

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL**



**ANÁLISIS Y DISEÑO DE DEFENSAS RIBEREÑAS PARA EL  
CONTROL DE DESBORDES Y SOCAVACIÓN EN EL CAUCE  
DEL RÍO MOTUPE PARA EL TRAMO COMPRENDIDO ENTRE  
EL CENTRO POBLADO CAHUIDE Y PAMPA DE LINO DEL  
DISTRITO DE JAYANCA, LAMBAYEQUE, 2019**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO CIVIL AMBIENTAL**

**AUTOR**

**JARDIEL YERSIN AGIP CASTILLO**

**ASESOR**

**WILMER MOISES ZELADA ZAMORA**

<https://orcid.org/0000-0002-6064-7506>

**Chiclayo, 2021**

**ANÁLISIS Y DISEÑO DE DEFENSAS RIBEREÑAS PARA  
EL CONTROL DE DESBORDES Y SOCAVACIÓN EN EL  
CAUCE DEL RÍO MOTUPE PARA EL TRAMO  
COMPRENDIDO ENTRE EL CENTRO POBLADO  
CAHUIDE Y PAMPA DE LINO DEL DISTRITO DE  
JAYANCA, LAMBAYEQUE, 2019**

PRESENTADA POR:

**JARDIEL YERSIN AGIP CASTILLO**

A la Facultad de Ingeniería de la  
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo  
para optar el título de

**INGENIERO CIVIL AMBIENTAL**

APROBADA POR:

Richard Paul Pehovaz Álvarez

PRESIDENTE

Juan Alejandro Agreda Barbaran  
SECRETARIO

Wilmer Moises Zelada Zamora  
VOCAL

## **DEDICATORIA**

Agradeciendo **a Dios** por el gran amor que tiene por nosotros y por todas las pruebas y bendiciones que nos da para superarse día a día.

**A mis queridos padres**, José y María, quienes son un gran ejemplo de superación, honestidad y perseverancia y hacen posible que yo esté alcanzando una nueva meta, a su vez inculcaron en mi persona la importancia de saber escoger las cosas correctamente y de una manera honesta y el deseo de ayudar a las personas alcanzando un gran beneficio personal.

**A mi hermano**, Jhordin, quien está presente alegrando los días de mi familia con un ejemplo de bondad y cariño hacia mis padres.

**A mi asesor**, el Ing. Wilmer Moisés Zelada Zamora por su continuo apoyo y asesoría durante el desarrollo del proyecto, por sus enseñanzas, experiencias y amistad brindada.

## **AGRADECIMIENTOS**

A toda mi familia en especial a mis padres por el apoyo económico y moral incondicional que me brindaron para el desarrollo de esta tesis

A los docentes de la escuela profesional de Ingeniería Civil Ambiental por la formación profesional y experiencias que me brindaron durante todo el transcurso de la carrera.

A mis amigos y compañeros de clase que de alguna manera contribuyeron en la elaboración de la presente tesis.

A la Municipalidad Distrital de Jayanca por haberme permitido y brindado su apoyo en la elaboración de esta tesis, en la realización de todos los permisos y estudios necesarios, al área de defensa civil de la Municipalidad por brindarme información valiosa respecto al tema.

# ÍNDICE

Resumen .....	18
Abstract.....	19
I. Introducción.....	20
II. Marco teórico.....	25
2.1 Antecedentes del problema .....	25
2.2 Bases teórico-científicas .....	40
2.3 Definición de términos básicos .....	43
III. Materiales y métodos.....	49
3.1 Tipo y nivel de investigación.....	49
3.2 Diseño de investigación .....	49
3.3 Operacionalización de variables .....	49
3.4 Población y muestra.....	50
3.5 Criterios de selección.....	51
3.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	51
3.7 Metodología.....	53
3.8 Procedimientos.....	54
3.8.1. Descripción general del área de estudio .....	54
3.8.2. Estudio topográfico.....	58
3.8.3. Estudio de Mecánica de Suelos .....	60
3.8.4. Estudio de canteras .....	62
3.8.5. Estudio Geomorfológico.....	63
3.8.6. Descripción de la cuenca .....	66
3.8.7. Estudio Hidrológico.....	71
3.8.8. Modelamiento hidráulico.....	105
3.8.9. Selección del tipo de defensa ribereña .....	121
3.8.10. Evaluación de impacto ambiental .....	134

3.9	Plan de procesamiento y análisis de datos .....	163
3.10	Matriz de consistencia.....	165
3.11	Consideraciones éticas .....	165
IV.	Resultados.....	166
4.1	Estudio Topográfico.....	166
4.2	Estudio de Suelos.....	167
4.2.1.	Inspección en campo .....	167
4.2.2.	Resumen de estudio de suelos .....	170
4.2.3.	Resumen de resultados de estudio de Canteras .....	171
4.3	Estudio Hidrológico .....	172
4.3.1.	Parámetros Geomorfológicos de la Cuenca.....	172
4.3.2.	Análisis Meteorológico.....	172
4.3.3.	Caudal Máximo .....	177
4.4	Estudio Hidráulico .....	181
4.4.1.	Resultados de HEC-RAS.....	181
4.4.2.	Resultados de IBER.....	188
4.5	Diseño de Defensas Ribereñas.....	194
4.5.1.	Diseño en zona de Pampa de Lino.....	194
4.5.2.	Diseño en zona de Abrojal.....	208
4.5.3.	Diseño en zona de C. P. Cahuide.....	230
4.5.4.	Propuestas de diseño de defensas ribereñas .....	237
4.6	Análisis Técnico – Económico .....	240
4.6.1.	Análisis Técnico .....	240
4.6.2.	Análisis Económico.....	242
4.7	Evaluación de Impacto Ambiental.....	250
V.	Discusión .....	252
VI.	Conclusiones y recomendaciones.....	254

6.1. Conclusiones .....	254
6.2. Recomendaciones .....	257
VII. Bibliografía.....	258
VIII. Anexos.....	263

## Lista de figuras

Figura N° 1.	Inundación por desbordes de los ríos Motupe y la Leche.....	26
Figura N° 2.	Planeamiento de obras y desvío de los ríos La Leche y Motupe, 1997.	27
Figura N° 3.	Zona que se afecta por el cauce antiguo del río. ....	27
Figura N° 4.	Río Motupe viejo, erosión por ambos taludes. ....	28
Figura N° 5.	Dique de desvío del río Motupe, luego de tomar una avenida de 600 m <sup>3</sup> /s, imagen de 08/01/1998 .....	28
Figura N° 6.	Río Motupe – desvío al cauce antiguo del río. Nótese dique desviador construido .....	29
Figura N° 7.	Rescate a población afectada por inundación en el C.P. Pampa de Lino .....	31
Figura N° 8.	Maquina contratada para reforzar el dique en el desvío del río Motupe. ....	31
Figura N° 9.	Análisis de la sinuosidad del cauce del río Motupe .....	33
Figura N° 10.	Análisis de la sinuosidad del cauce del río Motupe, sector Pampa de Lino .....	33
Figura N° 11.	El distrito de Jayanca inundado por el desborde del río Motupe.....	34
Figura N° 12.	Software, Autoridad Nacional del Agua (ANA).....	41
Figura N° 13.	Tipos de muros masivos rígidos .....	46
Figura N° 14.	Muros en gaviones .....	46
Figura N° 15.	Muros criba .....	47
Figura N° 16.	Muros de llantas usadas .....	47
Figura N° 17.	Muros enrocados.....	47
Figura N° 18.	Esquema de ubicación de la zona de estudio .....	54
Figura N° 19.	Señalización de zona en estudio .....	55
Figura N° 20.	Subcuencas del río Motupe .....	55
Figura N° 21.	Toma de puntos con Estación Total en el cauce del río Motupe; altura del C.P. Pampa de Lino .....	58
Figura N° 22.	Presencia de Arbustos y dificultad para la toma de datos con estación total. ....	59
Figura N° 23.	Nube de puntos tomados por la estación total. ....	59
Figura N° 24.	Malla de triangulación generada en el tramo de análisis. ....	60

Figura N° 25. Vista en planta de las curvas de nivel generadas del cauce natural de tramo en análisis. ....	60
Figura N° 26. Ubicación de puntos de exploración de EMS. ....	61
Figura N° 27. Ríos y curvas de nivel obtenidos de Cartas Nacionales. ....	63
Figura N° 28. Archivo TIN de la superficie creada por las curvas de nivel. ....	64
Figura N° 29. Ubicación del punto de aforo de la cuenca .....	64
Figura N° 30. Cuenca delimitada en ArcGIS. ....	65
Figura N° 31. Curvas de nivel, ríos y archivo tipo TIN recortados según delimitación de cuenca Motupe. ....	65
Figura N° 32. Ubicación general de la cuenca del río Motupe .....	66
Figura N° 33. Características Geomorfológicas de la Cuenca Motupe .....	69
Figura N° 34. Cobertura vegetal de la cuenca del río Motupe .....	70
Figura N° 35. Mapa hidrográfico de la cuenca Motupe .....	71
Figura N° 36. Visualización gráfica de los parámetros de forma de la cuenca Motupe .....	73
Figura N° 37. Curva Hipsométrica de la cuenca Motupe representada con áreas. ....	74
Figura N° 38. Tipos de ríos según la forma de su curva hipsométrica .....	74
Figura N° 39. Curva hipsométrica y Elevación Media de la subcuenca del río Motupe. ....	75
Figura N° 40. Agrupamiento de curvas para calcular la pendiente de la cuenca. ....	75
Figura N° 41. Vista del cauce principal de la cuenca Motupe. ....	78
Figura N° 42. Perfil longitudinal del río principal de la cuenca Motupe. ....	78
Figura N° 43. Orden de la cuenca del río Motupe .....	79
Figura N° 44. Clasificación climática de la cuenca del río Motupe según SENAMHI81	
Figura N° 45. Subdelimitación de cuencas. ....	82
Figura N° 46. Ubicación de estaciones meteorológicas. ....	83
Figura N° 47. Río principal para cada subcuenca. ....	83
Figura N° 48. Mapa de Tipo de suelo. ....	84
Figura N° 49. Cobertura vegetal. ....	85
Figura N° 50. Intersección del tipo de suelo y cobertura vegetal. ....	85
Figura N° 51. Grupo hidrológico en función al tipo de suelo. ....	86
Figura N° 52. Uso de método de Polígonos de Thiessen. ....	90
Figura N° 53. Modelo de transporte de agua. ....	100
Figura N° 54. Número de curva para la subcuenca W100. ....	101

Figura N° 55.	Tiempo de retardo para la subcuenca W100.....	102
Figura N° 56.	Serie de datos del hietograma de la estación Jayanca, T_20 años. ....	102
Figura N° 57.	Serie de datos del hietograma de la estación Cueva Blanca, T_20 años. .....	103
Figura N° 58.	Serie de datos del hietograma de la estación Olmos, T_20 años .....	103
Figura N° 59.	Serie de datos del hietograma de la estación Puchaca, T_20 años .....	104
Figura N° 60.	Modelo meteorológico por peso de estaciones y asignación de factores a la estación W400. ....	104
Figura N° 61.	Intervalo de tiempo en modelo de control en HEC-HMS.....	105
Figura N° 62.	Visualización de las líneas de muestreo de todo el cauce del río .....	106
Figura N° 63.	Proceso de exportar las líneas de muestreo de CIVIL 3D a HEC-RAS. .....	106
Figura N° 64.	Etapas a consideras al momento de introducir los datos para un modelo de flujo permanente .....	106
Figura N° 65.	Unidades a trabajar en HEC-RAS.....	107
Figura N° 66.	Vista en planta de la geometría importada en HEC-RAS.....	107
Figura N° 67.	Vista de las secciones transversales de cada estación, visualización de los límites de coeficientes de Manning.....	108
Figura N° 68.	Ingreso de condiciones de contorno y caudales en software. ....	108
Figura N° 69.	Plan de simulación en flujo subcrítico .....	109
Figura N° 70.	Comparación entre ambos métodos .....	110
Figura N° 71.	Estructura del modelo .....	110
Figura N° 72.	Condiciones aguas arriba y aguas abajo .....	111
Figura N° 73.	Ingreso de temperatura.....	111
Figura N° 74.	Ecuaciones para calculo de sedimentos .....	112
Figura N° 75.	Datos de tipos de materiales usados en el HEC-RAS.....	112
Figura N° 76.	Descripción de datos iniciales para erosión en cada estación.....	113
Figura N° 77.	Muestra granulométrica de la calicata 1. ....	113
Figura N° 78.	Condiciones de contorno para la entrada de sedimentos. ....	114
Figura N° 79.	Plan de transporte de sedimentos.....	114
Figura N° 80.	Archivo TIN de la zona en análisis.....	115
Figura N° 81.	Archivo RASTER con celdas cada 0.5 m para una mayor precisión. ....	115
Figura N° 82.	Polígono indicador de rugosidades .....	116
Figura N° 83.	Imagen importada en formato .shp. ....	116

Figura N° 84.	Rugosidades de Manning usadas en el análisis.....	116
Figura N° 85.	Ingreso de caudal y salida de agua.....	117
Figura N° 86.	Malla generada en IBER.....	117
Figura N° 87.	Datos del problema asignados para el cálculo. ....	118
Figura N° 88.	Tramo en Pampa de lino protegido con diques.....	119
Figura N° 89.	Tramo protegido en zona de Abrojal protegido con espigones para la disminución de la velocidad .....	119
Figura N° 90.	Tramo aguas abajo, protección de dique en ambas márgenes (C.P. Pampa de Lino) .....	120
Figura N° 91.	Zona de protección con espigones y enrocado. ....	120
Figura N° 92.	Protección a la altura de C.P. Cahuide.....	121
Figura N° 93.	Esquema de ubicación de la zona de estudio. ....	138
Figura N° 94.	Área de estudio .....	138
Figura N° 95.	Tramos a proteger .....	138
Figura N° 96.	Vías de comunicación a la zona del proyecto, Chiclayo-Jayanca. ....	139
Figura N° 97.	Vías de comunicación a la zona del proyecto, Jayanca-C.P. Cahuide.	139
Figura N° 98.	Vías de comunicación a la zona del proyecto, Jayanca-Abrojal.....	140
Figura N° 99.	Vías de comunicación a la zona del proyecto, Jayanca-Dique. ....	140
Figura N° 100.	Vías de comunicación a la zona del proyecto, Jayanca-Puente peatonal Pampa de Lino. ....	141
Figura N° 101.	Área de influencia directa del proyecto de defensas ribereñas. ....	142
Figura N° 102.	Área de influencia indirecta del proyecto de defensas ribereñas. ...	143
Figura N° 103.	Características Geomorfológicas de la zona de estudio. ....	147
Figura N° 104.	Perfil longitudinal de 1 tramo de río .....	166
Figura N° 105.	Secciones transversales de cauce del río Motupe.....	167
Figura N° 106.	Imagen de zona erosionada en cauce de río Motupe.....	167
Figura N° 107.	Diciembre 1969 .....	168
Figura N° 108.	Julio 2010 .....	168
Figura N° 109.	Febrero 2011 .....	168
Figura N° 110.	Octubre 2016.....	169
Figura N° 111.	Marzo 2017 .....	169
Figura N° 112.	Situación actual del cauce enero 2021 .....	169
Figura N° 113.	Ubicación de exploraciones. ....	170
Figura N° 114.	Caudal en subcuenca W100. ....	178

Figura N° 115.	Caudal en subcuenca W200. ....	178
Figura N° 116.	Caudal en subcuenca W300. ....	179
Figura N° 117.	Caudal en subcuenca W400. ....	179
Figura N° 118.	Caudal en subcuenca W500. ....	179
Figura N° 119.	Caudal en subcuenca W600. ....	180
Figura N° 120.	Caudal total en el punto de aforo. ....	180
Figura N° 121.	Perfil longitudinal del tramo analizado. ....	181
Figura N° 122.	Vista isométrica de la llanura de inundación .....	181
Figura N° 123.	Zona representativa de llanura de inundación en sección 1200. ....	182
Figura N° 124.	Perfil longitudinal del tramo en análisis.....	182
Figura N° 125.	Vista isométrica del cauce analizado. Visibilidad de diques de protección en zona inundable. ....	183
Figura N° 126.	Sección transversal 1200.....	183
Figura N° 127.	Perfil longitudinal del cauce natural con erosión/agradación para un caudal de 703.9 m <sup>3</sup> /s.....	184
Figura N° 128.	Capacidad erosiva desde la estación 500 hasta la estación 900 .....	184
Figura N° 129.	Erosión considerable es desde la estación 1860 hasta la estación 2200. ....	185
Figura N° 130.	Erosión desde la estación 4000 a la estación 4600.....	185
Figura N° 131.	Agradación significativa desde la estación 2800 hasta la estación 2400. ....	186
Figura N° 132.	Agradación en aguas abajo del tramo en análisis, desde la estación 500 hasta la estación 0. ....	186
Figura N° 133.	Perfil longitudinal del cauce descolmatado con erosión/agradación para un caudal de 703.9 m <sup>3</sup> /s.....	187
Figura N° 134.	Inundación producida con el cauce natural de terreno.....	188
Figura N° 135.	Sección transversal de inundación de cauce natural en zona de Pampa de Lino. ....	188
Figura N° 136.	Distribución de velocidades a lo largo del cauce analizado.....	188
Figura N° 137.	Inundación producida con el cauce descolmatado de terreno.....	189
Figura N° 138.	Sección transversal de inundación de cauce limpio en zona de Pampa de Lino .....	189
Figura N° 139.	Distribución de velocidades en el cauce descolmatado. ....	189
Figura N° 140.	Descripción de las zonas a proteger .....	190

Figura N° 141.	Paso del agua con la colocación de diques en la zona de Pampa de Lino y la colocación de espigones en la zona de abrojal. ....	190
Figura N° 142.	Distribución de velocidades con diques y espigones de protección.	190
Figura N° 143.	Velocidad sin espigones .....	191
Figura N° 144.	Velocidad con espigones .....	191
Figura N° 145.	Análisis de erosión – agradación en zona de Pampa de Lino. ....	192
Figura N° 146.	Análisis de erosión – agradación en zona de Abrojal con cauce limpio. ....	192
Figura N° 147.	Análisis de erosión – agradación en zona de Abrojal con cauce limpio con espigones. ....	193
Figura N° 148.	Análisis de erosión – agradación en zona de Cahuide. ....	193
Figura N° 149.	Zonas a proteger en el cauce del río Motupe. ....	194
Figura N° 150.	Tramo en análisis software IBER.....	196
Figura N° 151.	Tramo en análisis software HEC-RAS 5.0.4.....	196
Figura N° 152.	Tirante de agua software IBER .....	197
Figura N° 153.	Tirante de agua software HEC-RAS - Terreno natural nivelado para defensas ribereñas.....	197
Figura N° 154.	Velocidad Software IBER.....	198
Figura N° 155.	Velocidad Software HEC-RAS.....	198
Figura N° 156.	Valores obtenidos del software IBER sobre el número de Froude. ....	199
Figura N° 157.	Profundidad de Socavación IBER.....	201
Figura N° 158.	Profundidad de Socavación HEC-RAS.....	201
Figura N° 159.	Protección del pie de talud en zona de Pampa de Lino .....	202
Figura N° 160.	Vista de frente del Tetrápodo .....	206
Figura N° 161.	Partes de un tetrápodo. ....	207
Figura N° 162.	Tramo en análisis software IBER.....	209
Figura N° 163.	Tramo en análisis software HEC-RAS 5.0.4.....	210
Figura N° 164.	Tirante de agua software IBER en zona de Abrojal.....	211
Figura N° 165.	Tirante de agua software HEC-RAS - Terreno natural nivelado para defensas ribereñas.....	211
Figura N° 166.	Velocidad Software IBER con y sin espigones en zona de Abrojal. ....	212
Figura N° 167.	Velocidad Software HEC-RAS en zona Abrojal. ....	212
Figura N° 168.	Valores obtenidos del software IBER sobre el número de Froude. ....	213

Figura N° 169.	Erosión sin espigones.....	215
Figura N° 170.	Socavación con espigones.....	216
Figura N° 171.	Profundidad de Socavación HEC-HMS.....	216
Figura N° 172.	Protección del pie de talud en zona de Abrojal.....	218
Figura N° 173.	Sección de espigón 1.....	225
Figura N° 174.	Vista en planta de la colocación de gaviones en zona de Cahuide.	236
Figura N° 175.	Secciones Transversales de los gaviones en zona de Cahuide.....	236

## Lista de gráficos

Gráfico N° 1.	Gráficos de las distribuciones para las precipitaciones de la Estación Jayanca .....	93
Gráfico N° 2.	Comparación con el programa Hydrognomon para la estación Jayanca .....	94
Gráfico N° 3.	Curvas IDF para distintos periodos de retorno. ....	98
Gráfico N° 4.	Precipitación Máxima en 24 horas por estaciones. ....	175
Gráfico N° 5.	Hietograma de Precipitaciones por método de Bloque Alterno.....	175

## Lista de tablas

Tabla 1:	Provincia de Lambayeque: viviendas afectadas y destruidas (fenómeno el niño 1998).	29
Tabla 2:	Daños producidos por inundación en el niño 2017.	32
Tabla 3:	Información meteorológica de la zona de estudio.	56
Tabla 4:	Registros históricos de Precipitaciones Máximas en 24 horas.	57
Tabla 5:	Ubicación geográfica de las estaciones meteorológicas	83
Tabla 6:	Grupo hidrológico para a subcuenca W100 y W200.	84
Tabla 7:	Cálculo del tiempo de concentración y tiempo de retardo para cada subcuenca.	89
Tabla 8:	Influencia de estaciones para cada subcuenca.	90
Tabla 9:	Distribuciones a las precipitaciones de la estación Jayanca.	93
Tabla 10:	Precipitaciones máximas anuales en 24 horas.	96
Tabla 11:	Precipitación de diseño para duraciones menores a 24 horas.	96
Tabla 12:	Intensidades de diseño para duraciones menores a 24 horas.	97
Tabla 13:	Resultados de ajuste lineal.	97
Tabla 14:	Intensidades para distintos periodos de retorno.	97
Tabla 15:	Hietograma de diseño por método de bloque alterno para TR de 5 años.	98
Tabla 16:	Hietograma de diseño por método de bloque alterno para TR de 5 años.	99
Tabla 17:	Vías de acceso a la zona del proyecto.	139
Tabla 18:	Variables climáticas de algunas regiones de la zona de estudio.	143
Tabla 19:	Ubicación geográfica de las estaciones meteorológicas representativas de la zona de estudio.	144
Tabla 20:	Longitud de registros históricos de Precipitaciones Máximas en 24 horas de estaciones representativas en la zona de estudio.	144
Tabla 21:	Resultados de Caudales Máximos a diferentes periodos de retorno.	145
Tabla 22:	Familias y número de especies de mamíferos de la zona de estudio.	149
Tabla 23:	Familias y número de especies de aves de la zona de estudio.	150
Tabla 24:	Familias y número de especies de reptiles de la zona de estudio.	150
Tabla 25:	I.E. en los centros poblados de Jayanca.	151
Tabla 26:	Descripción de los factores ambientales.	153
Tabla 27:	Impactos por actividad.	154
Tabla 28:	Impactos por tipo de factor ambiental.	155

