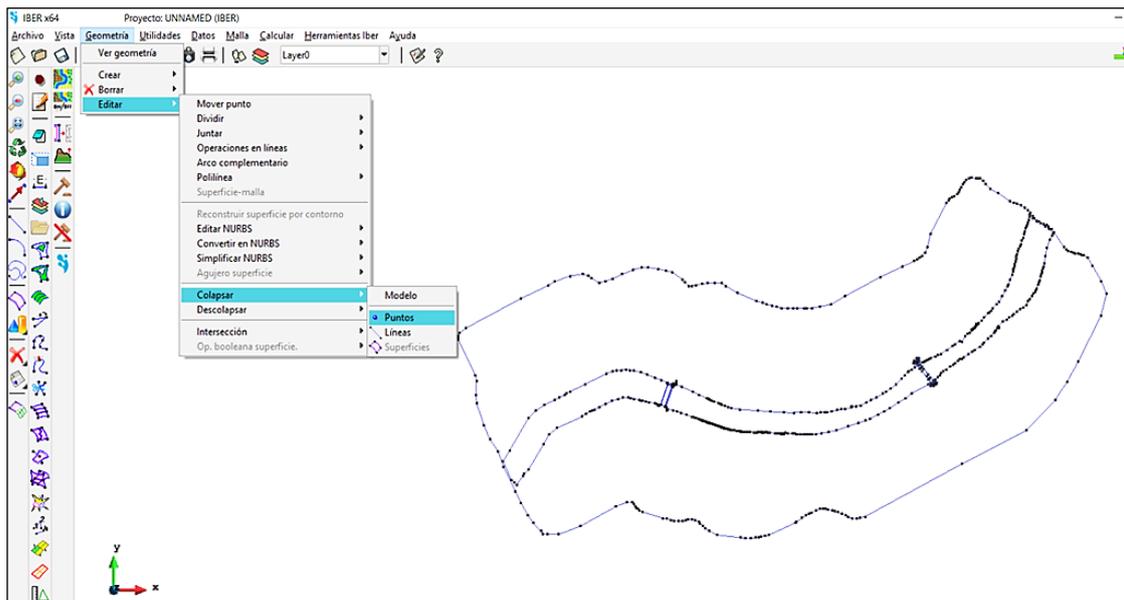
Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 166: Importación en el programa Iber en formato “DXF” los contornos creados en el software AutoCAD Civil 3d



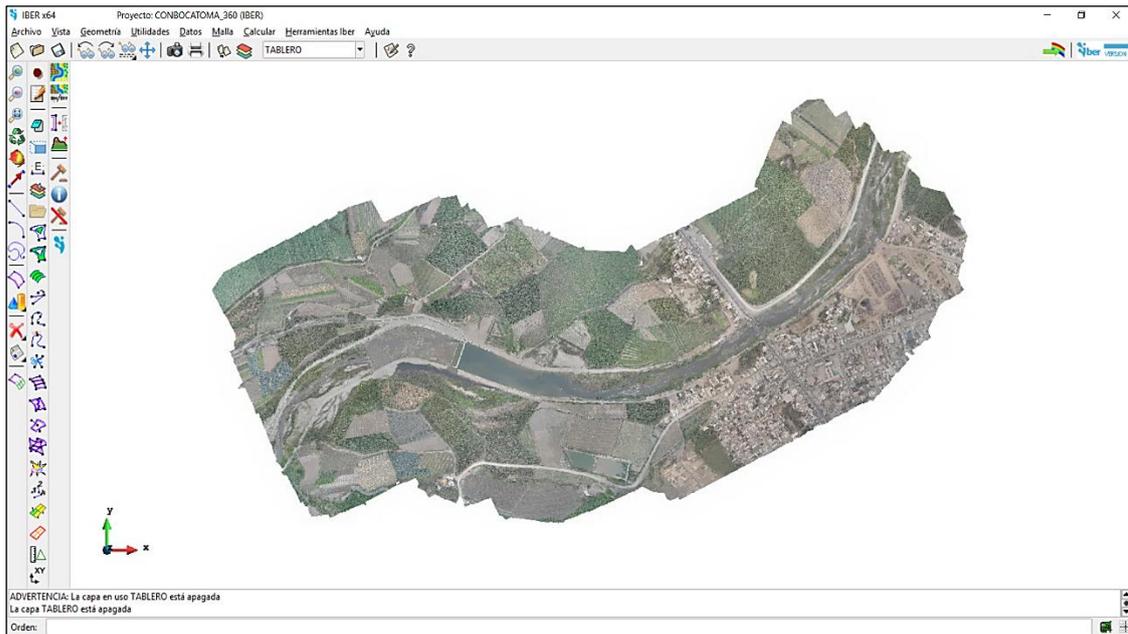
Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 167: Colapsar el modelo



Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 168: Importar la ortofoto del área de estudio



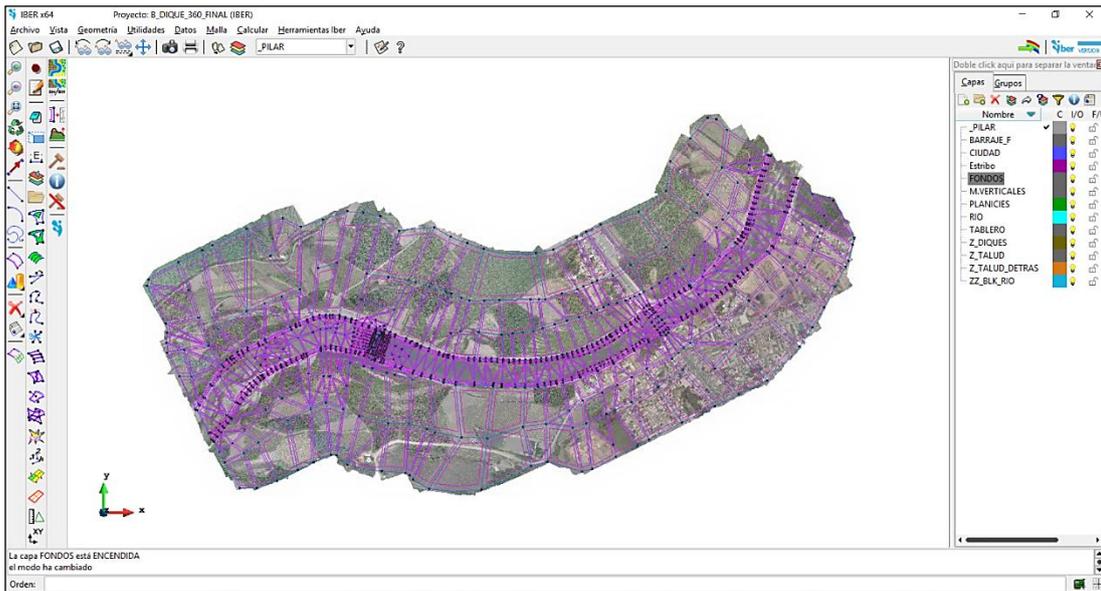
Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 169: Dibujar la geometría del modelo con las herramientas de IBER



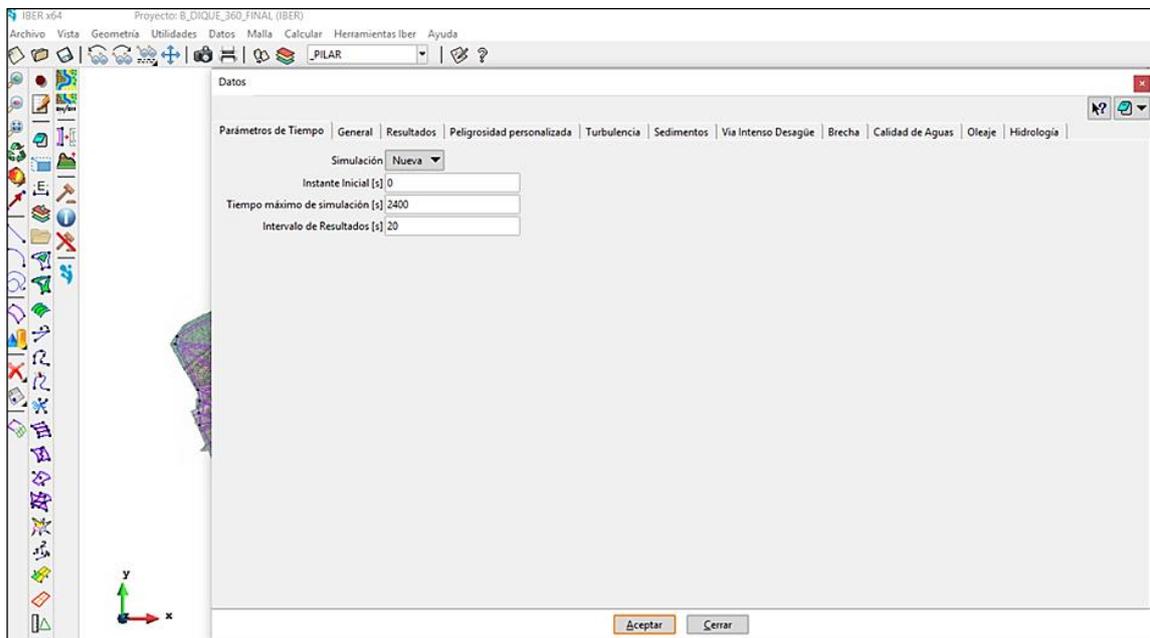
Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 170: Creación de superficies por cada capa de la geometría.



Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 171: Asignación de datos del problema (tiempo de simulación, intervalo de paso y resultados a obtener del modelo)



Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 172: Asignación de condiciones de contorno, ingreso y salida del agua



Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 161: Rugosidades (condiciones del río)

MATERIAL N ₀	IRREGULARIDAD N ₁	VAR. SECCION N ₂	OBSTACULOS N ₃	VEGETACION N ₄	SINUOSIDAD N ₅						
Grava gruesa	0.028	Menor	0.005	Gradual	0	Menor	0	Media	0.01	Menor	1
Grava fina	0.024	Ligero	0	Gradual	0	Apreciable	0.02	Baja	0.005	Menor	1
Tierra	0.02	Menor	0.005	Gradual	0	Despreciable	0	Baja	0.005	Menor	1
Grava gruesa	0.028	Menor	0.005	Ocasional	0.005	Despreciable	0	Media	0.01	Menor	1
Grava gruesa	0.028	Ligero	0	Ocasional	0.005	Apreciable	0.02	Alta	0.025	Menor	1

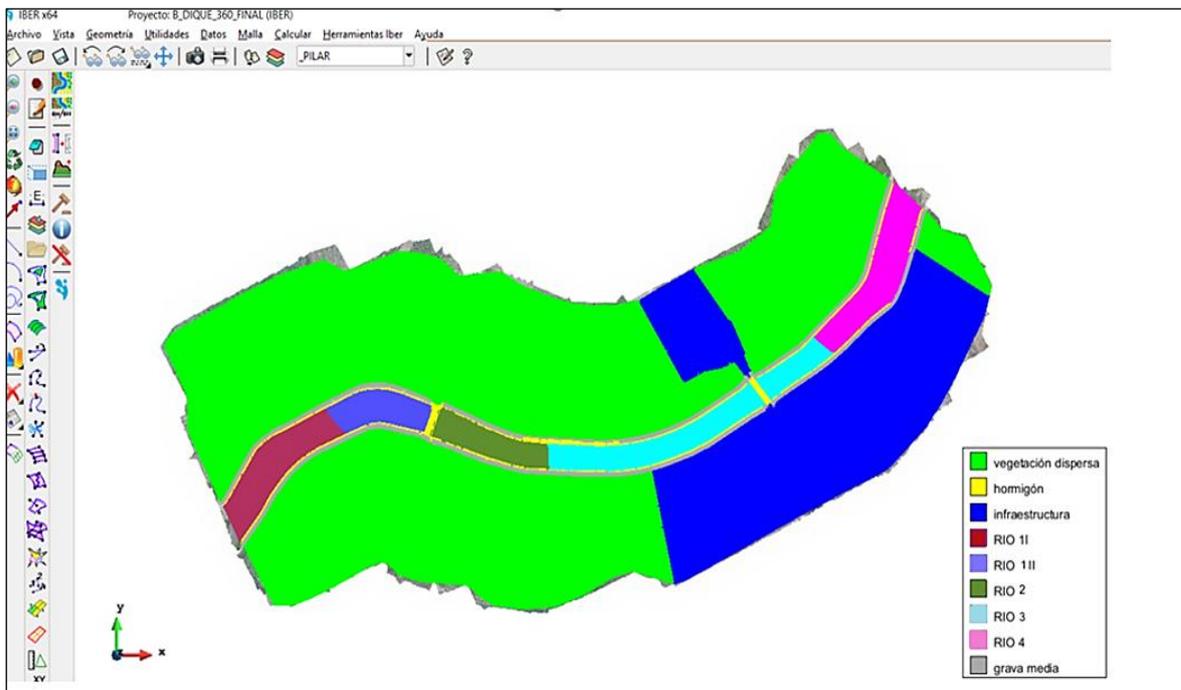
Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 162: Cálculo de las rugosidades de Manning por el método de Cowan

RÍO	TRAMO	SECTOR	LONGITUD (m)	C. MAYOR (m.s.n.m)	C. MENOR (m.s.n.m)	DELTA H	PENDIENTE	n
Río Virú	KM. 11+520 - KM. 11+900	1II	380.000	50.923	41.612	9.311	0.0245	0.0430
	KM. 11+900 - KM. 12+250	1I	350.000	41.612	46.000	-4.388	-0.0125	0.0490
	KM. 12+270 - KM. 12+640	2	370.000	46.000	42.964	3.036	0.0082	0.0300
	KM. 12+640 - KM. 13+540	3	900.000	42.670	42.047	0.623	0.0007	0.0480
	KM. 13+540 - KM. 13+920	4	380.000	42.047	39.269	2.778	0.0073	0.0780

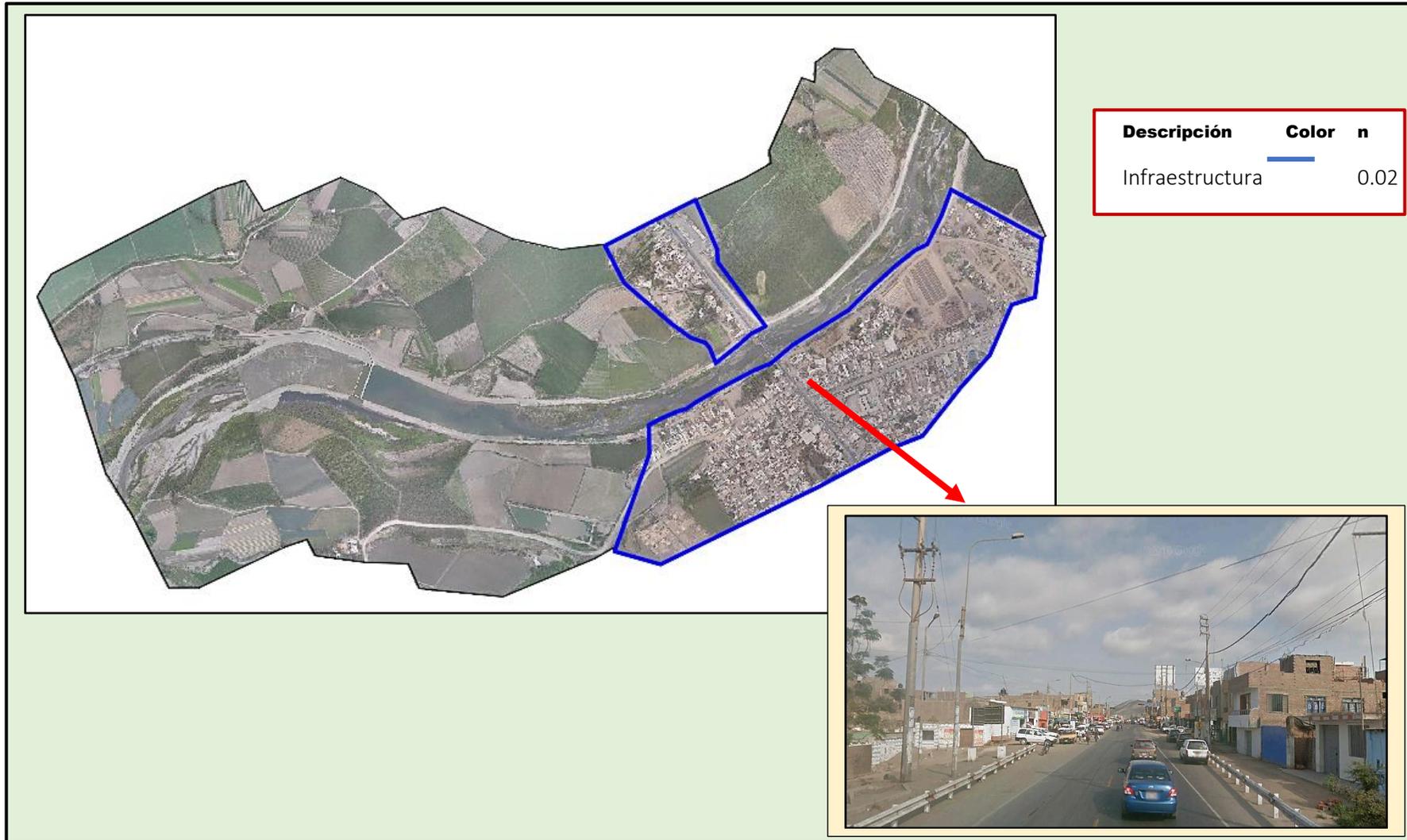
Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 173: Asignación de las rugosidades a cada superficie creada de la geometría



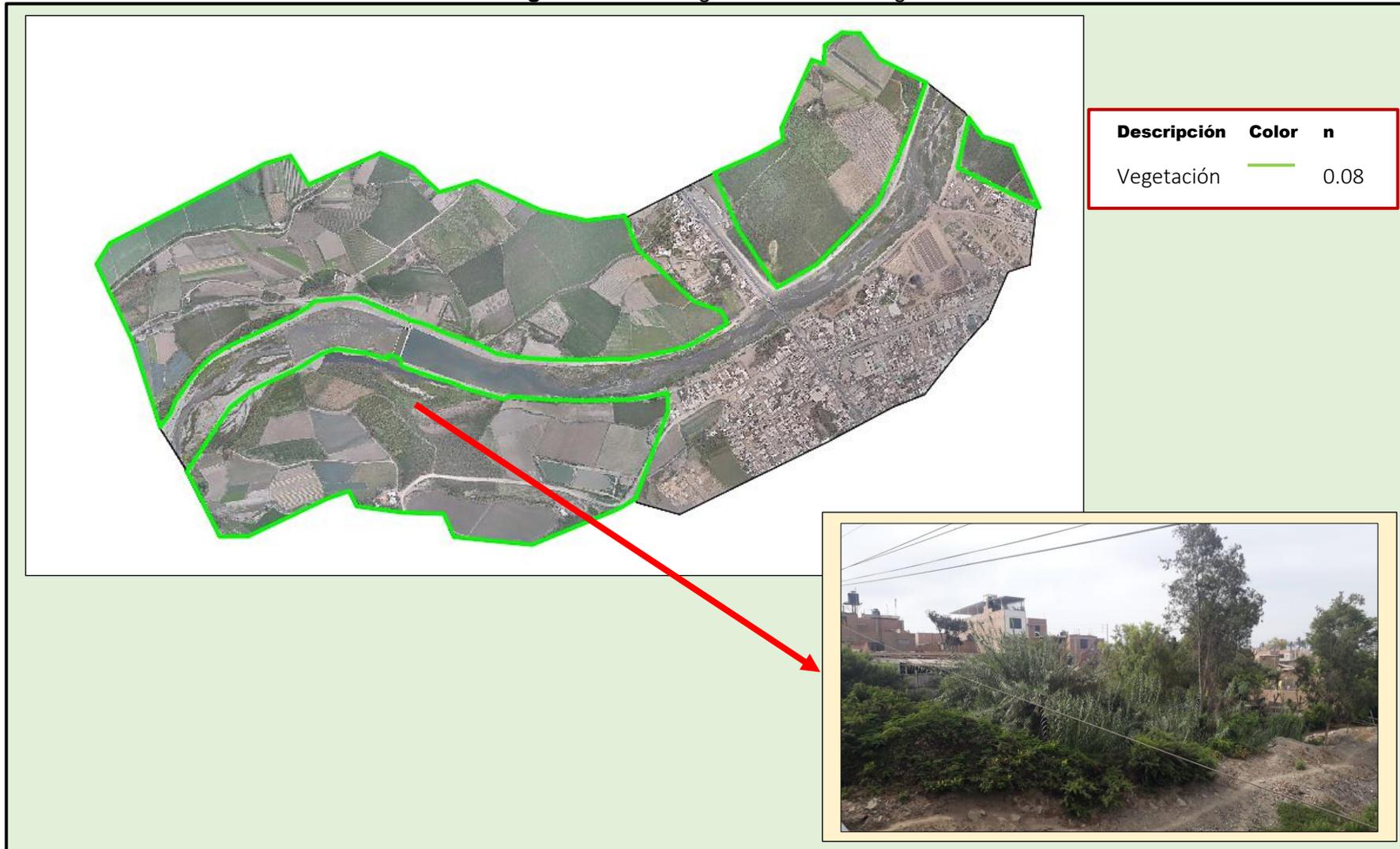
Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 174: Rugosidad de Manning