Tabla 29:	Resumen de resultados del estudio de topografía en la zona de Jayanca. .....	166
Tabla 30:	Tipo de suelo en la zona de estudio.....	170
Tabla 31:	Resultados de perfil estratigráfico. ....	170
Tabla 32:	Resultados de ensayos de Cantera Desmotadora para gavión y filtro de grava. ....	171
Tabla 33:	Resultados de ensayos de Cantera en Pampa Vernilla para enrocados. .	171
Tabla 34:	Resultados de ensayos de agregados y diseño de mezcla.....	171
Tabla 35:	Resumen de los principales parámetros geomorfológicos de la cuenca Motupe. ....	172
Tabla 36:	Prueba de bondad-ajuste para la estación CUEVA BLANCA.....	172
Tabla 37:	Prueba de bondad-ajuste para la estación JAYANCA .....	173
Tabla 38:	Prueba de bondad-ajuste para la estación OLMOS .....	173
Tabla 39:	Prueba de bondad-ajuste para la estación PUCHACA .....	173
Tabla 40:	Estaciones meteorológicas de Precipitaciones Máximas 24 horas.....	174
Tabla 41:	Resumen de la Precipitación Máxima a diferentes periodos de retorno por el método del bloque alterno. ....	177
Tabla 42:	Resultados de Caudales Máximos a diferentes periodos de retorno. ....	180
Tabla 43:	Resumen de metrados de opción 1. ....	243
Tabla 44:	Resumen de presupuesto para la opción 1.....	244
Tabla 45:	Porcentaje de recursos con respecto al costo directo para la opción 1...	244
Tabla 46:	Total de horas hombre y costo respectivo de la opción 1.....	244
Tabla 47:	Total de horas máquina y costo respectivo de la opción 1. ....	245
Tabla 48:	Cronograma de ejecución de proyecto de opción 1.....	245
Tabla 49:	Resumen de metrados de opción 2. ....	246
Tabla 50:	Resumen de presupuesto para la opción 2.....	247
Tabla 51:	Porcentaje de recursos con respecto al costo directo para la opción 2...	247
Tabla 52:	Total de horas hombre y costo respectivo de la opción 2.....	247
Tabla 53:	Total de horas máquina y costo respectivo de la opción 2. ....	248
Tabla 54:	Cronograma de ejecución de proyecto de opción 2.....	248
Tabla 55:	Costo total de Mitigación de Impacto ambiental de la opción 1. ....	251

## Resumen

El presente proyecto en mención consiste en el análisis y diseño de Defensas Ribereñas para el cauce del río Motupe comprendido desde el centro poblado Cahuide hasta el centro poblado Pampa de Lino en el distrito de Jayanca. Según estudios, la crecida del río ocasiona el desborde de este, perjudicando a la población y más de 150 hectáreas de cultivos en la zona. Para la realización del estudio, se identificaron 3 zonas propensas a inundación y erosión en sus márgenes; Pampa de Lino, Abrojal y Cahuide; la identificación se realizó mediante un modelamiento hidráulico usando HEC-RAS e IBER, tomando en cuenta la topografía y las condiciones hidrológicas presentes en la cuenca. Se diseñó 2 tipos de defensas ribereñas en cada tramo crítico teniendo en cuenta la erosión/socavación general, agradación, velocidades y tirantes de agua. Posteriormente, se realizó una comparación técnica-económica de defensas, previniendo así el desborde del río que es el principal problema de la zona producto máximas avenidas en épocas de Fenómenos “El Niño”, generando así protección adecuada de los pobladores aledaños y los terrenos de cultivo de la zona.

**Palabras clave:** defensas ribereñas, inundación, socavación general, desborde, máximas avenidas.

## **Abstract**

The present project in question consists of the analysis and design of Riparian Defenses for the Motupe river bed from the Cahuide town center to the Pampa de Lino town center in the Jayanca district. According to studies, the flooding of the river causes it to overflow, harming the population and more than 150 hectares of crops in the area. To carry out the study, 3 areas prone to flooding and erosion were identified on their margins; Pampa de Lino, Abrojal and Cahuide; the identification was carried out through hydraulic modeling using HEC-RAS and IBER, taking into account the topography and hydrological conditions present in the basin. Two types of riparian defenses were designed in each critical section, taking into account general erosion / scour, aggravation, velocities and water depths. Subsequently, a technical-economic comparison of defenses was carried out, thus preventing the overflowing of the river, which is the main problem in the area due to maximum avenues in times of “El Niño” phenomena, thus generating adequate protection for the surrounding inhabitants and the lands of cultivation of the area.

**Keywords:** riparian defenses, flooding, general scour, overflow, maximum avenues.

## I. Introducción

En el evento El Niño, se dan sequías en algunos países del mundo como ocurrió en el año 1997-1998, Según [1], estos países, el continente americano fueron estados unidos y México, en África fueron Túnez y Senegal, en Asia fue China e Indonesia, en el continente Oceanía lo fue Australia. Pero a la misma vez este fenómeno es oscilatorio para otros países como: Perú, Ecuador, Venezuela, Argentina, Bolivia y Colombia el impacto es cambiante con inundaciones, afectando las zonas agrícolas con impactos sumamente negativo a las áreas de cultivo por la erosión de los suelos y por inundaciones”.

En Perú, durante muchos años, se escucha hablar del Fenómeno El Niño, pues se tiene precedente que, este causa muchos destrozos para el país. Cabe destacar que a inicios del año 2017 se registró caudales elevados según el SENAMHI en diferentes partes del país dando alarmas nacionales sobre todo porque algunas zonas ya eran vulnerables por situaciones hidrológicas anteriores, pero según [2], “para el general **Jorge Luis Chávez**, jefe del Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI), este fenómeno fue un hecho excepcional. Es bueno saber que en relación a El Niño del 83 al 84 y del 97 al 98, éste fue el más brutal, En esta ocasión estuvo focalizado principalmente en nuestro país y tuvo un saldo de más de 225 fallecidos, alrededor de 300 mil damnificados y más de 2 millones de afectados. De los 1.850 distritos a nivel nacional, 879 fueron afectados”.

Lambayeque no estuvo exento de sufrir daños por fenómeno, ya que fue de los departamentos más afectadas junto a Tumbes y Piura, fueron tales los desastres en el 2017 que El gobierno en el Decreto Supremo No. 011-2017-PCM declaró los departamentos antes mencionados en estado de emergencia. Indicando que se debe proporcionar la mayor ayuda posible, sobre todo para aquellas poblaciones cercanas a ríos que se activaron por intensas lluvias.

Estudios realizados por [3] que realizaron un análisis geológico, geomorfológico y de peligros en los sectores de Jayanca, Pacora e Íllimo, en el mes de diciembre de 2017, que fueron afectados por inundaciones fluviales y determinaron que son lugares donde la socavación en los ríos La leche y Motupe está activa y también son cauces potenciales de inundaciones para los sectores en mención; lo que conlleva a realizar trabajos de prevención y sistemas de protección. El río Motupe actualmente es un río seco, y solo se carga de agua en épocas de lluvias, desde los meses de enero, febrero y marzo, esto provoca un inesperado caudal que, al no tener limpieza durante todo el año, lleve consigo

todo tipo de material y plantas arrancadas al estar en el cauce del río, esto genera que aumente considerablemente el caudal, lo que provoca inundación en zonas de cultivo y socavación de muchos tramos del río.

El distrito de Jayanca ha sido escenario de muchos desastres a lo largo de su historia, la mayoría de estos tienen que ver por desbordes producidos por el río Motupe que pasa por este distrito, que en época de lluvias este se desborda y logra afectar terrenos de cultivo y los centros poblados cercanos al cauce. Se tiene registros del que fenómeno del niño viene afectando esta zona desde el año 1578 que tras el desborde del río Motupe, en Jayanca se registra que según [3] “se consigna cincuenta días más o menos de lluvia diaria. El río que viene de Motupe y Salas entró en Jayanca y arrasó con las casas. El pueblo quedó rodeado por el agua. La población se refugió en un lugar elevado donde estuvo más de mes y medio”. Para los fenómenos del niño de 1877 y 1878 se registró que en [3] “se reportaron daños severos a la infraestructura de transporte y a la agricultura (se perdió la cosecha de algodón). Se reportaron impactos severos en Motupe”. Para el año de 1998, según [3] “se registran daños de pérdidas de terrenos de cultivo, pérdidas de tierras por ampliación del cauce del río Motupe e ingreso de agua a la ciudad de Jayanca tras el desborde de la quebrada Zurita”

Las causas del desborde del río Motupe según [3] es porque generalmente para épocas de lluvias este río se encuentra colmatado con mucha presencia de vegetación, su cauce es muy sinuoso o meándrico, también porque en épocas de enero a marzo, se presentan intensas lluvias que sumadas a las causas anteriores provocan la problemática actual.

En el último fenómeno del niño en pasado 2017 según los pobladores y según [3] al tener en cuenta de que el río Motupe tiene 2 cauces, uno antiguo y el actual por el que ha sido desviado el río mediante la puesta de un dique, en el sector entre Pampa El Lino, frente a Jayanca. El río Motupe se separa en dos brazos, el brazo izquierdo, cruza los sectores de Jayanca y Pacora hasta encontrarse con el río La Leche en el sector Las Juntas. Mientras el que va por la derecha, cruza terrenos de cultivo de los sectores Santa Lucía y San Juan, hasta encontrarse con un canal artificial derivado del río La Leche, el cual desemboca posteriormente en la laguna La Niña. Cuando el río creció violentamente (marzo 2017), originó el colapso del dique. El flujo de agua se canalizó por el antiguo cauce, erosionando todo lo que encontró a su paso, afectando principalmente terrenos de cultivo, vías de

acceso y viviendas; la mayor inundación se dio entre la zona comprendida entre Jayanca-Pacora.

El sector Jayanca - Pampa de Lino generó inundación y erosión fluvial, destruyendo defensas ribereñas (muro), por donde se desbordó el agua. Esto sucedió porque el río tras mantener un caudal bajo de años atrás, en esa época duplicó su cauce llegando a tener 500 m<sup>3</sup>/s por lo que generó pérdidas por inundaciones de muchas zonas tanto de cultivo como urbanas. Según noticias de [4], fueron afectados parte del poblado de Jayanca, el centro recreativo “Las Pirkas” y más de 116 hectáreas de zonas de cultivo a lo largo de su cauce. Cabe mencionar que en el distrito de Jayanca hay una producción de maíz, lenteja, sandía, zapallos y todas estas zonas de cultivo fueron afectadas.

Según el informe de [5], “realizado en abril del 2018, informó que en el Distrito de Jayanca se registraron en el anterior fenómeno “el niño” del 2017, 5950 personas damnificadas y 13231 personas afectadas, 665 viviendas colapsadas, 525 viviendas inhabitables, 2646 viviendas afectadas, 02 instituciones educativas afectadas, 01 establecimiento de salud, 13.5 km de caminos rurales destruidos y 15.1 km de caminos rurales afectados”. En este año, las únicas medidas de prevención optadas para evitar desastres han sido la limpieza del río, para lo cual, los pobladores no están de acuerdo con esta medida, ya que saben que eso no detendrá el desborde del río ante un eventual fenómeno. En este informe, recomiendan que es necesario la intervención al cauce del río, mediante defensas ribereñas de tipo espigones para alejar la corriente de la orilla y controlar la mitigación de meandros.

Según el informe de [5] se han identificado dos puntos críticos a lo largo de todo el cauce porque se constituyen centros poblados con poblaciones elevadas y que representa peligro al producirse una inundación, como ocurrió en el año 2017. Para ello en el informe realizado por [6] al centro poblado Pampa de Lino, se determinó que se encuentra en un riesgo de inundación muy alto por su muy baja diferencia de cotas entre el centro poblado y el río, llegando a recomendar que la ciudad deba contar con un sistema de evacuación de aguas y con respecto al río Motupe, que este deba tener un sistema de defensas ribereñas para salvaguardar la vida de las personas que habitan ese lugar.

Para el centro poblado Cahuide, que se ubica en la parte inicial del tramo tomado para el desarrollo de la tesis, según el informe de [7], recomiendan que se construya una defensa tipo gaviones en la ribera del río que pasa por el centro poblado, ya que en épocas de

fenómeno del niño el agua impacta contra la ciudad, causando inundaciones y pérdidas materiales a los pobladores.

Actualmente, no existen proyectos completos sobre el diseño de defensas ribereñas para la zona de Jayanca, lo único que hay son informes y peritajes realizados por las autoridades del ANA y de la Municipalidad del distrito pidiendo con urgencia la realización de dichos proyectos para salvaguardar las zonas de cultivo y las viviendas y los centros poblados aledaños al río Motupe. Por lo que un diseño de defensas ribereñas para el control de inundaciones es esencial para el desarrollo de este distrito y de zonas aledañas.

A partir del problema planteado y considerando la importancia que representa la cuenca del Río Motupe y su riesgo de inundación en el distrito de Jayanca y localidades adyacentes, el proyecto ha fomentado que surjan numerosas interrogantes y en base al estado del problema descrito, se ha creído realizar la siguiente pregunta:

¿Cuál es la mejor opción de diseño de las defensas ribereñas para controlar el desborde y socavación del cauce del río Motupe, en sus partes más críticas, por su paso por el centro poblado Cahuide hasta el centro poblado Pampa de Lino del distrito de Jayanca – Lambayeque?

Se plantea analizar el siguiente objetivo general: Analizar y diseñar las defensas ribereñas en el cauce del río Motupe en el tramo comprendido entre el C.P. Cahuide y C.P. Pampa de Lino del distrito de Jayanca especialmente en sus zonas más críticas para controlar las inundaciones y erosión del cauce del río.

Mediante esto determina los siguientes objetivos específicos: Determinar las propiedades mecánicas del suelo mediante un estudio de Mecánica de Suelos y materiales, determinar las características topográficas del cauce del río y elaborar los planos de topografía, realizar el análisis Geomorfológico con el software ArcGIS e Hidrológico con el software HEC-HMS de la cuenca del río Motupe, determinar las zonas de riesgo del cauce del río mediante un modelamiento Hidráulico con el software, HEC-RAS e IBER, evaluar las alternativas de diseño de defensas ribereñas en las zonas vulnerables del cauce del río, realizar el modelamiento hidráulico en 1D y 2D incluyendo las defensas ribereñas para tramo en estudio, realizar el análisis técnico y económico de dos tipos de defensas ribereñas y escoger la que mejor se adapta a cada tramo vulnerable de la zona en estudio,

elaborar la evaluación de impacto ambiental que dará lugar tras la construcción del proyecto en la zona.

La justificación técnica del proyecto es debido a la aplicación de los distintos métodos de diseño utilizados para el manejo de grandes precipitaciones fluviales, realizando así un diseño de defensas eficientes y duraderas e incluyendo la aplicación de softwares que realizará la modelación geomorfológica, hidrológica e hidráulica del cauce del río, evitando así la pérdida de ganado, cultivos agrícolas y viviendas.

Socialmente, el proyecto pretende mejorar en primer lugar el problema de inundabilidad presentes en épocas de grandes avenidas cuando el cauce del río se eleva, salvaguardando las viviendas tanto de los pobladores que viven cerca al cauce del río natural como al cauce del río actual; esto les permitirá vivir de una vida más segura, aumentando y mejorando la calidad de vida, además, de darles una mayor seguridad cuando se presente algún fenómeno sobrenatural de crecida de aguas en el río. En segundo lugar, el proyecto pretende solucionar el problema de socavación del río, ya que eso genera, en épocas de lluvias, que su cauce se vuelva inestable, afectando así a terrenos de cultivos y a la población aledaña al cauce.

Económicamente, el proyecto permitirá disminuir el riesgo por inundaciones y un mejor manejo del agua y con ello la apertura de tierras arables permanentes, aun habiendo la crecida de lluvias, mejorando así la economía de la población al disminuir pérdidas de cultivos causadas por el desborde del río Motupe; además de dar una mejor calidad de vida a los pobladores adyacentes al cauce del río natural, que actualmente viven con la preocupación de un repentino desborde como ocurrió en el año 2017.

En lo ambiental, el proyecto reducirá la presencia de lodos generado por las inundaciones en zonas urbanas y cultivos, disminuyendo así la aparición de enfermedades e insectos.

En lo científico, este proyecto permitirá aplicar distintos conocimientos en las especialidades que comprende su elaboración, estas son: realizar ensayos de mecánica de suelos determinando características y propiedades del cauce del río, realización de levantamiento topográfico, estudios hidrológicos, comparar mediante la utilización de distintos softwares como son IBER y ArcGIS cálculos hidráulicos y diseños de estructuras hidráulicas.

## **II. Marco teórico**

### **2.1 Antecedentes del problema**

En esta tesis se consideran los siguientes antecedentes:

#### **ANTECEDENTES GENERALES**

El valle del río Motupe es una de las áreas más importantes en la región Lambayeque, se caracteriza por el desarrollo de una agricultura tradicional y la falta de un sistema normativo y regulador, por lo que su desarrollo es a expensas del comportamiento del río Motupe.

Dos problemas importantes en la zona de Jayanca están relacionados con épocas de estiaje y con avenidas máximas en el fenómeno del niño, estos registros que han quedado a través de los años y muestran el grado de destrucción que tendría afectando así la economía regional y nacional. Anteriores antecedentes de inundaciones en esta zona han sido plasmados en documentos emitidos por el estado y por narraciones y experiencias de personas que viven en la zona; las cuales, permanecen con un constante miedo; tienen el precedente de los desbordes sucedidos en los años 1983, 1998, 2015 y el último fenómeno ocurrido en el 2017, en ellos se evidencia el grado de destrucción económico en los terrenos de cultivo y en la propia ciudad como sucedió en años anteriores. A pesar de autoridades han tomado medidas contra estos fenómenos; estas no son suficientes ya que por estar ubicado en una zona costera el desborde del río viene siendo inevitable mientras no se tomen medidas de protección efectivas.

#### **Eventos de desbordes e inundaciones en el área afectada: Jayanca.**

#### **PRECEDENTES**

Para [8], el Dr. Ing. Arturo Rocha Felices, en la Conferencia dictada en el II Congreso Internacional; informa los daños agrícolas en el año **1983** producto del fenómeno del niño; pues se perdieron 19.000 hectáreas de producción, la infraestructura de riego sufrió graves pérdidas en zonas aledañas a los ríos de Zaña, La Leche, Chancay y Motupe ya que se dañaron canales, tomas de agua y obras de arte. Generando inundaciones de la Panamericana Norte y la completa inundación de algunas ciudades, dentro de ellas menciona a la ciudad de Jayanca; quien fue la que sufrió los mayores daños.

Revisando revistas periódicas de 1983, [8] se menciona que los daños valorizados por INDECI provocada por el desborde de ríos en la zona de Lambayeque son de unos

460 millones de dólares, de los cuales unos 120 millones de dólares se deben a las crecidas del río Motupe y La Leche.

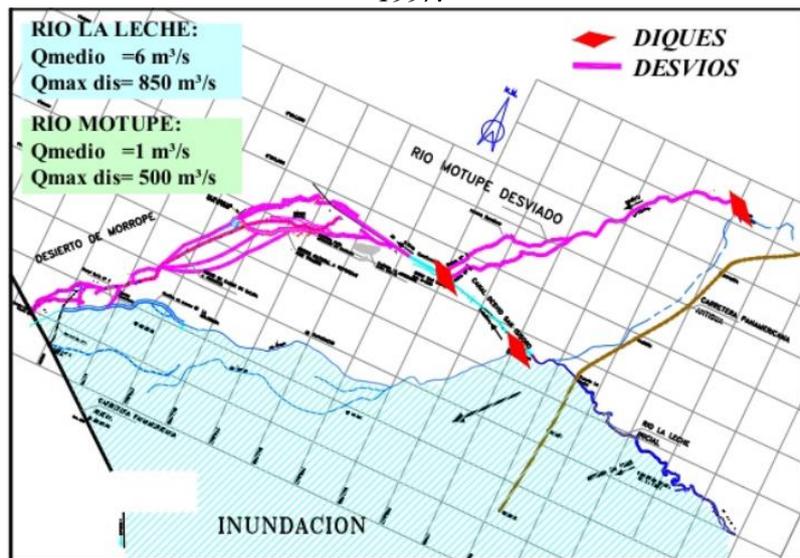
Según lo expresado en [9], en 1998, las pérdidas ascendieron a 64 millones de dólares. Ambas figuras muestran los enormes daños causados por el desbordamiento del río, especialmente el río Motupe, ubicado en la provincia de Lambayeque, pues dentro de su cuenca está el distrito de Jayanca que es en donde más desastres ocasiona. Según informes, fue en este año, donde el río Motupe llega a su mayor caudal registrado de **600 m<sup>3</sup>/s** que fue el suficiente para inundar toda la ciudad. Si bien cierto, este es un río seco, ya que se carga en épocas de lluvias en la sierra del país, eso lo vuelve más peligroso aun, ya que mientras se mantiene seco, este se llena de vegetación y al recargarse, es llevada con todos los escombros, generando aún peor daño.

*Figura N° 1. Inundación por desbordes de los ríos Motupe y la Leche.*



Como lo menciona [10], durante el Fenómeno El Niño 97-98 el gobierno peruano ejecutó obras importantes de prevención en la cuenca del río Motupe - La Leche, antes de las crecidas del año 1998, las que permitieron reducir las inundaciones en las capitales de los distritos expuestos y en las zonas agrícolas importantes. “Se construyó un canal de capacidad de 800 m<sup>3</sup>/s y se cerraron dos ríos con diques de emergencia para desviar las crecidas por un nuevo cauce hacia el desierto”.

Figura N° 2. Planeamiento de obras y desvío de los ríos La Leche y Motupe, 1997.



En 1997 la Dirección Ejecutiva del Proyecto Olmos Tinajones – DEPOLTI, ante situaciones de emergencia y escenarios de prevención de desastres, realizaron proyectos de preinversión, los mismos que se enmarcaron en el “Plan de Desarrollo Hidráulico de la Región Lambayeque” el mismo que permitió la determinación del plan maestro del proyecto orientado a reducir y controlar el riesgo de inundaciones, en el que se mencionó al río Motupe. Entre cuyos proyectos se determinó el desvío del río Motupe y la construcción de dique de desvío el cual fue construido en 1999.

Nevado Granados en [11], señala que la zona Oeste del distrito es vulnerable. Recuerda que el río Motupe el año 1982 afectó al sector San Salvador de donde se llevó unas 60 casas.

Figura N° 3. Zona que se afecta por el cauce antiguo del río.



El 1998, tras el fenómeno El Niño, como lo menciona [10], el Gobierno dispuso hacer un dique de contención a la altura del caserío Pampa El Lino, que permitió que las aguas de este río ya no lleguen a la población, sino que sean desviadas hacia el Oeste, pero pone en emergencia a ese caserío.

*Figura N° 4. Río Motupe viejo, erosión por ambos taludes.*



*Figura N° 5. Dique de desvío del río Motupe, luego de tomar una avenida de 600 m<sup>3</sup>/s, imagen de 08/01/1998*



Figura N° 6. Río Motupe – desvío al cauce antiguo del río. Nótese dique desviador construido



En el año 2004, según [12], se elabora “el PLAN DE USOS DEL SUELO Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN ANTE DESASTRES CIUDAD DE LAMBAYEQUE” en el cual se cuantifica el daño producido por el fenómeno del niño de 1998, en el cual se menciona la destrucción de 200 hectáreas de cultivos para la zona de Jayanca, y miles de casas destruidas, mencionando que las obras de limpieza realizadas en el río, no fueron suficientes para controlar el desborde de este y que son necesarias la ejecución de un proyecto de defensas para esa zona. A continuación, se muestra la lista de daños:

Tabla 1: Provincia de Lambayeque: viviendas afectadas y destruidas (fenómeno el niño 1998).

PROVINCIA	DISTRITO	N° PERSONAS DAMNIFICADAS		N° VIVIENDAS AFECTADAS		N° VIVIENDAS DESTRUIDAS	
		Abs.	%	Abs.	%	Abs.	%
LAMBAYEQUE	CHOCHOPE	175	1.33	35	2.35	0	0.00
	ILLIMO	4,513	34.22	545	36.65	682	38.84
	JAYANCA	1,356	10.28	65	4.37	109	6.21
	MOCHUMI	1,301	9.86	250	16.81	80	4.56
	MORROPE	478	3.62	0	0.00	93	5.30
	MOTUPE	55	0.42	5	0.34	6	0.34
	OLMOS	1,000	7.58	119	8.00	80	4.56
	SAN JOSE	349	2.65	0	0.00	63	3.59
	PACORA	505	3.83	0	0.00	45	2.56
	SALAS	184	1.40	32	2.15	6	0.34
	TUCUME	2,153	16.32	36	2.42	293	16.69
	<b>LAMBAYEQUE (MOCCE)</b>	<b>1,120</b>	<b>8.49</b>	<b>400</b>	<b>26.9</b>	<b>299</b>	<b>17.03</b>
	<b>TOTAL PROVINCIA</b>	<b>13,189</b>	<b>100.00</b>	<b>1,487</b>	<b>100.00</b>	<b>1,756</b>	<b>100.00</b>

Fuente: Programa de Rehabilitación y Reconstrucción Post Niño 1998, Dpto. Lambayeque – CTAR Lambayeque 1998. Elaboración: Equipo Técnico INDECI, mayo 2004.

Desde mayo de 2011, la Dirección Regional de Defensa Civil advirtió a través de RPP Noticias que el 100% de los ríos y canales en la zona de Lambayeque están colmatados, y

existen puntos críticos en las cuencas del Chancay y Lambayeque en las que urge realizar obras de refuerzo, limpieza de ríos y encauzamiento de algunos tramos.

28 de octubre del 2015, en la entrevista de [13], El alcalde de Jayanca, José Tapia Olazábal, manifestó que el puente Pampa de Lino se encuentra en emergencia; se necesita de 150 mil soles para la refacción de la infraestructura del puente. Este mensaje fue dado; previo a un informe presentado por el Instituto Nacional de Defensa Civil. Asimismo, precisó que este puente colapsaría de presentarse fuertes lluvias por el evento climatológico 'El Niño', dejando aislados a cerca de seis mil habitantes de los sectores Los Ángeles, El Mirador, Víctor Raúl, Pampa de Lino, Yurimaguas, Virgen Purizaca, Concepción y La Fronterita.

Según lo informado en [14], el 13 de marzo del 2017; Defensa civil, redactó el informe sobre los daños causados por el desastre producido; mencionan: “Debido a las fuertes lluvias, amaneció con inundaciones, que tras desborde los ríos Zurita y Motupe cerca del pueblo de Pampa de Lino; un camión, lleno de papayas volcó en la carretera Panamericana Norte, 38 kilómetros entre el pueblo de Cahuide y el centro de la ciudad de La Viña, el tráfico se detuvo. El desbordamiento del río Motupe también afectó a la mayor parte del centro de recreación Las Pirkas en la ciudad de Jayanca y afectó gravemente a la parte sur del pueblo, destruyendo casas, cultivos y animales. Los daños ocasionados fueron 454 viviendas colapsadas, 294 viviendas inhabitables y 1,527 viviendas afectadas y Solicitan el apoyo de Ayuda humanitaria y alimentos al Gobierno Regional de Lambayeque”. En el informe detallan que el 100% del servicio de agua se encontraba colapsado, los desagües inservibles; 150 animales domésticos como porcinos y ganado vacuno nuestros productos del desborde del río, 250 hectáreas dañadas de terrenos de cultivo.

Para el diario el correo en [15], el 14 de marzo 2017, Moradores del distrito de Jayanca, en Lambayeque, informaron sobre el desborde del río Motupe a la altura de la huaca Chigilili, donde el dique que impedía que las aguas llegaran hasta la zona poblada finalmente cedió ante el aumento del caudal y esto terminó por afectar a los moradores de los caseríos cercanos.

En [16], el 15 marzo 2017, en una nota de prensa; “La pronta intervención de la Policía Nacional permitió rescatar con la ayuda de un helicóptero a 70 personas de los caseríos Víctor Raúl, Pampa El Lino y Cahuide del distrito de Jayanca (Lambayeque); quienes se

encontraban en medio de las aguas y el barro, producto del desborde de los ríos Motupe y La Leche”.

*Figura N° 7. Rescate a población afectada por inundación en el C.P. Pampa de Lino*



Enlace de video: <https://youtu.be/LOm0G1MVk3U>

Fuente: <https://bit.ly/2R09mk0>

18 de marzo de 2017; Aguas del río Motupe, a la altura del puente colgante del caserío Pampa de Lino Jayanca amenazan con arrasar retroexcavadora que fue contratada para reforzar diques de contención y evitar desborde del citado caudal tanto a pampa de lino como al distrito de Jayanca. Publicado por Teleinvsat

*Figura N° 8. Máquina contratada para reforzar el dique en el desvío del río Motupe.*



Fuente: <https://bit.ly/3uq1yp2>

Ingemmet en [3], desarrolló un informe en el cual evalúa geológicamente las zonas afectadas por el niño costero del 2017; mencionando que el río Motupe está en constante erosión producto de las lluvias ya que es una zona formada por arenas y al tener una

pendiente menor del 1%, ante una eventual crecida del agua, este va a empezar a erosionar las partes laterales del cauce, generando así una degradación de los terrenos agrícolas, por lo que la solución para contrarrestar esto es la construcción de defensas ribereñas para el tramo de Cahuide a Pampa de Lino

*Tabla 2: Daños producidos por inundación en el niño 2017.*

44	JAYANCA	Inundación, flujo de detritos	Puente Vilela-Puente Salas	Inundaciones y erosión fluvial en épocas de lluvia (principalmente El Niño), también se presentan con crecidas.	en 1998 afectó a la carretera asfaltada Motupe-Jayanca	Mejorar y ampliar muros de protección. Mantener la vegetación, limpieza de cauce.
45		Inundación y erosión Fluvial	Pampa de Lino	El río recibe material de sus afluentes: Salas, Motupe y Arrozal.	Durante épocas de lluvias el río afecta terrenos de cultivo, canales, y trocha carrozable.	Limpieza de cauce, controlar el cauce aguas arriba. Enrocado de terrazas y puente.

Fuente: Informe INGEMMET

Para [17], en el 2017; posterior al fenómeno del niño, se realizó el análisis geológico y geomorfológico y de peligros en el sector Jayanca, Pacora e Íllimo, afectados por la inundación fluvial, en él, se informa que el río Motupe en el análisis geomorfológico es un río con una pronunciada sinuosidad y que por ende siempre ocurrirá inundaciones ya que se produce un flujo no controlable por los cambios de orientación que tiene. Menciona además que el canal de irrigación fue afectado por material fluvial compuesto por limo-arcillas y arenas, colmataron el canal, el cual se volvió inservible. En la investigación, informan: “Los cauces de los ríos Motupe y La Leche, antes de ingresar a las zonas urbana se comportaban como de tipo meándrico o sinuoso, pero por la actividad antrópica y eólica fueron cubiertos estos cauces antiguos, generando su estrechando con el tiempo. Entonces cuando se generó la sobrecarga del río, por el incremento del caudal debido a las altas precipitaciones pluviales, los excedentes de agua retomaron gran parte de sus cauces. Respecto a la conclusión anterior, el sector Jayanca - Pampa de Lino se encuentra dentro de estas características descritas. Esto generó inundación y erosión fluvial, destruyendo defensas ribereñas (muro), por donde se desbordó el agua. Fue afectado parte del poblado de Jayanca, el centro recreativo “Las Pirkas” y más de 116 hectáreas de zonas de cultivo a lo largo de su cauce”. En el estudio recomienda lo siguiente: Realizar una limpieza en los cauces y manteniendo del encauzamiento del río Motupe, considerar la posibilidad de rediseñar (con los nuevos anchos del cauce) y aumentar la altura del muro del cauce del río Motupe para controlar el desbordamiento por inundación del nuevo

caudal máximo. Construir redes de gaviones y formaciones rocosas en los estribos del puente peatonal Pampa de Lino como defensa contra la erosión del río.

*Figura N° 9. Análisis de la sinuosidad del cauce del río Motupe*

**Río Motupe**

En el sector Pampa Lino, el cauce presenta curvaturas (figura 5) con cierta simetría, aplicando lo sugerido por Villota, tenemos:

Valor de la sinuosidad =  $LC/LV$

- Longitud del cauce (LC) = 6310 m
- Longitud de valle (LV) = 4260 m.

Valor de la sinuosidad IS =  $6310/4260 = 1.48$

El valor obtenido de la sinuosidad del cauce del río es menor a 1,5, por lo tanto, se considera como cauce sinuoso.

*Figura N° 10. Análisis de la sinuosidad del cauce del río Motupe, sector Pampa de Lino*



Fuente: CENEPRED

Como lo menciona [18], en el 2018, el PEOT, elaboró el PLAN DE DESARROLLO HIDRÁULICO DE LA REGIÓN LAMBAYEQUE para los posteriores fenómenos del niño, el cual está orientada a disminuir la peligrosidad de desastres por inundaciones y sequías en esta región; en el cual se habla de que se debería ejecutar proyectos de defensas ribereñas y programas de encausamiento para los ríos de Lambayeque ya que son un potencial riesgo en épocas de lluvias. Menciona que se vienen realizando estudios de prefactibilidad para ver el costo total de un proyecto integral que mejores las

condiciones de estos ríos, ya que cada uno tiene una situación especial de comportamiento.

Según el [19], menciona en dicho informe los daños producidos por el fenómeno del niño del 2017; siendo Jayanca y Pacora los distritos más afectados por inundación de los ríos Motupe y La Leche, os desastres fueron tantos que se tuvo que enviar ayuda aérea para poder trasladadas a las personas que habían quedado incomunicadas por el desborde del río. El informe menciona sobre la destrucción del dique que cambia el cauce natural del río, llegando así a inundar la ciudad de Jayanca, [19] dice; “consecuencia de la lluvia, a la altura del caserío Pampa de Lino, mientras que el río Motupe, afectó no solo gran parte del centro recreativo Las Pirkas del distrito, si no también severamente el sector sur de localidad, arrasando con viviendas, cultivos y animales”.

*Figura N° 11. El distrito de Jayanca inundado por el desborde del río Motupe.*



Según lo publicado en [20], 16 mayo 2019, “Con una inversión de 3 millones 603 mil soles, el Gobierno Regional de Lambayeque, inició la construcción de la carretera Jayanca- Pampa de Lino que unirá a la población ubicada en el Nor Este de esta jurisdicción. La obra, a cargo de la constructora Consorcio LUAL, considera la instalación de 5 alcantarillas (2 proyectadas y 3 a ensanchar), **01 puente vehicular, 1 badén de 200 metros**, señalización. La obra forma parte de los proyectos inversión aprobados en el Plan de Reconstrucción con Cambios tras los daños ocasionados por las fuertes lluvias en el norte del país”. Dicho puente cruza el río Motupe, actualmente para

el proyecto solo se ha realizado la ejecución de la pavimentación y los 200 m de badén, sien el puente definitivo en una segunda etapa.

Se ha desarrollado un proyecto a nivel de perfil respecto a este tema:

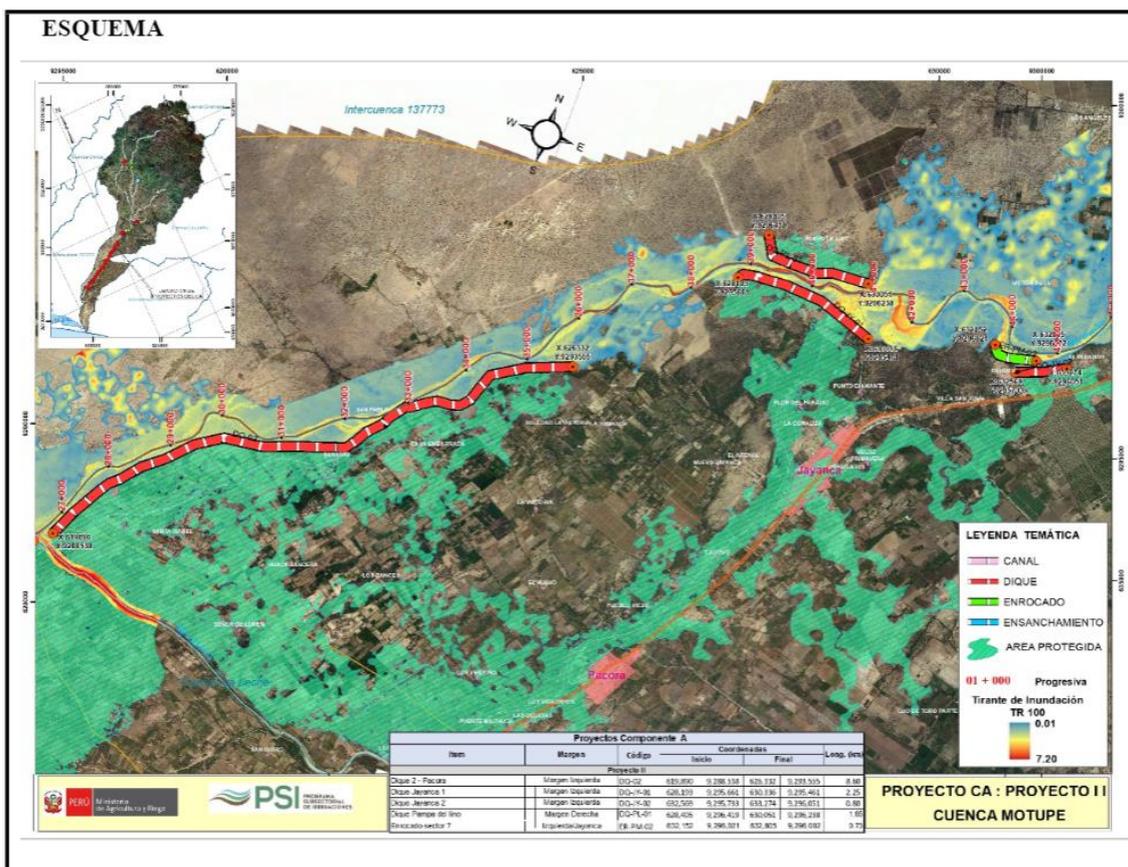
### **PSI-MINAGRI realizó el Plan Integral para la cuenca del río Motupe en la región Lambayeque**

Según lo que mencionan en [21], se trata del “Plan Integral de Control de Inundaciones y Movimientos de Masa de la Cuenca del río Motupe” que forma parte de un paquete de planes para 19 cuencas del país y que fue propuesto por la Autoridad de la Reconstrucción con Cambios – ARCC con la finalidad de prevenir futuras afectaciones por la presencia del Fenómeno El Niño. La ejecución del Plan al Consorcio Hidráulico TAS, conformado por las destacadas y experimentadas empresas Técnica y Proyectos S.A. Sucursal del Perú; Agua, Energía y Minería Ingenieros Consultores S.A. y Servicios de Ingeniería S.A., las cuales ganaron la licitación llevada a cabo en el presente año.

Plan organizado en cuatro fases de formulación. Durante la Fase 1, se desarrolla el diagnóstico de la cuenca y seleccionará las alternativas de solución más adecuadas para reducir el riesgo. En la Fase 2 se dará inicio al desarrollo de los estudios de preinversión del Componente A. En la Fase 3 se presentará el Plan en su versión final que considerará la priorización de intervenciones e inversiones en el corto, mediano y largo plazo. Finalmente, en la Fase 4 se concluirán los estudios de preinversión de los componentes B y C. El Componente A del Plan culmina con el planteamiento de defensas ribereñas, espigones, diques transversales, barreras dinámicas, diques de contención, construcción, habilitación y mejoramiento de drenes, capacitación, derivación y estabilidad de taludes, entre otras intervenciones similares.

El plan del componente A y la finalización del miso, plantea las zonas inundables y las posibles soluciones para el tramo en análisis:

Item	Margen	Código	Coordenadas				Long. (km)
			Inicio		Final		
<b>Proyecto II</b>							
Dique 2 - Pacora	Margen Izquierda	DQ-02	619,890	9,288,538	626,332	9,293,555	8.60
Dique Jayanca 1	Margen Izquierda	DQ-JY-01	628,193	9,295,661	630,336	9,295,461	2.25
Dique Jayanca 2	Margen Izquierda	DQ-JY-02	632,569	9,295,733	633,274	9,296,051	0.80
Dique Pampa del lind	Margen Derecha	DQ-PL-01	628,405	9,296,419	630,051	9,296,238	1.85
Enrocado sector 7	Izquierda/Jayanca	ER-PM-02	632,152	9,296,021	632,805	9,296,002	0.73



Mediante este planteamiento, se planea resolver lo siguiente:

**Reducción del riesgo social:**

- 6765 habitantes son protegidos por esta alternativa;
- Lo que representa el 9.48% del total de habitantes en riesgo;
- Los centros poblados en riesgo son: Casa Embarrada, Huaca Bandera, Las Delicias, Los Bancos, Los Ventura, Puente Machuca, San Luis, Santa Isabel, Cautivo, Jayanca, La Coraliza, Los Huertos, Los Vidaurres Ypacoraque corresponde a un total 1721 viviendas.

**Reducción del riesgo económico:**

- 2947 hectáreas agrícolas son protegidas por esta alternativa;
- Lo que representa el 8.2% del total de la superficie agrícola en riesgo.

**Reducción del riesgo ambiental:**

- 357 hectáreas de bosque.
- Lo que representa el 4.0% de superficie de bosque en riesgo.

## ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Rojas, Francisco (2014) en su Tesis: “Bases de Diseño Hidráulico para los Encauzamientos o Canalizaciones de Ríos”. Universidad Central del Ecuador [22] Tuvo en su investigación por objetivo utilizar un modelo numérico para representar el curso natural del agua, que puede predecir el comportamiento hidráulico del flujo de agua, y se han desarrollado varios programas, por ejemplo, el programa HEC-RAS versión 4.1, en el que brinda opciones para modelar fenómenos con caudales y pasajes permanentes y no

permanentes, y el programa River que nos permite diseñar y proteger cauces de ríos utilizando diversos tipos de defensas ribereñas. En esta investigación, al utilizar dos programas, se ofrece un ejemplo práctico aplicativo. Esto incluye ingresar datos para representar la forma del canal y las características hidráulicas del flujo. La conclusión de este estudio es que, utilizando estas poderosas herramientas para proporcionar estándares para el modelado de ríos, es posible determinar más rápidamente la tendencia del flujo de agua en el río y su impacto en la geometría del lecho del río.

## **ANTECEDENTES NACIONALES**

Flores, Orestes (2016) en su Tesis: “Propuesta y análisis de diseño de defensas ribereñas en el río Ilave zona rural C.P. Santa Rosa de Huayllata-Ilave”. Universidad Nacional del Altiplano. [23] “en su investigación tiene por objetivo elaborar el diseño de la infraestructura de defensas ribereñas para solucionar el constante desborde del río Ilave. En su en su investigación realiza estudios topográficos, geotécnicos, hidrológicos, evaluación de impacto ambiental, con ellos determinó un suelo tipo arena-arcillosa, eligiendo el mejor diseño para el área de estudio. Teniendo en cuenta la investigación realizada, se definió defensas ribereñas con material de préstamo tipo Dique, con pendiente de talud de  $H=2.0$   $V=1.00$  cara húmeda y  $H=3.0$   $V=4.0$  cara seca y un recubrimiento con enrocado de 0.70m a 1.00m, con tiempo de retorno (TR) no menor de 20 años ni mayor de 50 años tiempo de retorno adoptado  $TR = 50$  años y un caudal de diseño  $Q = 1203 \text{ m}^3/\text{s}$ ”.