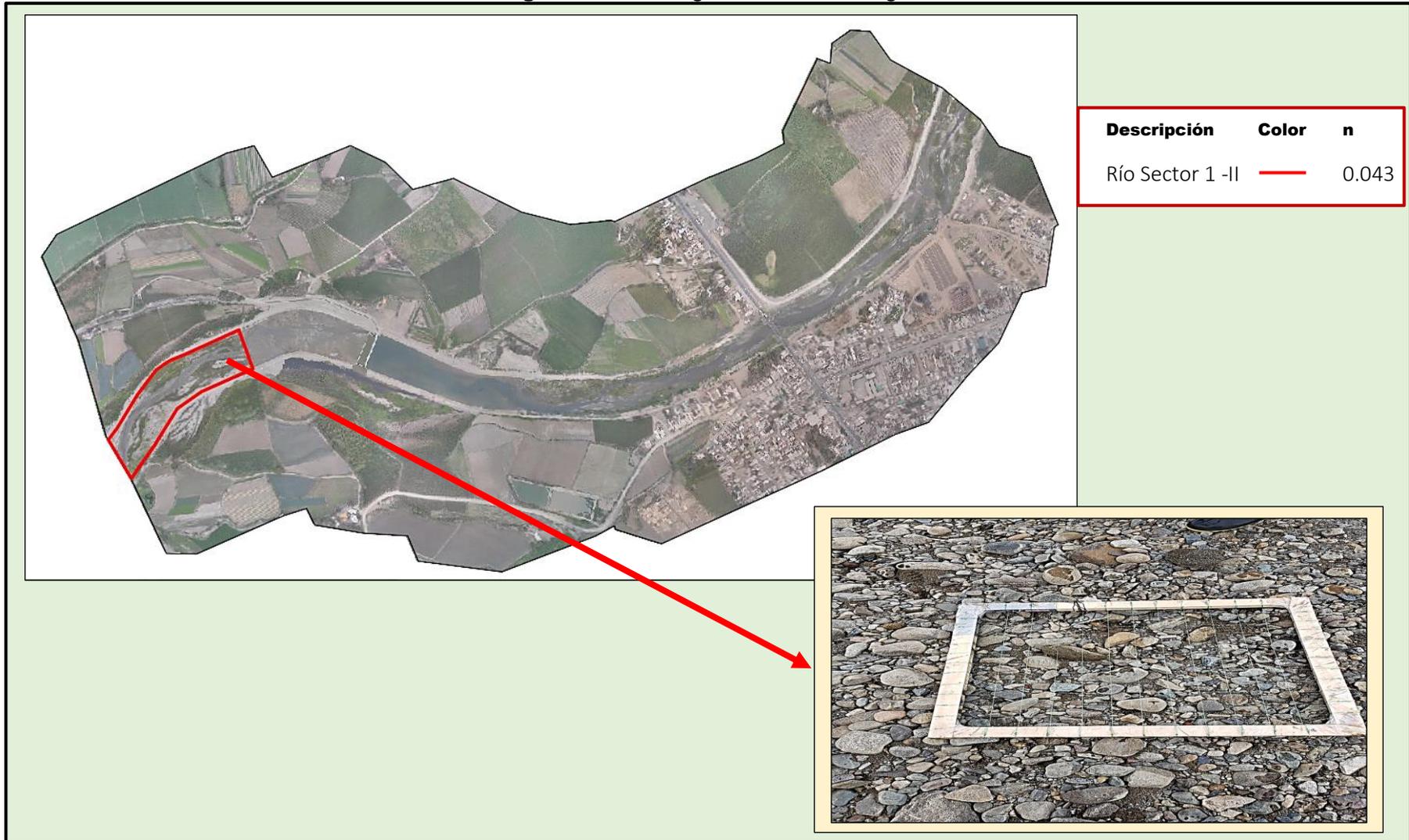
Fuente : Elaboración Propia

Figura N° 175: Rugosidad de Manning



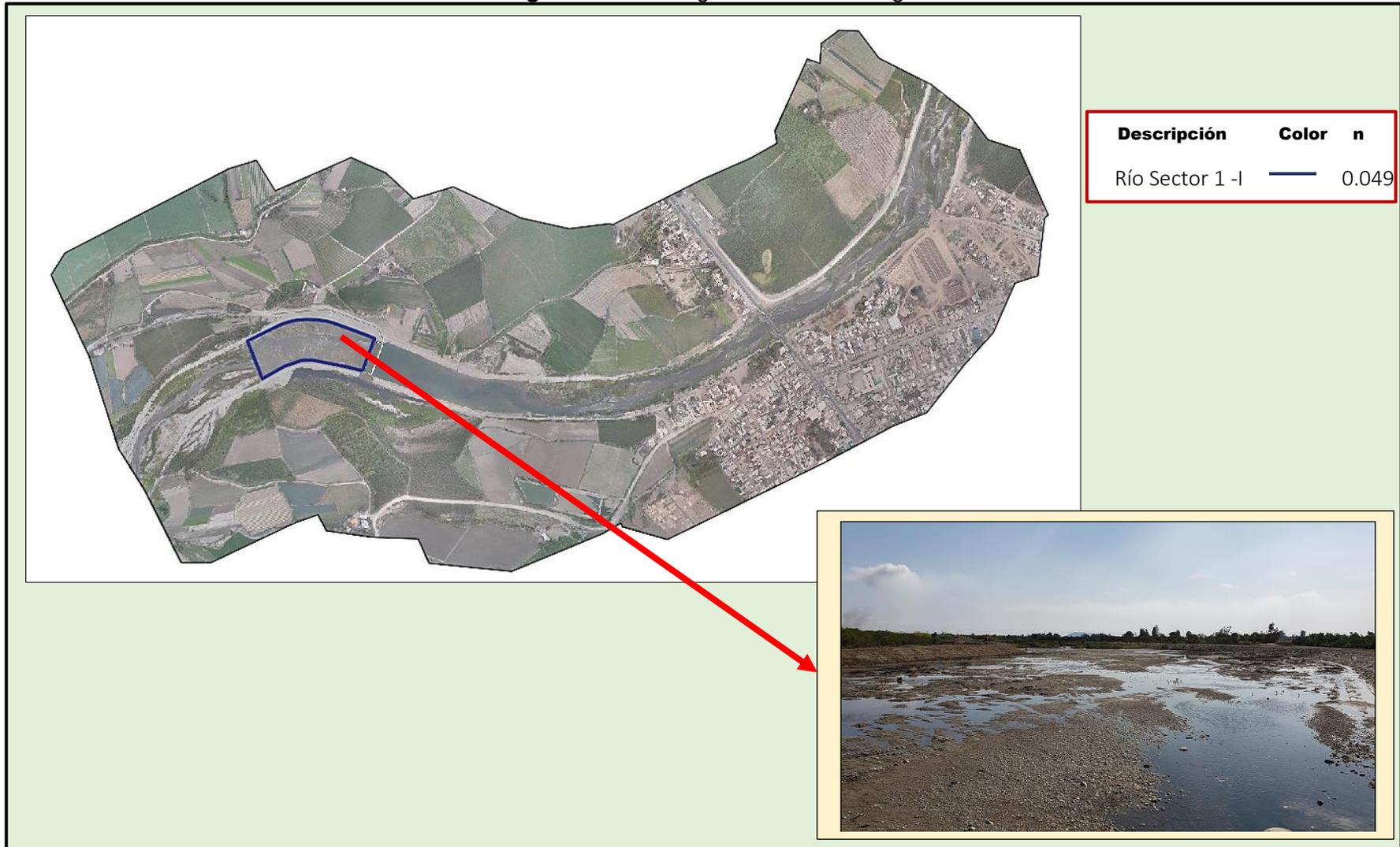
Fuente : Elaboración Propia

Figura N° 176: Rugosidad de Manning



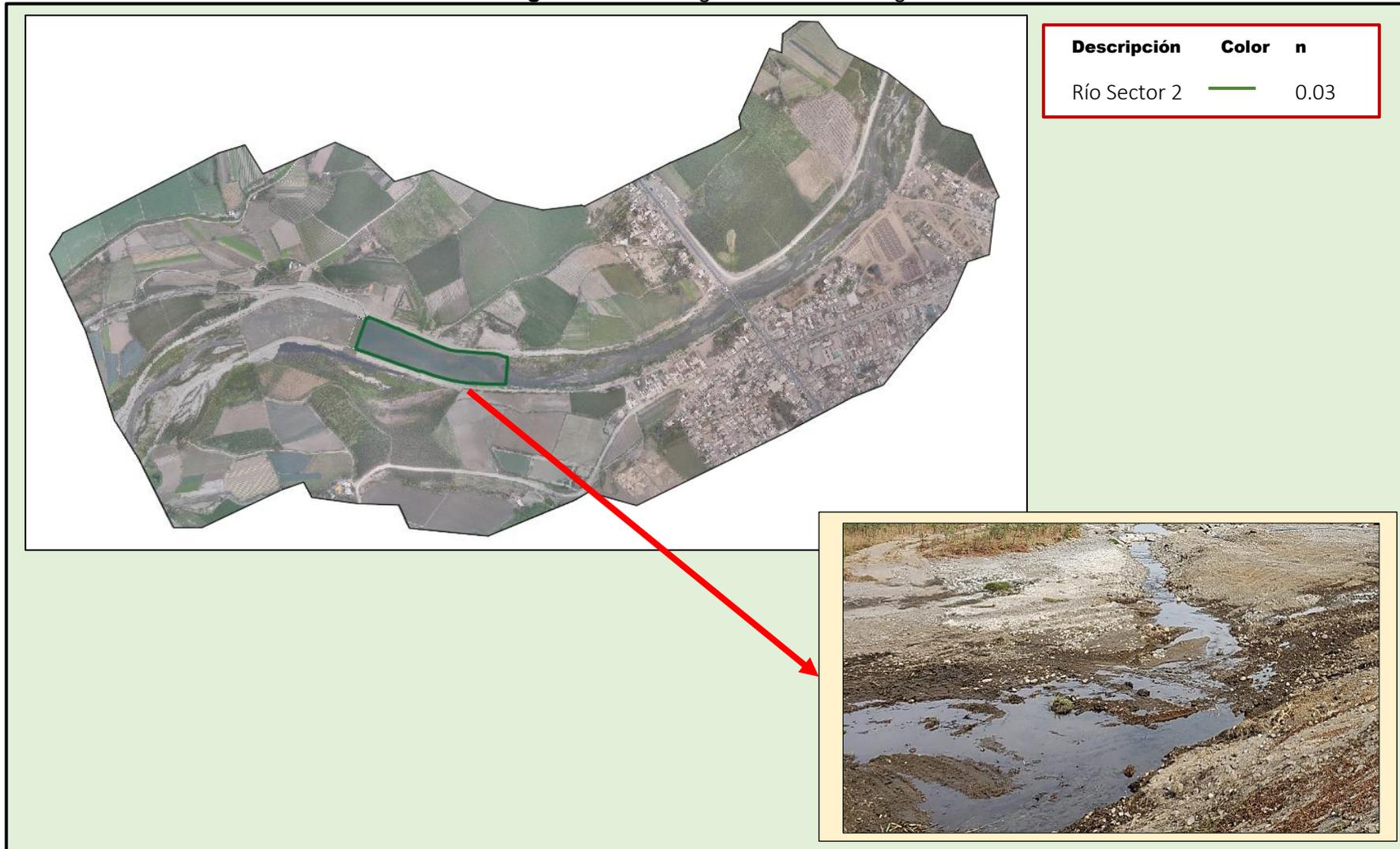
Fuente : Elaboración Propia

Figura N° 177: Rugosidad de Manning



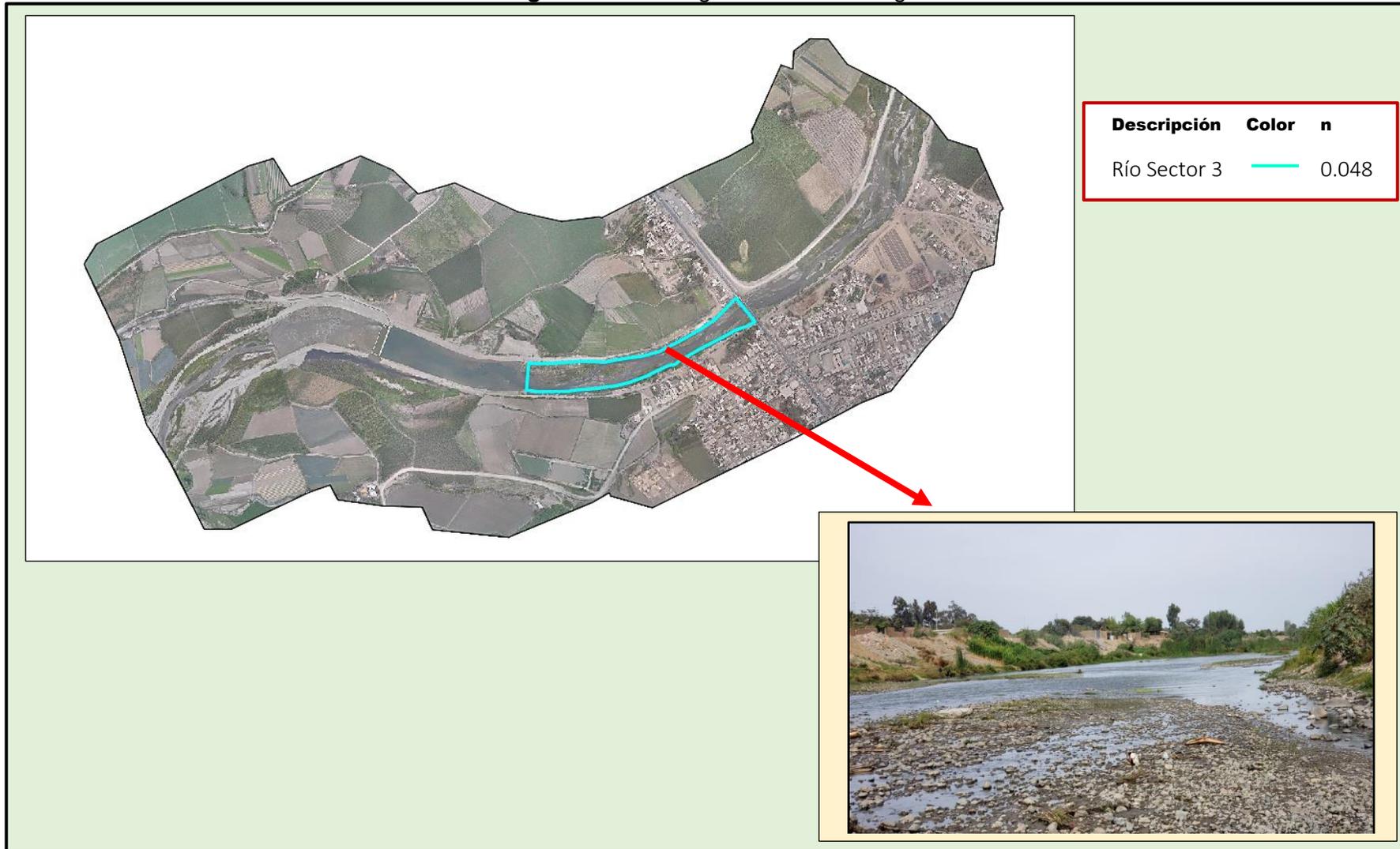
Fuente : Elaboración Propia

Figura N° 178: Rugosidad de Manning



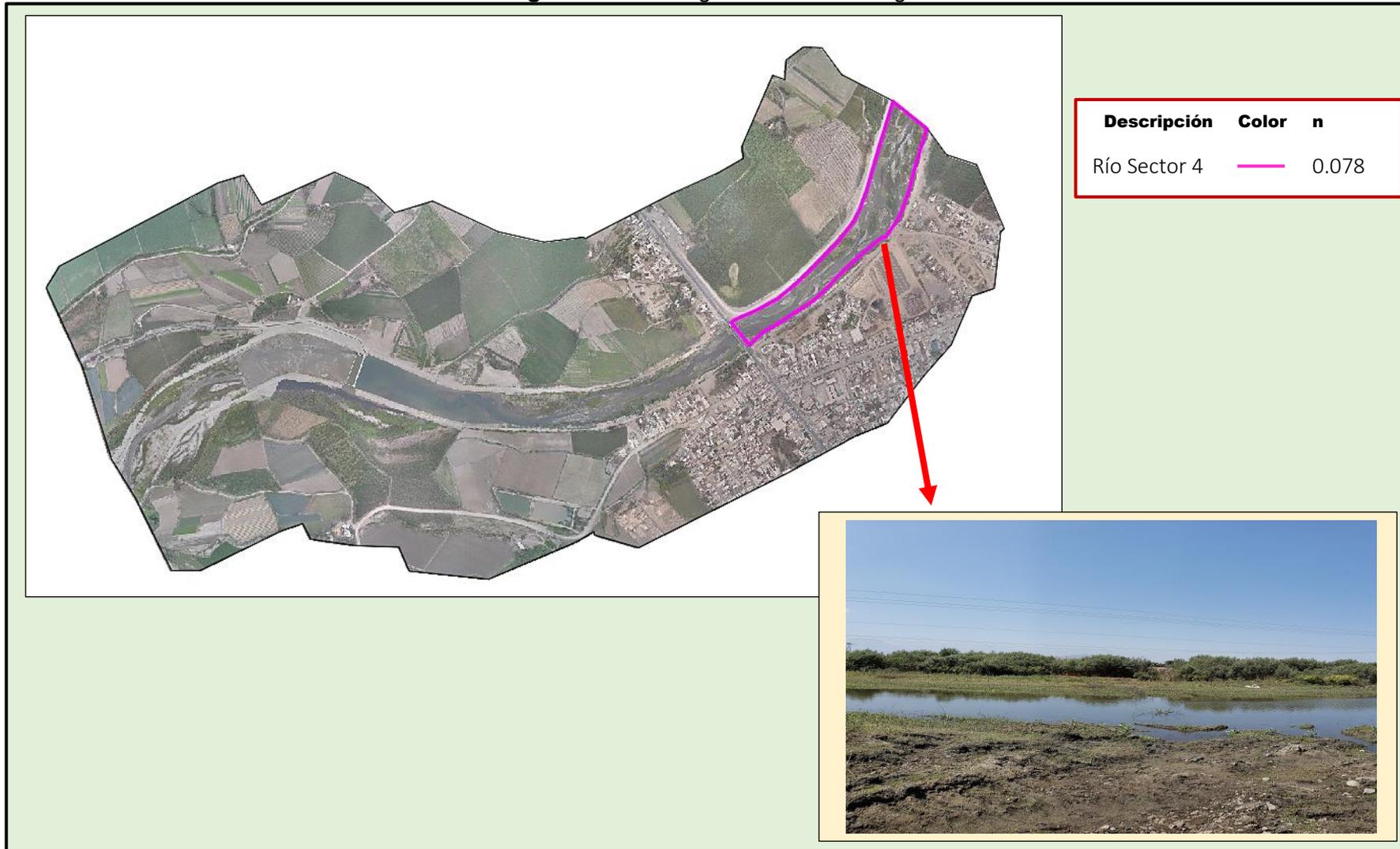
Fuente : Elaboración Propia

Figura N° 179: Rugosidad de Manning



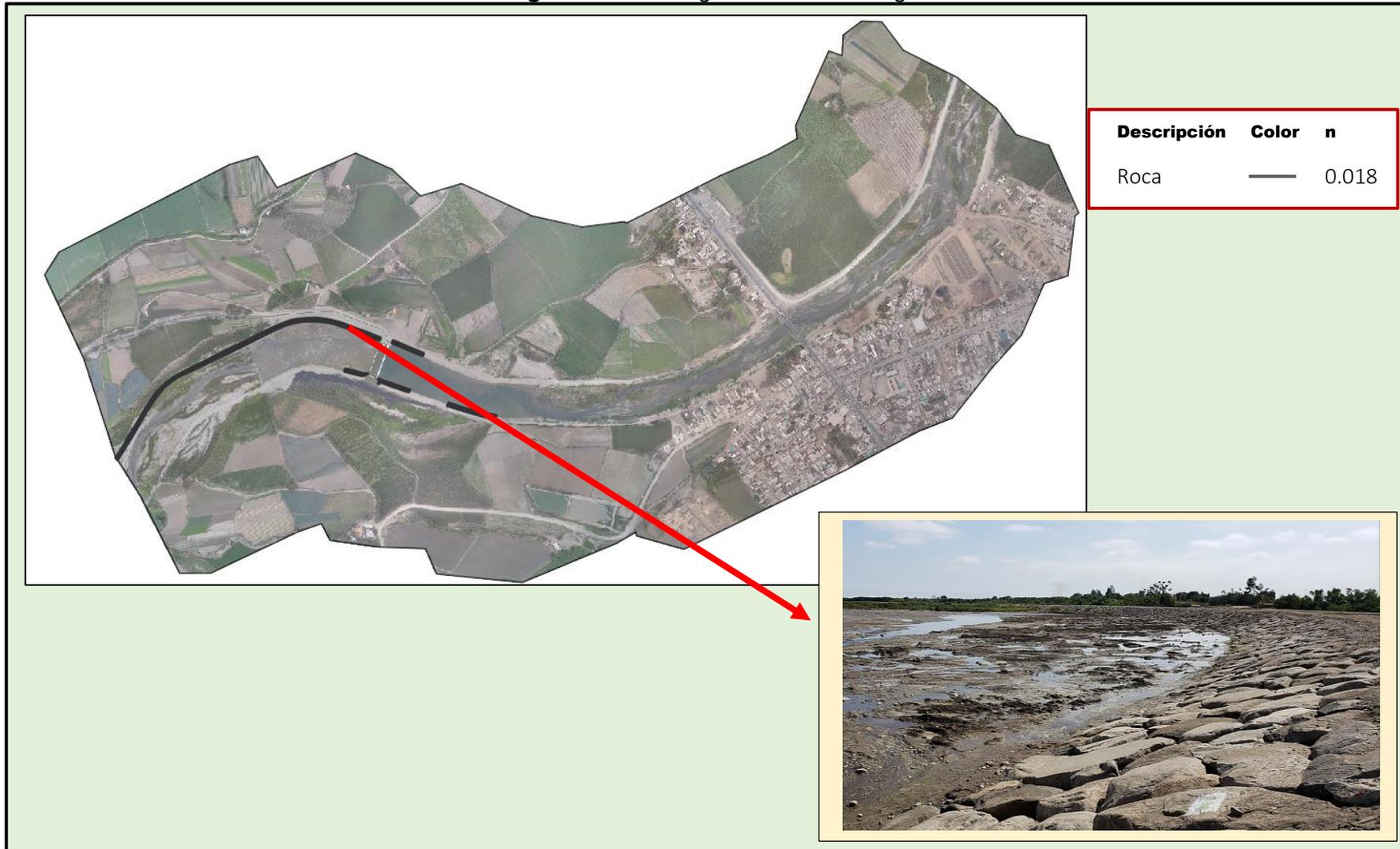
Fuente : Elaboración Propia

Figura N° 180: Rugosidad de Manning



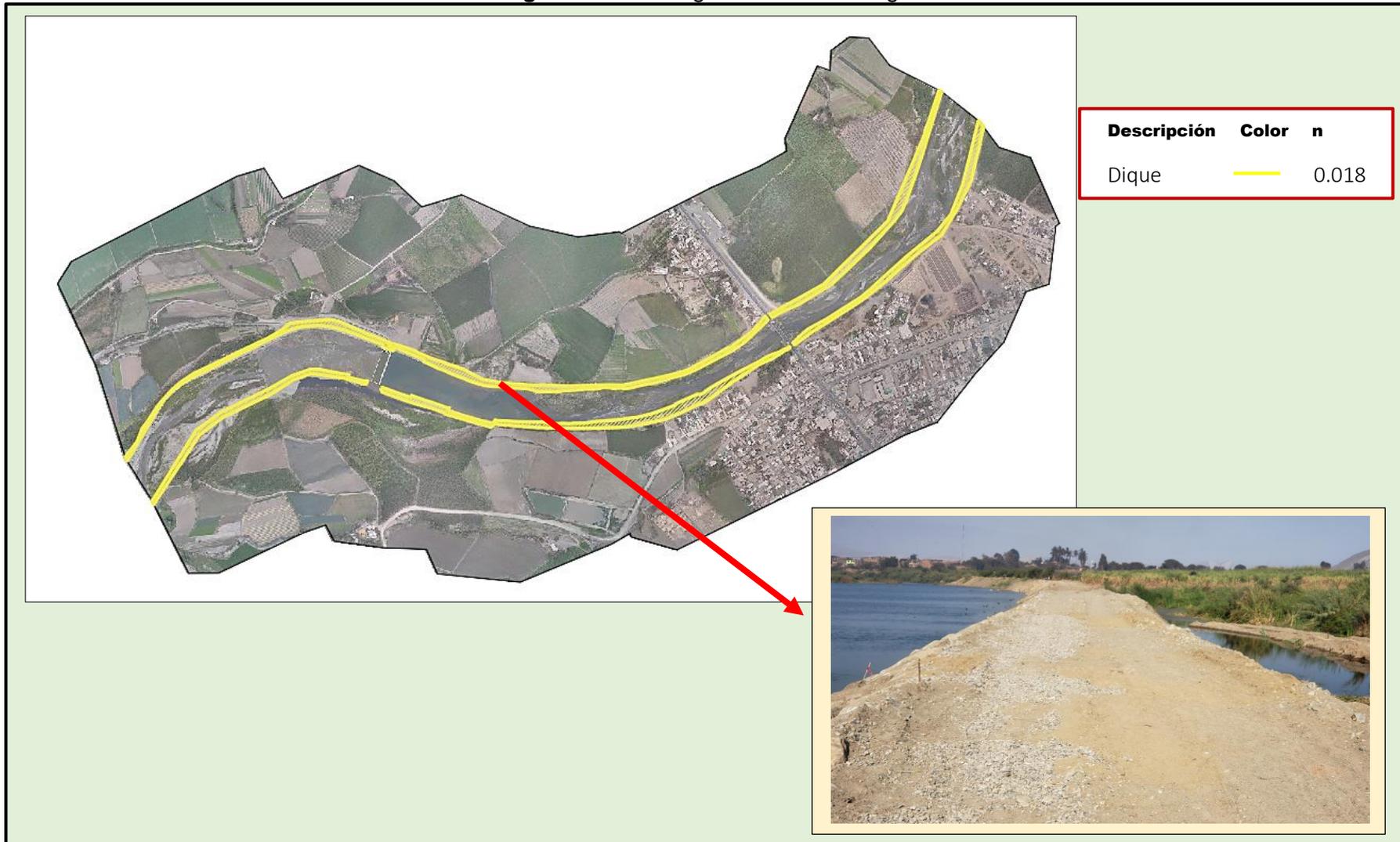
Fuente : Elaboración Propia

Figura N° 181: Rugosidad de Manning



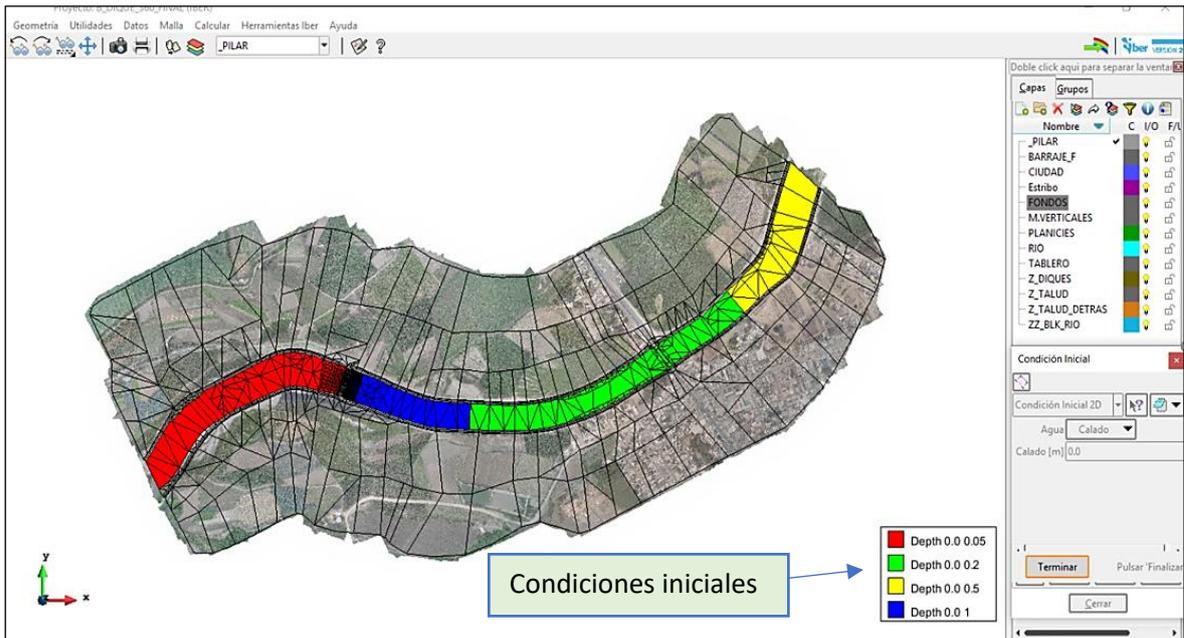
Fuente : Elaboración Propia

Figura N° 182: Rugosidad de Manning



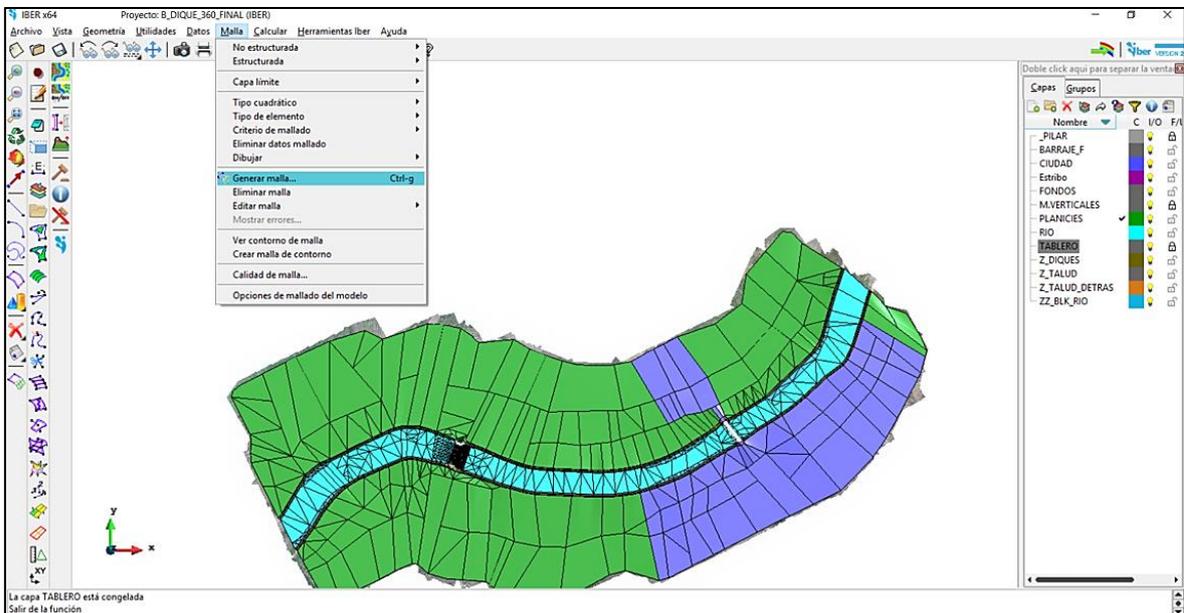
Fuente : Elaboración Propia

Figura N° 183: Asignación de condiciones iniciales al modelo



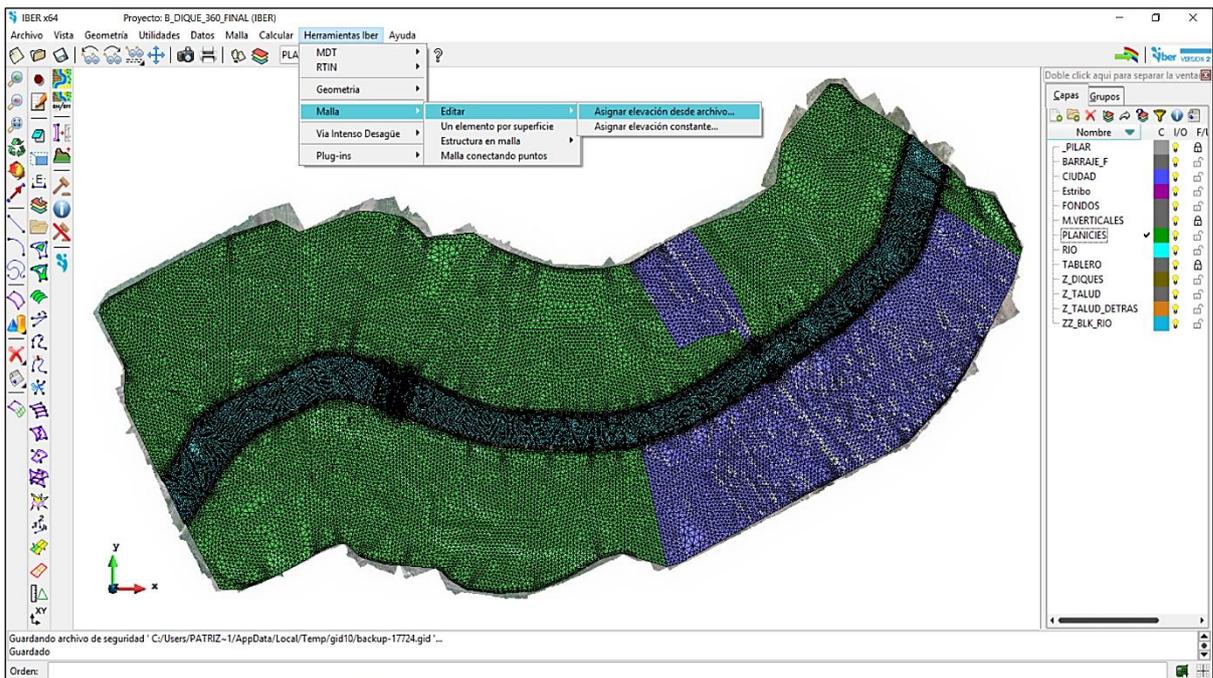
Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 184: Creación de la malla del modelo, para ello debemos bloquear los elementos verticales



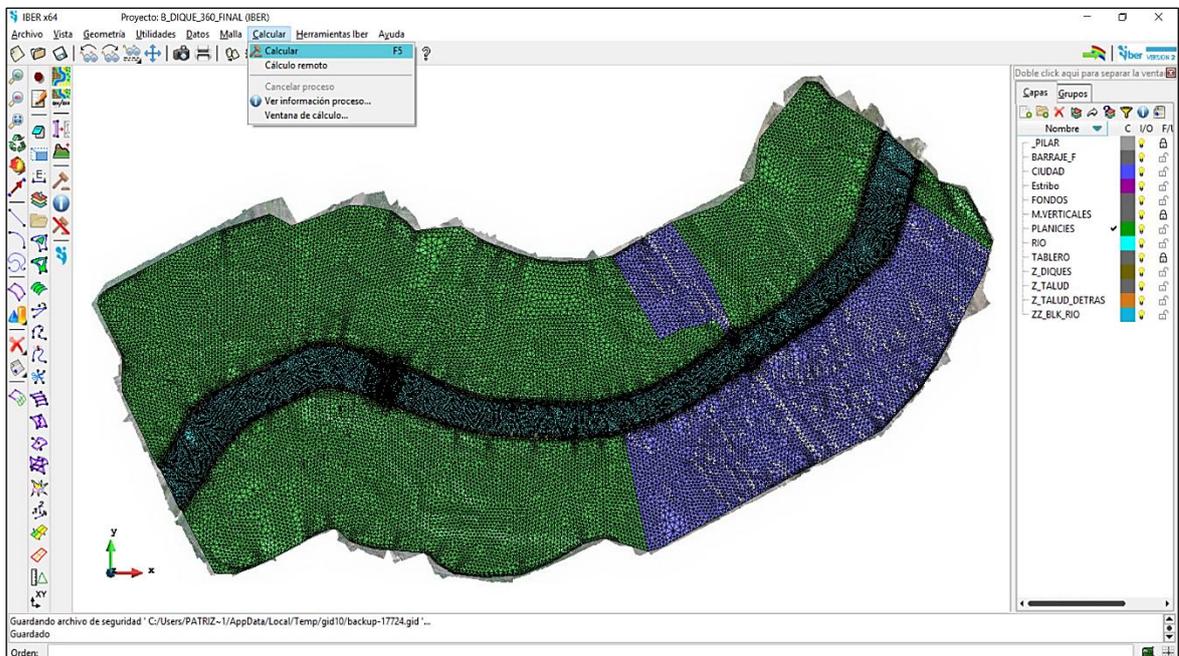
Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 185: Edición de la malla creada con el archivo original de la topografía



Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 186: Inicio del proceso de cálculo



Fuente: Elaboración Propia

PLANOS



TESIS:
**EVOLUCIÓN DE LA MORFOLOGÍA
 DEL CAUCE DEL RÍO VIRÚ POR
 EFECTOS DE AVENIDAS Y
 CAUDAL DOMINANTE, TRAMO
 PUENTE VIRÚ Y BOCATOMA
 MOCHÁN, PROVINCIA
 VIRÚ-DEPARTAMENTO LA
 LIBERTAD**

AUTORES:
 BACH. ALFARO LAYZA, EDWIN LUIS
 BACH. WHITE ÁLVAREZ, MARTÍN PATRIZIO

FACULTAD: INGENIERIA

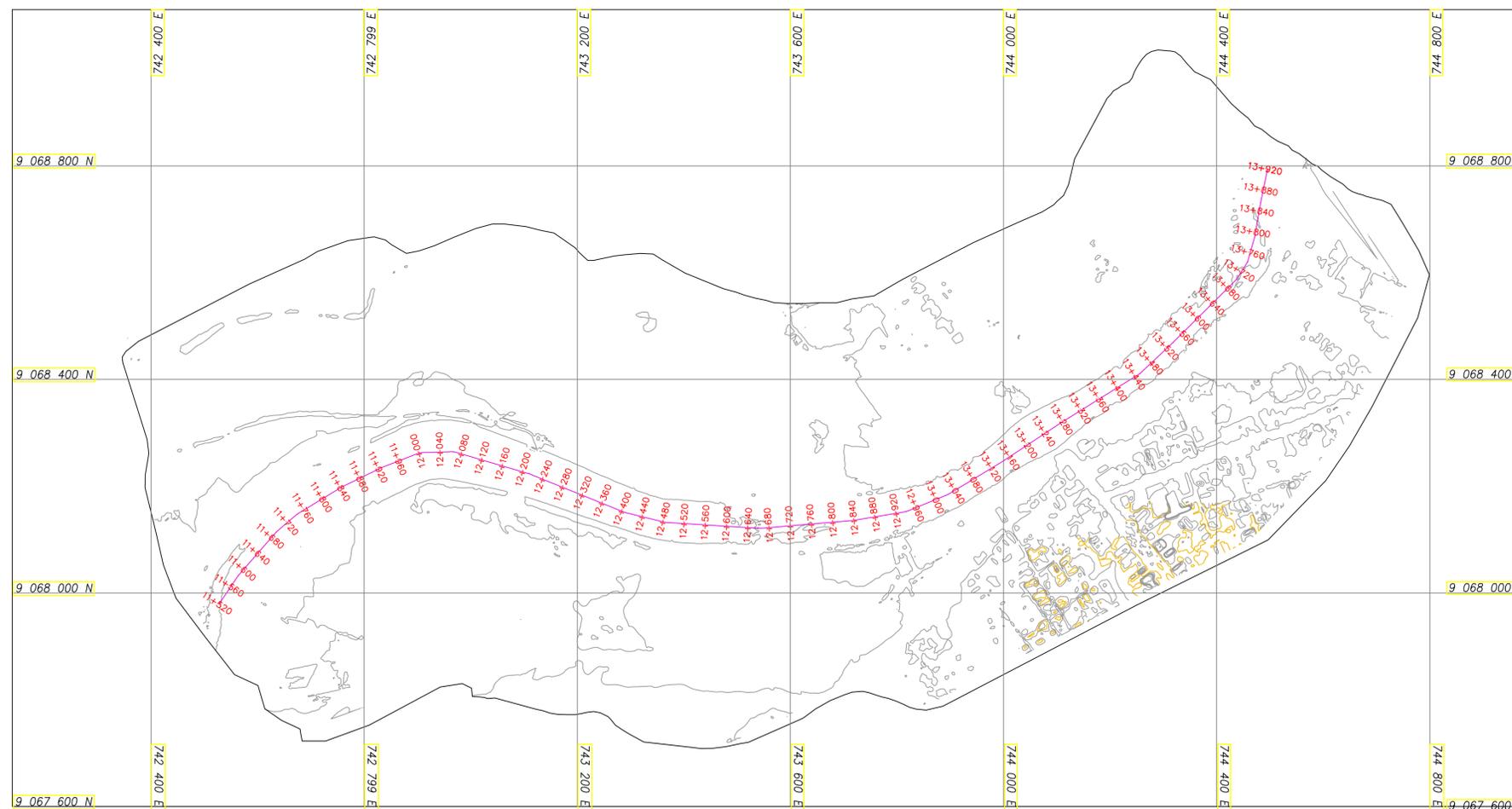
CARRERA: INGENIERIA CIVIL

PLANO:
 PERFIL LONGITUDINAL DEL EJE DEL
 CAUCE DEL RÍO VIRÚ ANTES DE LA
 CONSTRUCCIÓN DE LA BOCATOMA
 MOCHÁN

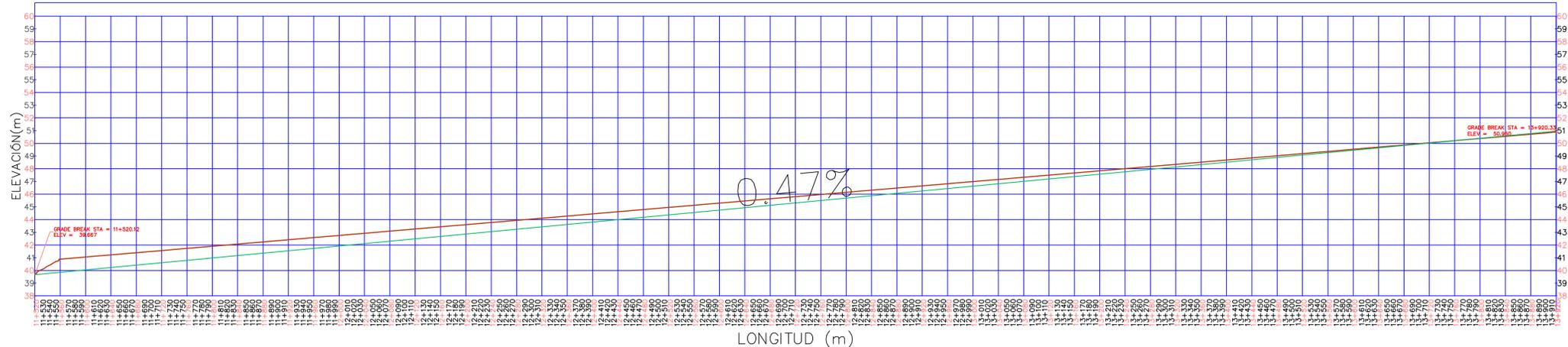
UBICACIÓN:
 LOCALIDAD :SANTA ELENA
 DISTRITO: VIRÚ
 PROVINCIA: VIRÚ
 DEPARTAMENTO: LA LIBERTAD

ASESOR:
 ING. GARCÍA RIVERA, JUAN PABLO

LAMINA: T-01



PERFIL LONGITUDINAL DEL EJE DE RIO



ESTACION	COTA TERRENO
11+300	39.667
11+320	39.700
11+340	39.733
11+360	39.767
11+380	39.800
11+400	39.833
11+420	39.867
11+440	39.900
11+460	39.933
11+480	39.967
11+500	40.000
11+520.10	39.667
11+540	40.100
11+560	40.133
11+580	40.167
11+600	40.200
11+620	40.233
11+640	40.267
11+660	40.300
11+680	40.333
11+700	40.367
11+720	40.400
11+740	40.433
11+760	40.467
11+780	40.500
11+800	40.533
11+820	40.567
11+840	40.600
11+860	40.633
11+880	40.667
11+900	40.700
11+920	40.733
11+940	40.767
11+960	40.800
11+980	40.833
12+000	40.867
12+020	40.900
12+040	40.933
12+060	40.967
12+080	41.000
12+100	41.033
12+120	41.067
12+140	41.100
12+160	41.133
12+180	41.167
12+200	41.200
12+220	41.233
12+240	41.267
12+260	41.300
12+280	41.333
12+300	41.367
12+320	41.400
12+340	41.433
12+360	41.467
12+380	41.500
12+400	41.533
12+420	41.567
12+440	41.600
12+460	41.633
12+480	41.667
12+500	41.700
12+520	41.733
12+540	41.767
12+560	41.800
12+580	41.833
12+600	41.867
12+620	41.900
12+640	41.933
12+660	41.967
12+680	42.000
12+700	42.033
12+720	42.067
12+740	42.100
12+760	42.133
12+780	42.167
12+800	42.200
12+820	42.233
12+840	42.267
12+860	42.300
12+880	42.333
12+900	42.367
12+920	42.400
12+940	42.433
12+960	42.467
12+980	42.500
13+000	42.533
13+020	42.567
13+040	42.600
13+060	42.633
13+080	42.667
13+100	42.700
13+120	42.733
13+140	42.767
13+160	42.800
13+180	42.833
13+200	42.867
13+220	42.900
13+240	42.933
13+260	42.967
13+280	43.000
13+300	43.033
13+320	43.067
13+340	43.100
13+360	43.133
13+380	43.167
13+400	43.200
13+420	43.233
13+440	43.267
13+460	43.300
13+480	43.333
13+500	43.367
13+520	43.400
13+540	43.433
13+560	43.467
13+580	43.500
13+600	43.533
13+620	43.567
13+640	43.600
13+660	43.633
13+680	43.667
13+700	43.700
13+720	43.733
13+740	43.767
13+760	43.800
13+780	43.833
13+800	43.867
13+820	43.900
13+840	43.933
13+860	43.967
13+880	44.000
13+900	44.033
13+920	44.067



TESIS:
EVOLUCIÓN DE LA MORFOLOGÍA DEL CAUCE DEL RÍO VIRÚ POR EFECTOS DE AVENIDAS Y CAUDAL DOMINANTE, TRAMO PUENTE VIRÚ Y BOCATOMA MOCHÁN, PROVINCIA VIRÚ-DEPARTAMENTO LA LIBERTAD

AUTORES:
 BACH. ALFARO LAYZA, EDWIN LUIS
 BACH. WHITE ÁLVAREZ, MARTÍN PATRIZIO

FACULTAD: INGENIERIA

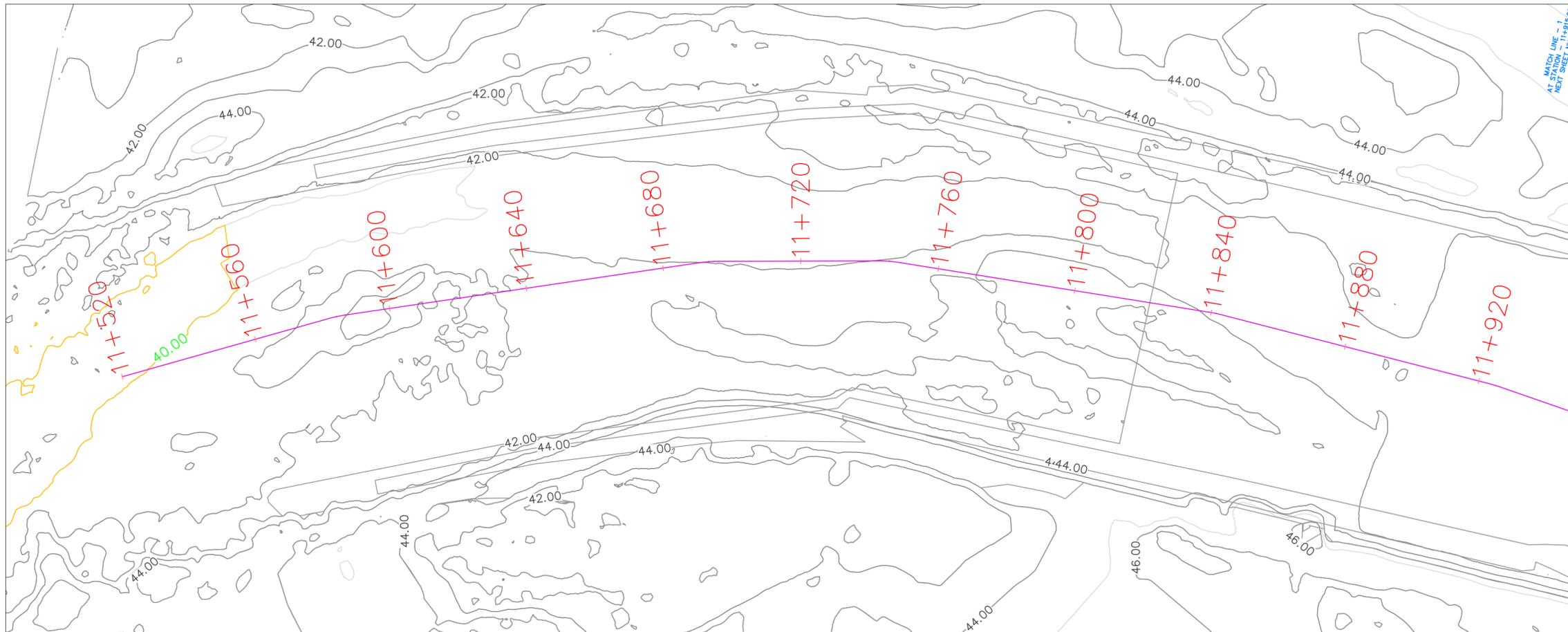
CARRERA: INGENIERIA CIVIL

PLANO:
 PERFIL LONGITUDINAL POR TRAMOS DEL EJE DEL CAUCE DEL RÍO VIRÚ ANTES DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA BOCATOMA MOCHÁN

UBICACIÓN:
 LOCALIDAD :SANTA ELENA
 DISTRITO: VIRÚ
 PROVINCIA: VIRÚ
 DEPARTAMENTO: LA LIBERTAD

ASESOR:
 ING. GARCÍA RIVERA, JUAN PABLO

LAMINA: T-02





Match Line - 2
 NE Station - 12+310.00
 West Sheet Number - 3



TESIS:
EVOLUCIÓN DE LA MORFOLOGÍA DEL CAUCE DEL RÍO VIRÚ POR EFECTOS DE AVENIDAS Y CAUDAL DOMINANTE, TRAMO PUENTE VIRÚ Y BOCATOMA MOCHÁN, PROVINCIA VIRÚ-DEPARTAMENTO LA LIBERTAD

AUTORES:
 BACH. ALFARO LAYZA, EDWIN LUIS
 BACH. WHITE ÁLVAREZ, MARTÍN PATRIZIO

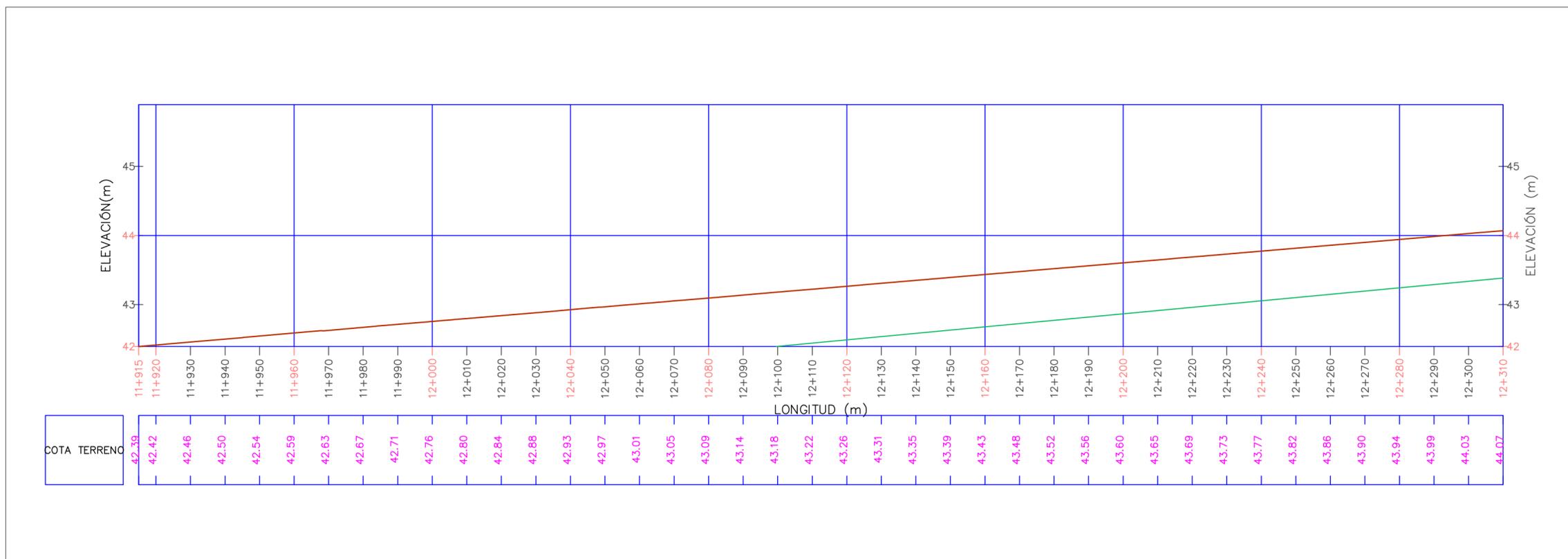
FACULTAD: INGENIERIA
CARRERA: INGENIERIA CIVIL

PLANO:
 PERFIL LONGITUDINAL POR TRAMOS DEL EJE DEL CAUCE DEL RÍO VIRÚ ANTES DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA BOCATOMA MOCHÁN

UBICACIÓN:
 LOCALIDAD : SANTA ELENA
 DISTRITO: VIRÚ
 PROVINCIA: VIRÚ
 DEPARTAMENTO: LA LIBERTAD

ASESOR:
 ING. GARCÍA RIVERA, JUAN PABLO

LAMINA: T-03





TESIS:
EVOLUCIÓN DE LA MORFOLOGÍA DEL CAUCE DEL RÍO VIRÚ POR EFECTOS DE AVENIDAS Y CAUDAL DOMINANTE, TRAMO PUENTE VIRÚ Y BOCATOMA MOCHÁN, PROVINCIA VIRÚ-DEPARTAMENTO LA LIBERTAD

AUTORES:
 BACH. ALFARO LAYZA, EDWIN LUIS
 BACH. WHITE ÁLVAREZ, MARTÍN PATRIZIO

FACULTAD: INGENIERIA

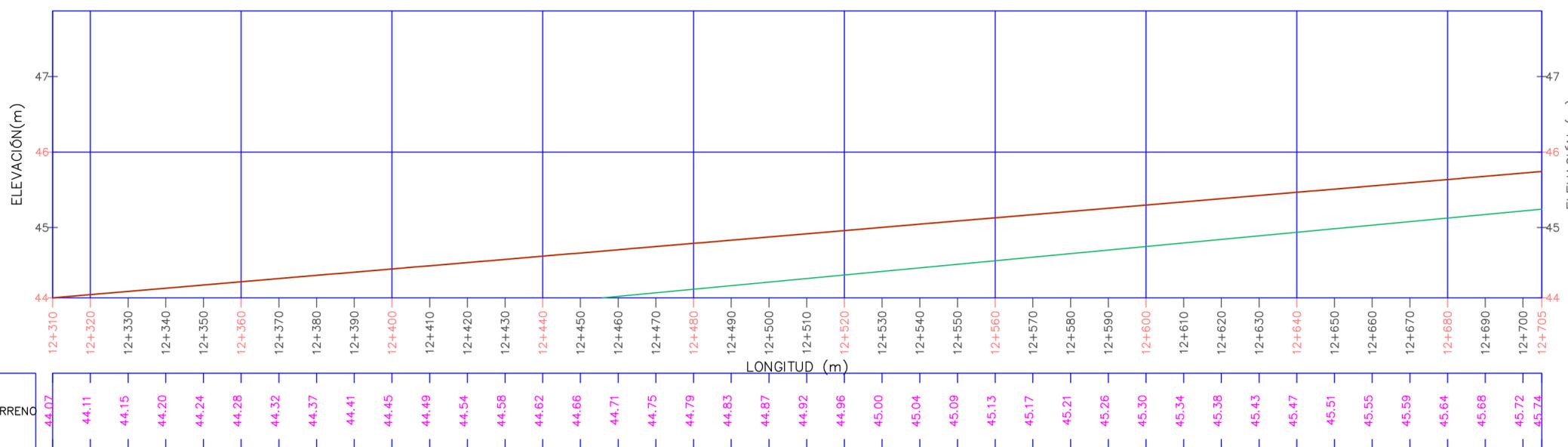
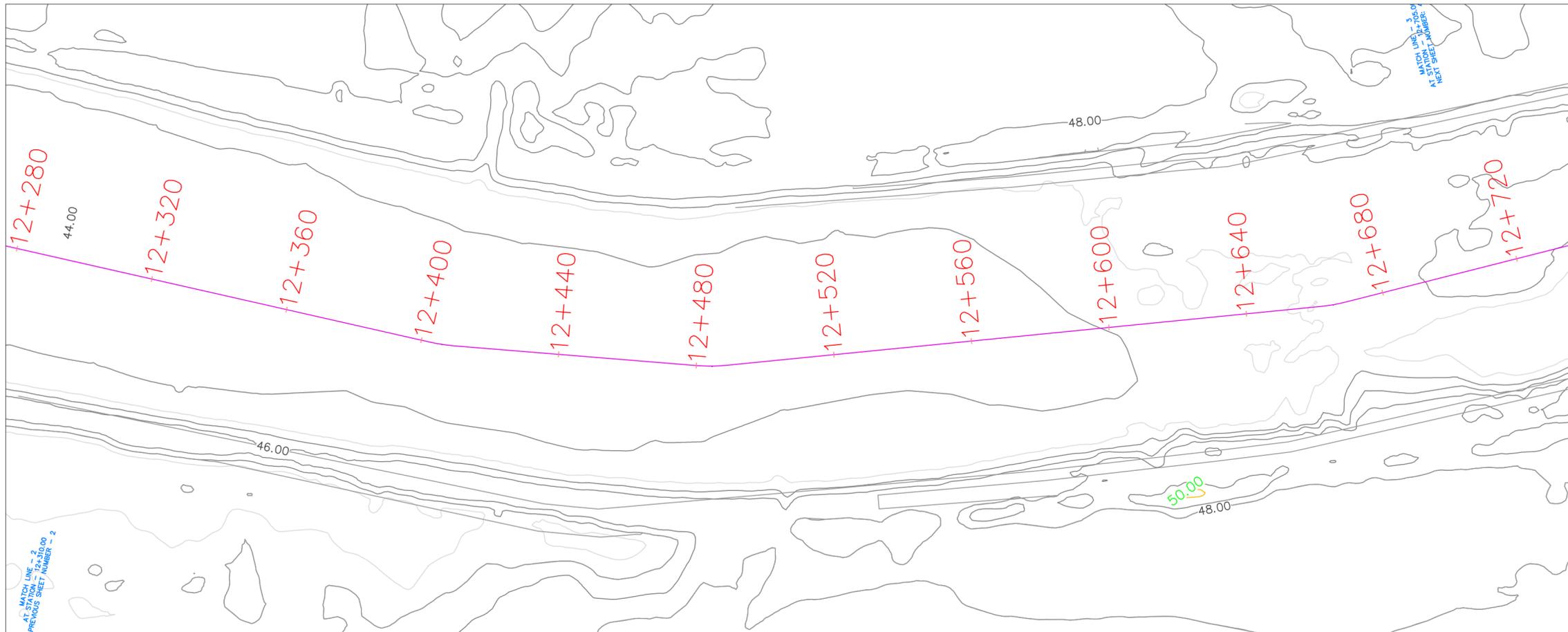
CARRERA: INGENIERIA CIVIL

PLANO:
 PERFIL LONGITUDINAL POR TRAMOS DEL EJE DEL CAUCE DEL RÍO VIRÚ ANTES DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA BOCATOMA MOCHÁN

UBICACIÓN:
 LOCALIDAD :SANTA ELENA
 DISTRITO: VIRÚ
 PROVINCIA: VIRÚ
 DEPARTAMENTO: LA LIBERTAD

ASESOR:
 ING. GARCÍA RIVERA, JUAN PABLO

LAMINA: T-04





TESIS:
EVOLUCIÓN DE LA MORFOLOGÍA DEL CAUCE DEL RÍO VIRÚ POR EFECTOS DE AVENIDAS Y CAUDAL DOMINANTE, TRAMO PUENTE VIRÚ Y BOCATOMA MOCHÁN, PROVINCIA VIRÚ-DEPARTAMENTO LA LIBERTAD

AUTORES:
 BACH. ALFARO LAYZA, EDWIN LUIS
 BACH. WHITE ÁLVAREZ, MARTÍN PATRIZIO

FACULTAD: INGENIERIA

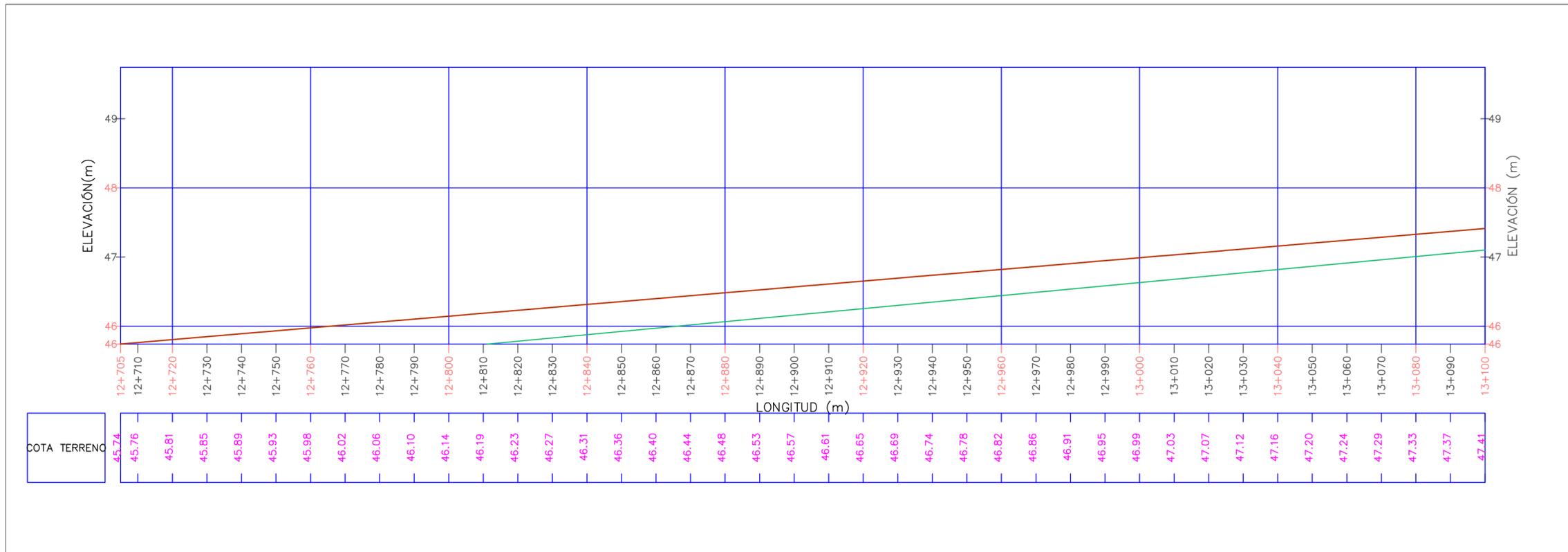
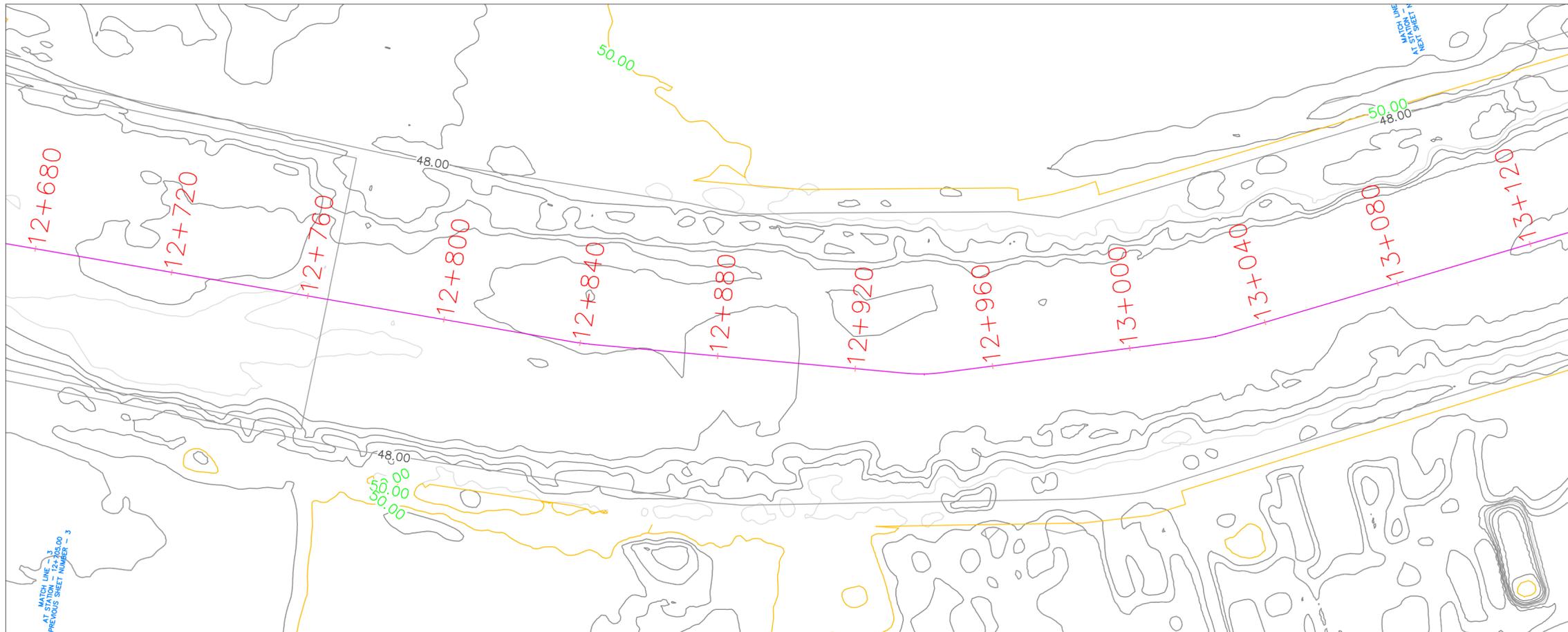
CARRERA: INGENIERIA CIVIL