Farroñay, Pedro (2017) en su tesis: “Propuesta de diseño de muros mixtos de gaviones y de mampostería de piedra para la defensa ribereña del Río Rímac en los kilómetros 34-35 Lurigancho-Chosica”. Universidad de San Martín de Porres. [24] El propósito de su tesis fue el diseño de muros mixtos con gaviones y muros de concreto ciclópeo para la defensa ribereña en los asentamientos humanos: Cañaverales, Luis Bueno Quino, puente Caracol, escuela jardín, los cuales están próximos a la margen derecho del río Rímac, realizando un modelamiento hidráulico para un caudal con periodo de retorno de 100 años, determinando las características hidráulicas, obteniendo velocidades superiores a los 5.50 m/s, y tirantes de agua superiores a los 3.0 metros. En sus resultados, obtuvo el diseño muros de concreto ciclópeo y muros en mampostería de piedra que redujera los riesgos de desborde y desastres naturales.

Tito, Alexander (2017) en su tesis: “modelamiento hidráulico del río cañete sector puente Sosci altura puente colgante (9 km), con fines de diseño de defensas ribereñas”. [25] En su estudio identificó áreas vulnerables a inundaciones a través de un modelamiento hidráulico con la herramienta HEC-RAS, para un periodo de retorno de 50 años. Utilizó datos hidrométricos de la estación de Sosci y mediante el método de Gumbel calculó un caudal de 750.53 m<sup>3</sup>/s, mediante los estudios de suelos obtuvo una capacidad portante del suelo de 1.75 kg/cm<sup>2</sup> y mediante eso calculó una profundidad de socavación de 2 m y mediante esos datos diseñó las defensas ribereñas correspondientes.

Álvaro Aguilar, Henríquez Fasanando en su tesis: “Diseño Hidráulico y Estructural de Defensa Ribereña del Río Chicama Tramo Puente Punta Moreno – Pampas de Jaguey aplicando el Programa River”. [26] en este estudio se dio una propuesta de diseño de defensas ribereñas para el río Chicama debido a la inundación y deterioro e interrupción de carretera paralela al río por las intensas lluvias, mediante el uso del software River.

Jorge Danilo Galecio Castillo, en su tesis: “Diseño de defensas ribereñas del Río Piura en el tramo Presa Los Ejidos - Puente Cáceres”. [27] La investigación determina el comportamiento y problemas del río Piura y brinda la información básica necesaria para el estudio: hidrológico, alturas de agua, precipitaciones, la topografía de la zona, geología e ingeniería geotécnica; considera parámetros hidrológicos, de sedimentación e hidráulicos que inciden en la función de la estructura de protección. Describe el sistema de protección de riberas de ríos más utilizado en el mundo. Luego, de acuerdo a condiciones específicas y estándares de diseño técnico y económico, elige la alternativa más adecuada para la zona estudiada. Finalmente, desarrolló el diseño de la mejor opción de defensas seleccionada y determinó recomendaciones necesarias para mantener la protección de las riberas del río.

## **ANTECEDENTES REGIONALES**

Evaluación geológica de las zonas afectadas por El Niño Costero 2017 en las regiones Lambayeque – Cajamarca, agosto de 2017. [3] según la cantidad de afectados por el fenómeno el niño en zonas costeras, “el Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico a través de la Dirección de Geología Ambiental realizó la evaluación geológica sobre los efectos de “El Niño Costero” 2017, en la región Lambayeque, una de las zonas más afectadas este año; que incluye además parte de las cuencas superiores de La Leche, Motupe, Chancay-Lambayeque y Zaña en territorio de la región Cajamarca. El presente estudio con información geológica y geodinámica para la Gestión del Riesgo de Desastres

contiene mapas que muestran las zonas afectadas (poblados, carreteras u obras de infraestructura) según el tipo de evento causado por el fenómeno de El Niño Costero entre las regiones Lambayeque-Cajamarca. Finalmente se emitieron conclusiones y recomendaciones generales que deberán ser tomadas en cuenta en los trabajos de reconstrucción”.

Mays Farro, Ángel (2018) en su tesis: "Análisis y diseño de la defensa ribereña del río Reque, tramo puente Reque–desembocadura en el océano Pacífico, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque, 2017". [28] analiza y diseña la Defensa Ribereña en el Río Reque, para el tramo puente Reque hasta la desembocadura en el océano Pacífico. Porque en épocas de máximas lluvias, el río se desborda, dañando a la población y a hectáreas de cultivos en la zona. En el proyecto se evalúa y diseña una estructura hidráulica eficaz que ayudará a reducir pérdidas económicas en el sector agrícola provocadas por el aumento del agua del río; y el bienestar de la población circundante.

Arenas, Paula (2019) en su tesis "Análisis y diseño de la defensa ribereña del río Reque, tramo: centro poblado La Calera 2 – Bocatoma Monsefú-Reque, distrito de Reque, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque, 2017". [29] propuso como objetivo principal el análisis y diseño de la defensa ribereña del Río Reque en el tramo Bocatoma Monsefú – Reque hasta el Centro Poblado La Calera 2 para solución de evitar pérdidas humanas, económicas e infraestructurales; en primer lugar se realizaron los estudios respectivo de los cuales se obtuvieron lo siguiente: un río con relieve plano y pendientes que no superan el 5%, un suelo arenoso pobremente graduada (SP). En el diseño se usó defensas de enrocado para un caudal máximo de 2100 m<sup>3</sup>/s. Finalmente, demostró que los niveles de agua y las tensiones de fondo y velocidad de la defensa ribereña no excedieron los límites máximos permitidos, todo esto lo determinó en un modelamiento hidráulico en el software IBER, el cual permitió analizar desde un punto de vista técnico la situación más crítica ante una máxima crecida. Con un presupuesto total del proyecto de S/41,082,996.27 soles al 01 de septiembre del 2019 para un plazo de 464 días calendario.

Silva, Renzo (2019) en su tesis: "Análisis y diseño de defensa ribereña en el río Reque, tramo Bocatoma Monsefú - puente Reque, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque, 2016". [30] analizó y diseñó la defensa ribereña ubicada en el río Reque, desde la Bocatoma Monsefú hasta el puente Reque. Según sus estudios, el río logra desbordarse tras la crecida por intensas lluvias en épocas de fenómenos, dañando a la

población y a muchas hectáreas de cultivo. Es por lo que el proyecto se desarrolló para lograr una adecuada protección del área circundante y permitir que el agua del río se evacue con normalidad cuando ocurre una máxima avenida, lo que brindará una estructura hidráulica eficaz, que ayudará a mitigar pérdidas en la economía provocada por las inundaciones en el sector agrícola.

Vásquez, Lily (2018) en su tesis “Diseño de defensas ribereñas y su aplicación en el cauce del río la leche, distrito de Pacora – Lambayeque”. [31] Diseñó defensas ribereñas utilizando diferentes métodos como alternativas de solución ante eventuales desbordes del río la Leche, tomando en cuenta de que este río se carga en temporadas de lluvias intensas como el fenómeno del niño. En esta investigación se identificó las zonas más vulnerables a desbordes teniendo en cuenta los factores hidrológicos existentes en la cuneca. Con los resultados determinó cual es la opción de diseño de defensas ribereñas que se ajusta, tanto técnica como económica, para la zona en estudio.

## **2.2 Bases teórico-científicas**

### **Ley de Recursos Hídricos Ley N° 29338. 2009. Perú: Autoridad Nacional del Agua.**

Esta ley regula el uso y manejo de los recursos hídricos. Incluye aguas superficiales, aguas subterráneas, aguas continentales y bienes relacionados. Cuando sea aplicable, se extiende al océano y al agua atmosférica.

Tiene como finalidad regular el uso y manejo integral del agua, la actuación del Estado y de las personas en esta gestión, y los activos relacionados con ella.

### **Ley General del Ambiente Ley N° 28611. 2005. Perú: Autoridad Nacional del Agua.**

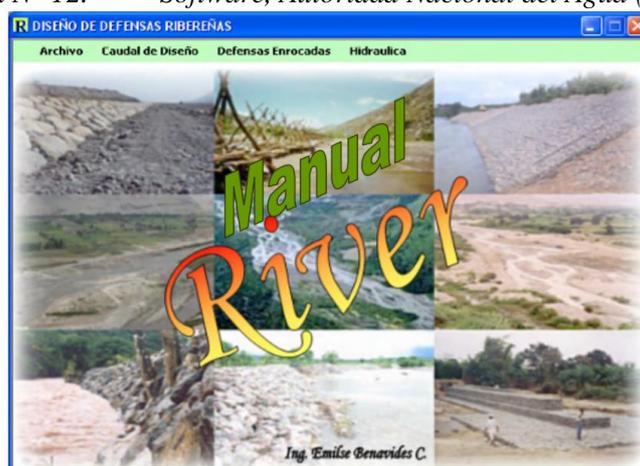
La "Ley General del Medio Ambiente" es el orden y la especificación del marco legal de gestión ambiental del Perú. Establece principios y normas básicos para asegurar el ejercicio efectivo de los derechos constitucionales y gozar de un ambiente sano, equilibrado y adecuado para desarrollar plenamente la vida.

Asimismo, “La Ley General del Ambiente regula el cumplimiento de las obligaciones relacionadas con la gestión ambiental eficaz, lo que significa mejorar la calidad de vida de las personas, el desarrollo sostenible de las actividades económicas, el mejoramiento del medio urbano y rural y la protección del patrimonio natural del país, entre otros objetivos”.

**Manual River: Diseño de defensas ribereñas. Programa de Encauzamiento de Ríos y Protección de Estructuras de Captación – PERPEC [Online]. (2016, junio 7). Disponible en: <http://www.irhperu.com/programas/river-diseo-de-defensas-ribereas-ana>**

Según el manual [32] “Es una guía para el uso del programa **RIVER**, principalmente para profesionales e instituciones involucradas en el diseño y protección de proyectos de cauce o defensa ribereña. Además, el programa también permite el uso de métodos estadísticos para calcular el proceso de diseño, tales como: log normal, Gumbel y Pearson, ingresando parámetros como tiempo de retorno, tensión, caudal anual y máxima eficiencia”. También se pueden diseñar defensas enrocadas (Diques laterales y Espigones) y canales.

Figura N° 12. Software, Autoridad Nacional del Agua (ANA)



**Fracassi, Gerardo. Defensas ribereñas con Gaviones y Geosintéticos. Ediciones de la U, 2019.**

Según [33], el libro es una guía para el diseño, tocando temas sobre revestimientos, muros de contención, diques longitudinales y espigones utilizadas para la estabilización, regularización, protección contra la erosión y control de las crecidas en cursos de agua. Defensas ribereñas con Gaviones y Geosintéticos, puede explicar las características de estas obras, problemas que se puede resolver y la forma de ser dimensionados. Este libro cubre temas que van desde la morfología de los ríos y los tipos de intervención de cursos de agua hasta la bioingeniería y los métodos de dimensionamiento. Muestra sugerencias para el proyecto estructural en gaviones, y muestra diversas situaciones reales, en las que se explican en detalle los problemas encontrados y las soluciones. Se trata de una valiosa referencia para los profesionales que se dedican a proyectos de protección y estabilización de riberas, control de ríos y prevención de inundaciones.

**A. Rocha, Introducción a la Hidráulica de Obras Viales. Tercera Edición. Perú: Instituto de la Construcción y Gerencia, 2015.**

En el libro [34], Rocha nos señala los factores que se consideran en el diseño de espigones, además de ventajas y desventajas de usarlos, como herramienta para prevenir inundaciones o desbordes del río provocados por avenidas máximas (fenómeno El Niño o intensas lluvias) con la finalidad de un mejor manejo del encauzamiento de un río

**J. Suárez, Control de Erosión en Zonas Tropicales. Primera Edición. Colombia: Universidad Industrial de Santander, 2001. Disponible en: <https://www.erosion.com.co/control-de-erosion-en-zonas-tropicales.html>**

En el libro [35] resume los modelos y conceptos matemáticos de las formas de erosión y las prácticas de ingeniería para el control de las mismas. La erosión y la deposición son los procesos que causan más daño al medio ambiente tropical, por lo que este libro es necesario para llenar los vacíos que dejó el avance de la tecnología de control de la erosión.

**T. Velásquez, Guía Metodológica para Proyectos de Protección y/o Control de Inundaciones en Áreas Agrícolas o Urbanas. Primera Edición. Perú: Ministerio de Economía y Finanzas, 2006.**

En esta guía [36], señala las precauciones generales para desarrollar la estructura general de los proyectos de control de inundaciones y/o control de inundaciones, y agrega conocimientos sobre protección y/o análisis de ingeniería de control de inundaciones para este fin. Con respecto al diseño de la estructura del canal, integra propuestas eficaces

**Manual de Hidrología y Drenaje. Perú – Dirección General de Caminos y Ferrocarriles. Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2012.**

El manual [37], es un documento que se puede utilizar como guía que permite obtener parámetros hidrológicos e hidráulicos requeridos para el diseño de estructuras de drenaje vial y proyectos de protección de infraestructura vial. Para ello, este libro nos proporciona estándares y métodos para estudiar las cuencas hidrológicas y obtener posteriormente los procedimientos de diseño.

### **Norma de Suelos Y Cimentaciones E.050. 2006. Perú: Ministerio de Vivienda**

En esta norma [38] tiene por objetivo establecer requisitos para realizar investigaciones de estudios de mecánica de suelos, para cimentaciones en edificios y otros tipos de construcciones indicadas en esta norma.

Los EMS se ejecutarán con el fin de asegurar la permanencia y estabilidad del proyecto. El alcance de este reglamento cubre todo el territorio nacional, además es bueno saber que los requisitos de esta norma se consideran requisitos mínimos.

### **REVISTA ECIPERÚ, VOLUMEN 11, NÚMERO 2, MARZO 2015. Gestión de Inundación por Caudales Máximos en la Subcuenca Baja de la Quebrada del Río Huaycoloro-Río Rímac**

En la revista [39] realiza un diagnóstico ambiental de la subcuenca Huaycoloro, la misma que tiene una longitud de río de 49.7 km y un área de 492.9 km<sup>2</sup>, las características geomorfológicas dan que el 54% de su área se encuentran colinas y montañas empinadas y escarpada. En su investigación también describen 3 climas con poca presencia de lluvias en el año; en su forma del suelo son predominantes las rocas ígneas; las características socio económicas muestran que de la cantidad de habitantes el 60% se encuentra en pobreza extrema; las P24h de la subcuenca varía de 5 mm hasta 30 mm, obteniendo con eso un caudal de 75 m<sup>3</sup>/s para un periodo de retorno de 10 años, para 50 años 104 m<sup>3</sup>/s, y para 100 años de 120 m<sup>3</sup>/s. como parte de su desarrollo, establece mecanismo para la gestión de riesgos de desastres, calculando una llanura de inundación de 37 hec para un caudal de 104 m<sup>3</sup>/s. El río analizado en libro es parecido en sus características geomorfológicas al cauce del río Motupe, por lo que es de especial importancia y servirá como guía al momento de comparar resultados de diseño.

### **2.3 Definición de términos básicos**

**Hidrología:** “la hidrología es la ciencia natural que estudia al agua, su ocurrencia, circulación y distribución de la superficie terrestre, sus propiedades químicas y su relación con el medio ambiente, incluyendo a los seres vivos”. [40]

**Precipitación:** “es el agua de procedencia atmosférica que cae sobre la superficie terrestre, ya sea en forma líquida o en forma sólida. La precipitación se mide por la altura en mm que alcanzaría su equivalente en agua en una superficie plana y horizontal donde no existan pérdidas no por evaporación ni por infiltración”. [41]

**Escorrentía superficial:** “es el agua que no se infiltra y que escurre sobre toda la superficie de la cuenca que en general no es horizontal, e inicia su camino hacia abajo para alcanzar el punto de control a la salida de la cuenca. Se mide en mm para luego transformar en  $m^3/s$ ”. [41]

**Cuenca Hidrográfica** “es una superficie de tierra que drena hacia una corriente en un lugar dado”. [42]

“La cuenca de drenaje de una corriente es el área del terreno donde todas las aguas caídas por precipitación se unen para formar un solo curso de agua. Cada curso de agua tiene una cuenca bien definida, para cada punto de su recorrido”. [40]

**Máximas avenidas:** indica que los caudales máximos nos permiten diseñar: las dimensiones de un cauce, sistemas de drenaje, muros de encauzamiento para proteger ciudades y plantaciones, alcantarillas, vertedores de demasías, luz de puentes. Se debe calcular o estimar el caudal de diseño, que, para esos casos, son los caudales máximos. [40]

**Río:** “un río puede definirse como un sistema de canales naturales (cursos de agua) por medio de los cuales se descarga el agua de la cuenca”. [43]

**Clasificación de los ríos:** existen variedad de formas para clasificar un río. La más aprovechable es por su edad, estos pueden ser viejos, maduros y jóvenes.

“*Los ríos jóvenes:* corresponden al estado inicial de un río, generalmente tienen forma de V, son muy irregulares, el ejemplo típico es un torrente de montaña, de gran poder erosivo, con caídas y rápidos; *ríos maduros:* el valle se ha anchado, las pendientes son menores. el río se encuentra en estado de equilibrio formándose meandros y pequeñas áreas de inundación, el valle es lo suficientemente ancho como para que se desarrollen actividades agroeconómicas; *ríos viejos:* el valle se ancha más y adquiere menor pendiente, los meandros cubren menos que el área de todo el valle, se forman diques naturales a lo largo del río, el río puede formar meandros, con islas o divagar con muy baja pendiente y gran cantidad de islas”. [43]

“Desde el punto de vista morfológico hay tres grandes grupos de ríos. Ellos son: rectos, entrelazados y meándricos”. [43]

**Ríos Rectos:** “prácticamente no existen ríos rectos en la Naturaleza. A veces sucede que existe un sistema de encauzamiento recto, constituido por diques paralelos, pero dentro de él, para caudales menores que el de diseño, el río desarrolla su propia sinuosidad”. [43]

**Ríos Entrelazados:** “Corresponden generalmente a ríos anchos, cuya pendiente es fuerte, lo que da lugar a pequeños tirantes (calado) y el río corre en forma de varios canales o brazos alrededor de pequeñas islas”. [43]

**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. Generalmente se presentan en zonas de muy baja pendiente”. [43]

**Erosión:** “es la remoción o desgaste de material por la corriente del agua o viento, venciendo la resistencia de los estratos del suelo”. [44]

**Socavación:** “es la remoción o desgaste de materiales del lecho de un cauce debido a la acción erosiva del agua”. [45]

**Socavación general:** “es la disminución generalizada del fondo del río, como consecuencia de la corriente mayormente se debe a factores humanos. Se considera que la erosión se inicia con el desprendimiento de las partículas en el perímetro del cauce por acción de la fuerza tractiva cuando esta es mayor que la fuerza crítica ( $T_c$ ) de los elementos del lecho”. [45]

**Levantamiento topográfico:** “los levantamientos topográficos se realizan con el fin de determinar la configuración del terreno y la posición sobre la superficie de la tierra, de elementos naturales o instalaciones construidas por el hombre. En un levantamiento topográfico se toman los datos necesarios para la representación gráfica o elaboración del mapa del área en estudio. Las herramientas necesarias para la representación gráfica o elaboración de los mapas topográficos se estudiaron en los capítulos precedentes, en el presente capítulo estudiaremos los métodos y procedimientos utilizados en la representación de superficies”. [46]

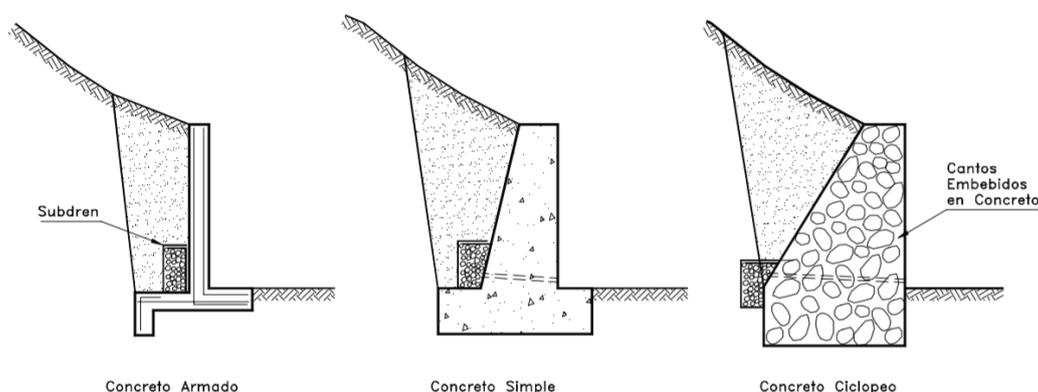
**Defensas ribereñas:** En la revista [47] menciona que “es una forma de proteger las zonas cercanas a los ríos de las posibles crecidas, para ello se utilizan medios estructurales y no estructurales. Entre las medidas estructurales, se encuentran las represas y los reservorios,

además de la realización de modificaciones a los canales de los ríos, distintas obras de drenaje, entre otros aspectos”.

Según Jaime Suárez Díaz [35] hay varios tipos generales de muros, con una transmisión de cargas distinta.

**Muros masivos rígidos:** “son estructuras rígidas, generalmente de concreto, las cuales no permiten deformaciones importantes sin romperse. Se apoyan sobre suelos competentes para transmitir fuerzas de su cimentación al cuerpo del muro y de esta forma generar fuerzas de contención”. [35]

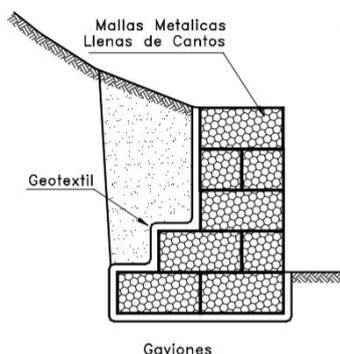
Figura N° 13. Tipos de muros masivos rígidos



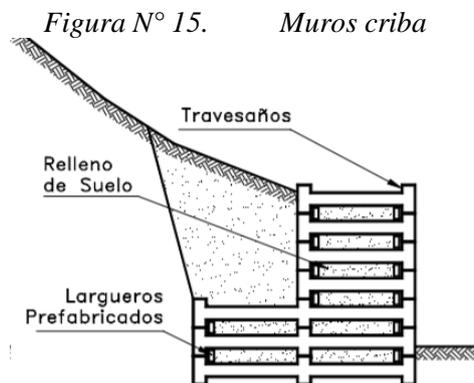
**Muros masivos Flexibles:** “son estructuras masivas, flexibles. Se adaptan a los movimientos. Su efectividad depende de su peso y de la capacidad de soportar deformaciones importantes sin que se rompa su estructura”. [35]

**Muros en Gaviones:** “son cajones de malla de alambre galvanizado que se rellenan de cantos de roca. Los muros en gaviones son estructuras de gravedad y su diseño sigue la práctica estándar de la ingeniería civil”. [35]

Figura N° 14. Muros en gaviones

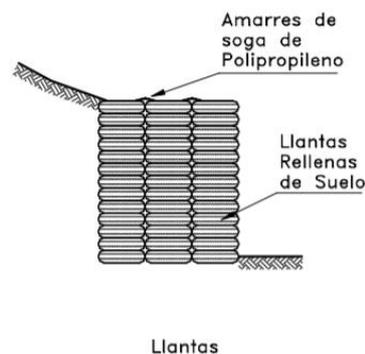


**Muros Criba:** “es una estructura parecida a una caja formada por prefabricados de concreto entrelazado. El espacio interior de las cajas se rellena con suelo granular permeable o roca para darle resistencia y peso conformando un muro de gravedad. Generalmente existen dos tipos de prefabricados que se colocan en forma paralela a la superficie del talud o normal a éste”. [35]



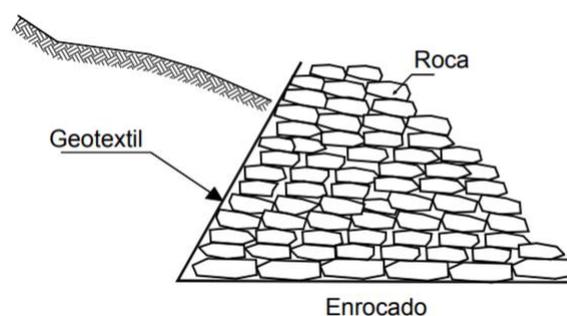
**Muro de Llantas Usadas:** “consisten en rellenos de suelo con llantas de caucho usadas embebidas. Las llantas son unidas entre sí por sogas de refuerzo. Generalmente, se utilizan sogas de polipropileno y se conoce de la utilización de elementos metálicos”. [35]

Figura N° 16. Muros de llantas usadas



**Muros de Bloques de Roca (Pedraplenes)** [35], “son estructuras construidas con bloques o cantos grandes de roca, los cuales se colocan unos sobre otros en forma manual o al volteo”.

Figura N° 17. Muros enrocados



**Tetrápodos:** son estructuras de concreto armado prefabricadas que actualmente viene usadas en protección de riberas colocándose en las laderas de los ríos evitando la erosión de las mismas.

**Dique:** “Muro grueso y ancho construido para contener la fuerza del agua, embalsarla o reconducirla”, generalmente se usa para desviar cauces de ríos. [44]

**HEC-HMS:** Es un modelo hidrológico que simula el proceso de precipitación-escorrentía sobre la superficie de la cuenca; representando la cuenca como un sistema interconectado de componentes hidrológicos e hidráulicos

**HEC-RAS:** son modelos matemáticos que permiten determinar unidimensionalmente el comportamiento de un río en distintos regímenes; permanente y no permanente; además, evaluar la erosión y sedimentación de los cauces y la calidad del agua. Mediante este análisis se puede determinar el nivel de agua; la cual nos ayuda para determinar zonas de inundación.

**Partículas no cohesivas:** son partículas granulares, sueltas y de distintos tamaños, para el movimiento o transporte por acción del agua solo ofrecen resistencia debido a su forma y peso propio; estas son las arenas, gravas y rocas.

**Tiempo de concentración:** “es el tiempo necesario en el que demora una gota de agua en desplazarse desde el punto más alejado de la cuenca hasta la zona de estudio”. [48].

**Tiempo de retardo:** “tiempo de equilibrio necesario cuando se tiene una lluvia uniforme para que se forme un movimiento estacionario, es decir, aquel tiempo en el que toda la cuenca interviene en la formación de escorrentía hasta el sitio de análisis”. [48].

### III. Materiales y métodos

#### 3.1 Tipo y nivel de investigación

##### Tipo de investigación

Según el tipo de investigación, esta tesis cumple con las condiciones de una **investigación aplicada**, porque sustenta sus resultados en investigaciones y mediante ellos se aplica desarrollando los objetivos planteados.

##### Nivel de investigación

De acuerdo a la naturaleza del estudio de investigación, reúne por su nivel las características de un estudio **descriptivo cuantitativo**, ya que consiste principalmente en evaluar y calificar una situación concreta, debido a que requiere de una descripción y comprensión profunda de condiciones actuales y sus rasgos más peculiares o diferenciadores mediante una recolección de datos.

#### 3.2 Diseño de investigación

Para el diseño de la investigación, se emplea la metodología por objetivos conforme al esquema siguiente:

$$OG \left\{ \begin{array}{l} oc \rightarrow cp \end{array} \right\} CF$$

Donde:

OG	: Objetivo general
oc	: Objetivos específico
cp	: Conclusiones Parciales
CF	: Conclusión final

#### 3.3 Operacionalización de variables

##### VARIABLES

##### Variable Independiente

Caudal de máxima avenida

##### Variable Dependiente

Inundación

Defensas ribereñas

Medio ambiente

## OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Variables		Dimensiones	Indicador	Instrumentos	Índice	
Variable Independiente	Variable dependiente					
<b>CAUDAL DE MÁXIMA AVENIDA</b>	INUNDACIÓN	Estudio Hidrológico	Precipitación	SENAMHI	mm	
			Tiempo de Retorno	SENAMHI	años	
			Caudales Máximos	SENAMHI	m <sup>3</sup> /s	
		Estudios de Topografía	Perfil Longitudinal	Estación Total	m	
			Secciones transversales	Estación Total	m	
		Estudio Geomorfológico	Mapas cartográficos	Instituto Geográfico Nacional	Glb.	
	DEFENSAS RIBEREÑAS	Ensayos de laboratorio	Granulometría	Mallas	%	
			Límites de consistencia	Copa casa grande, horno, balanza		
			Máquina de los ángeles	Equipo para ensayo		
			Corte directo	Equipo para ensayo	kg/cm <sup>2</sup>	
		Diseño Hidráulico	Medición de caudales	Datos de la cuenca	Análisis y comparación	
			Modelamiento	Manuales Vigentes Criterio		
		Diseño Estructural	Selección del diámetro de piedra a usar	Manuales y criterios	Análisis y comparación	
			Distancia y ubicación de defensa ribereña	Manuales y criterios		
			Altura de defensa ribereña	Manuales y criterios		
		Medio Ambiente	Evaluación de impacto ambiental	Línea Base	Datos de campo	Glb.
				Impacto y mitigación	Libro específico	
				Manejo de Impactos	Libro específico	

### 3.4 Población y muestra

#### POBLACIÓN

La cuenca del río Motupe y la población en materia de estudio son todas las personas expuestas a la inundación del distrito de Jayanca.

#### MUESTRA

Tramo de río a analizar y la población establecida en ambas márgenes del río Motupe, desde el centro poblado Cahuide ubicado a la margen izquierda en la dirección del flujo del río hasta el centro poblado Pampa de Lino ubicado a la margen derecha en el sentido del flujo.

### **3.5 Criterios de selección**

#### **Selección de la población:**

Se considera la población como toda la cuenca del río Motupe, ya que la información obtenida de la cuenca como datos de precipitaciones, geomorfología, se usará para aplicarla en la muestra con datos que van a servir para analizar el tramo de río, además se considera un criterio de selección amplio llegando a la conclusión de que la muestra también será toda la población del distrito de Jayanca.

#### **Selección de la muestra:**

Se realizó un muestreo no probabilístico para escoger el tipo de muestra a analizar, ya que esta no sirve para hacer generalizaciones, pero si para estudios exploratorios, puesto que hay muchas condicionantes como la pendiente del río, tipo de suelo, ancho estable, etc. De esa manera se logró determinar qué zona es la más afectada para efectuar la investigación en esos tramos de río descritos anteriormente.

Se escogió a los individuos utilizando diferentes criterios, como por ejemplo el juicio u opinión de quien está realizando la tesis al conocer los antecedentes que afectan a la zona a evaluar y la opinión de personas afectadas producto de las inundaciones.

### **3.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

##### **Estudio Topográfico**

Se trata de un proceso en el que se eleva el número máximo de puntos y sus respectivas coordenadas para identificar la forma y superficie del terreno, y esta información se traslada a las curvas de nivel, al perfil longitudinal y al plano de la sección transversal.

Se usó los equipos topográficos y labores de gabinete.

##### **Estudio Geomorfológico**

Se utilizó el programa ArcGIS con la finalidad de obtener las características geomorfológicas de la cuenca aportante a la zona de estudio.

##### **Estudio Hidrológico**

Se utilizarán los programas como: AutoCAD Civil 3D 2021, Programas de Microsoft Office, HEC-HMS.

## Estudio de Mecánica de Suelos y Rocas

**Contenido de Humedad: NTP 339.127: 1998 [49]:** Esta prueba determina el contenido de humedad (humedad) de un pedazo de suelo en el laboratorio. Su importancia radica en describir el comportamiento del suelo (suelo fino) ante variaciones de volumen, cohesión, estabilidad mecánica, etc.

**Análisis granulométrico por tamizado: NTP 339:128 [50]:** Este es un proceso mecánico que clasifica las partículas del suelo de acuerdo a sus diferentes tamaños mediante el uso de un tamiz estandarizado, hasta que el orden descendente es el tamiz No. 200 (0.074 mm). Las mallas se instalarán una tras otra para evitar pérdidas de material durante el proceso de clasificación. El tamiz debe cumplir con los requisitos de NTP 350.001 (ASTM D 422).

**Ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos: NTP 339.129 [51]:** “Indica el contenido de humedad cuando el contenido de humedad está en el valor límite entre el estado plástico y el estado líquido, se expresa por el porcentaje de tierra seca en el horno”.

**Corte Directo NTP 339.171 [52]:** “Determinar la resistencia del suelo al esfuerzo cortante por cohesión y determina el ángulo de fricción interno. De esta manera, se puede calcular la capacidad de carga del suelo para pendientes estables con fines de cimentación”.

**Contenido de Sales NTP 339.177 [53]:** “Determina el contenido de sal en el extracto de agua preparado mezclándolo con una relación agua-suelo de 1: 5. El método de prueba que se muestra también se denomina determinación de sólidos disueltos en agua (TDS)”.

**Método de resistencia por abrasión en la Máquina de los Ángeles NTP 400.019 [54]:** “Este método es una medida de la degradación de los agregados minerales sometidos a abrasión o desgaste en un tambor de acero giratorio que contiene múltiples bolas de acero (según el tipo de grado de la muestra de prueba). Se ingrese la muestra y la bola de acero para hacerla girar en el tambor dentro del número de revoluciones, y luego se saca el agregado del tambor y el tamizado, y expresar su degradación en porcentaje.”.

## INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

- ✓ Fichas de observación, fotografías.
- ✓ Datos de levantamientos topográficos (Estación Total).
- ✓ Sondajes (Calicatas y SPT).
- ✓ Resultados de medición de ensayos de laboratorio.

- ✓ Registro de caudales del río Motupe (aforo).
- ✓ Registros pluviométricos de una determinada zona.

### 3.7 Metodología

Se empleará la metodología observación - experimentación.

La metodología de **observación**, para recopilar datos e información necesaria para el desarrollo del proyecto visitando el área de investigación.

Durante la **experimentación**, se obtendrá datos reales de las características y formas de suelo, así como también de materiales que se usará en la investigación.

### 3.8 Procedimientos

#### 3.8.1. Descripción general del área de estudio

##### 3.8.1.1. Ubicación del proyecto

El proyecto en estudio se encuentra ubicado al norte de la ciudad de Chiclayo, se localiza en las coordenadas  $6^{\circ}22'3.77''$  S y  $79^{\circ}48'10.64''$  O, en el punto aguas arriba; y las coordenadas  $6^{\circ}22'7.43''$  S y  $79^{\circ}50'17.98''$  O, en el punto aguas abajo; con una altitud de 67 m.s.n.m.

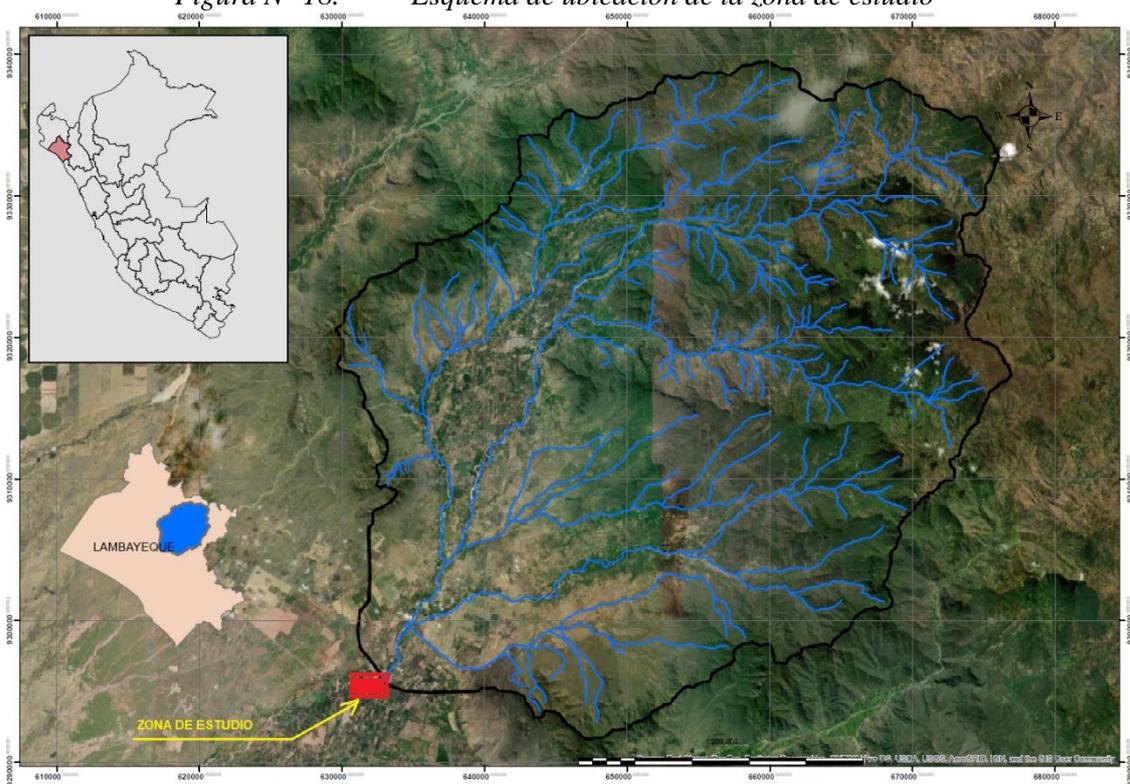
#### Ubicación del proyecto:

- Departamento : Lambayeque
- Provincia : Lambayeque
- Distrito : Jayanca

#### Los límites del proyecto son:

- Por el Norte : Con los distritos de Salas y Motupe
- Por el Sur : Con los distritos de Pacora y Pítipo
- Por el Este : Con los distritos de Incahuasi y Pítipo
- Por el Oeste : Con el distrito de Olmos

Figura N° 18. Esquema de ubicación de la zona de estudio



Fuente: Elaboración propia

### 3.8.1.2. Área de estudio

El área de estudio es el río Motupe con una longitud de 6.5 km ubicados en las coordenadas en el punto aguas arriba  $6^{\circ}22'3.77''$  S y  $79^{\circ}48'10.64''$  O; y las coordenadas  $6^{\circ}22'7.43''$  S y  $79^{\circ}50'17.98''$  O en el punto aguas abajo.

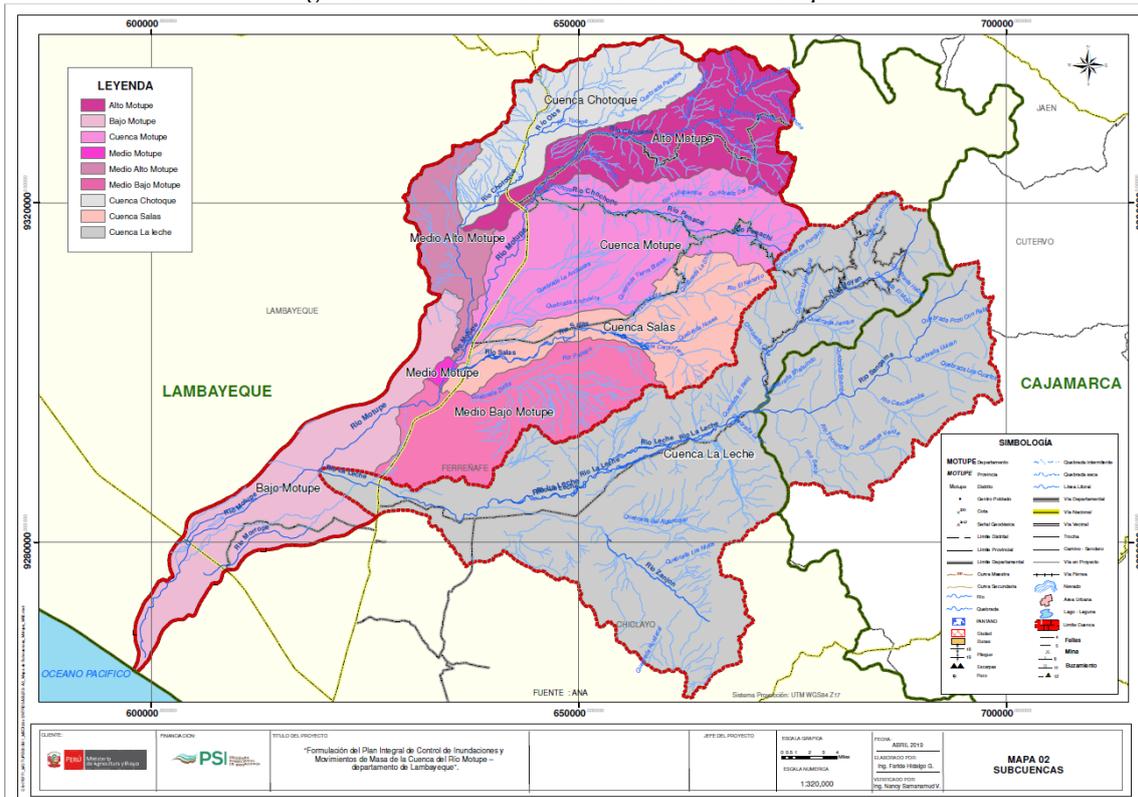
Figura N° 19. Señalización de zona en estudio



Fuente: Elaboración propia

La zona en estudio del Río Motupe pertenece a la denominada "CUENCA DEL RIO MOTUPE" y tiene como influyente inmediato la "SUB CUENCA MEDIO BAJO MOTUPE", según se indica en el gráfico siguiente:

Figura N° 20. Subcuencas del río Motupe



Fuente: Programa Subsectorial de Irrigaciones (PSI)

### 3.8.1.3. Vías de acceso

El camino al área de estudio está condicionado a la Carretera Panamericana Norte, lo que permite la conexión e integración con la provincia de Lambayeque, la región y varias regiones del país. Esta carretera está pavimentada y las carreteras cercanas están al nivel de trocha.

Tiene una serie de trochas carrozables que conectan a la capital distrital con los caseríos del distrito. El transporte de pasajeros de Chiclayo a Jayanca realiza las empresas de combis o camionetas rurales, en un tiempo aproximado de 60 minutos.

### 3.8.1.4. Información Cartográfica

La información cartográfica básica para el estudio ha consistido en:

- ✓ Cartas Nacionales a escala 1/100,000 del Instituto Geográfico Nacional (IGN) a curvas de nivel de 50 m; para un mejor manejo de esta información cartográfica ha sido digitalizada en un Sistema de Información Geográfica (SIG), con asistencia de programas de cómputo ArcGIS 10.5.
- ✓ Para la delimitación de la Subcuenca se ha utilizado la carta nacional que comprende los cuadrantes: 12-d, 12-e, 13-c, 13-d, 13-e, 14-c, 14-d y 14-e.
- ✓ Para el cálculo del NC del SCS, se utilizó datos de cobertura vegetal y tipos de suelos en formato shapefile obtenidos de la página web: [www.geogpsperu.com](http://www.geogpsperu.com).

### 3.8.1.5. Información Meteorológica

Para llevar a cabo la caracterización meteorológica en el proyecto, se analizó la información disponible de 04 estaciones meteorológicas, referido a la variable meteorológica de Precipitación Máxima de 24 horas; cuya fuente de información fue proporcionada por el SENAMHI y ANA, como se muestra en el siguiente cuadro.

Tabla 3: Información meteorológica de la zona de estudio

Estación	P <sub>máx24h</sub>
Cueva Blanca	1967 - 2018
Jayanca	1967 - 2019
Olmos	1967 - 2020
Puchaca	1967 - 2020

Y en el siguiente Cuadro y Gráfico se muestra la longitud de registros de máximas en 24 horas de cada una de las estaciones analizadas.