PLANO:
 PERFIL LONGITUDINAL POR TRAMOS DEL EJE DEL CAUCE DEL RÍO VIRÚ ANTES DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA BOCATOMA MOCHÁN

UBICACIÓN:
 LOCALIDAD :SANTA ELENA
 DISTRITO: VIRÚ
 PROVINCIA: VIRÚ
 DEPARTAMENTO: LA LIBERTAD

ASESOR:
 ING. GARCÍA RIVERA, JUAN PABLO

LAMINA: T-05





TESIS:
EVOLUCIÓN DE LA MORFOLOGÍA DEL CAUCE DEL RÍO VIRÚ POR EFECTOS DE AVENIDAS Y CAUDAL DOMINANTE, TRAMO PUENTE VIRÚ Y BOCATOMA MOCHÁN, PROVINCIA VIRÚ-DEPARTAMENTO LA LIBERTAD

AUTORES:
 BACH. ALFARO LAYZA, EDWIN LUIS
 BACH. WHITE ÁLVAREZ, MARTÍN PATRIZIO

FACULTAD: INGENIERIA

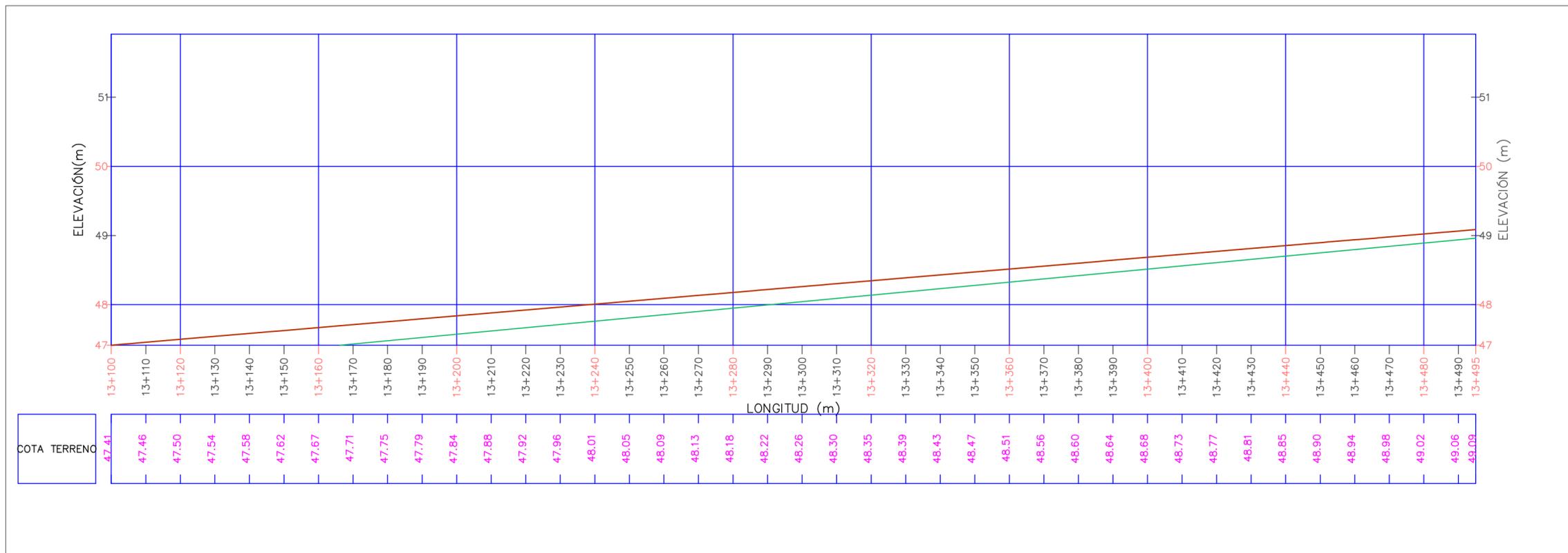
CARRERA: INGENIERIA CIVIL

PLANO:
 PERFIL LONGITUDINAL POR TRAMOS DEL EJE DEL CAUCE DEL RÍO VIRÚ ANTES DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA BOCATOMA MOCHÁN

UBICACIÓN:
 LOCALIDAD :SANTA ELENA
 DISTRITO: VIRÚ
 PROVINCIA: VIRÚ
 DEPARTAMENTO: LA LIBERTAD

ASESOR:
 ING. GARCÍA RIVERA, JUAN PABLO

LAMINA: T-06





TESIS:
EVOLUCIÓN DE LA MORFOLOGÍA DEL CAUCE DEL RÍO VIRÚ POR EFECTOS DE AVENIDAS Y CAUDAL DOMINANTE, TRAMO PUENTE VIRÚ Y BOCATOMA MOCHÁN, PROVINCIA VIRÚ-DEPARTAMENTO LA LIBERTAD

AUTORES:
 BACH. ALFARO LAYZA, EDWIN LUIS
 BACH. WHITE ÁLVAREZ, MARTÍN PATRIZIO

FACULTAD: INGENIERIA

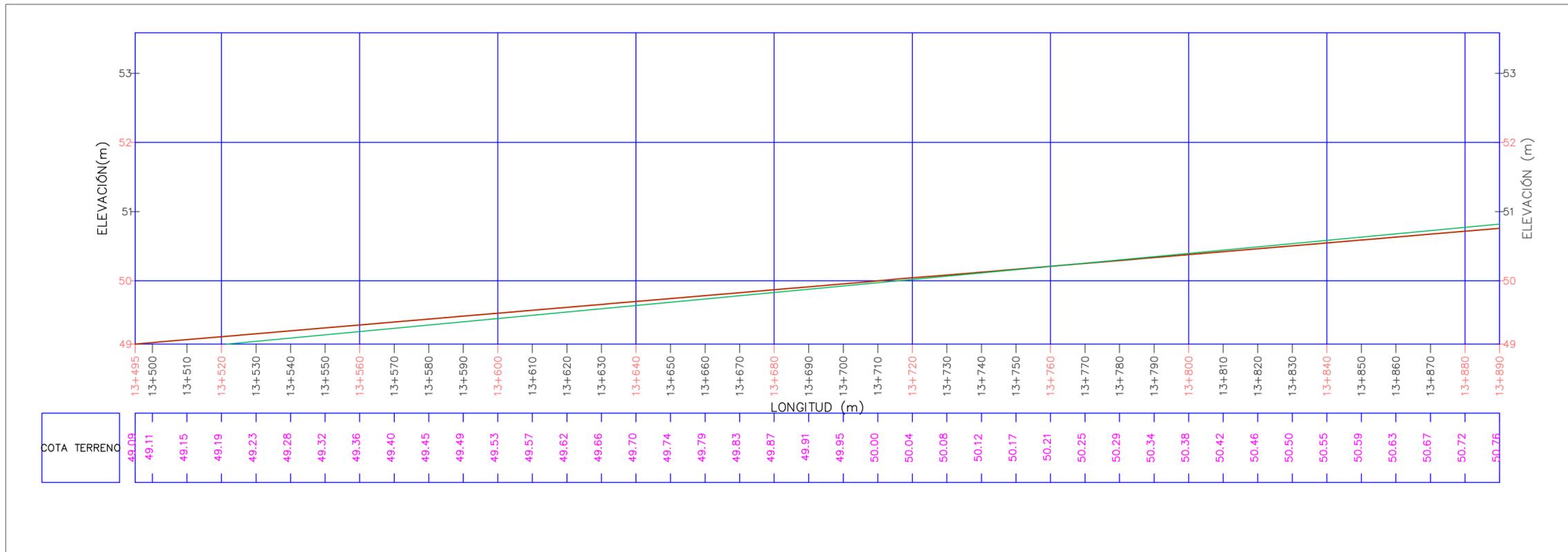
CARRERA: INGENIERIA CIVIL

PLANO:
 PERFIL LONGITUDINAL POR TRAMOS DEL EJE DEL DEL CAUCE DEL RÍO VIRÚ ANTES DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA BOCATOMA MOCHÁN

UBICACIÓN:
 LOCALIDAD :SANTA ELENA
 DISTRITO: VIRÚ
 PROVINCIA: VIRÚ
 DEPARTAMENTO: LA LIBERTAD

ASESOR:
 ING. GARCÍA RIVERA, JUAN PABLO

LAMINA: T-07





TESIS:
**EVOLUCIÓN DE LA MORFOLOGÍA
 DEL CAUCE DEL RÍO VIRÚ POR
 EFECTOS DE AVENIDAS Y
 CAUDAL DOMINANTE, TRAMO
 PUENTE VIRÚ Y BOCATOMA
 MOCHÁN, PROVINCIA
 VIRÚ-DEPARTAMENTO LA
 LIBERTAD**

AUTORES:
 BACH. ALFARO LAYZA, EDWIN LUIS
 BACH. WHITE ÁLVAREZ, MARTÍN PATRIZIO

FACULTAD: INGENIERIA

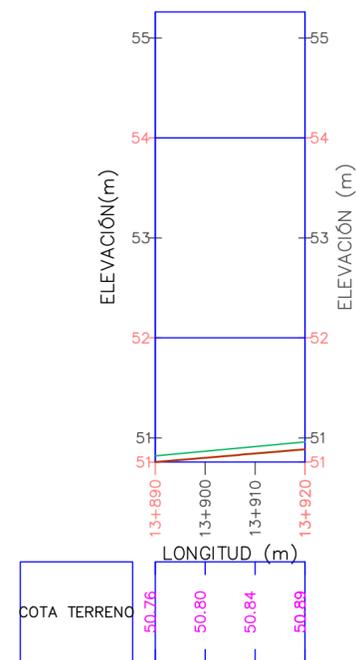
CARRERA: INGENIERIA CIVIL

PLANO:
 PERFIL LONGITUDINAL POR TRAMOS
 DEL EJE DEL CAUCE DEL RÍO VIRÚ
 ANTES DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA
 BOCATOMA MOCHÁN

UBICACIÓN:
 LOCALIDAD :SANTA ELENA
 DISTRITO: VIRÚ
 PROVINCIA: VIRÚ
 DEPARTAMENTO: LA LIBERTAD

ASESOR:
 ING. GARCÍA RIVERA, JUAN PABLO

LAMINA: T-08





TESIS:
**EVOLUCIÓN DE LA MORFOLOGÍA
DEL CAUCE DEL RÍO VIRÚ POR
EFECTOS DE AVENIDAS Y
CAUDAL DOMINANTE, TRAMO
PUENTE VIRÚ Y BOCATOMA
MOCHÁN, PROVINCIA
VIRÚ-DEPARTAMENTO LA
LIBERTAD**

AUTORES:
BACH. ALFARO LAYZA, EDWIN LUIS
BACH. WHITE ÁLVAREZ, MARTÍN PATRIZIO

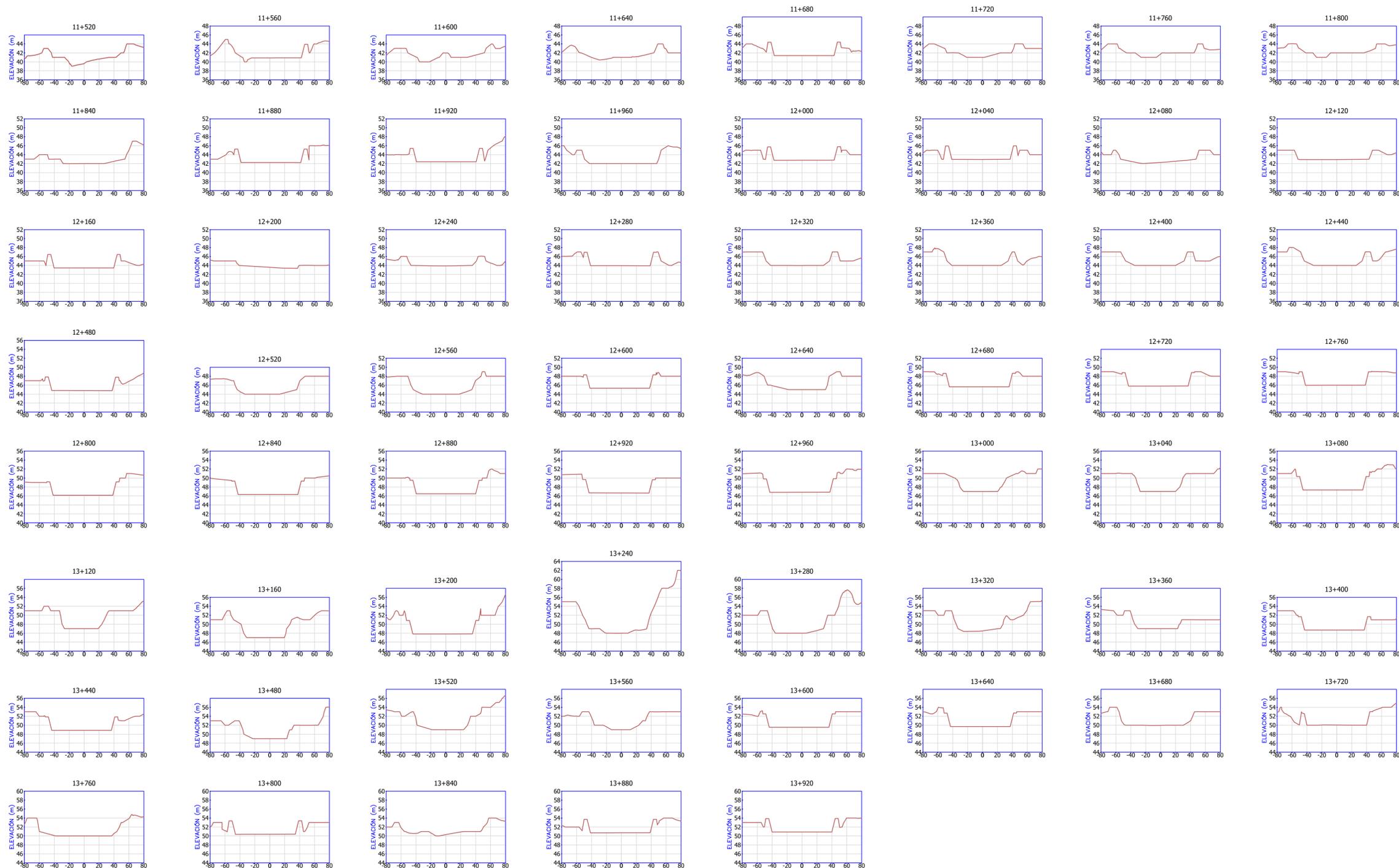
FACULTAD: INGENIERIA
CARRERA: INGENIERIA CIVIL

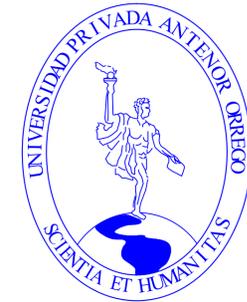
PLANO:
**SECCIONES TRANSVERSALES DEL EJE
DEL CAUCE DEL RÍO VIRÚ ANTES DE LA
CONSTRUCCIÓN DE LA BOCATOMA
MOCHÁN**

UBICACIÓN:
LOCALIDAD : SANTA ELENA
DISTRITO: VIRÚ
PROVINCIA: VIRÚ
DEPARTAMENTO: LA LIBERTAD

ASESOR:
ING. GARCÍA RIVERA, JUAN PABLO

LAMINA:
T-09





TESIS:
EVOLUCIÓN DE LA MORFOLOGÍA DEL CAUCE DEL RÍO VIRÚ POR EFECTOS DE AVENIDAS Y CAUDAL DOMINANTE, TRAMO PUENTE VIRÚ Y BOCATOMA MOCHÁN, PROVINCIA VIRÚ-DEPARTAMENTO LA LIBERTAD

AUTORES:
 BACH. ALFARO LAYZA, EDWIN LUIS
 BACH. WHITE ÁLVAREZ, MARTÍN PATRIZIO

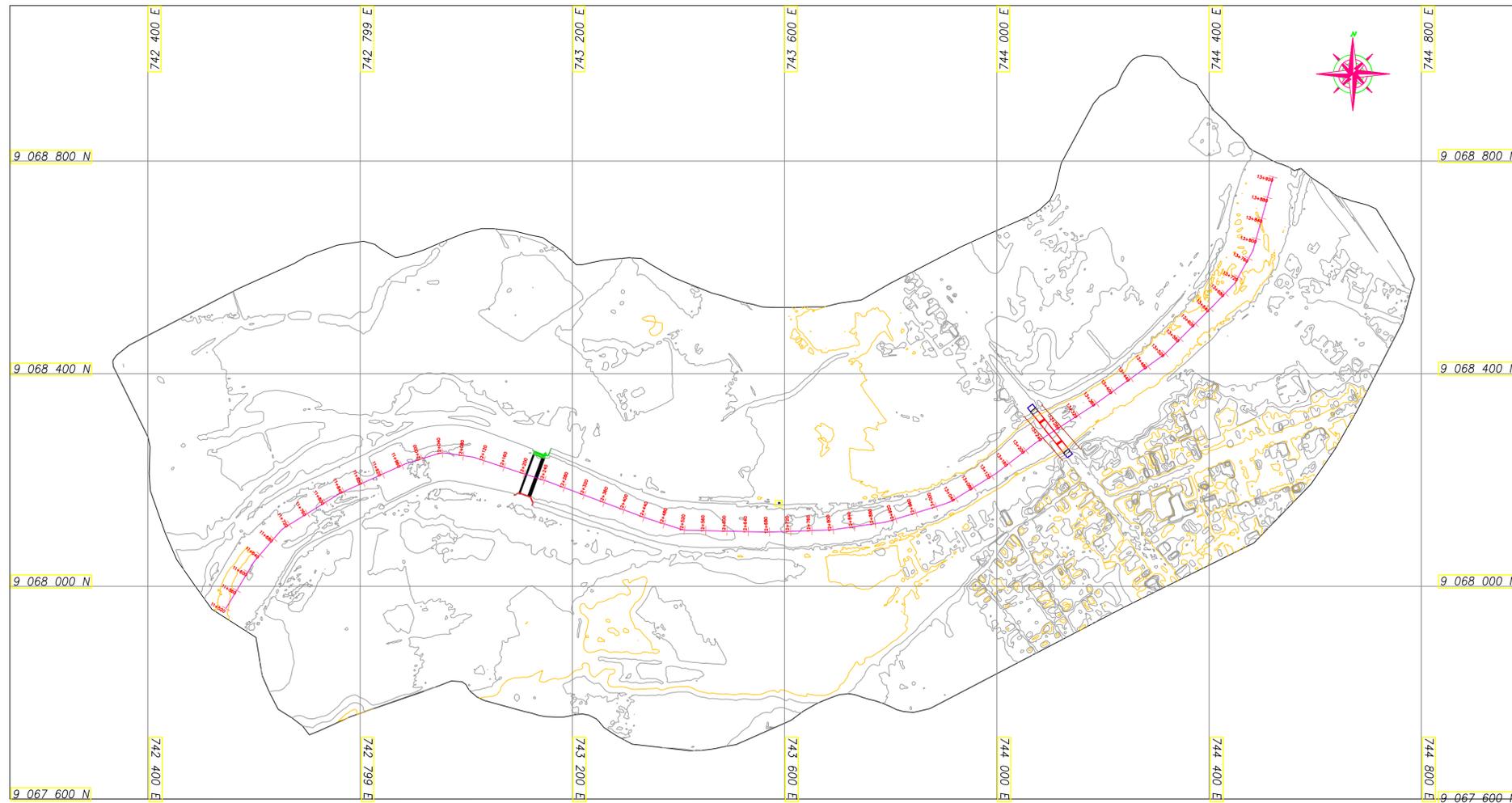
FACULTAD: INGENIERIA
CARRERA: INGENIERIA CIVIL

PLANO:
 PERFIL LONGITUDINAL DEL EJE DEL CAUCE DEL RÍO VIRÚ DESPUÉS DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA BOCATOMA MOCHÁN

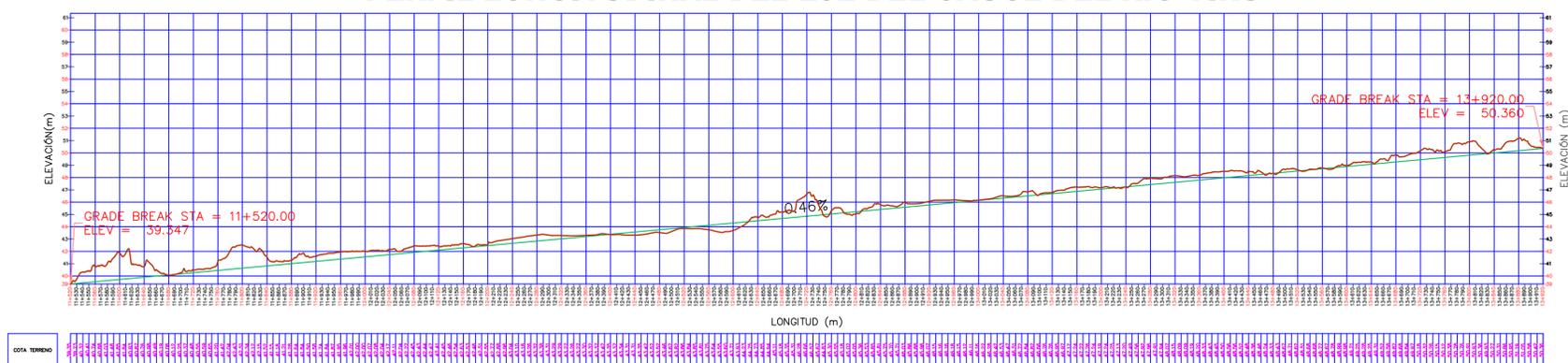
UBICACIÓN:
 LOCALIDAD :SANTA ELENA
 DISTRITO: VIRÚ
 PROVINCIA: VIRÚ
 DEPARTAMENTO: LA LIBERTAD

ASESOR:
 ING. GARCÍA RIVERA, JUAN PABLO

LAMINA: T-10



PERFIL LONGITUDINAL DEL EJE DEL CAUCE DEL RÍO VIRÚ





TESIS:
EVOLUCIÓN DE LA MORFOLOGÍA DEL CAUCE DEL RÍO VIRÚ POR EFECTOS DE AVENIDAS Y CAUDAL DOMINANTE, TRAMO PUENTE VIRÚ Y BOCATOMA MOCHÁN, PROVINCIA VIRÚ-DEPARTAMENTO LA LIBERTAD

AUTORES:
 BACH. ALFARO LAYZA, EDWIN LUIS
 BACH. WHITE ÁLVAREZ, MARTÍN PATRIZIO

FACULTAD: INGENIERIA

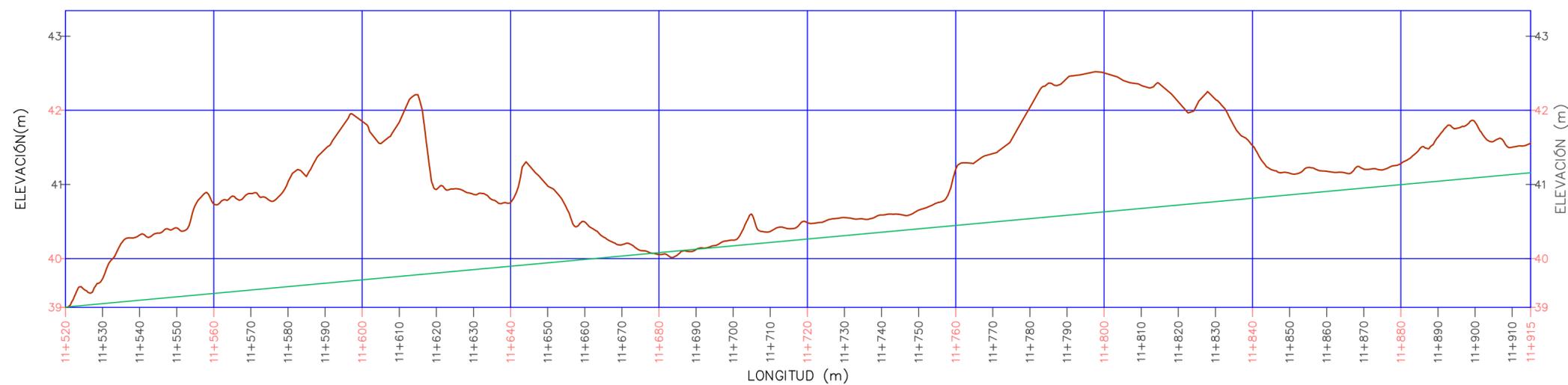
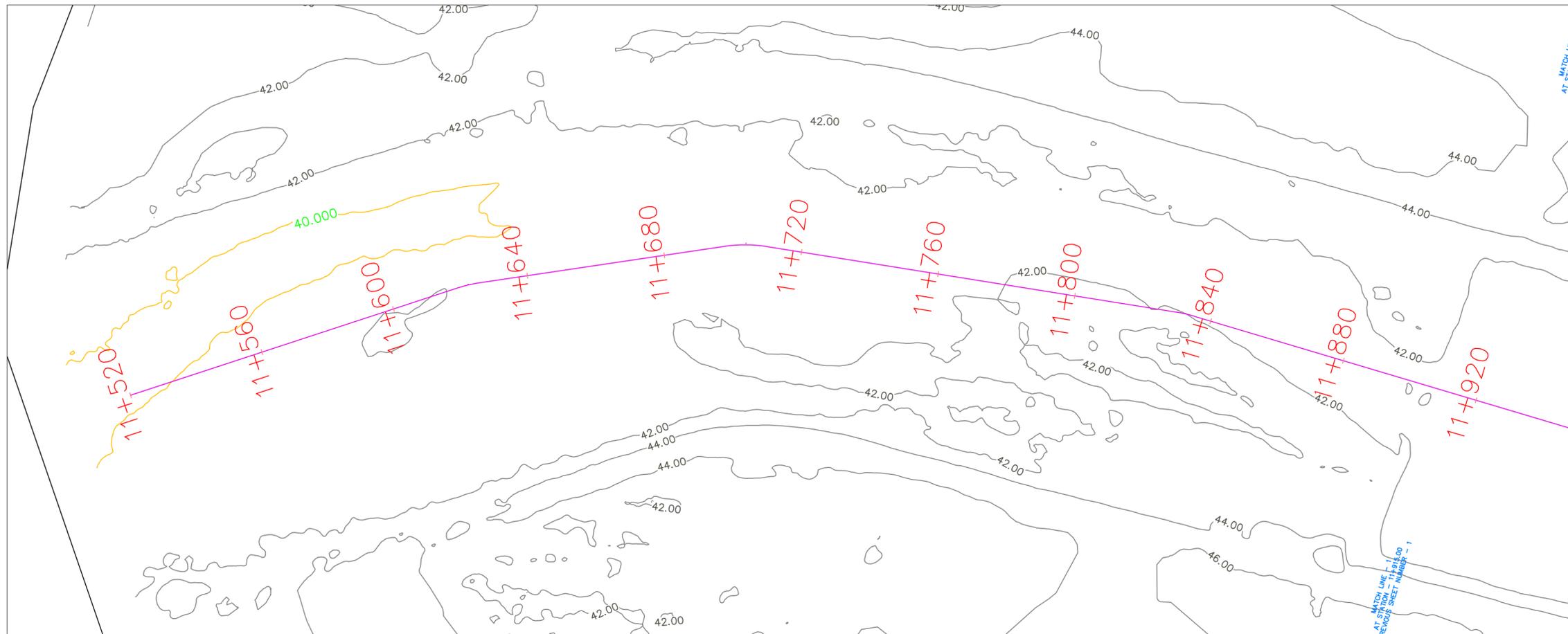
CARRERA: INGENIERIA CIVIL