*Tabla 4: Registros históricos de Precipitaciones Máximas en 24 horas.*

<b>Año</b>	<b>Cueva Blanca (1)</b>	<b>Jayanca (2)</b>	<b>Olmos (3)</b>	<b>Puchaca (4)</b>
1975	78.50	29.30	34.50	60.30
1976	85.50	14.40	34.30	62.70
1977	89.50	9.30	10.00	60.00
1978	60.30	15.40	0.00	101.50
1979	50.00	5.00	10.40	40.10
1980	49.00	4.00	5.80	11.10
1981	25.10	35.00	59.60	20.30
1982	35.70	11.50	7.40	23.20
1983	25.50	110.00	111.20	150.00
1984	30.30	35.20	47.00	30.20
1985	34.80	7.60	6.00	6.10
1986	37.90	6.30	10.20	8.20
1987	16.90	19.70	19.00	60.20
1988	22.10	6.40	18.30	9.70
1989	25.40	10.50	30.60	51.50
1990	35.10	6.50	7.50	8.50
1991	43.70	6.40	17.70	4.20
1992	25.40	44.60	85.70	12.90
1993	33.10	27.10	70.30	60.90
1994	27.10	23.60	76.50	96.20
1995	33.40	19.50	26.40	65.30
1996	30.00	7.70	11.90	30.30
1997	35.30	22.80	19.90	30.00
1998	32.00	96.30	176.10	150.20
1999	33.90	58.80	52.10	70.30
2000	28.60	12.40	69.80	55.60
2001	34.60	41.60	45.40	128.30
2002	41.80	52.10	111.80	74.70
2003	28.80	31.20	26.20	40.30
2004	31.50	8.20	5.70	73.50
2005	31.20	9.40	3.40	41.50
2006	50.40	45.10	88.60	77.40
2007	39.40	3.00	26.20	10.80
2008	51.70	52.20	5.70	45.80
2009	51.80	18.00	3.40	55.20
2010	74.10	57.40	88.60	38.20
2011	41.10	9.10	47.40	20.60
2012	32.90	68.00	49.00	60.40
2013	40.20	9.80	6.90	30.90
2014	45.40	5.60	6.50	14.20
2015	33.60	38.30	6.90	50.20
2016	37.10	11.50	26.60	22.40
2017	35.20	122.40	139.00	148.10
2018	35.10	5.10	22.20	11.30
2019	50.70	70.50	57.80	23.70
2020	41.30	3.20	8.30	6.40

### 3.8.2. Estudio topográfico

#### Trabajo de campo

En esta etapa, se determinó las características topográficas del área de estudio del río Motupe, para el tramo comprendido desde el centro poblado Cahuide hasta el puente peatonal Pampa de Lino. Este procedimiento me permitió elaborar planos de topografía como planos de planta, perfil longitudinal y las secciones del cauce para posteriormente efectuar el diseño de defensas ribereñas, de esta manera se definió la ubicación y dimensiones precisas de los elementos hidráulicos del proyecto.

Se utilizó un equipo de estación total para realizar el levantamiento, para una longitud de río de 6.00 km.

La topografía se realizó en 2 etapas, la primera con una inspección visual de la zona del cauce del río y la segunda etapa es concerniente al levantamiento con la estación total.

Se inició con un punto inicial tomado con GPS cercano al puente peatonal Pampa de Lino, y se levantará en dirección contraria al cauce hasta llegar a la altura del centro poblado Cahuide.

*Figura N° 21. Toma de puntos con Estación Total en el cauce del río Motupe; altura del C.P. Pampa de Lino*



Los puntos tomados en el cauce del río deben ser los suficientes para obtener las secciones transversales del cauce, tomando en cuenta todo el ancho del río que son más 80.00 metros tanto a la izquierda como a la derecha de los márgenes.

La toma de datos con estación total fue dificultosa debido a la gran cantidad de cambios de estación realizados; producto de los arbustos presentes en el cauce y en sus márgenes. No es recomendable realizar levantamientos topográficos con Dron, ya que la cantidad de vegetación presente no permitiría tener una topografía al detalle de todo el cauce del río.

*Figura N° 22. Presencia de Arbustos y dificultad para la toma de datos con estación total.*



### **Trabajo de gabinete**

En el trabajo de gabinete se procesó la información tomada por la estación total, analizándose en el programa AutoCAD Civil 3D y generándose de esa manera curvas de nivel considerando la poca pendiente del río, las cuales podrían ser cada 1.00 m las curvas principales, y obtener secciones del cauce cada 20, 50 y 100 m para obtener formas más precisas de cauce del río.

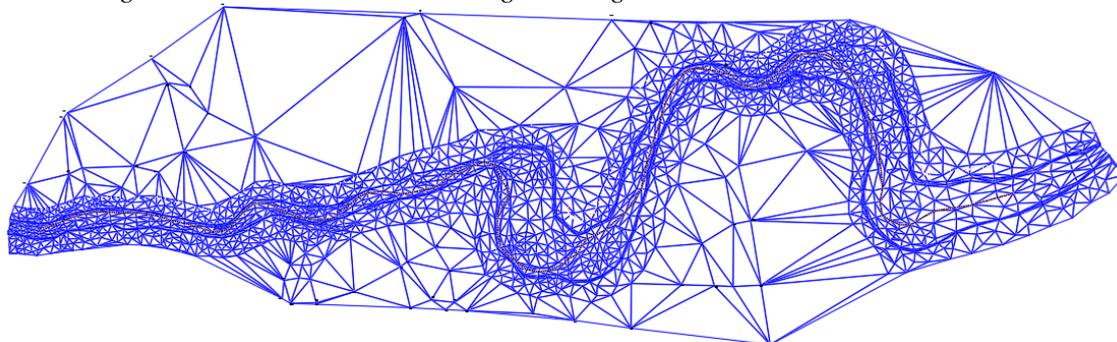
*Figura N° 23. Nube de puntos tomados por la estación total.*



Fuente: elaboración propia

En el software Civil 3D; una vez importados todos los puntos tomados en campo, se procedió a generar una malla de triangulación; así mismo, se corrigió esta malla según el criterio de toma de puntos en campo, de esta manera las curvas generadas posteriormente concordaban con la topografía del cauce del río. Además, se estableció un eje de río inicial, el cual seguía la cota más baja de todo el cauce a lo largo de los 6 km de análisis, para así poder obtener el perfil longitudinal.

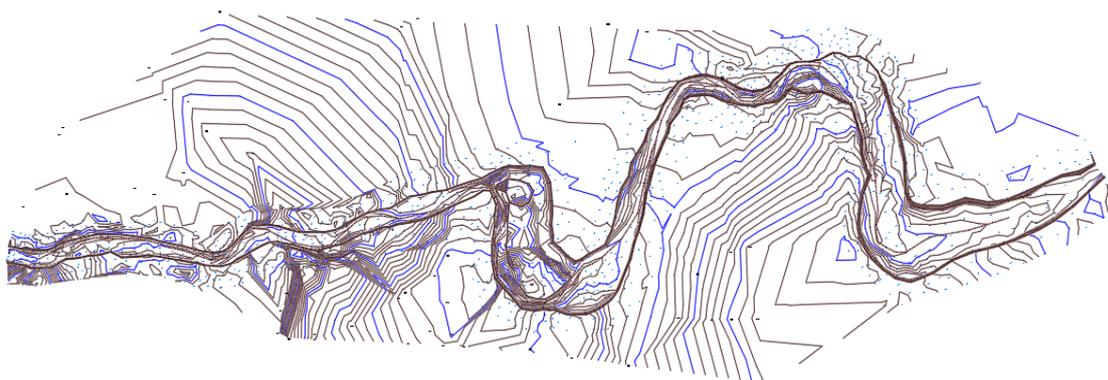
*Figura N° 24. Malla de triangulación generada en el tramo de análisis.*



Fuente: elaboración propia

Posteriormente, se establecieron curvas de nivel cada 0.2 m para tener y formar una mejor visualización del terreno.

*Figura N° 25. Vista en planta de las curvas de nivel generadas del cauce natural de tramo en análisis.*



Fuente: elaboración propia

Es en esta etapa en que queda la topografía definida para el modelamiento hidráulico, el cual mostrará valores de la inundación producida para un periodo de retorno determinado de diseño.

### **3.8.3. Estudio de Mecánica de Suelos**

En el proyecto se determinó las características físico–mecánicas de los materiales que cuenta el terreno en el que se apoyará las defensas ribereñas y también para constatar si cumple con las condiciones requeridas el proyecto. Esto se logrará mediante:

## Registro de excavaciones

Con la finalidad de obtener información de las propiedades del suelo se realizó (12) calicatas a cielo abierto en el área donde se construirá la defensa ribereña. En esta fase se han tomado muestras disturbadas e inalteradas en dichas calicatas, de acuerdo con las Normas Técnicas de muestreo (ASTM D 420).

*Figura N° 26. Ubicación de puntos de exploración de EMS.*



Las calicatas realizadas, han sido ubicadas dentro del área a construir la defensa ribereña, de tal manera que se obtenga la información necesaria para el estudio, haciendo uso de los materiales de (PALA, PICO, BARRETA) llegando a una profundidad de 1.50 metros. Luego para profundizar las calicatas se utilizó posteadora (IWAN AUGER) llegando a penetrar hasta 3mts.

## Ensayos de laboratorio

Realizados para obtener parámetros necesarios para usar en los diseños de cada estructura, conociendo de tal manera las propiedades físicas y mecánicas de la zona. Para el efecto se han ejecutado los siguientes ensayos, bajo las Normas de la American Society For Testing and Materials (A.S.T.M.)

Las muestras extraídas en las exploraciones de calicatas se ensayaron dentro de un laboratorio particular de Suelos; LINUS E.I.R.L., de los cuales se obtuvieron los datos de:

- Análisis granulométrico ..... ASTM – D422

- Límite Líquido ..... ASTM – D423
- Límite Plástico ..... ASTM – D424
- Humedad Natural ..... ASTM – D2216
- Corte Directo ..... ASTM – D3080

#### **3.8.4. Estudio de canteras**

Se identificaron y analizaron los materiales a usar para las defensas ribereñas. Se verificó que las propiedades físicas cumplan con las especificaciones técnicas requeridas en el proyecto. Identificando 2 canteras para recubrimiento de dique con enrocado y uso para gaviones adecuadas a la zona del proyecto.

De cada cantera se realizó el cálculo del potencial de extracción, dato necesario para el cálculo del costo total del proyecto.

**Cantera Desmotadora**, cantera de material de río.

- ✓ *Lugar:* En el río de la ciudad de Motupe.
- ✓ *Contenido:* cantera de canto rodado, over, material de río, produce material para relleno de gaviones de 6’’ a 8’’, piedra para enrocados del orden de 0.6 a 1.20 m de diámetro seleccionada previamente de los distintos puntos de extracción, piedra de 5 a 10 cm para cama de apoyo en talud de dique. Además, esta cantera contiene arena gruesa para la utilización en concreto armado.

#### **Cantera de río Pampa Vernilla**

- ✓ *Lugar:* En el río del C.P. Pampa Vernilla, perteneciente al distrito de Motupe.
- ✓ *Contenido:* piedra azul de material de río de grandes dimensiones, utilizable para protección de enrocados en riberas de ríos, la extracción recomendable es con el uso de explosivos, carguío y transporte con maquinaria pesada.

#### **Ensayos de laboratorio realizados a los materiales de las canteras:**

##### **a) Ensayos Estándar:**

- Humedad Natural (ASTM D-2216)
- Peso Específico (ASTM D-854)
- Peso Volumétrico (ASTM D-2937)

##### **b) Ensayos Especiales:**

- Ensayo de Abrasión (Máquina de los Ángeles) MTC E – 207, AASHTO T – 96 y ASTM C – 535.

- Durabilidad al sulfato de sodio y magnesio MTC – 209, AASHTO T – 104 Y ASTM C – 88.
- Índice de durabilidad MTC E – 214, AASHTO T – 210 Y ASTM D - 3744
- Contenido de sales solubles en agregados MTC E – 219

#### **Trabajos de Gabinete:**

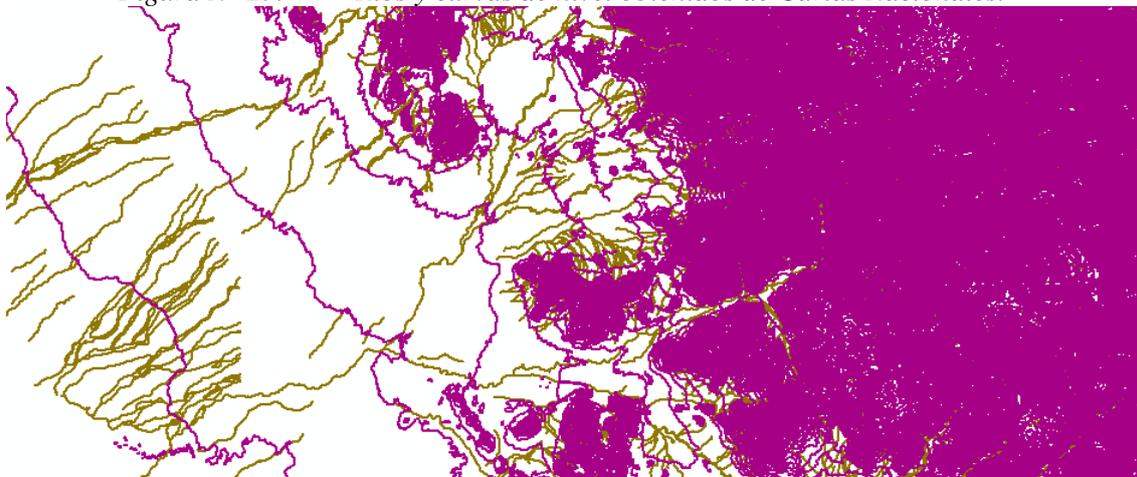
- Dibujo de curvas según resultados de laboratorio
- Confección de cuadros de resultados
- Interpretación de resultados
- Redacción del informe

#### **3.8.5. Estudio Geomorfológico**

Este estudio permitió obtener todas las características geomorfológicas (área, pendiente, etc.) de la cuenca del río Motupe, determinar el lugar de ubicación del proyecto. Se realizó con datos de cartas nacionales y procesados en el software ArcMap y hojas de cálculo Excel las cuales se mostrarán a continuación:

Se descargaron las cartas Nacionales las cuales contienen curvas de nivel cada 50 m; así mismo, información en formato .shp de los ríos de la zona a delimitar, esto sirve para tener una mayor referencia en cuanto a la delimitación de la cuenca.

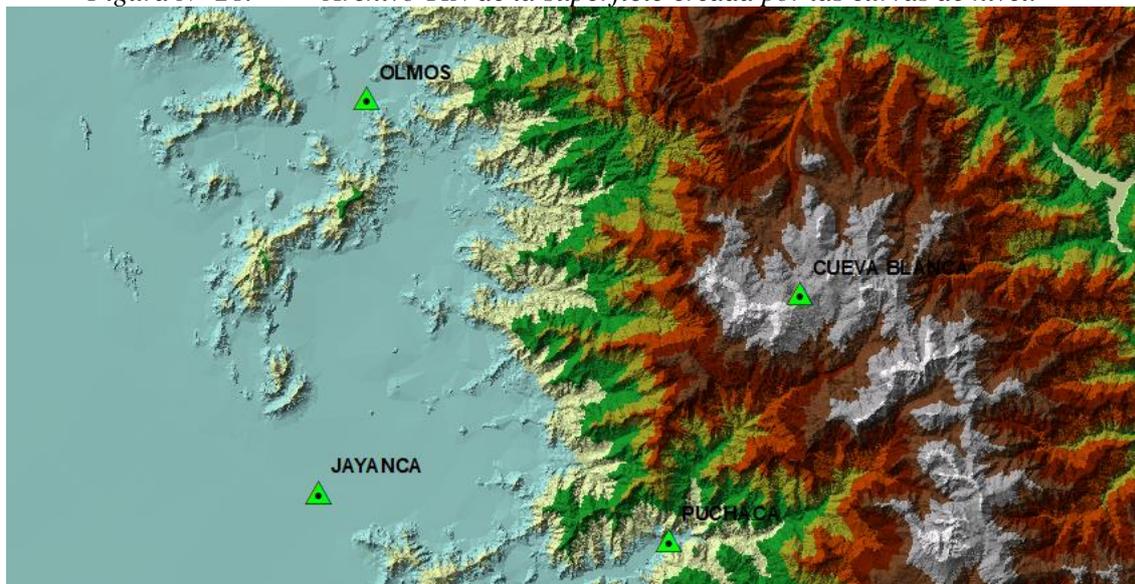
*Figura N° 27. Ríos y curvas de nivel obtenidos de Cartas Nacionales.*



Fuente: elaboración propia.

El siguiente paso es convertir el conjunto de curvas de nivel en un archivo tipo TIN, creando así una superficie para posteriormente delimitar sólo lo concerniente a la cuenca aportante a la zona de estudio.

Figura N° 28. Archivo TIN de la superficie creada por las curvas de nivel.



Fuente: Elaboración propia.

Esa superficie permite convertir al archivo tipo TIN en un modelo de elevación digital de tipo RASTER; teniendo este elemento, el archivo generado se tiene que corregir errores convirtiendo en un archivo .fill en las herramientas de hidrología del software ArcGIS.

Teniendo lo anterior, se inicia el procedimiento para delimitar la cuenca, teniendo el archivo .fill, se usa para crear una dirección del flujo (Flow direction), luego, obtener un archivo de acumulación de flujo (Flow Accumulation); en este proceso se ha creado la dirección de los ríos, visible para establecer el punto de aforo.

Figura N° 29. Ubicación del punto de aforo de la cuenca



Fuente: elaboración propia.

Ubicado el punto de aforo, en la opción Watershed y el uso de los anteriores parámetros como Flow direction y el punto de aforo; el software realiza el proceso de delimitar la cuenca. Teniendo la cuenca delimitada, el archivo se para a convertir en un tipo .shp, que sería un polígono; el cual permite calcular su área y perímetro y demás parámetros.

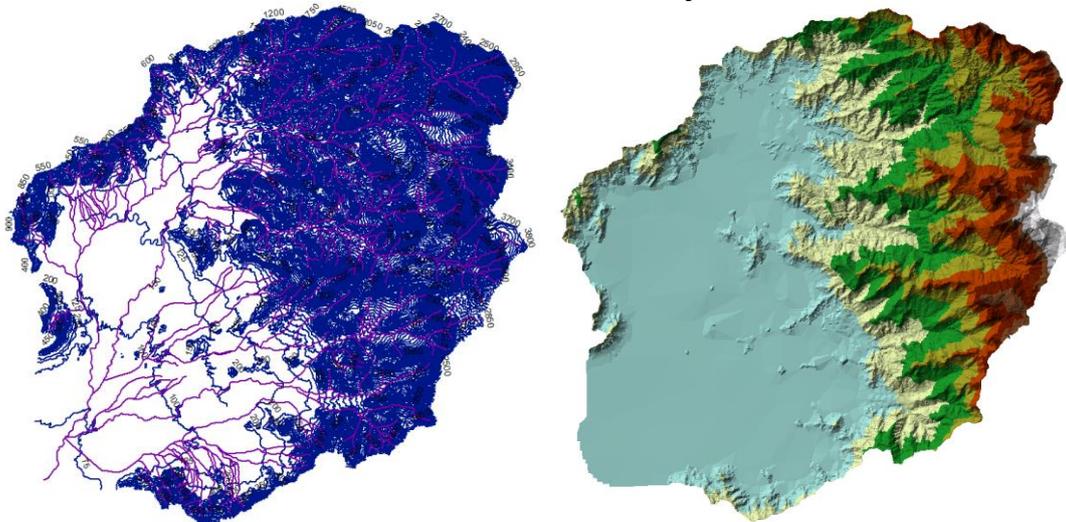
Figura N° 30. Cuenca delimitada en ArcGIS.



Fuente: elaboración propia.

En este punto es posible recordar las curvas de nivel, los ríos, el modelo de elevación digital y el archivo tipo TIN, los cuales se muestran a continuación:

Figura N° 31. Curvas de nivel, ríos y archivo tipo TIN recortados según delimitación de cuenca Motupe.



Fuente: elaboración propia.

Una vez delimitada la cuenca, el siguiente paso es calcular todos los parámetros geomorfológicos como área, perímetro, Coeficiente de compacidad, elevación media, factor de forma, pendiente media, longitud del cauce principal, orden de ríos, densidad de

drenaje; parámetros que van a influenciar cuando se requiera determinar el caudal aportante de la cuenca al área del proyecto.

### 3.8.6. Descripción de la cuenca

#### 3.8.6.1. Ubicación Geográfica

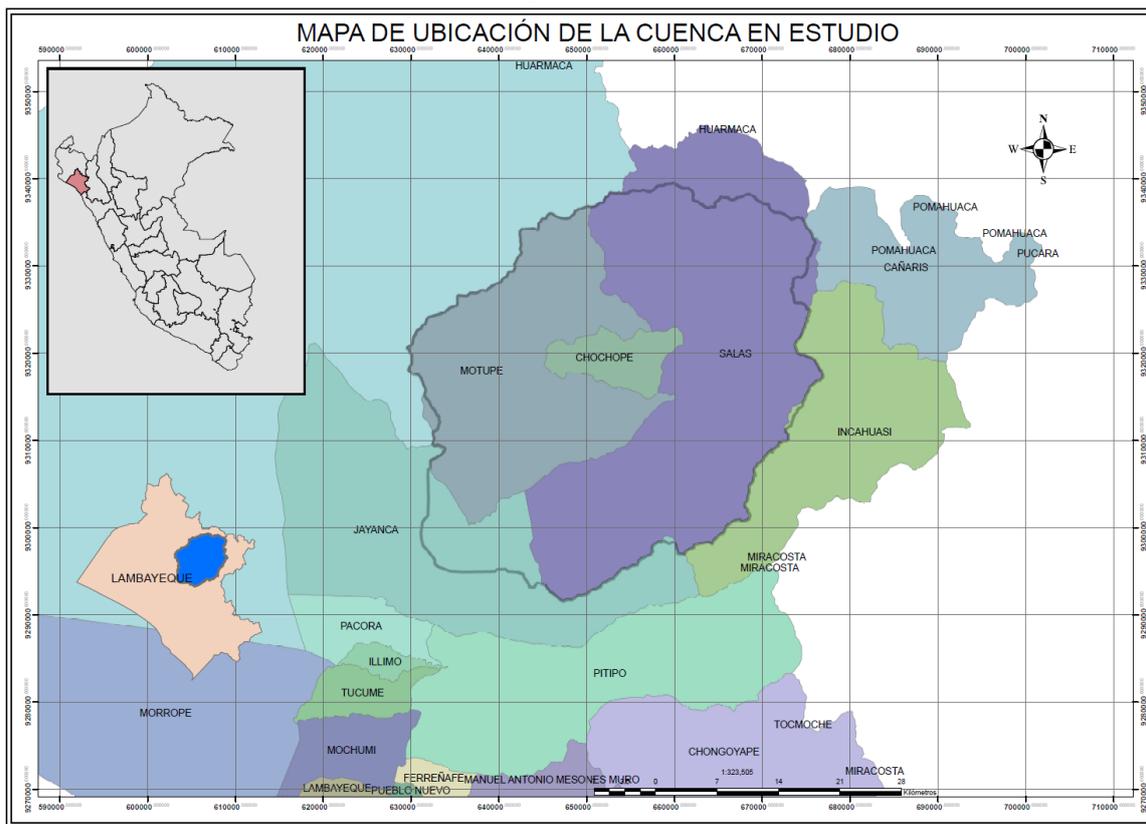
El río Motupe, de acuerdo con el ANA [55], se originó en la vertiente occidental de los Andes, en una densa red hidrográfica de tipo dendrítico cuyos componentes principales son –de oeste a este- los ríos Chotoque, Olos, Chiniama, Chóchope, Salas, La Leche y Motupe, además, cuenta con una diversidad de quebradas.

- Latitud Sur:  $5^{\circ}97' - 6^{\circ}51'$
- Longitud Oeste:  $79^{\circ}20' - 80^{\circ}19'$
- Altitud: 200-3500 msnm

#### 3.8.6.2. Demarcación Política

La cuenca del río Motupe políticamente se ubica en el departamento de Lambayeque, provincia de Lambayeque y distritos de Jayanca, Motupe, Salas y Chochope como se muestra en la figura.

Figura N° 32. Ubicación general de la cuenca del río Motupe



Fuente: elaboración propia.

### 3.8.6.3. *Demarcación Hidrográfica*

Hidrográficamente la cuenca del río Motupe limita por el norte con la cuenca del río Olmos, la cuenca del río Chamaya y la cuenca del río Cascajal; por el este limita con la cuenca del río Chancay–Lambayeque y del río Chamaya; por el oeste con el Océano Pacífico y por el sur con la cuenca Chancay-Lambayeque y la Intercuenca 13771. Esta cuenca está subdividida en 7 subcuencas como son: Choloque, Alto Motupe, Medio Alto Motupe, Motupe, Salas, Medio Bajo Motupe y Bajo Motupe.

### 3.8.6.4. *Demarcación administrativa*

La cuenca del río Motupe según [56], es inspeccionada por la Administración Local del Agua (ALA), Motupe-Olmos, la que se encarga de administrar aguas de uso agrícola y no agrícola, esta depende jerárquicamente de la Autoridad Nacional del Agua.

### 3.8.6.5. *Características geomorfológicas*

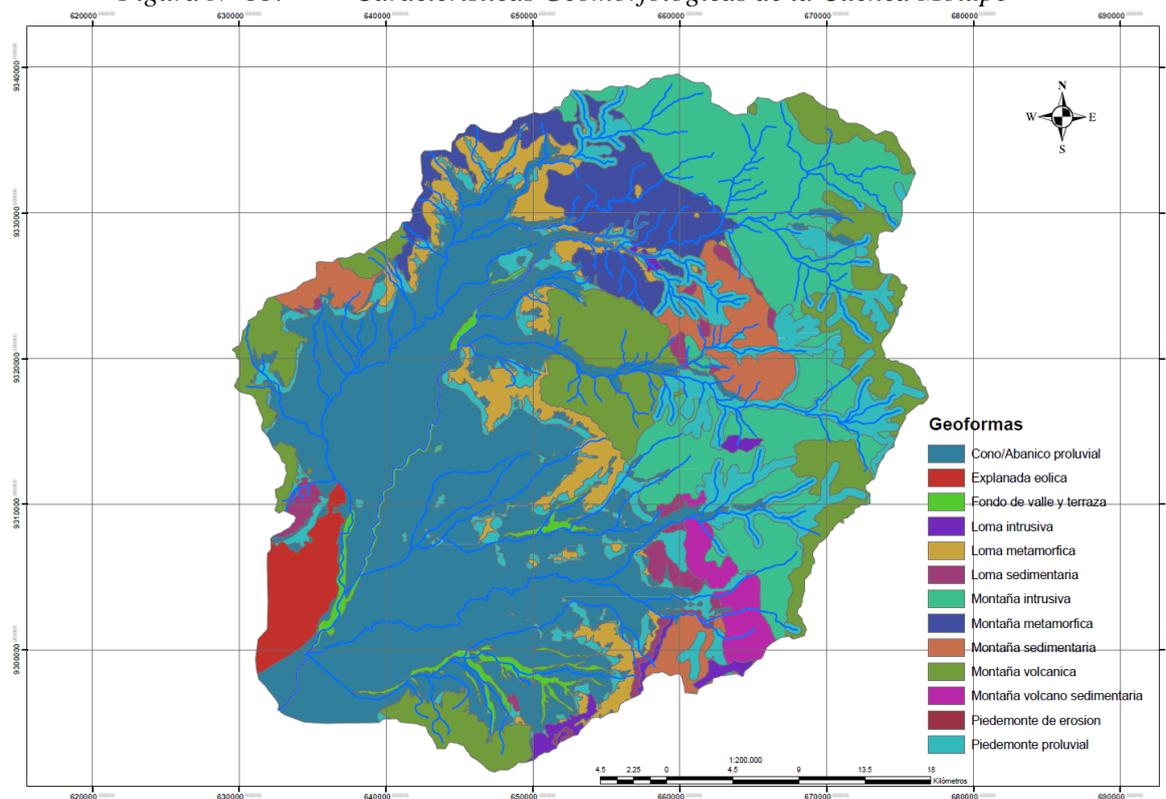
Geomorfológicamente la cuenca Motupe presenta 13 tipos de relieves como se muestra en la Figura y cuyas variaciones se nombran a continuación:

- Cono/abanico proluvial
- Explanada eólica
- Fondo de valle y terraza
- Loma intrusiva
- Loma metamórfica
- Loma sedimentaria
- Montaña intrusiva
- Montaña metamórfica
- Montaña sedimentaria
- Montaña volcánica
- Montaña volcano sedimentaria
- Piedemonte de erosión
- Piedemonte proluvial

- **Cono/abanico proluvial:** para [57] son conos y abanicos con ligera pendiente hacia el valle, desde suave (2°) hasta moderadas (10°-15°), formados por acumulaciones en la desembocadura de quebradas o río tributarios. Están compuestos por depósitos de detritos clásticos de tamaños variados.
- **Explanada eólica:** según [58] esta geoforma se ha formado por la acumulación de arenas presentes en toda la planicie, están presentes por muchos kilómetros, formando parte del desierto costero.
- **Fondo de valle y terraza:** para [58], han sido originados por cursos de agua que han formado y sedimentado materiales gruesos y finos. El material grueso es transportado por la corriente a lo largo de su cauce tiempos de avenidas, en los costados de las riberas, arena fina, limo y arcillas por cuya acumulación se forman las terrazas.

- **Loma intrusiva:** para [58], corresponden a afloramientos rocosos subredondeadas, pendientes suaves ( $10^{\circ}$  a  $20^{\circ}$ ) y variaciones de altura de hasta 300 m producto de procesos de erosión diferencial.
- **Loma metamórfica:** para [58], contiene afloramientos metamórficos de hasta 300 m de variación con inclinaciones entre ( $20^{\circ}$  a  $40^{\circ}$ ) y suaves ondulaciones. Se pueden observar a lo largo de la cordillera occidental, en ambos lados de la carretera **Motupe-Olmos**, cubiertos por vegetación arbustiva estacional e incluso árboles forestales.
- **Loma sedimentaria:** para [58], se conforma por afloramientos de rocas sedimentarias en cerros separados con alturas de entre 100 y 300 m; la erosión sobre estas genera líneas de cumbres redondeadas muy suaves. Éstas se ubican entre las zonas de Túcume y la Zaranda conformando relieves suaves y poco elevados de pendiente media de  $20^{\circ}$  a  $40^{\circ}$ .
- **Montaña intrusiva:** para [58], formada por laderas y crestas de topografía abrupta. Estas montañas son interceptadas por ríos y quebradas formando valles. Estas crestas montañosas van desde los 900 a 3600 msnm.
- **Montaña metamórfica:** para [58], presencia de rocas metamórficas de topografía agreste, con laderas de pendientes fuertes sin presencia de vegetación. Presencia entre la zona de Olmos-La Pilca y la zona de Colaya en Motupe. Zona donde se buscó la cantera para enrocado.
- **Montaña sedimentaria:** para [58], existe presencia de afloramiento de rocas que incluyen farallones y barrancos. La forma de identificarlos es mediante la de erosión de laderas, pueden distinguirse en las cuencas altas de los ríos Olmos, Motupe y La Leche.
- **Montaña volcánica:** para [58], es generada por actividad volcánica intensa que dio la generación de laderas con pendiente entre  $40^{\circ}$  a  $60^{\circ}$ . Se observa este tipo de geofoma en la zona de Incahuasi, Cañaris, Laquipampa y parte media a alta de la cuenca del río Motupe, en el sector de Botijilla (distrito de Salas), actualmente hay presencia de terreno de cultivo en extensas superficies encañonadas.
- **Montaña volcano sedimentaria:** para [58], son rocas presentes en la superficie fracturadas, las cuales forman parte de la cordillera montañosa occidental, en las zonas de Pítipo, Incahuasi, Chongoyape y Oyotún.
- **Piedemonte de erosión:** para [58], material acumulado en parte intermedia de las montañas con pendientes bajas, está asociada debido al transporte debido a la presencia de lluvia.
- **Piedemonte proluvial:** para [58], material acumulado en parte baja de las montañas con pendientes bajas, está asociada debido al transporte debido a la presencia de lluvia. Se observan en las faldas de las cordilleras y cumbres de las cuencas altas del río Olmos, Motupe, La Leche, Saña y Reque”.

Figura N° 33. Características Geomorfológicas de la Cuenca Motupe



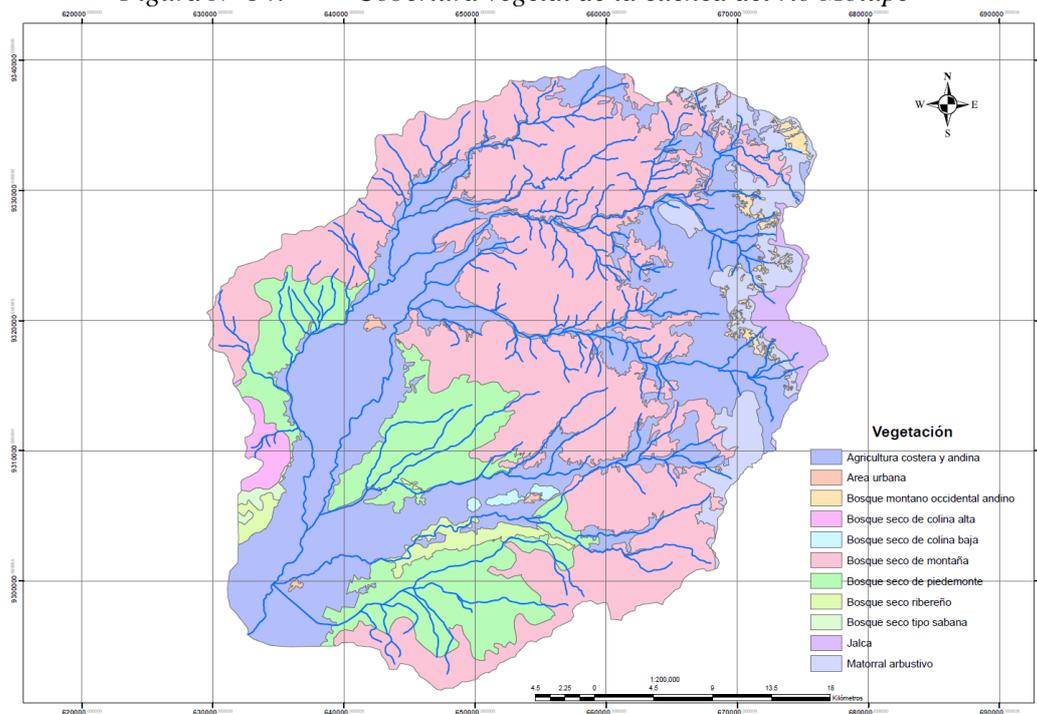
Fuente: Elaboración propia

### 3.8.6.6. Cobertura vegetal

Se ha identificado las siguientes coberturas de los suelos, las cuales se describen a continuación:

- Agricultura costera y andina
- Área urbana
- Bosque montano occidental andino
- Bosque seco de colina alta
- Bosque seco de colina baja
- Bosque seco de montaña
- Bosque seco de piedemonte
- Bosque seco ribereño
- Bosque seco tipo sabana
- Jalca
- Matorral arbustivo

Figura N° 34. Cobertura vegetal de la cuenca del río Motupe



Fuente: Elaboración propia

- **Agricultura costera y andina:** para [59], cobertura en donde se practica actividad agropecuaria con presencia en todos los valles del desierto costero.
- **Bosque montano occidental andino:** para [59], cobertura constituida por bosques en zonas específicas no extensos y en zonas puntuales, distribuidos en los andes del norte de Perú, entre los 1500 y 3500 m.s.n.m., presentes en los sectores de Kañaris en Lambayeque.
- **Bosque seco de colina alta:** para [59], presentes en la zona norte del país, la característica principal es que permaneces con follaje en épocas de lluvias y se vuelven áridos en temporada de sequía.
- **Bosque seco de colina baja:** para [59], presentes en la zona norte del país, formado en su mayor parte por árboles y arbustos que pierden su follaje en época de sequía.
- **Bosque seco de montaña:** para [59], principalmente en laderas montañosas en la zona norte del país y con una altitud entre los 400 y 2000 m.s.n.m.
- **Bosque seco de piedemonte:** para [59], se encuentra localizado en el piedemonte del paisaje montañoso occidental de los departamentos de Piura, Lambayeque, La Libertad y parte occidental de Cajamarca. A una altura entre 100 y 500 m. s. n. m., está conformada por árboles de hasta 8 m de alto y distribuidos de manera dispersa sobre el terreno.
- **Bosque seco ribereño:** para [59], este tipo de vegetación se ubica a lo largo de franjas en las riberas en quebradas y ríos de algunos departamentos tales como el “Bosque de Poma” (Río La leche - Lambayeque).
- **Bosque seco tipo sabana:** para [59], este tipo de cobertura se ubica en las llanuras cubiertas por depósitos aluviales y terrazas oceánicas, se presencian depósitos eólicos, comprendido desde cercano al nivel del mar hasta los 500 m.s.n.m.

- **Jalca:** para [59], este tipo de vegetación se encuentra ubicada en las cabeceras de cuenca, arriba de los 3000 m.s.n.m.
- **Matorral arbustivo:** para [59], este tipo de vegetación se encuentra en los andes, desde 1500 hasta 3800 m.s.n.m.

### 3.8.7. Estudio Hidrológico

Este estudio permitió calcular el caudal de diseño con el cual se diseñaron las defensas ribereñas para un periodo de retorno determinado por normas y recomendaciones de expertos en el tema, es por ello, por lo que se realizarán los siguientes pasos:

#### 3.8.7.1. Características de la cuenca

Para la división de la cuenca hidrográfica se ha utilizado el método de las divisorias de aguas es decir obedeciendo únicamente a demarcaciones naturales. Se identificaron y delinearon las divisorias de aguas a partir de la visualización de las curvas de nivel y de la red hidrográfica disponible, de esta manera las divisorias separan a las diferentes subunidades junto con sus redes hidrográficas naturales y totalmente independientes de sus vecinas. La delimitación y subdelimitación de la cuenca Motupe, se muestra en el Mapa Hidrográfico.

Para realizar la delimitación de la cuenca se ha utilizado la información cartográfica con Cartas Nacionales a escala 1/100,000 del IGN digitalizado bajo el entorno de GIS con una equidistancia mínima de curvas de nivel de 50 m.

Figura N° 35. Mapa hidrográfico de la cuenca Motupe



Fuente: Elaboración Propia

### 3.8.7.2. *Parámetros Geomorfológicos de la Cuenca*

Para conocer las características de la cuenca del río Motupe, se ha establecido una serie de parámetros que sirven de referencia para la clasificar y comparar la cuenca. Para una mejor comprensión se ha distribuido en los siguientes parámetros:

- Parámetros de forma
- Parámetros de relieve
- Parámetros de red hidrográfica.

#### **A. ÁREA DE LA CUENCA (A)**

El área de la cuenca es la proyección de su superficie en un plano horizontal en el cual podemos determinar la cantidad de escorrentía proporcionada por una tormenta que cubre toda el área y baja hacia las divisorias de aguas; expresada en Km<sup>2</sup>.

A mayor área, mayor cantidad de escorrentía superficial. De los resultados el área de drenaje para la cuenca del río Motupe es de **1589.67 Km<sup>2</sup>**.

#### **B. PERÍMETRO (P)**

Es la longitud del contorno de división de aguas, se mide en Km. En la cuenca se presenta un valor para la cuenca del río Motupe de **181.37 km**.

#### **C. FORMA DE LA CUENCA**

Esta influye en el tiempo de concentración de las aguas al punto de salida. Se evalúa lo siguiente:

##### ➤ **Factor de Forma**

Es un factor adimensional ( $K_f$ ), es una división entre el área de la cuenca y la longitud máxima elevado al cuadrado, la longitud se mide trazando una línea recta desde el punto de aforo hasta el límite de la cuenca. Tiene la siguiente expresión:

$$K_f = \frac{A_{\text{area}}}{L^2}$$

Dónde:

$K_f$  = factor de forma.

A = área de la cuenca.

L = longitud de la cuenca, medido a lo largo del curso de agua más largo. El área y la longitud son dadas en unidades consistentes tal como km<sup>2</sup> y km, respectivamente.

De los resultados la cuenca del río Motupe presenta un factor de forma igual a 0.4984 está entre os valores de 0.45 a 0.60, la cual indica que tiene una forma ligeramente

ensanchada; además, indica una tendencia media a las crecientes, con una baja respuesta hidrológica.

### ➤ Coeficiente de Compacidad

Relaciona el perímetro de la cuenca y el perímetro de una circunferencia cuya área es equivalente al área de la cuenca en análisis. La ecuación es la siguiente:

$$K_c = \frac{0.282P}{\sqrt{A}}$$

Dónde:

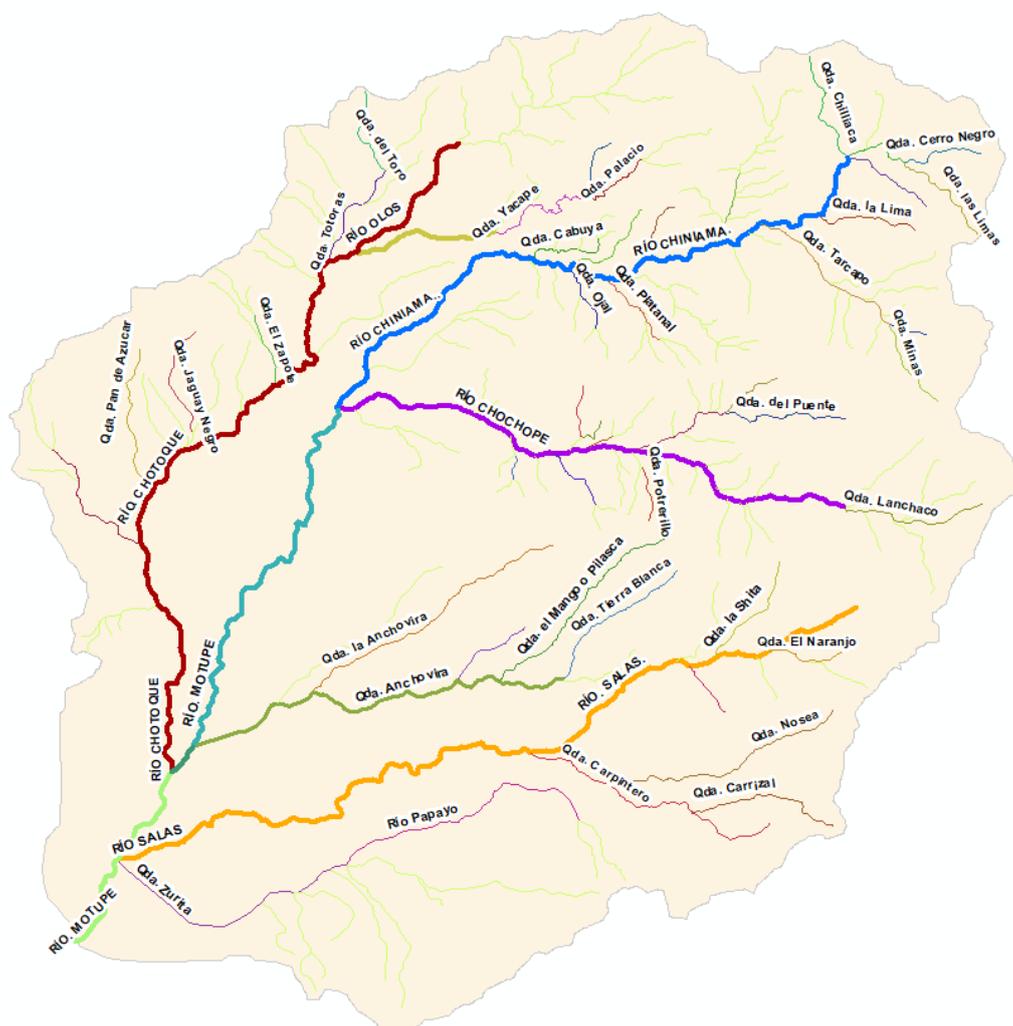
K = coeficiente de compacidad,

P = perímetro de la cuenca, y

A = área de la cuenca, con P y A dados en cualquier grupo consistente de unidades.

La cuenca del río Motupe presenta un  $K_c$  igual a **1.283**, lo cual indica que es de forma ovalada por encontrarse entre valores de 1.0-1.5.