PLANO:
 PERFIL LONGITUDINAL POR TRAMOS DEL EJE DEL CAUCE DEL RÍO VIRÚ DESPUÉS DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA BOCATOMA MOCHÁN

UBICACIÓN:
 LOCALIDAD :SANTA ELENA
 DISTRITO : VIRÚ
 PROVINCIA : VIRÚ
 DEPARTAMENTO : LA LIBERTAD

ASESOR:
 ING. GARCÍA RIVERA, JUAN PABLO

LAMINA: T-11



COTA TERRENO	39.35	39.73	40.32	40.41	40.74	40.88	41.03	41.48	41.85	41.84	40.93	40.87	40.76	40.98	40.49	40.19	40.06	40.12	40.25	40.37	40.48	40.55	40.59	40.65	41.20	41.42	42.04	42.43	42.51	42.34	42.12	42.15	41.52	41.15	41.18	41.21	41.28	41.64	41.84	41.50	41.56
--------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------



TESIS:
EVOLUCIÓN DE LA MORFOLOGÍA DEL CAUCE DEL RÍO VIRÚ POR EFECTOS DE AVENIDAS Y CAUDAL DOMINANTE, TRAMO PUENTE VIRÚ Y BOCATOMA MOCHÁN, PROVINCIA VIRÚ-DEPARTAMENTO LA LIBERTAD

AUTORES:
 BACH. ALFARO LAYZA, EDWIN LUIS
 BACH. WHITE ÁLVAREZ, MARTÍN PATRIZIO

FACULTAD: INGENIERIA

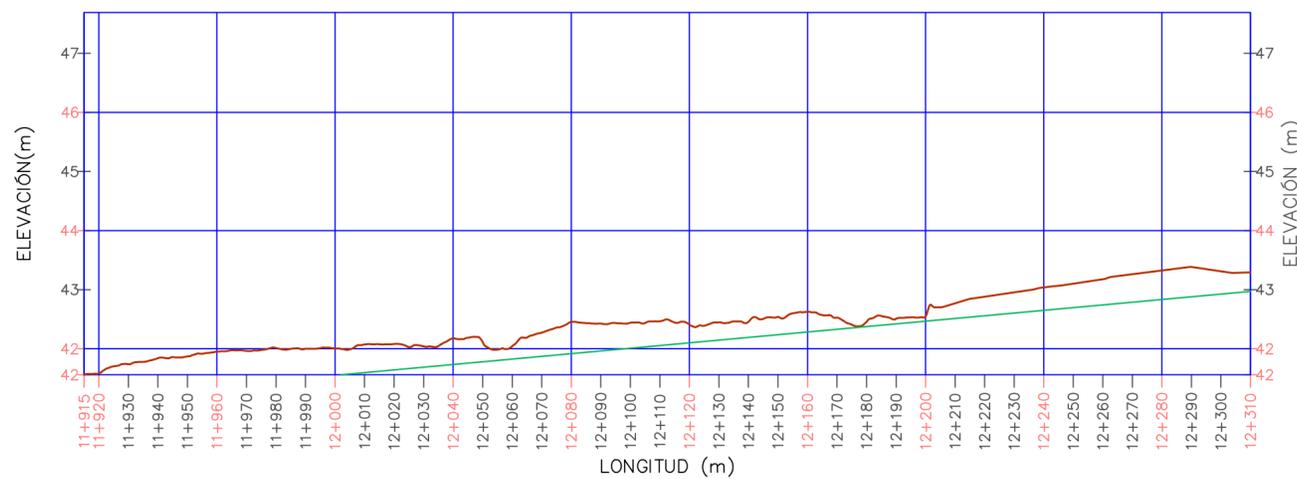
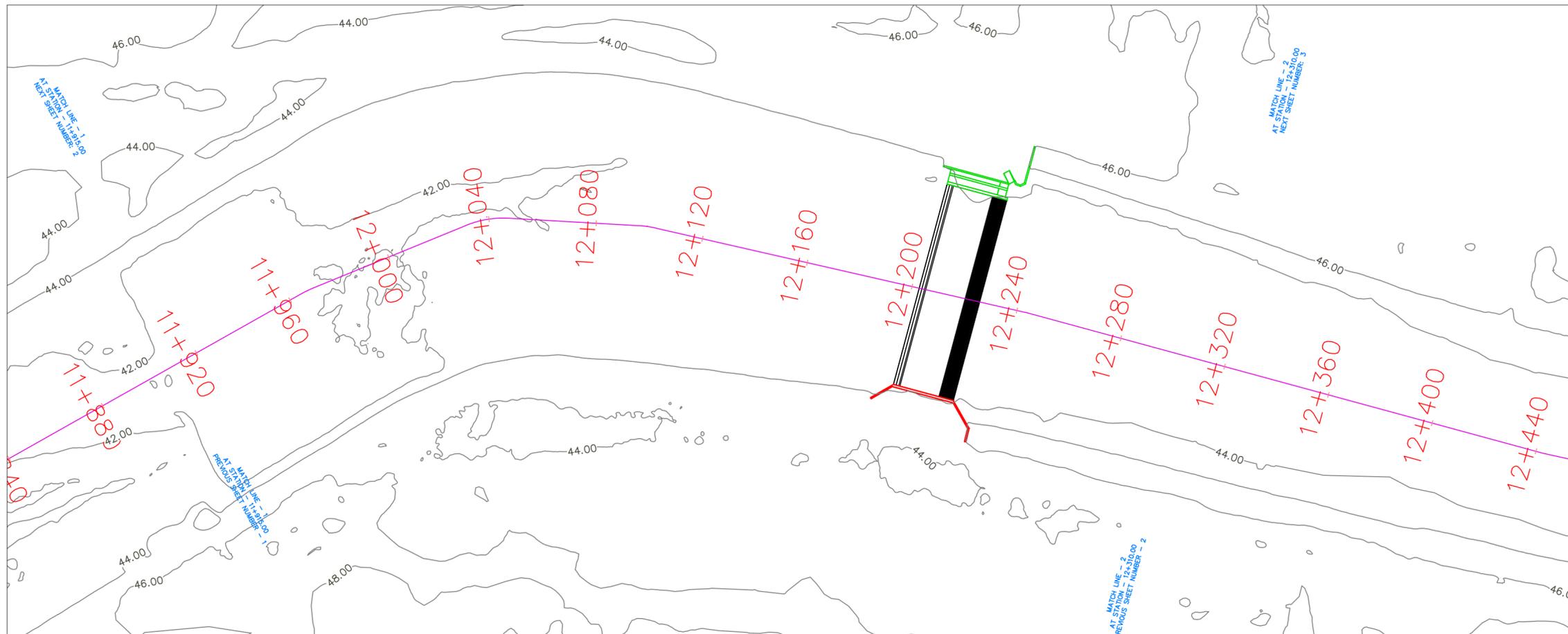
CARRERA: INGENIERIA CIVIL

PLANO:
 PERFIL LONGITUDINAL POR TRAMOS DEL EJE DEL CAUCE DEL RÍO VIRÚ DESPUÉS DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA BOCATOMA MOCHÁN

UBICACIÓN:
 LOCALIDAD :SANTA ELENA
 DISTRITO: VIRÚ
 PROVINCIA: VIRÚ
 DEPARTAMENTO: LA LIBERTAD

ASESOR:
 ING. GARCÍA RIVERA, JUAN PABLO

LAMINA: T-12



COTA TERRENO	41.56	41.58	41.74	41.84	41.87	41.95	41.96	42.01	42.00	42.00	42.07	42.08	42.04	42.17	42.11	42.04	42.27	42.45	42.43	42.44	42.47	42.41	42.45	42.46	42.54	42.63	42.53	42.46	42.51	42.55	42.77	42.88	42.96	43.04	43.10	43.18	43.26	43.32	43.38	43.31	43.29
--------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------



TESIS:
EVOLUCIÓN DE LA MORFOLOGÍA DEL CAUCE DEL RÍO VIRÚ POR EFECTOS DE AVENIDAS Y CAUDAL DOMINANTE, TRAMO PUENTE VIRÚ Y BOCATOMA MOCHÁN, PROVINCIA VIRÚ-DEPARTAMENTO LA LIBERTAD

AUTORES:
 BACH. ALFARO LAYZA, EDWIN LUIS
 BACH. WHITE ÁLVAREZ, MARTÍN PATRIZIO

FACULTAD: INGENIERIA

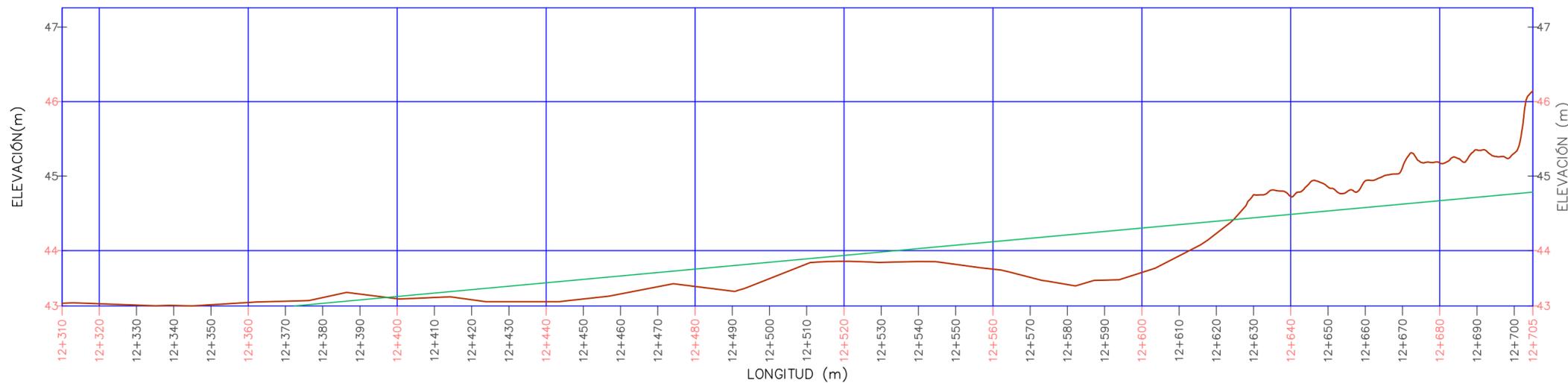
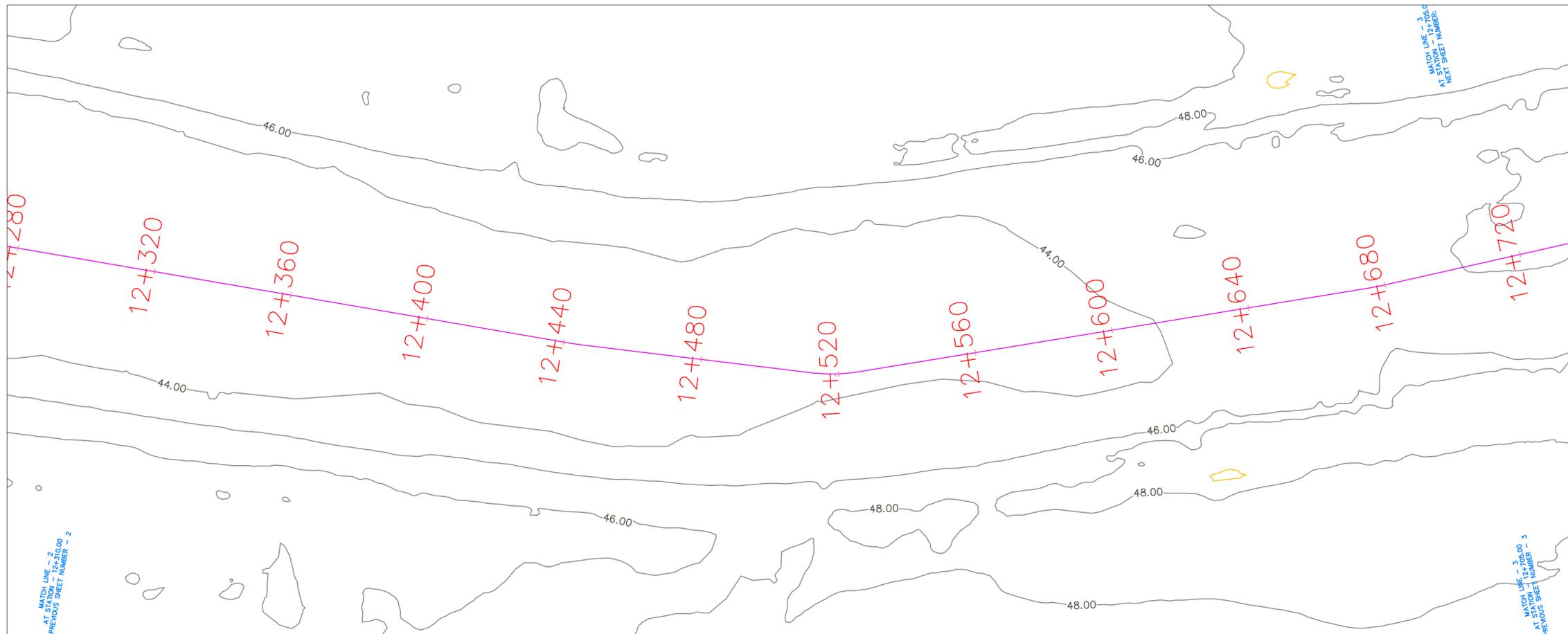
CARRERA: INGENIERIA CIVIL

PLANO:
 PERFIL LONGITUDINAL DEL EJE DEL CAUCE DEL RÍO VIRÚ DESPUÉS DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA BOCATOMA MOCHÁN

UBICACIÓN:
 LOCALIDAD :SANTA ELENA
 DISTRITO: VIRÚ
 PROVINCIA: VIRÚ
 DEPARTAMENTO: LA LIBERTAD

ASESOR:
 ING. GARCÍA RIVERA, JUAN PABLO

LAMINA: T-13



COTA TERRENO	12+310	12+320	12+330	12+340	12+350	12+360	12+370	12+380	12+390	12+400	12+410	12+420	12+430	12+440	12+450	12+460	12+470	12+480	12+490	12+500	12+510	12+520	12+530	12+540	12+550	12+560	12+570	12+580	12+590	12+600	12+610	12+620	12+630	12+640	12+650	12+660	12+670	12+680	12+690	12+700	12+705
	43.29	43.29	43.27	43.26	43.27	43.30	43.32	43.37	43.42	43.35	43.37	43.34	43.31	43.31	43.35	43.42	43.52	43.52	43.46	43.62	43.82	43.86	43.84	43.85	43.81	43.75	43.64	43.55	43.60	43.71	43.93	44.23	44.75	44.73	44.85	44.94	45.11	45.18	45.35	45.31	46.14



TESIS:
EVOLUCIÓN DE LA MORFOLOGÍA DEL CAUCE DEL RÍO VIRÚ POR EFECTOS DE AVENIDAS Y CAUDAL DOMINANTE, TRAMO PUENTE VIRÚ Y BOCATOMA MOCHÁN, PROVINCIA VIRÚ-DEPARTAMENTO LA LIBERTAD

AUTORES:
 BACH. ALFARO LAYZA, EDWIN LUIS
 BACH. WHITE ÁLVAREZ, MARTÍN PATRIZIO

FACULTAD: INGENIERIA

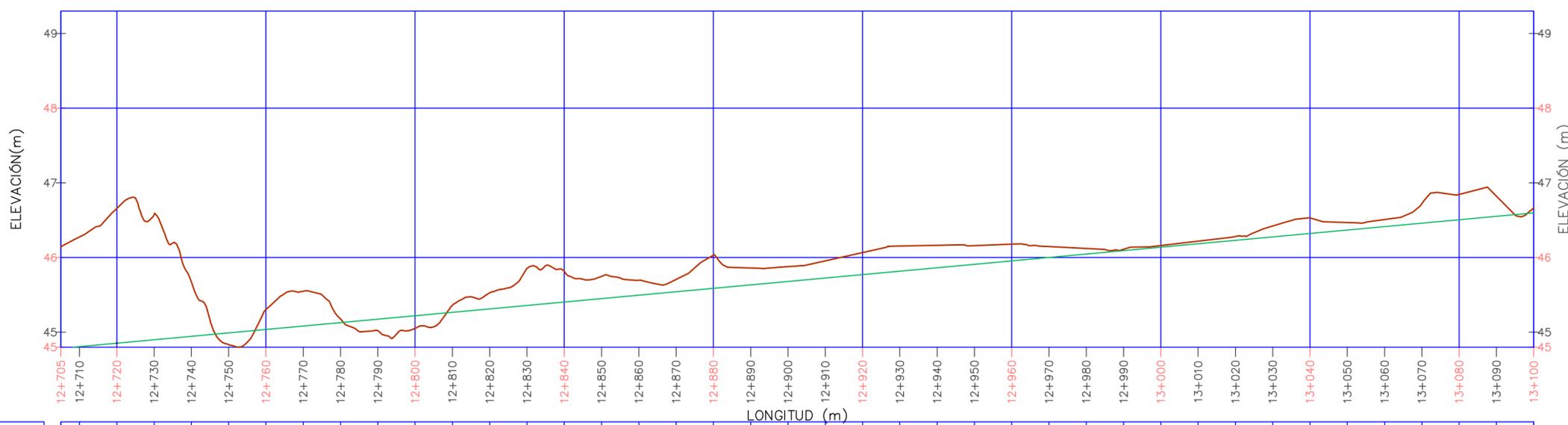
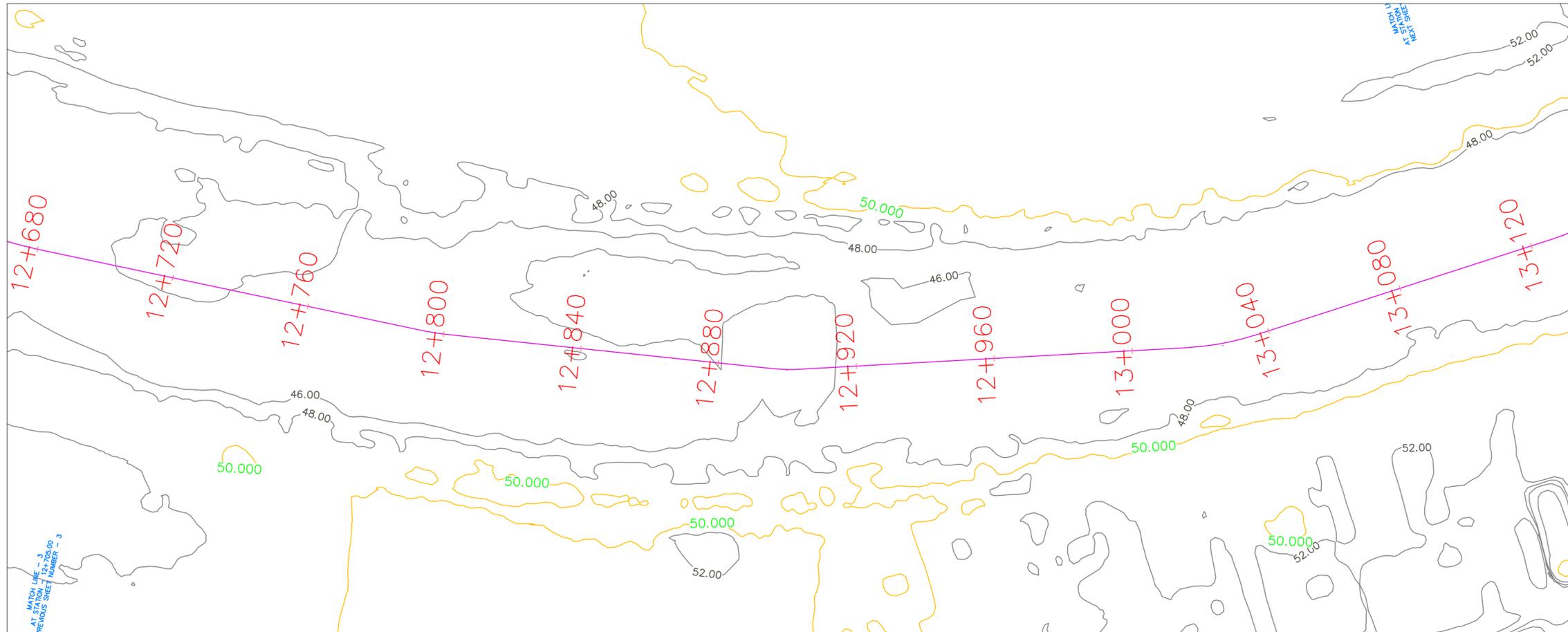
CARRERA: INGENIERIA CIVIL

PLANO:
 PERFIL LONGITUDINAL POR TRAMOS DEL EJE DEL CAUCE DEL RÍO VIRÚ DESPUÉS DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA BOCATOMA MOCHÁN

UBICACIÓN:
 LOCALIDAD :SANTA ELENA
 DISTRITO: VIRÚ
 PROVINCIA: VIRÚ
 DEPARTAMENTO: LA LIBERTAD

ASESOR:
 ING. GARCÍA RIVERA, JUAN PABLO

LAMINA: T-14



COTA TERRENO

46.14	46.28	46.66	46.57	45.67	44.83	45.30	45.55	45.18	45.02	45.05	45.36	45.53	45.85	45.81	45.75	45.70	45.71	46.03	45.86	45.88	45.96	46.07	46.15	46.16	46.16	46.18	46.15	46.12	46.11	46.16	46.22	46.28	46.42	46.53	46.47	46.51	46.72	46.84	46.82	46.66
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------



TESIS:
EVOLUCIÓN DE LA MORFOLOGÍA DEL CAUCE DEL RÍO VIRÚ POR EFECTOS DE AVENIDAS Y CAUDAL DOMINANTE, TRAMO PUENTE VIRÚ Y BOCATOMA MOCHÁN, PROVINCIA VIRÚ-DEPARTAMENTO LA LIBERTAD

AUTORES:
 BACH. ALFARO LAYZA, EDWIN LUIS
 BACH. WHITE ÁLVAREZ, MARTÍN PATRIZIO

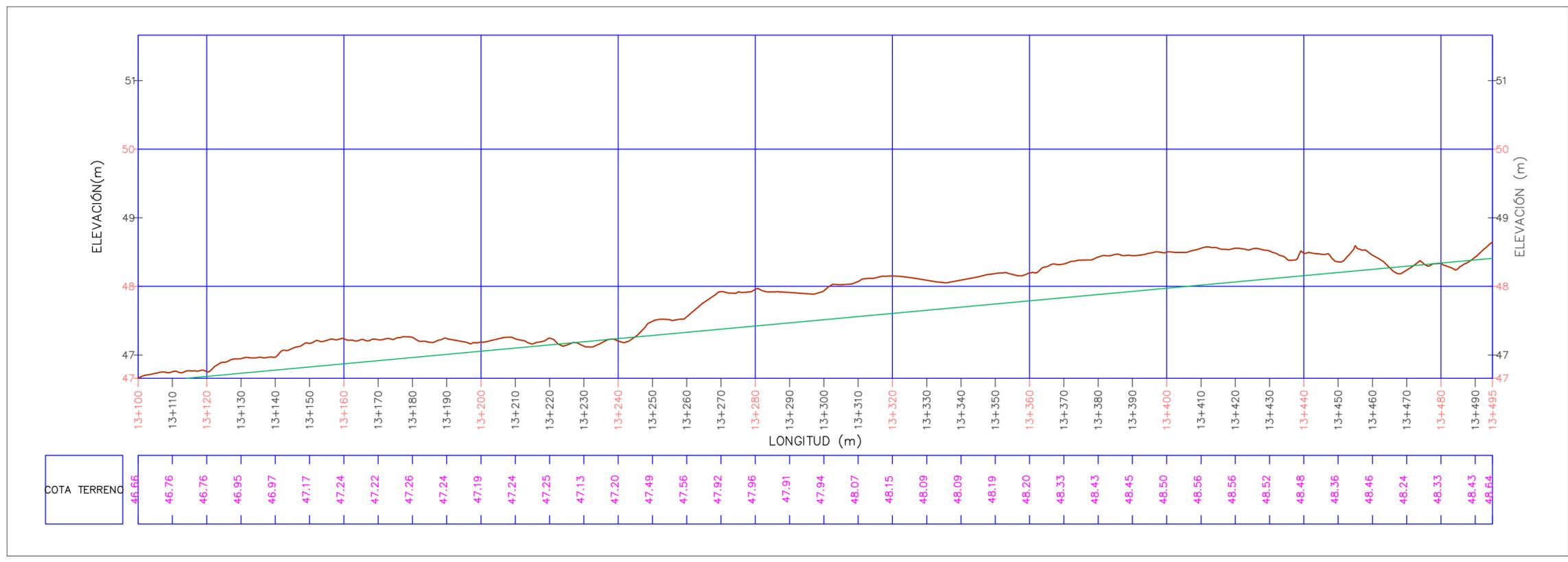
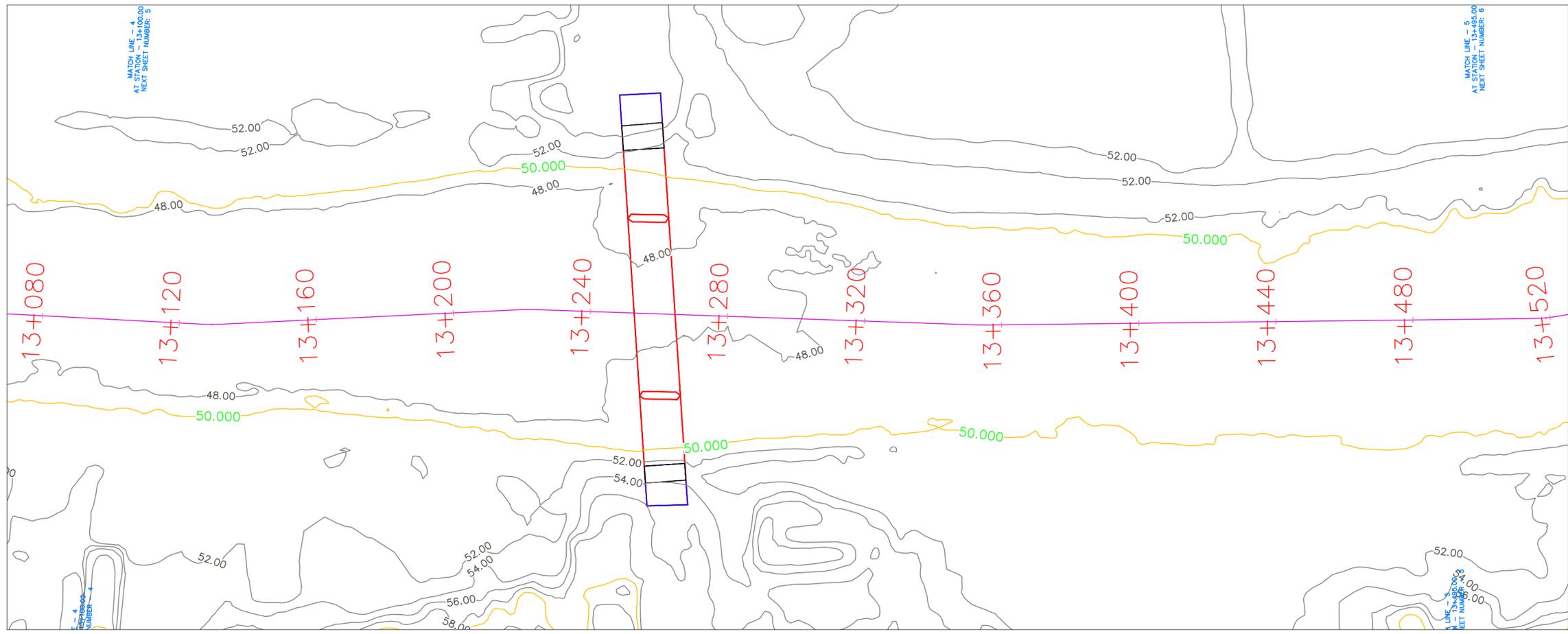
FACULTAD: INGENIERIA
CARRERA: INGENIERIA CIVIL

PLANO:
 PERFIL LONGITUDINAL POR TRAMOS DEL EJE DEL CAUCE DEL RÍO VIRÚ DESPUÉS DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA BOCATOMA MOCHÁN

UBICACIÓN:
 LOCALIDAD :SANTA ELENA
 DISTRITO: VIRÚ
 PROVINCIA: VIRÚ
 DEPARTAMENTO: LA LIBERTAD

ASESOR:
 ING. GARCÍA RIVERA, JUAN PABLO

LAMINA: T-15





TESIS:
EVOLUCIÓN DE LA MORFOLOGÍA DEL CAUCE DEL RÍO VIRÚ POR EFECTOS DE AVENIDAS Y CAUDAL DOMINANTE, TRAMO PUENTE VIRÚ Y BOCATOMA MOCHÁN, PROVINCIA VIRÚ-DEPARTAMENTO LA LIBERTAD

AUTORES:
 BACH. ALFARO LAYZA, EDWIN LUIS
 BACH. WHITE ÁLVAREZ, MARTÍN PATRIZIO

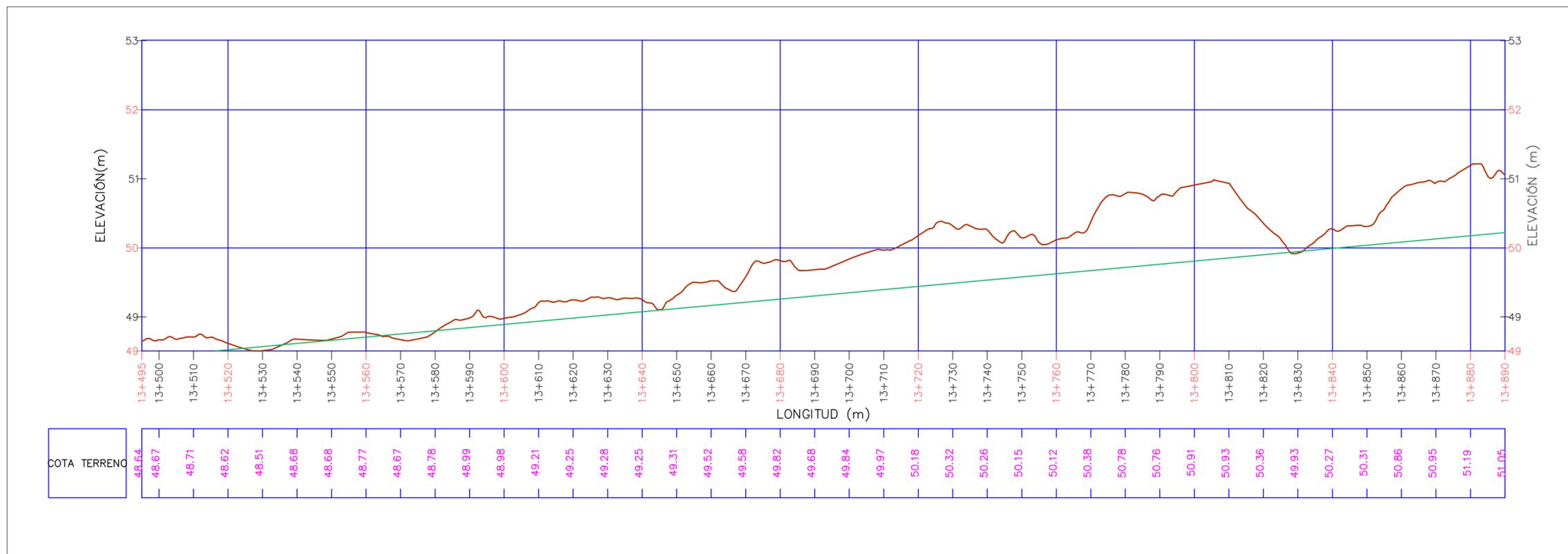
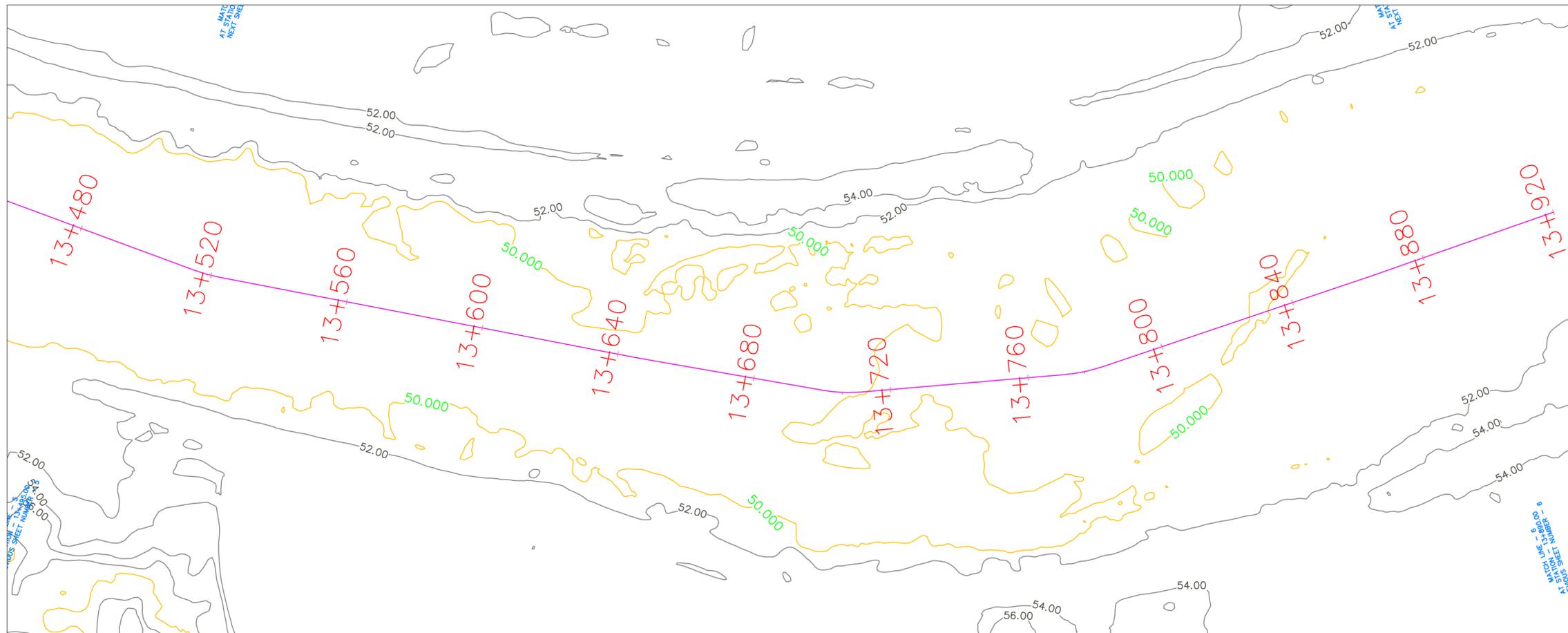
FACULTAD: INGENIERIA
CARRERA: INGENIERIA CIVIL

PLANO:
 PERFIL LONGITUDINAL POR TRAMOS DEL EJE DEL CAUCE DEL RÍO VIRÚ DESPUÉS DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA BOCATOMA MOCHÁN

UBICACIÓN:
 LOCALIDAD :SANTA ELENA
 DISTRITO: VIRÚ
 PROVINCIA: VIRÚ
 DEPARTAMENTO: LA LIBERTAD

ASESOR:
 ING. GARCÍA RIVERA, JUAN PABLO

LAMINA: T-16





TESIS:
EVOLUCIÓN DE LA MORFOLOGÍA DEL CAUCE DEL RÍO VIRÚ POR EFECTOS DE AVENIDAS Y CAUDAL DOMINANTE, TRAMO PUENTE VIRÚ Y BOCATOMA MOCHÁN, PROVINCIA VIRÚ-DEPARTAMENTO LA LIBERTAD

AUTORES:
 BACH. ALFARO LAYZA, EDWIN LUIS
 BACH. WHITE ÁLVAREZ, MARTÍN PATRIZIO

FACULTAD: INGENIERIA

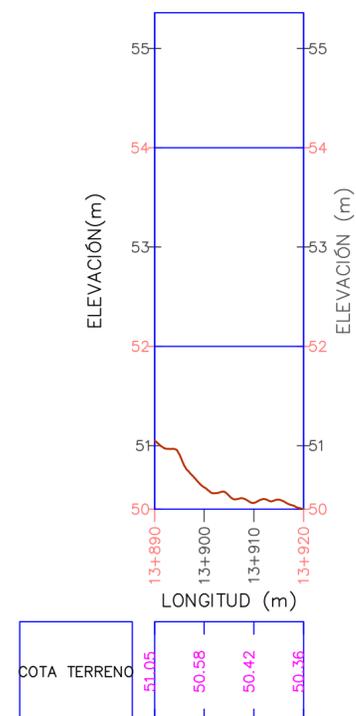
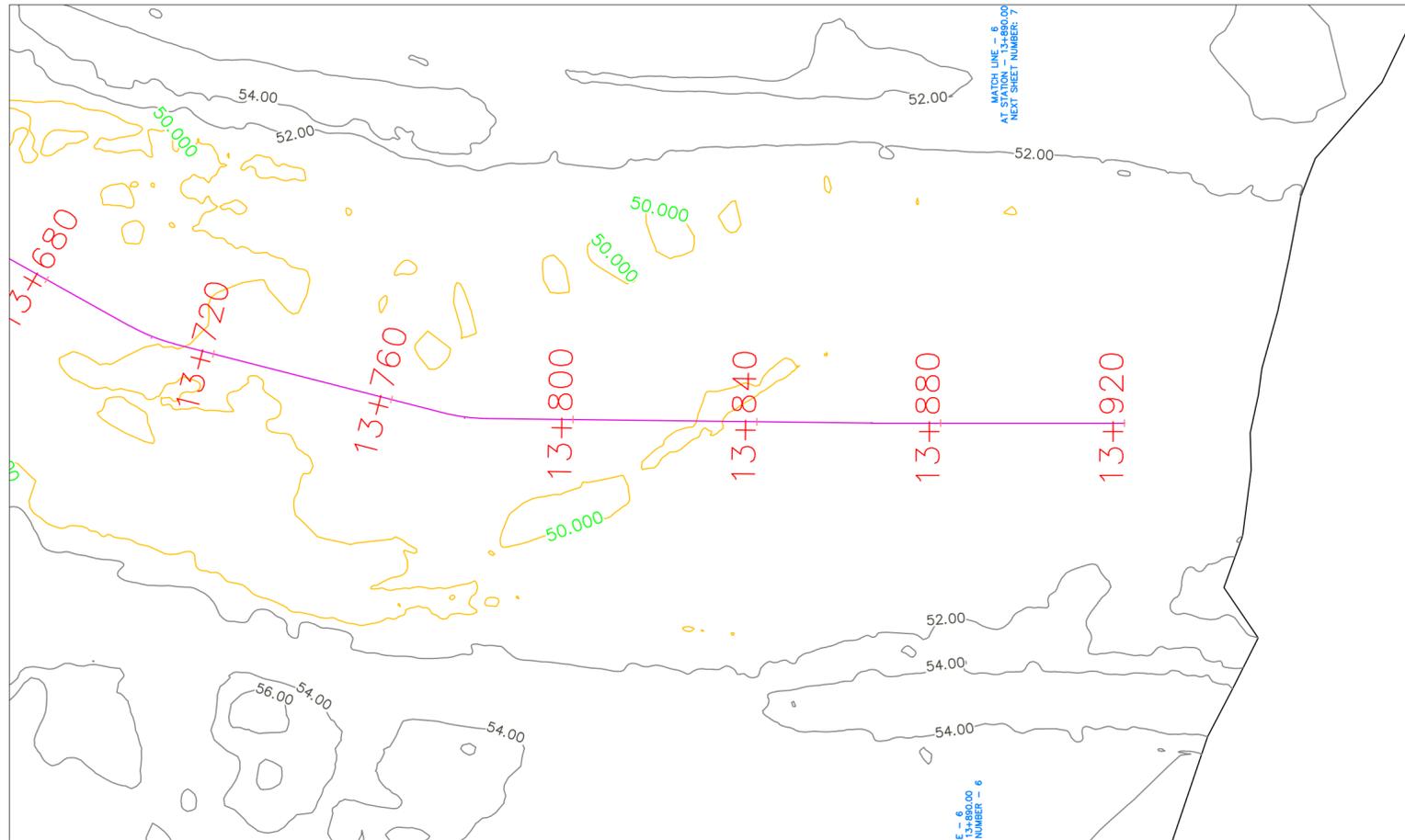
CARRERA: INGENIERIA CIVIL

PLANO:
 PERFIL LONGITUDINAL POR TRAMOS DEL EJE DEL CAUCE DEL RÍO VIRÚ DESPUÉS DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA BOCATOMA MOCHÁN

UBICACIÓN:
 LOCALIDAD :SANTA ELENA
 DISTRITO: VIRÚ
 PROVINCIA: VIRÚ
 DEPARTAMENTO: LA LIBERTAD

ASESOR:
 ING. GARCÍA RIVERA, JUAN PABLO

LAMINA: T-17





TESIS:
**EVOLUCIÓN DE LA MORFOLOGÍA
 DEL CAUCE DEL RÍO VIRÚ POR
 EFECTOS DE AVENIDAS Y
 CAUDAL DOMINANTE, TRAMO
 PUENTE VIRÚ Y BOCATOMA
 MOCHÁN, PROVINCIA
 VIRÚ-DEPARTAMENTO LA
 LIBERTAD**

AUTORES:
BACH. ALFARO LAYZA, EDWIN LUIS
BACH. WHITE ÁLVAREZ, MARTÍN PATRIZIO

FACULTAD: INGENIERIA
CARRERA: INGENIERIA CIVIL

PLANO:
 SECCIONES TRANSVERSALES DEL EJE DEL
 CAUCE DEL RÍO VIRÚ DESPUÉS DE LA
 CONSTRUCCIÓN DE LA BOCATOMA
 MOCHÁN

UBICACIÓN:
 LOCALIDAD :SANTA ELENA
 DISTRITO: VIRÚ
 PROVINCIA: VIRÚ
 DEPARTAMENTO: LA LIBERTAD

ASESOR:
ING. GARCÍA RIVERA, JUAN PABLO

LAMINA: T-18



TESIS:
**EVOLUCIÓN DE LA MORFOLOGÍA
 DEL CAUCE DEL RÍO VIRÚ POR
 EFECTOS DE AVENIDAS Y
 CAUDAL DOMINANTE, TRAMO
 PUENTE VIRÚ Y BOCATOMA
 MOCHÁN, PROVINCIA
 VIRÚ-DEPARTAMENTO LA
 LIBERTAD**

AUTORES:
 BACH. ALFARO LAYZA, EDWIN LUIS
 BACH. WHITE ÁLVAREZ, MARTÍN PATRIZIO

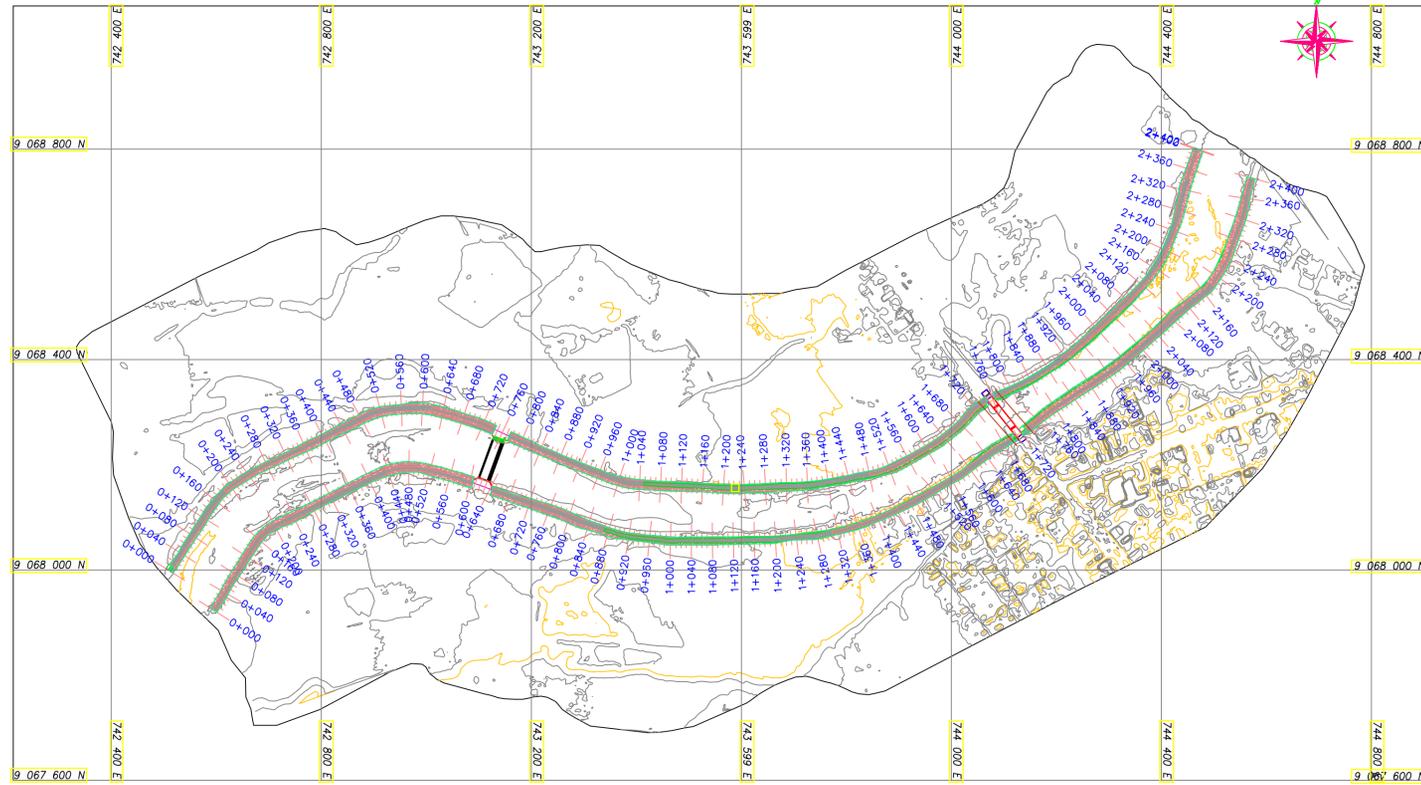
FACULTAD: INGENIERIA
CARRERA: INGENIERIA CIVIL

PLANO:
 PERFIL LONGITUDINAL DE LOS DIQUES
 DE ENROCADO

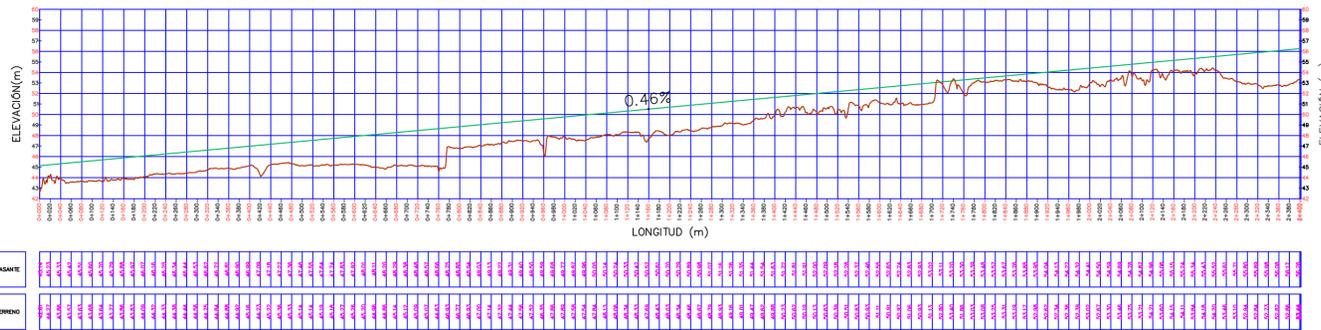
UBICACIÓN:
 LOCALIDAD :SANTA ELENA
 DISTRITO: VIRÚ
 PROVINCIA: VIRÚ
 DEPARTAMENTO: LA LIBERTAD

ASESOR:
 ING. GARCÍA RIVERA, JUAN PABLO

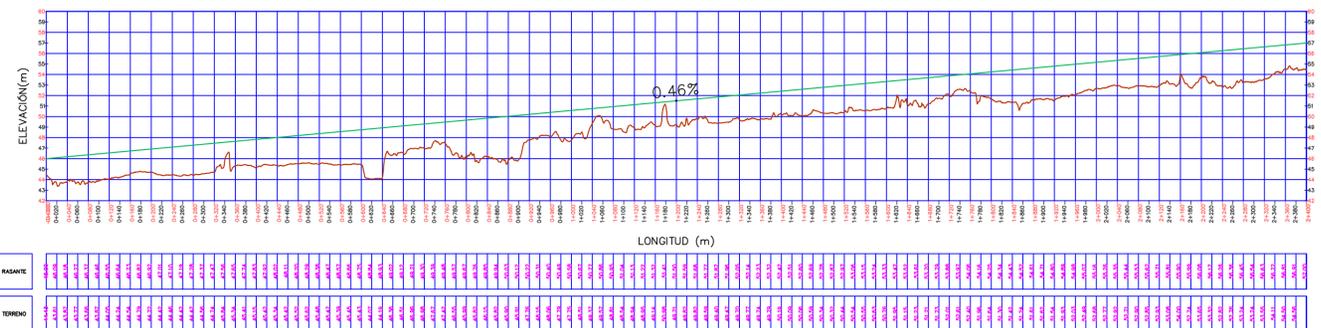
LAMINA:
T-19



PERFIL LONGITUDINAL DIQUE MARGEN DERECHO (0+000 - 2+400)



PERFIL LONGITUDINAL DIQUE MARGEN IZQUIERDO (0+000 - 2+400)





TESIS:
**EVOLUCIÓN DE LA MORFOLOGÍA
DEL CAUCE DEL RÍO VIRÚ POR
EFECTOS DE AVENIDAS Y
CAUDAL DOMINANTE, TRAMO
PUENTE VIRÚ Y BOCATOMA
MOCHÁN, PROVINCIA
VIRÚ-DEPARTAMENTO LA
LIBERTAD**

AUTORES:
BACH. ALFARO LAYZA, EDWIN LUIS
BACH. WHITE ÁLVAREZ, MARTÍN PATRIZIO

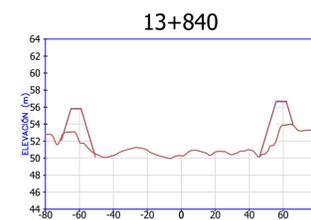
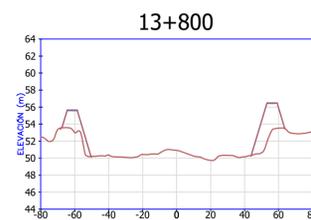
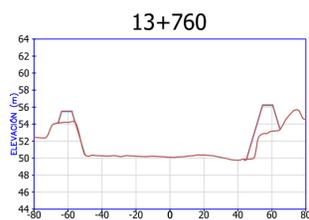
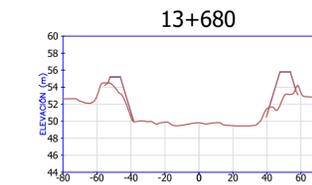
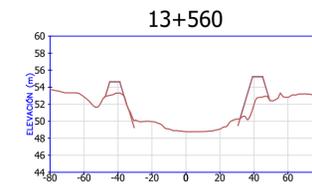
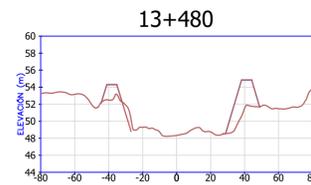
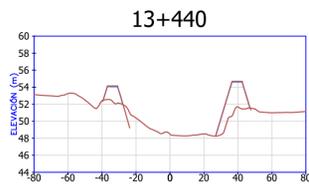
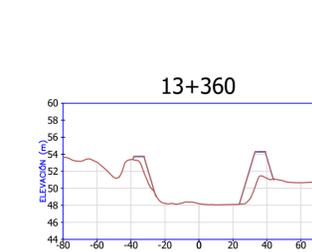
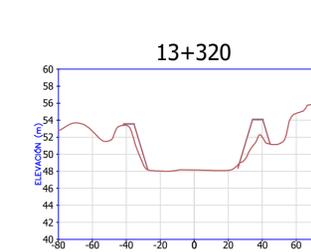
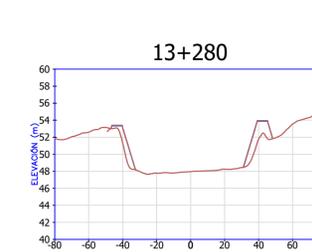
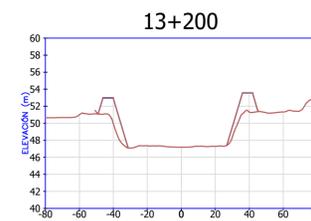
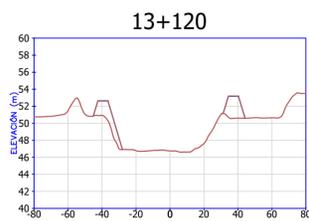
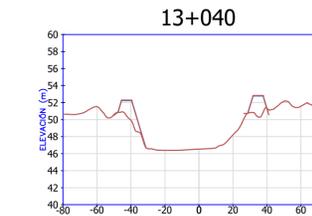
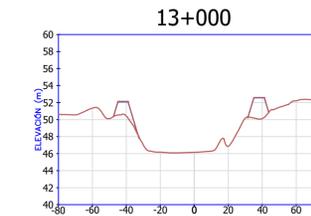
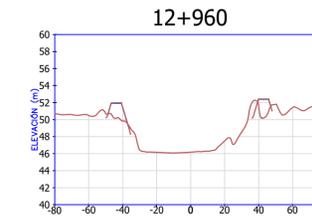
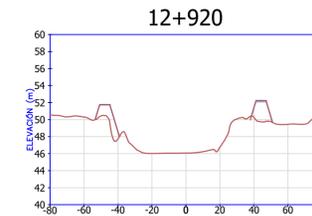
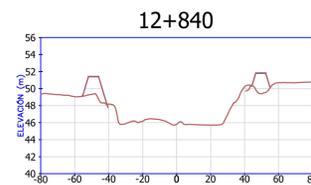
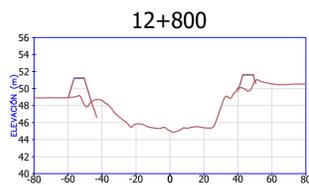
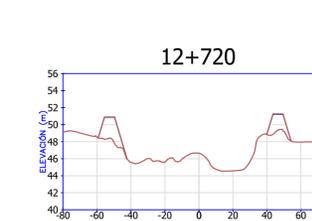
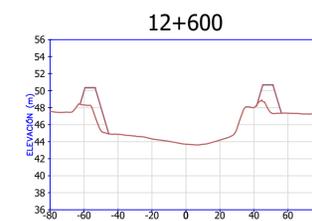
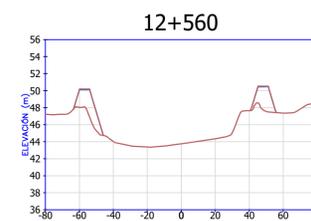
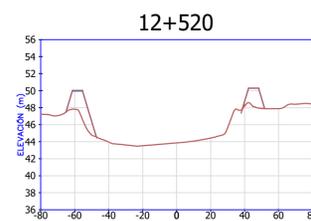
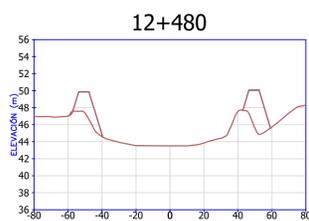
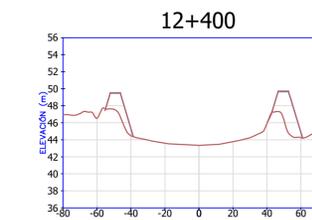
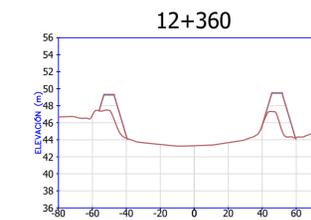
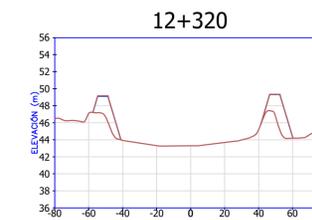
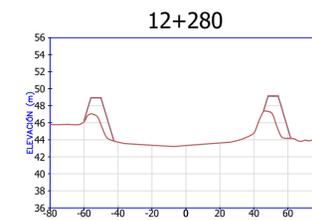
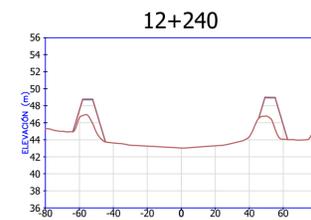
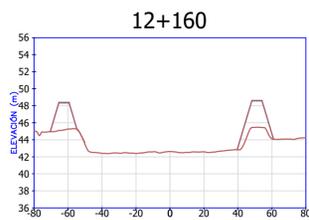
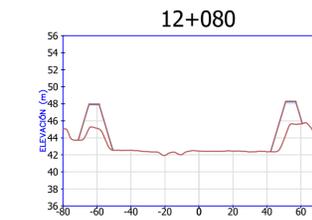
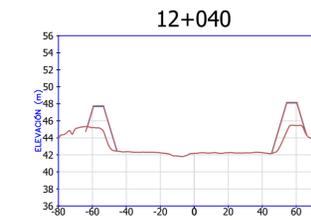
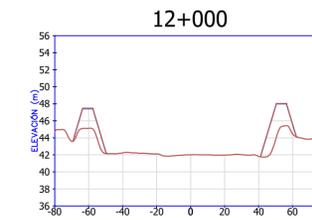
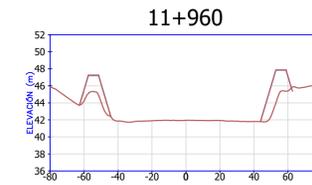
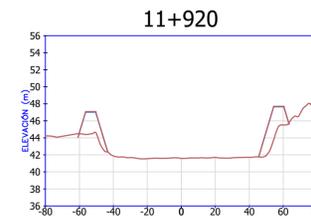
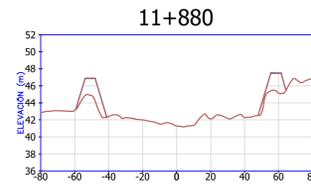
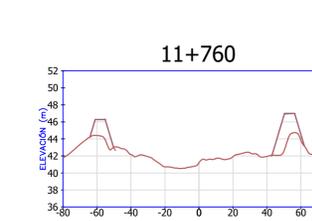
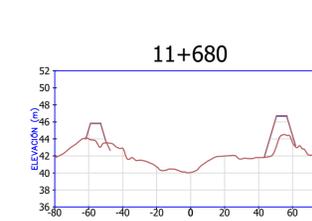
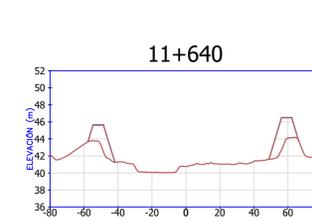
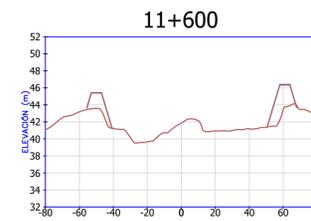
FACULTAD: INGENIERIA
CARRERA: INGENIERIA CIVIL

PLANO:
**SECCIONES TRANSVERSALES DE LOS
DIQUES DE ENROCADO**

UBICACIÓN:
LOCALIDAD :SANTA ELENA
DISTRITO: VIRÚ
PROVINCIA: VIRÚ
DEPARTAMENTO: LA LIBERTAD

ASESOR:
ING. GARCÍA RIVERA, JUAN PABLO

LAMINA:
T-20





TESIS:
**EVOLUCIÓN DE LA MORFOLOGÍA
 DEL CAUCE DEL RÍO VIRÚ POR
 EFECTOS DE AVENIDAS Y
 CAUDAL DOMINANTE, TRAMO
 PUENTE VIRÚ Y BOCATOMA
 MOCHÁN, PROVINCIA
 VIRÚ-DEPARTAMENTO LA
 LIBERTAD**

AUTORES:
 BACH. ALFARO LAYZA, EDWIN LUIS
 BACH. WHITE ÁLVAREZ, MARTÍN PATRIZIO

FACULTAD: INGENIERIA

CARRERA: INGENIERIA CIVIL

PLANO:
 MEDIDAS DE LA BOCATOMA MOCHÁN

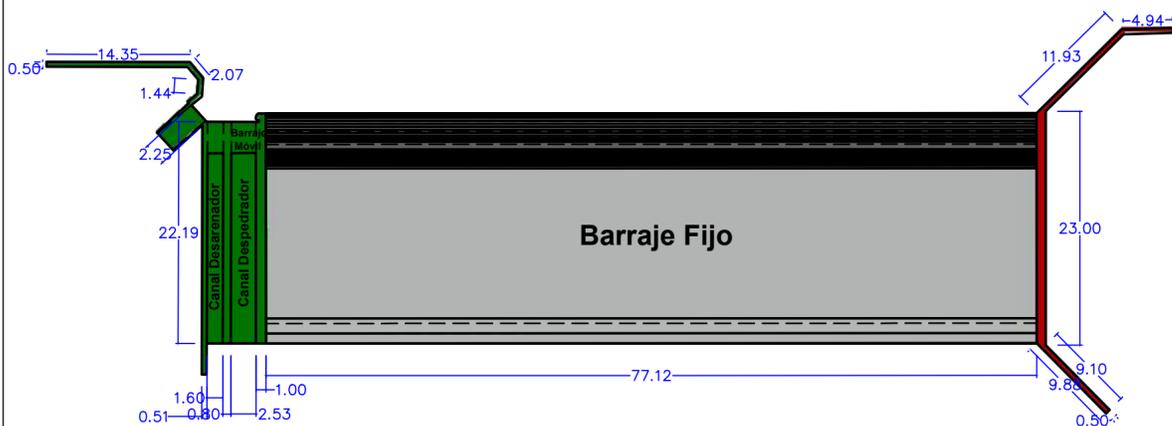
UBICACIÓN:
 LOCALIDAD :SANTA ELENA
 DISTRITO: VIRÚ
 PROVINCIA: VIRÚ
 DEPARTAMENTO: LA LIBERTAD

ASESOR:
 ING. GARCÍA RIVERA, JUAN PABLO

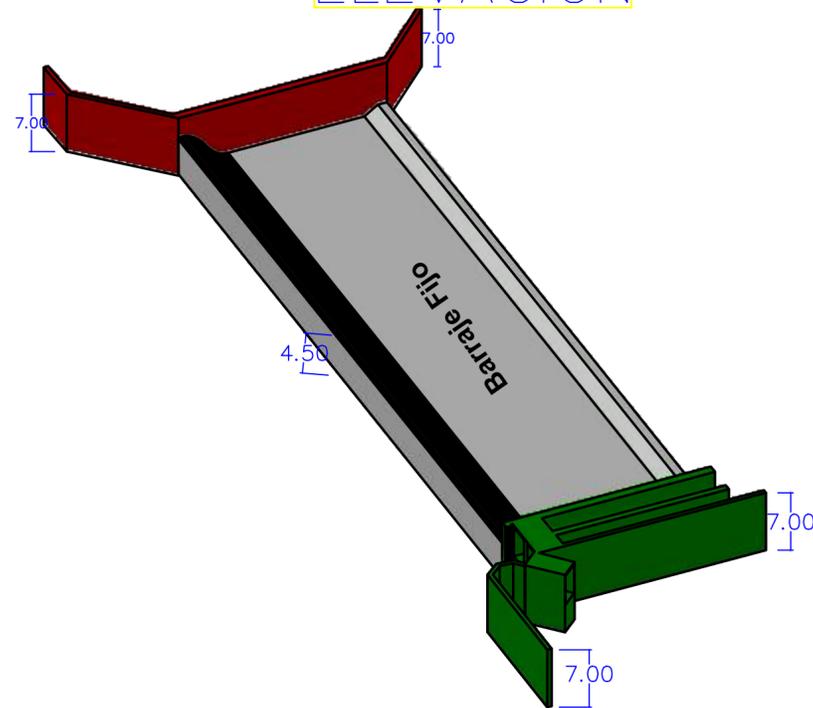
LAMINA: T-21



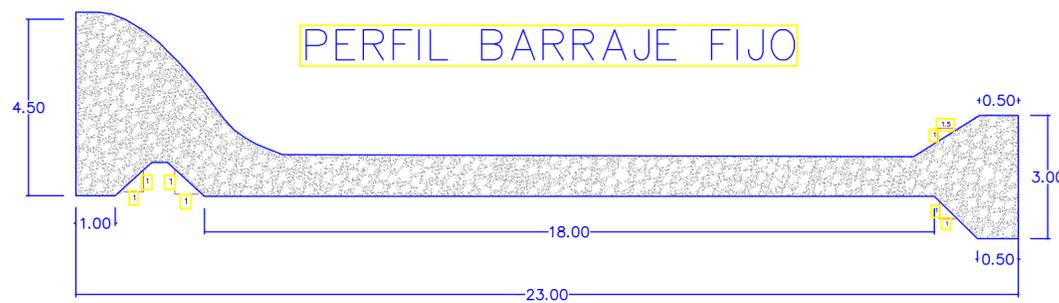
PLANTA

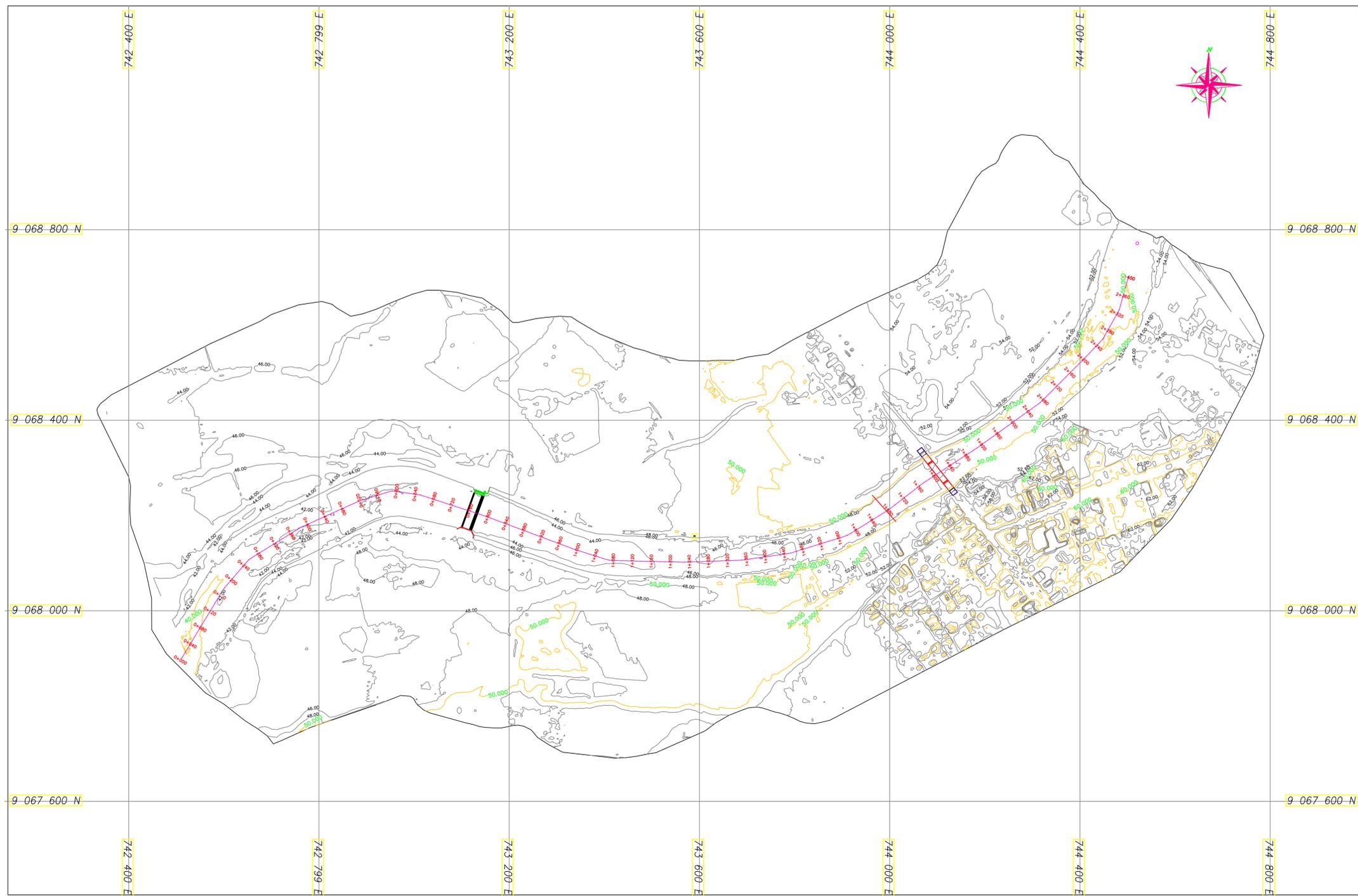


ELEVACIÓN



PERFIL BARRAJE FIJO





TESIS:

EVOLUCIÓN DE LA MORFOLOGÍA DEL CAUCE DEL RÍO VIRÚ POR EFECTOS DE AVENIDAS Y CAUDAL DOMINANTE, TRAMO PUENTE VIRÚ Y BOCATOMA MOCHÁN, PROVINCIA VIRÚ-DEPARTAMENTO LA LIBERTAD

AUTORES:

BACH. ALFARO LAYZA, EDWIN LUIS
BACH. WHITE ÁLVAREZ, MARTÍN PATRIZIO

FACULTAD: INGENIERIA

CARRERA: INGENIERIA CIVIL

PLANO:

PLANTA CON SECCIONES

UBICACIÓN:

LOCALIDAD : SANTA ELENA
DISTRITO: VIRÚ
PROVINCIA: VIRÚ
DEPARTAMENTO: LA LIBERTAD

ASESOR:

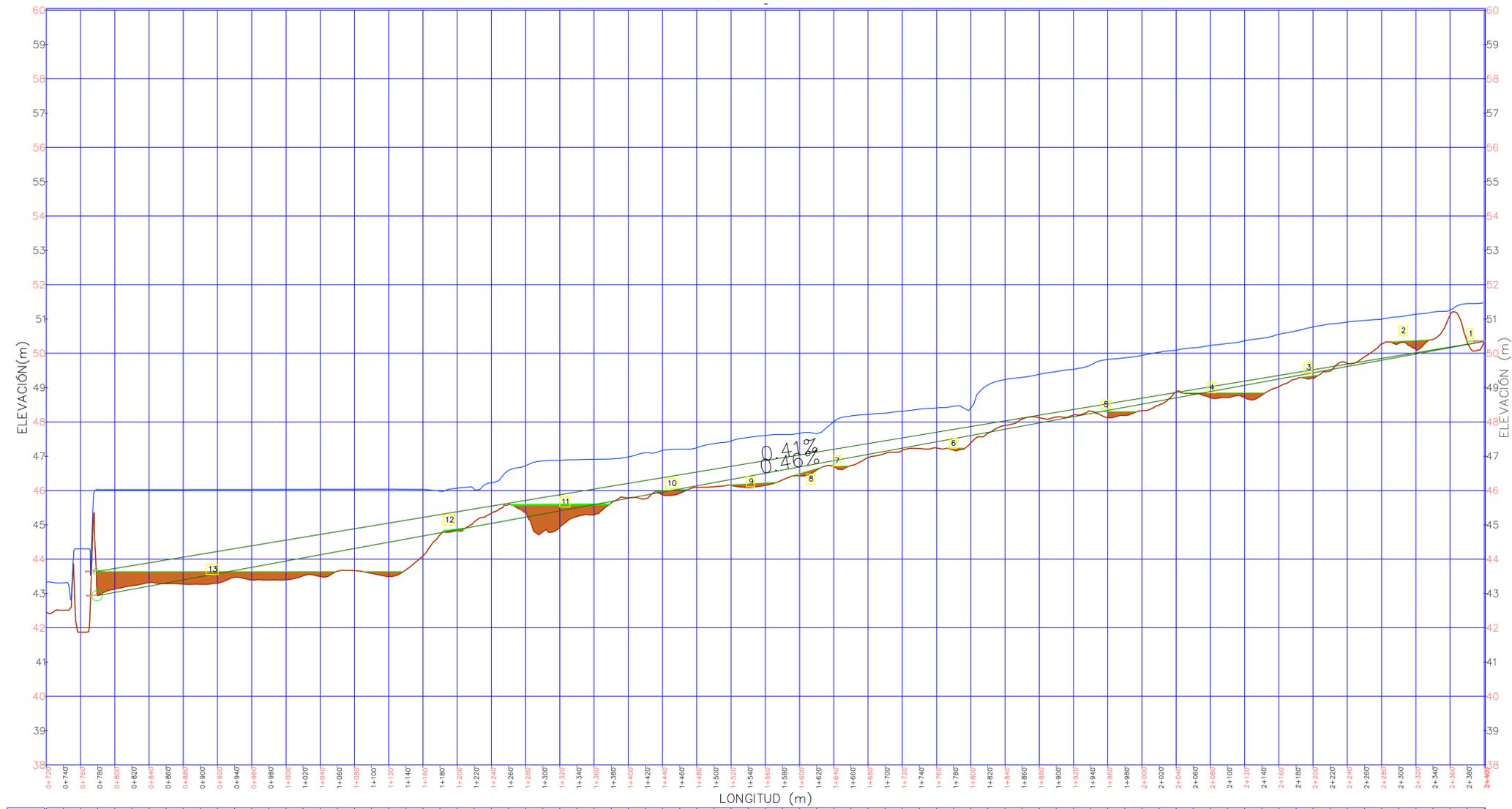
ING. GARCÍA RIVERA, JUAN PABLO

LAMINA:

T-22



PERFIL LONGITUDINAL DEL EJE DE RIO



COTA TERRENO	COTA DE AGUA
43.331	42.51
43.309	41.87
44.300	42.94
46.025	43.12
46.024	43.22
46.024	43.31
46.025	43.29
46.027	43.27
46.028	43.27
46.028	43.47
46.030	43.39
46.032	43.39
46.034	43.40
46.035	43.31
46.038	43.49
46.040	43.66
46.041	43.59
46.041	43.49
46.037	43.69
46.033	44.09
45.978	44.71
46.069	44.82
46.038	45.08
46.221	45.34
46.597	45.59
46.720	45.38
46.882	44.80
46.981	44.93
46.900	45.24
46.809	45.28
46.979	45.78
47.099	45.76
47.169	45.87
47.207	45.92
47.249	46.09
47.388	46.11
47.442	46.15
47.520	46.15
47.546	46.09
47.605	46.15
47.633	46.31
47.670	46.43
47.656	46.60
48.004	46.71
48.172	46.73
48.218	46.96
48.255	47.08
48.331	47.17
48.370	47.23
48.405	47.24
48.403	47.38
48.466	47.18
48.074	47.67
48.233	47.90
48.297	48.08
48.386	48.12
49.466	48.14
48.532	48.20
48.660	48.31
48.821	48.12
48.868	48.18
48.938	48.33
50.033	48.49
50.091	48.87
50.161	48.82
50.227	48.70
50.287	48.71
50.384	48.70
50.436	48.78
50.554	49.03
50.651	49.25
50.771	49.27
50.857	49.49
50.912	49.71
50.968	49.80
50.997	50.27
51.064	50.29
51.139	50.10
51.202	50.40
51.259	51.11
51.448	50.33
50.33	50.33

TESIS:

EVOLUCIÓN DE LA MORFOLOGÍA DEL CAUCE DEL RÍO VIRÚ POR EFECTOS DE AVENIDAS Y CAUDAL DOMINANTE, TRAMO PUENTE VIRÚ Y BOCATOMA MOCHÁN, PROVINCIA VIRÚ-DEPARTAMENTO LA LIBERTAD

AUTORES:

**BACH. ALFARO LAYZA, EDWIN LUIS
BACH. WHITE ÁLVAREZ, MARTÍN PATRIZIO**

FACULTAD: INGENIERIA

CARRERA: INGENIERIA CIVIL

PLANO:

PERFIL LONGITUDINAL SEDIMENTANDO CON UN CAUDAL DE 94m³/s

UBICACIÓN:

**LOCALIDAD :SANTA ELENA
DISTRITO: VIRÚ
PROVINCIA: VIRÚ
DEPARTAMENTO: LA LIBERTAD**

ASESOR:

ING. GARCÍA RIVERA, JUAN PABLO

LAMINA:

T-23



TESIS:
**EVOLUCIÓN DE LA MORFOLOGÍA
DEL CAUCE DEL RÍO VIRÚ POR
EFECTOS DE AVENIDAS Y
CAUDAL DOMINANTE, TRAMO
PUENTE VIRÚ Y BOCATOMA
MOCHÁN, PROVINCIA
VIRÚ-DEPARTAMENTO LA
LIBERTAD**

AUTORES:
BACH. ALFARO LAYZA, EDWIN LUIS
BACH. WHITE ÁLVAREZ, MARTÍN PATRIZIO

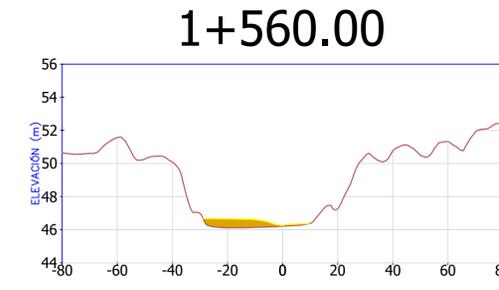
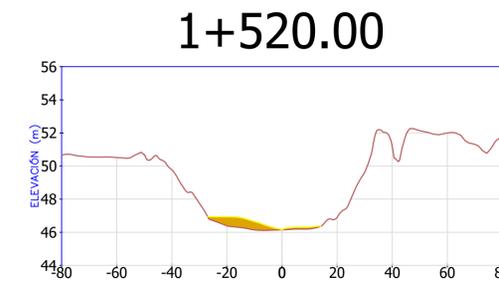
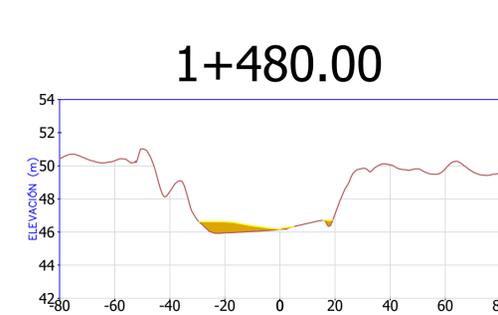
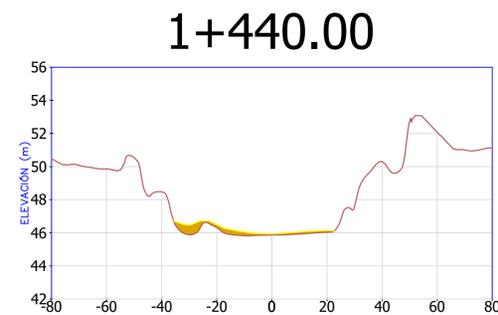
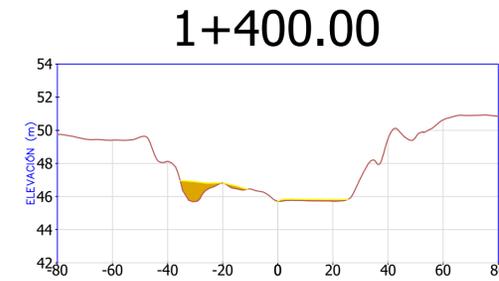
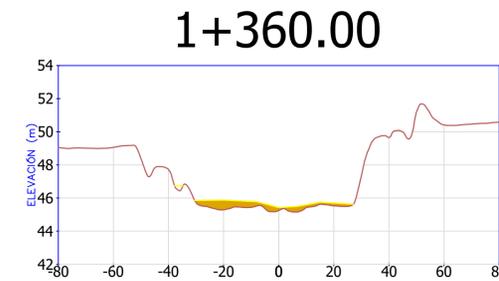
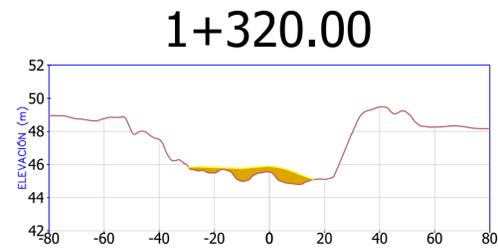
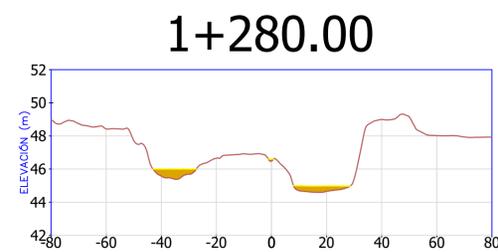
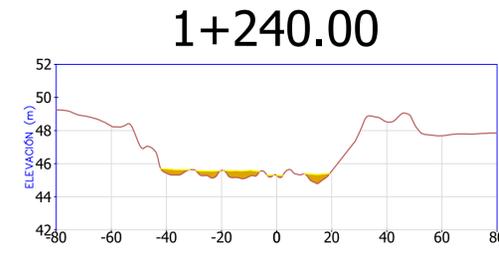
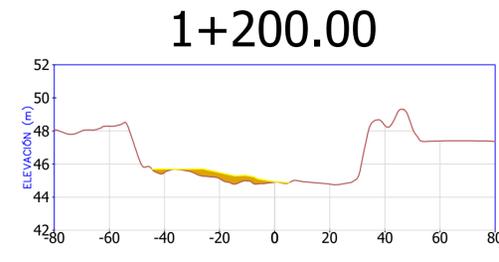
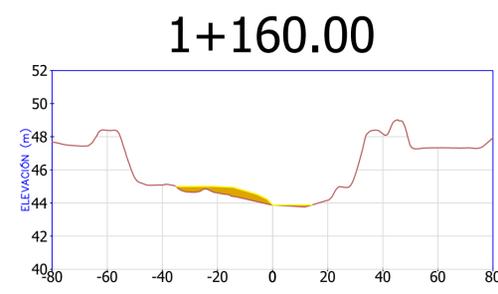
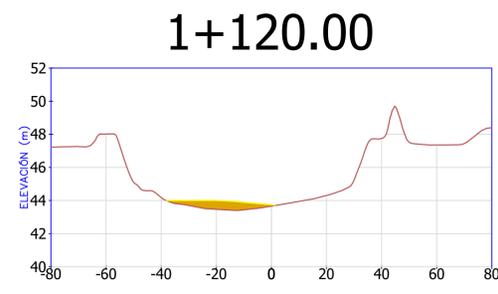
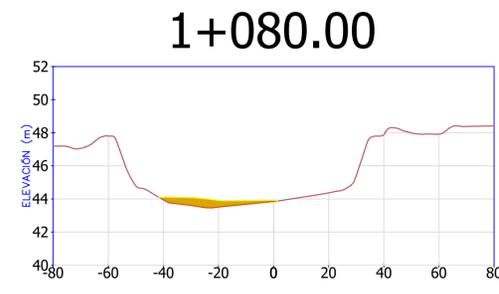
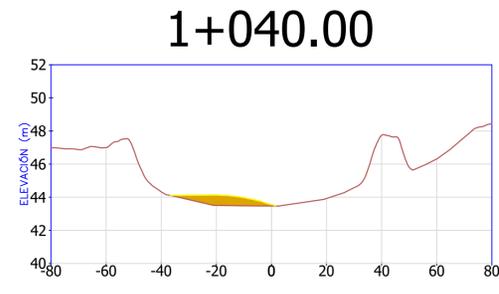
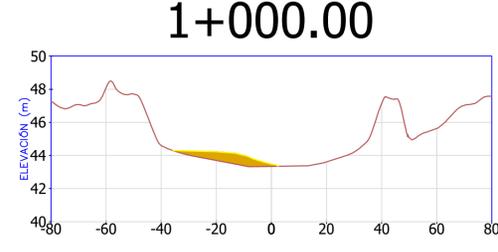
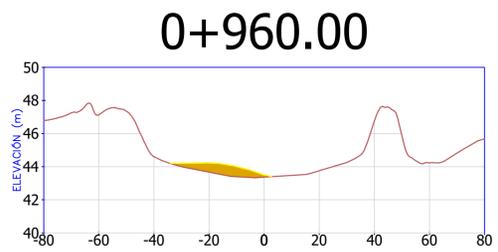
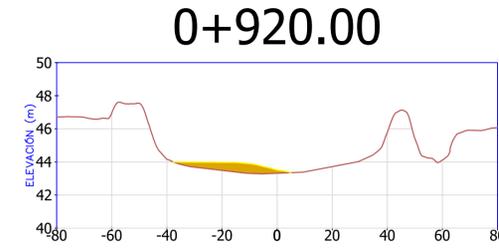
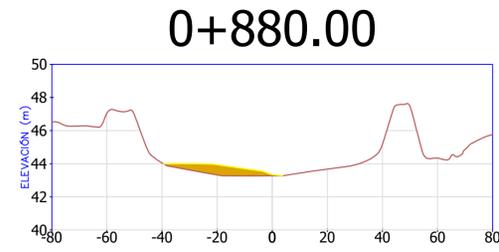
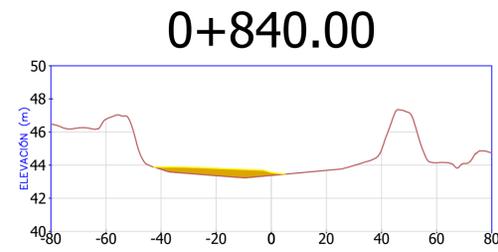
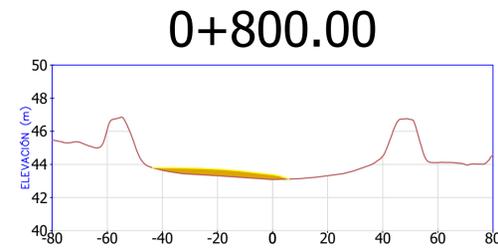
FACULTAD: INGENIERIA
CARRERA: INGENIERIA CIVIL

PLANO:
SECCIONES TRANSVERSALES CON
SEDIMENTO DE FONDO CON CAUDAL
DE 94 m³/S

UBICACIÓN:
LOCALIDAD : SANTA ELENA
DISTRITO: VIRÚ
PROVINCIA: VIRÚ
DEPARTAMENTO: LA LIBERTAD

ASESOR:
ING. GARCÍA RIVERA, JUAN PABLO

LAMINA: T-24





TESIS:
**EVOLUCIÓN DE LA MORFOLOGÍA
DEL CAUCE DEL RÍO VIRÚ POR
EFECTOS DE AVENIDAS Y
CAUDAL DOMINANTE, TRAMO
PUENTE VIRÚ Y BOCATOMA
MOCHÁN, PROVINCIA
VIRÚ-DEPARTAMENTO LA
LIBERTAD**

AUTORES:
**BACH. ALFARO LAYZA, EDWIN LUIS
BACH. WHITE ÁLVAREZ, MARTÍN PATRIZIO**

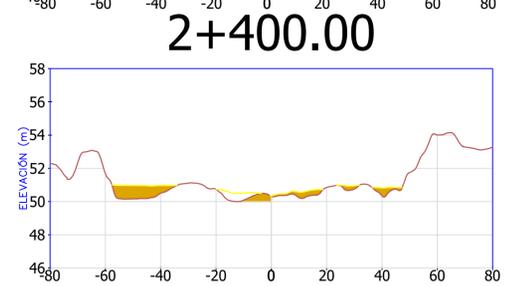
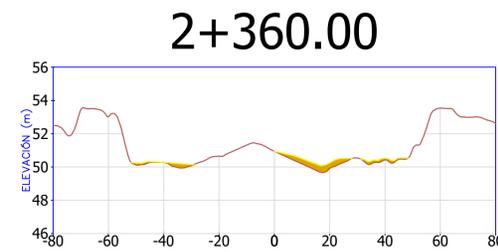
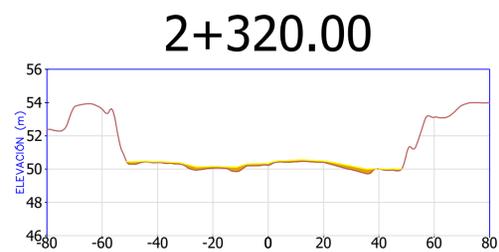
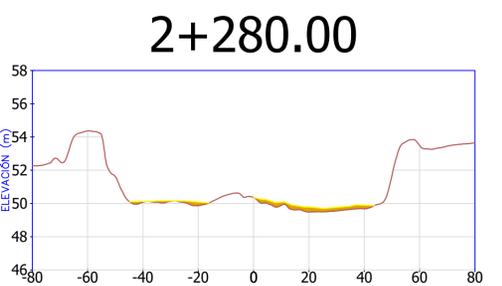
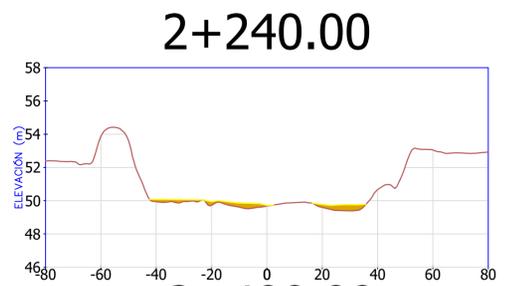
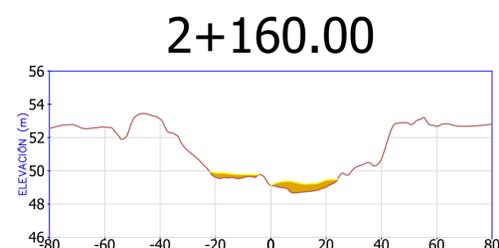
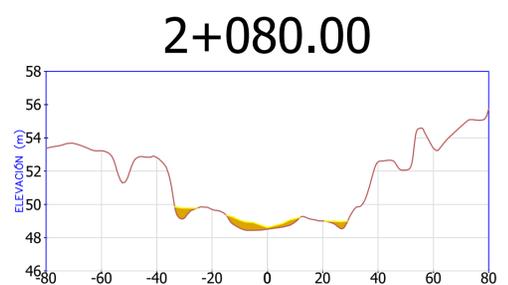
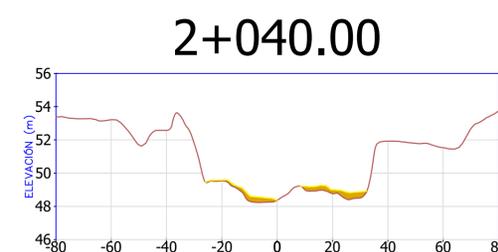
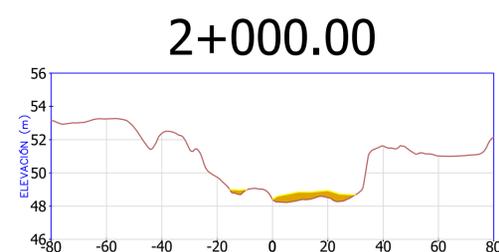
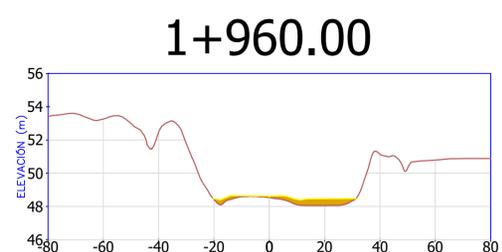
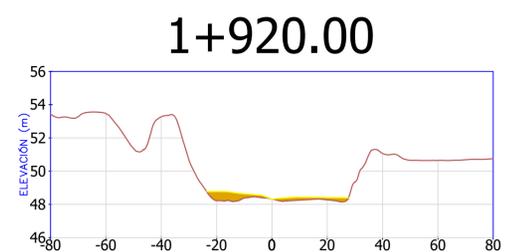
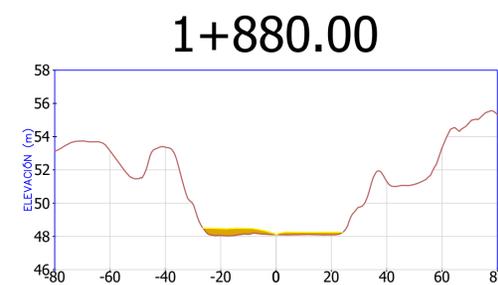
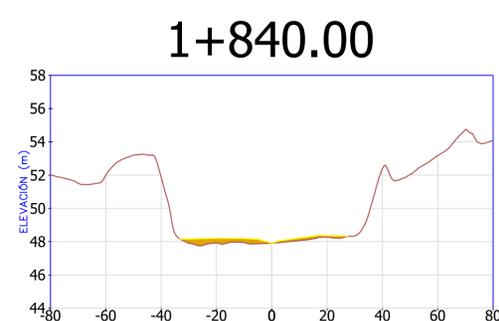
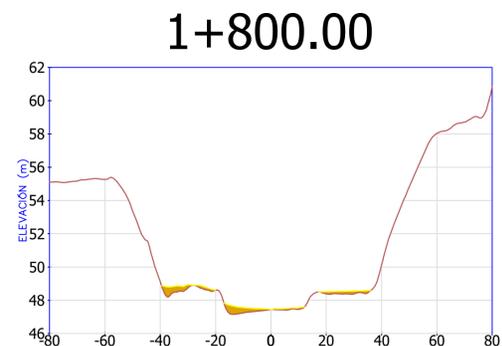
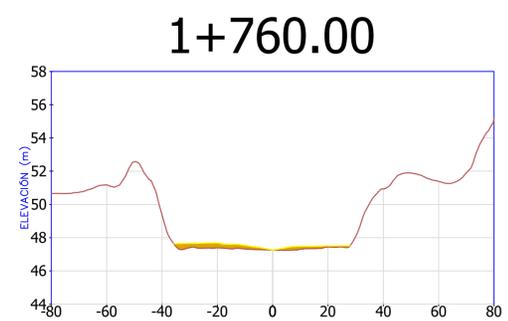
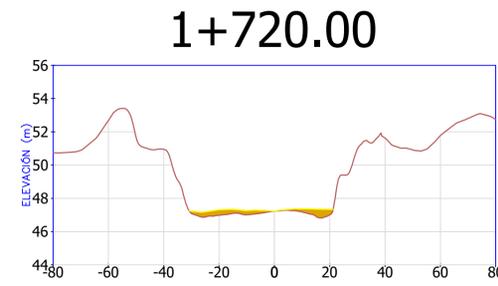
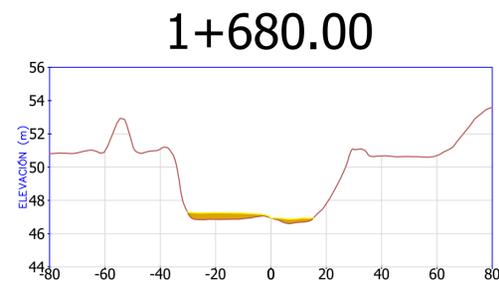
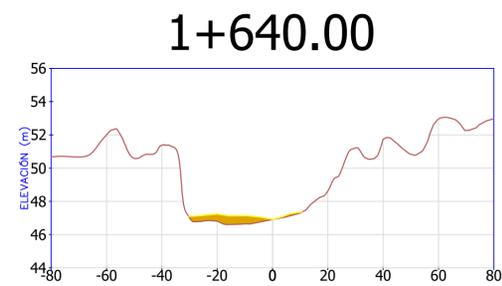
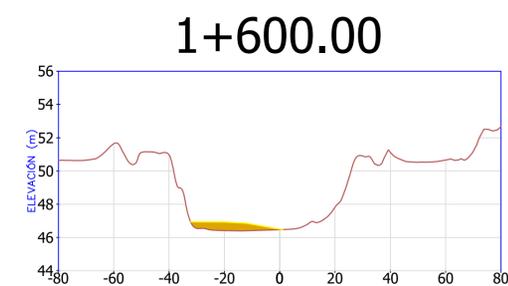
FACULTAD: INGENIERIA
CARRERA: INGENIERIA CIVIL

PLANO:
**SECCIONES TRANSVERSALES CON
SEDIMENTO DE FONDO CON CAUDAL
DE 94 m³/s**

UBICACIÓN:
**LOCALIDAD :SANTA ELENA
DISTRITO: VIRÚ
PROVINCIA: VIRÚ
DEPARTAMENTO: LA LIBERTAD**

ASESOR:
ING. GARCÍA RIVERA, JUAN PABLO

LAMINA: T-25





TESIS:

EVOLUCIÓN DE LA MORFOLOGÍA DEL CAUCE DEL RÍO VIRÚ POR EFECTOS DE AVENIDAS Y CAUDAL DOMINANTE, TRAMO PUENTE VIRÚ Y BOCATOMA MOCHÁN, PROVINCIA VIRÚ-DEPARTAMENTO LA LIBERTAD

AUTORES:

BACH. ALFARO LAYZA, EDWIN LUIS
BACH. WHITE ÁLVAREZ, MARTÍN PATRIZIO

FACULTAD:

INGENIERIA

CARRERA:

INGENIERIA CIVIL

PLANO:

PERFIL LONGITUDINAL SEDIMENTADO CON UN CAUDAL DE 360 m³/s

UBICACIÓN:

LOCALIDAD :SANTA ELENA
DISTRITO: VIRÚ
PROVINCIA: VIRÚ
DEPARTAMENTO: LA LIBERTAD

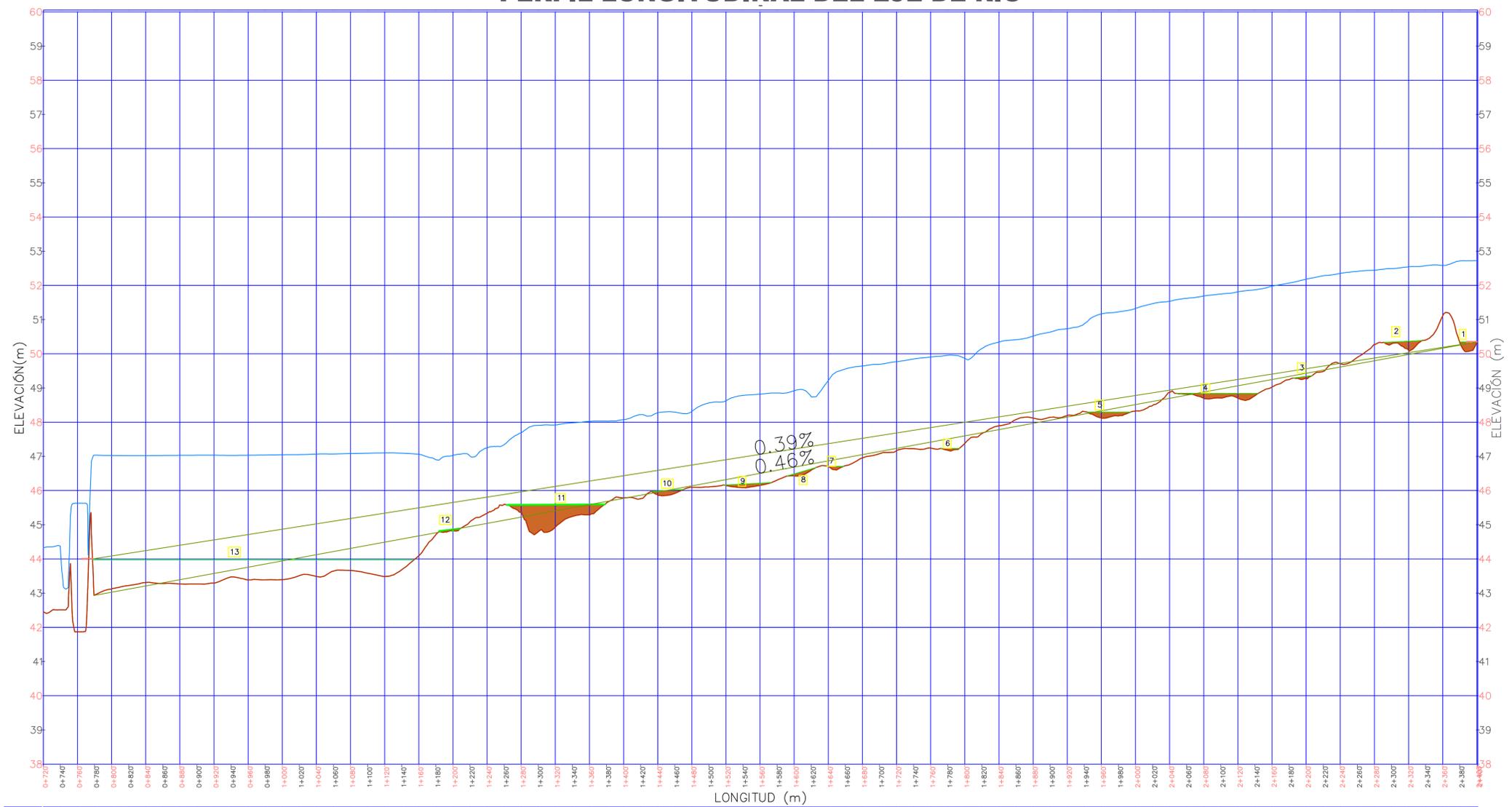
ASESOR:

ING. GARCÍA RIVERA, JUAN PABLO

LAMINA:

T-26

PERFIL LONGITUDINAL DEL EJE DE RIO





TESIS:
EVOLUCIÓN DE LA MORFOLOGÍA DEL CAUCE DEL RÍO VIRÚ POR EFECTOS DE AVENIDAS Y CAUDAL DOMINANTE, TRAMO PUNTE VIRÚ Y BOCATOMA MOCHÁN, PROVINCIA VIRÚ-DEPARTAMENTO LA LIBERTAD

AUTORES:
BACH. ALFARO LAYZA, EDWIN LUIS
BACH. WHITE ÁLVAREZ, MARTÍN PATRIZIO

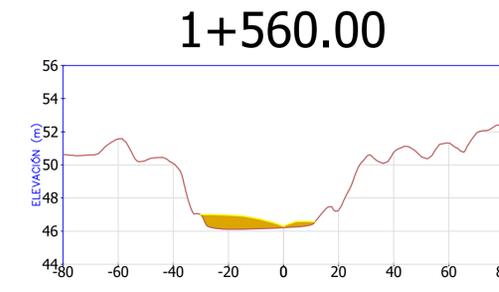
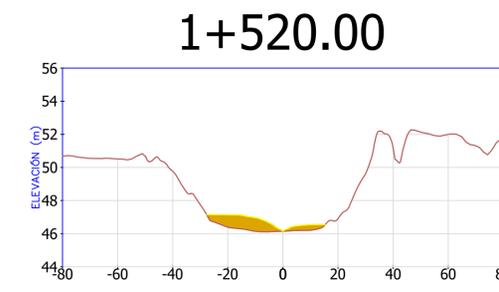
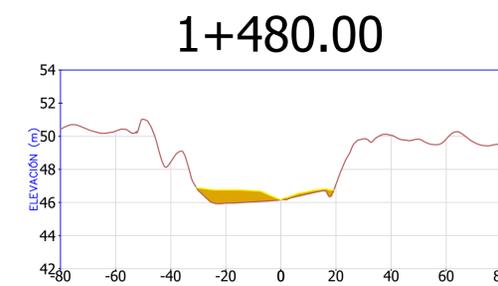
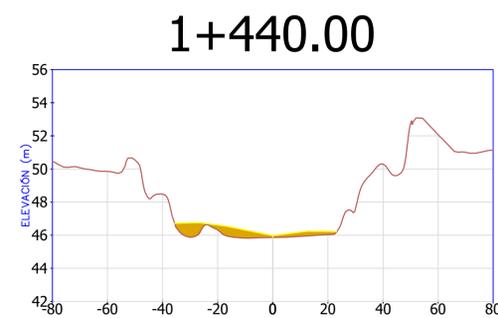
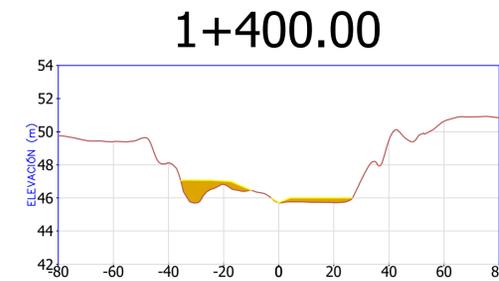
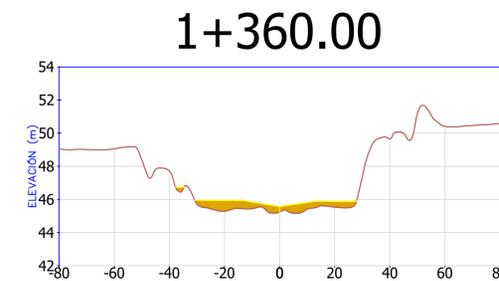
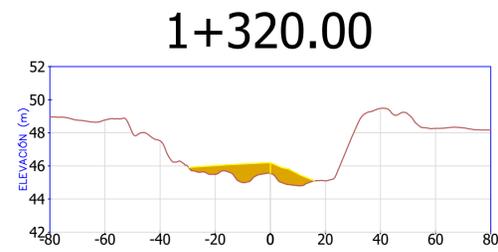
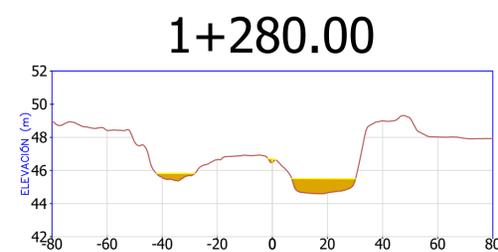
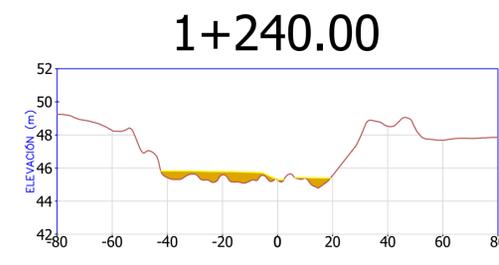
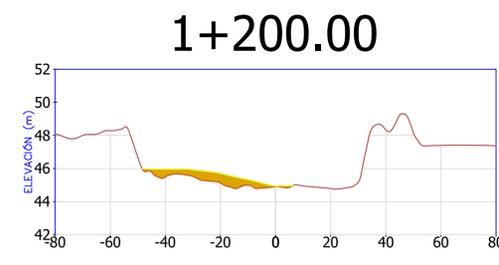
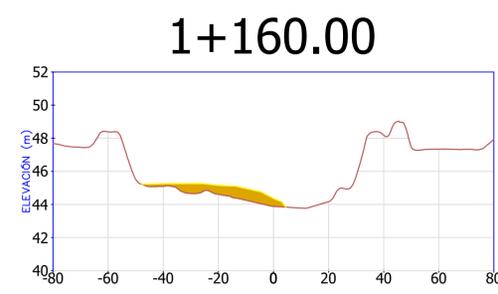
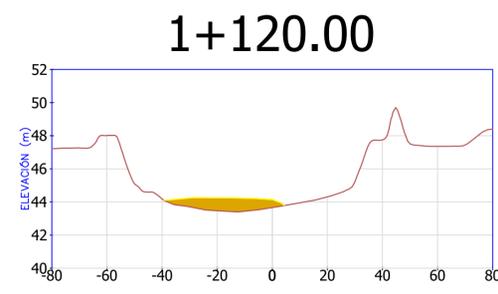
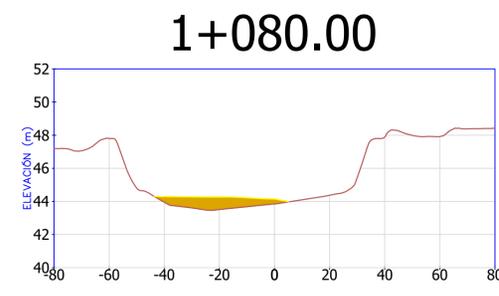
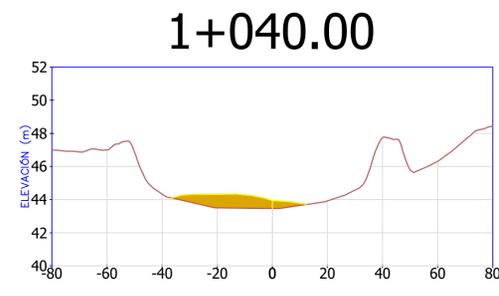
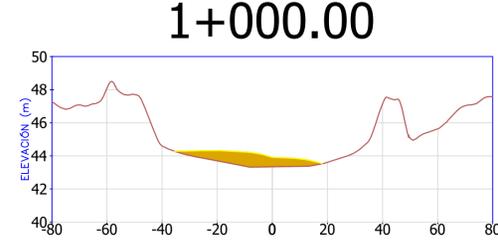
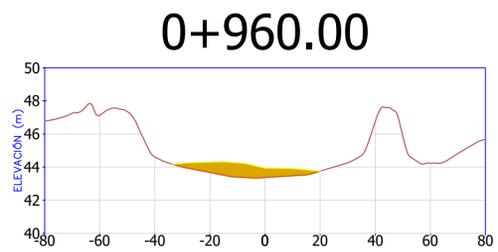
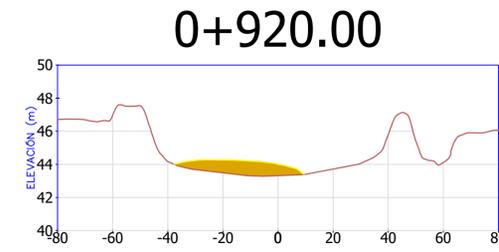
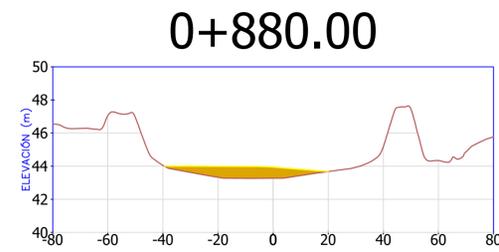
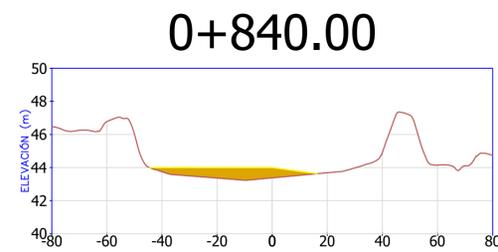
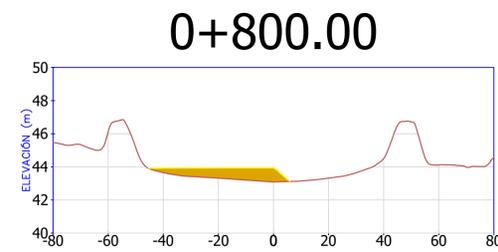
FACULTAD: INGENIERIA
CARRERA: INGENIERIA CIVIL

PLANO:
SECCIONES TRANSVERSALES CON SEDIMENTO DE FONDO CON CAUDAL DE 360m³/s

UBICACIÓN:
LOCALIDAD :SANTA ELENA
DISTRITO: VIRÚ
PROVINCIA: VIRÚ
DEPARTAMENTO: LA LIBERTAD

ASESOR:
ING. GARCÍA RIVERA, JUAN PABLO

LAMINA: T-27





TESIS:
**EVOLUCIÓN DE LA MORFOLOGÍA
DEL CAUCE DEL RÍO VIRÚ POR
EFECTOS DE AVENIDAS Y
CAUDAL DOMINANTE, TRAMO
PUENTE VIRÚ Y BOCATOMA
MOCHÁN, PROVINCIA
VIRÚ-DEPARTAMENTO LA
LIBERTAD**

AUTORES:
**BACH. ALFARO LAYZA, EDWIN LUIS
BACH. WHITE ÁLVAREZ, MARTÍN PATRIZIO**

FACULTAD: INGENIERIA
CARRERA: INGENIERIA CIVIL

PLANO:
**SECCIONES TRANSVERSALES CON
SEDIMENTO DE FONDO CON CAUDAL
DE 360m³/s**

UBICACIÓN:
**LOCALIDAD :SANTA ELENA
DISTRITO: VIRÚ
PROVINCIA: VIRÚ
DEPARTAMENTO: LA LIBERTAD**

ASESOR:
ING. GARCÍA RIVERA, JUAN PABLO

LAMINA: T-28