Figura N° 36. Visualización gráfica de los parámetros de forma de la cuenca Motupe



Fuente: Elaboración propia

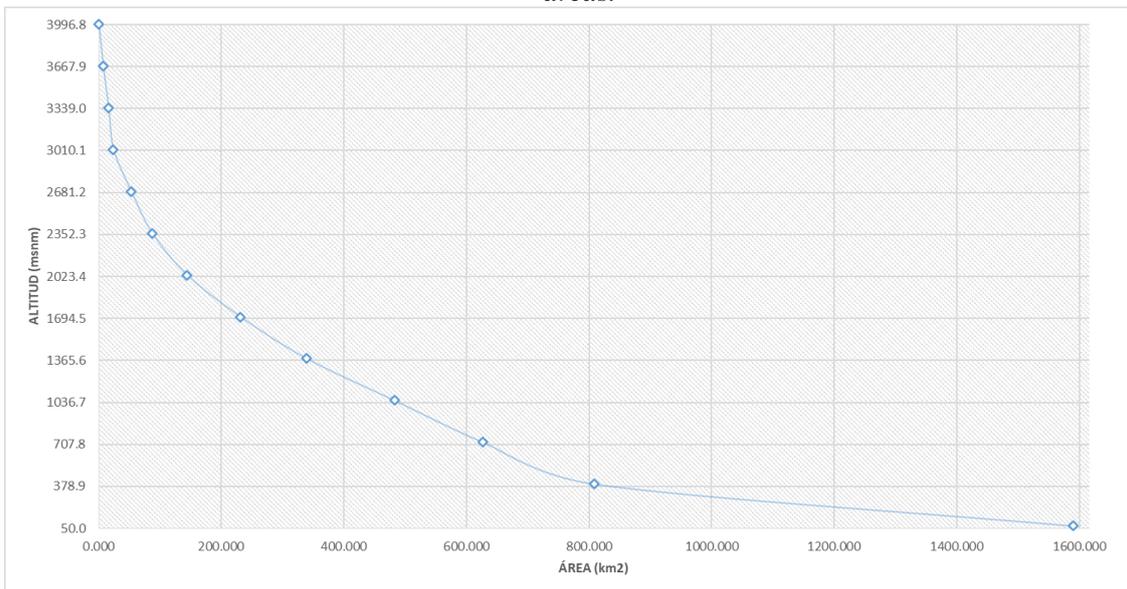
## D. RELIEVE DE LA CUENCA

El relieve significa determinar la pendiente que influye en el tiempo de concentración de las aguas. Existen diversos parámetros para describir el relieve, los más usados son:

### ➤ Curva Hipsométrica

Representa de manera gráfica cotas de terreno en función de las áreas que contienen. Se puede construir mediante áreas acumuladas.

Figura N° 37. Curva Hipsométrica de la cuenca Motupe representada con áreas.



Fuente: Elaboración propia

### ➤ Elevación Media

La elevación media es obtenida por el porcentaje de altura correspondiente al 50 por ciento del área. La elevación media de la cuenca Motupe es de **380 m.s.n.m.** y de acuerdo con la clasificación mostrada en la imagen es un río viejo.

Figura N° 38. Tipos de ríos según la forma de su curva hipsométrica

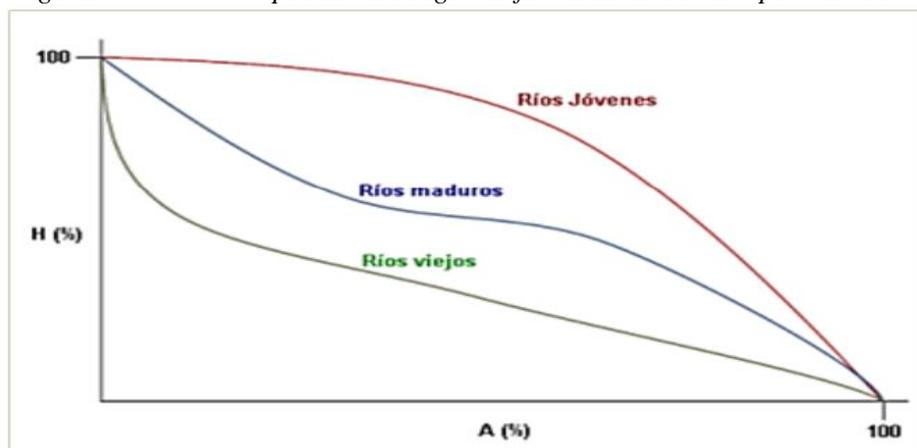
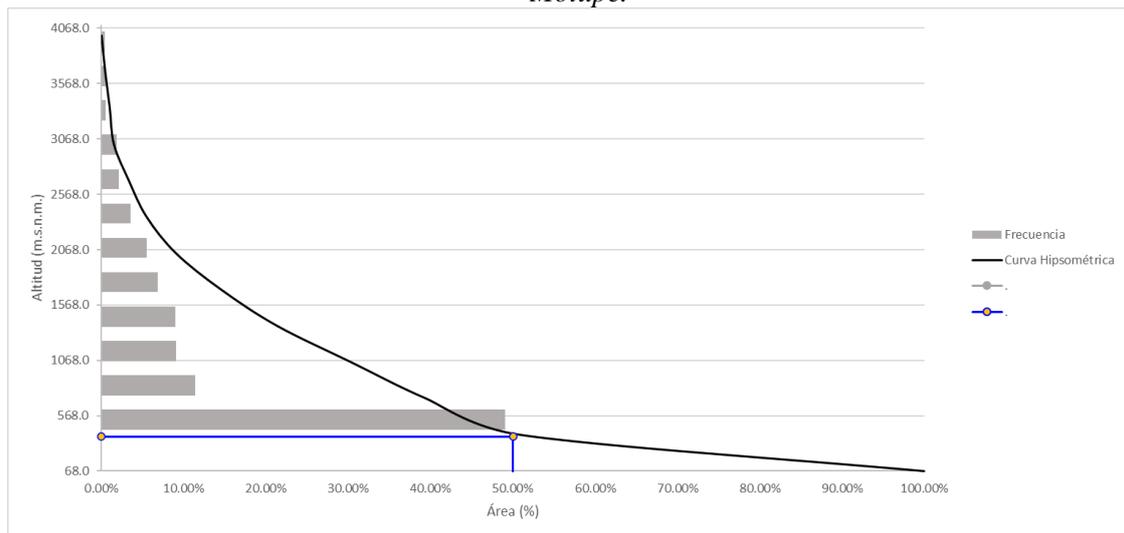


Figura N° 39. Curva hipsométrica y Elevación Media de la subcuenca del río Motupe.



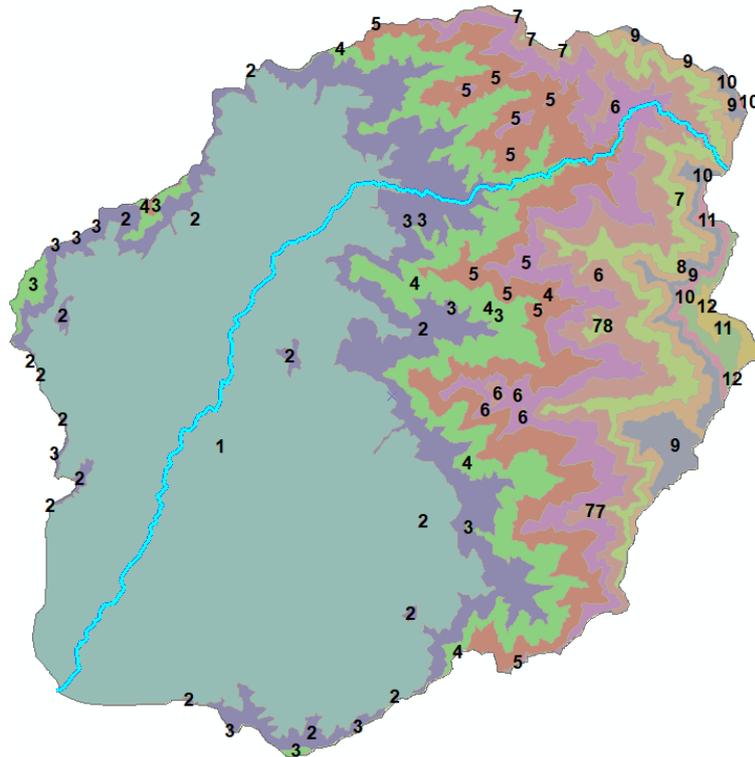
Fuente: Elaboración propia

➤ **Pendiente media por medio de curvas de Nivel (Método de Álvord)**

Esta se puede estimar mediante un plano de curvas de nivel, empleando el método de Álvord. Influye en el comportamiento de las aguas.

Para calcularla se usa el método de Álvord, el cual divide la cuenca en franjas altitudinales obteniendo la pendiente de cada una, posteriormente se hace una ponderación en función del área de cada intervalo.

Figura N° 40. Agrupamiento de curvas para calcular la pendiente de la cuenca.



Fuente: Elaboración propia

$$S_m = (D * Ll) / A$$

Gridcode	Cotamín	Cotamáx	Superficie (Km2)	Longitud rio (km)
1	69.52	397.06	780.64	48.00
2	397.06	724.60	181.88	8.68
3	724.60	1052.14	144.82	4.49
4	1052.14	1379.68	142.87	5.97
5	1379.68	1707.22	108.35	3.72
6	1707.22	2034.76	87.21	3.35
7	2034.76	2362.30	56.78	1.19
8	2362.30	2689.84	34.39	0.34
$\Sigma$			<b>1536.94</b>	<b>75.73</b>

$$e = 0.328 \quad \text{km}$$

$$S_m = 0.016 \quad \text{m/m}$$

$$S_m = 1.61\%$$

De los resultados obtenidos se presenta una pendiente de 1.61 % para la cuenca del río Motupe.; y según el tipo de relieve; este se clasificaría como plano.

#### ➤ Rectángulo Equivalente

Parámetro importante ya que tiene relación con el comportamiento hidráulico de drenaje de la cuenca. Se trata de convertir la cuenca en un rectángulo de superficie, perímetro, coeficiente de compacidad y distribución hipsométrica.

Consiste en determinar las longitudes del rectángulo.

$$A = L.l$$

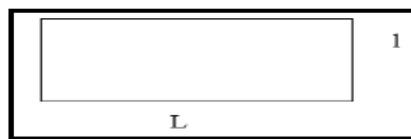
$$P = 2(L + l) = 2K_c \sqrt{\pi A}$$

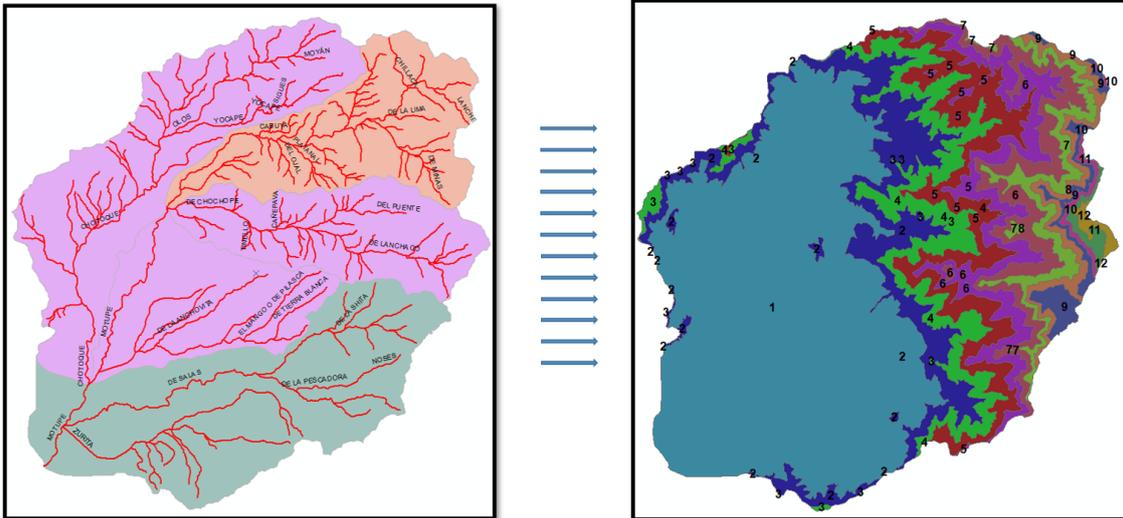
$$L^2 - L.K_c \sqrt{\pi A} + A = 0$$

De esto se obtiene:

$$L = K_c \sqrt{\pi A} / 2 \left[ 1 + \sqrt{1 - 4 / \pi K_c^2} \right]$$

$$l = K_c \sqrt{\pi A} / 2 \left[ 1 - \sqrt{1 - 4 / \pi K_c^2} \right]$$





Gridcode	Cota <sub>min</sub>	Cota <sub>máx</sub>	Superficie (Km2)
1	69.52	397.06	780.64
2	397.06	724.60	181.88
3	724.60	1052.14	144.82
4	1052.14	1379.68	142.87
5	1379.68	1707.22	108.35
6	1707.22	2034.76	87.21
7	2034.76	2362.30	56.78
8	2362.30	2689.84	34.39
9	2689.84	3017.38	28.95
10	3017.38	3344.92	8.02
11	3344.92	3672.46	8.79
12	3672.46	4000.00	6.97
		Σ	1589.67

Cota Mayor = 4000.00 m.s.n.m.  
Cota Menor = 69.52 m.s.n.m.

P = 181.37 Km  
A = 1589.67 Km<sup>2</sup>  
Kc = 1.283

$$L = \frac{Kc \cdot \sqrt{A}}{1.12} \cdot (1 + \sqrt{1 + (1.12/Kc)^2})^2$$

$$l = \frac{Kc \cdot \sqrt{A}}{1.12} \cdot (1 - \sqrt{1 + (1.12/Kc)^2})^2$$

$$L = 67.93 \text{ Km}$$

$$l = 23.40 \text{ Km}$$

$$Sm = (Cota \text{ Mayor} - Cota) / L$$

$$Sm = 0.058 \text{ m/m}$$

$$Sm = 5.79\%$$

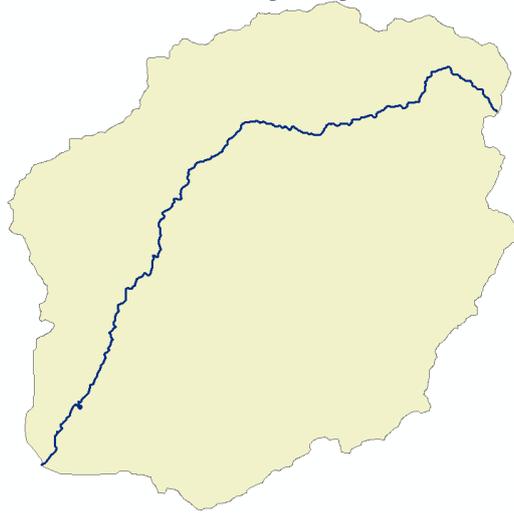
De los resultados obtenidos se presenta los valores de longitud mayor (L) igual a L= 67.93 km y longitud menor (l) igual a l = 23.40 km y una pendiente de 5.79 % para la cuenca del río Motupe.

## E. MEDICIÓN LINEAL

### ➤ Longitud de Cauce Principal

La longitud del río a lo largo del curso principal de agua es el más largo de toda la cuenca y es la única que conduce la escorrentía hacia el punto de aforo.

Figura N° 41. Vista del cauce principal de la cuenca Motupe.



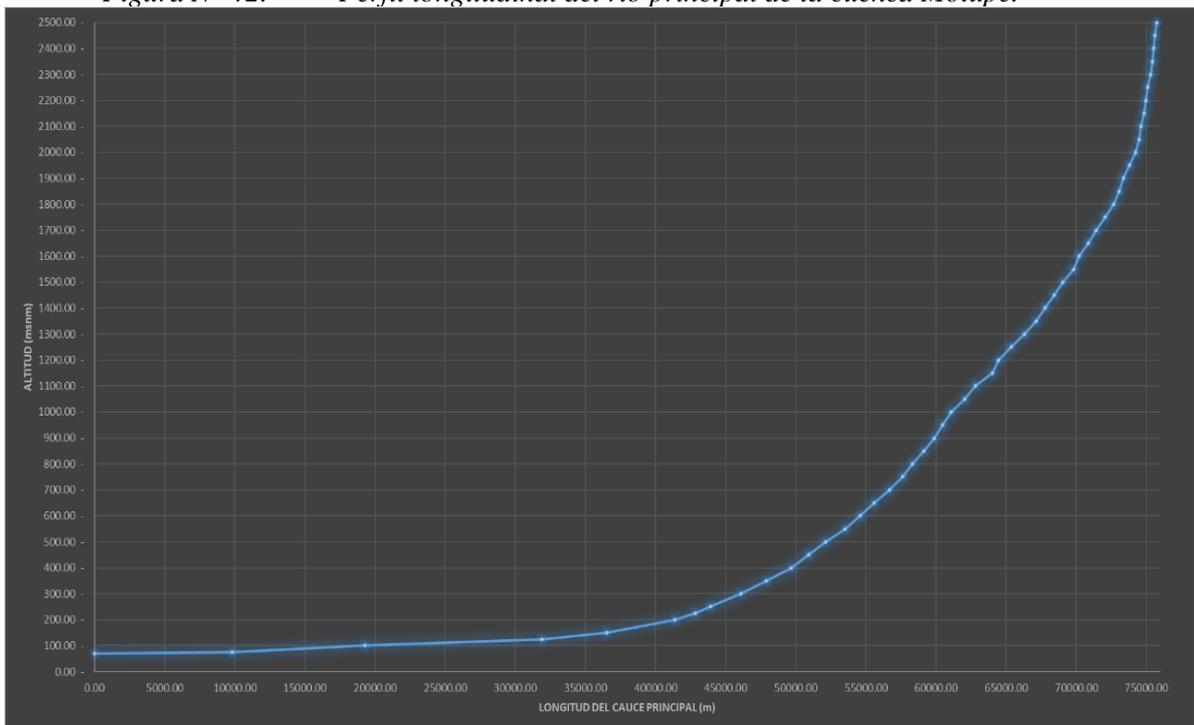
Fuente: Elaboración propia

La zona analizada tiene una longitud de cauce principal de 75.73 km, estas se encuentran entre las cotas de 69.52 m.s.n.m. y 2500 m.s.n.m.

➤ **Perfil longitudinal del cauce del río (Taylor)**

Conjunto de puntos que forman una línea representados en una gráfica de altura versus longitud de todo el cauce principal. (Ver imagen con más detalle en anexo 7.1).

Figura N° 42. Perfil longitudinal del río principal de la cuenca Motupe.



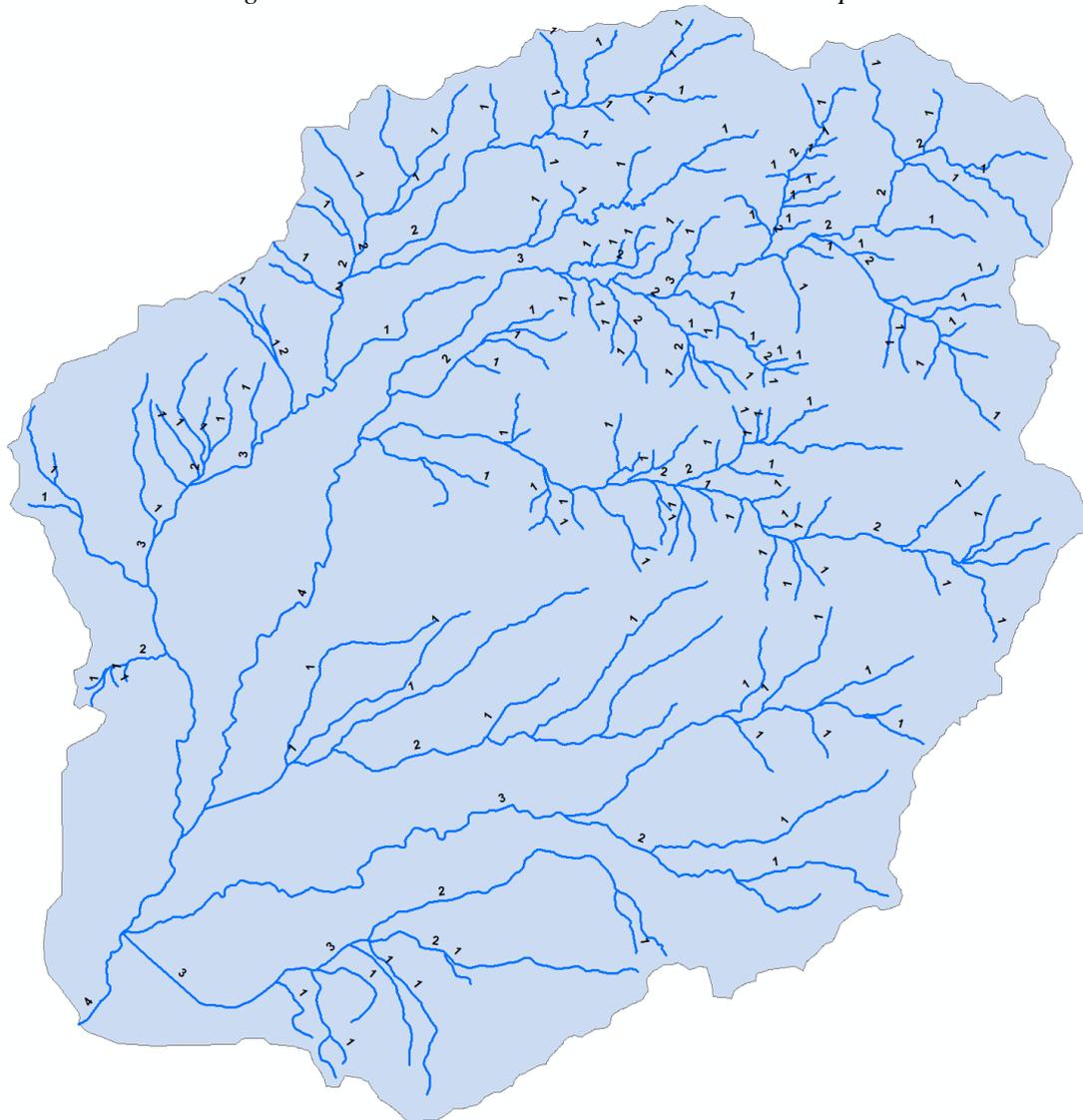
Fuente: Elaboración propia

La pendiente del cauce del río se calcula mediante el método de Taylor cuyo resultado muestra una pendiente del río principal de la cuenca Motupe de 0.43%

### ➤ Orden de Ríos

Indica la intensidad del flujo de aguas hasta el punto de aforo, mediante ella se puede identificar cuan grande es su capacidad para transportar escorrentía, este parámetro ayuda a comparar con otras cuencas y determinar la importancia de una versus la otra.

*Figura N° 43. Orden de la cuenca del rio Motupe*



Fuente: Elaboración propia

El orden de corriente está relacionado el tamaño de cuenca. Cuencas grandes tienen órdenes de corriente de 10 o más. El orden de la corriente principal del río en el punto de aforo según el estudio se determinó que le corresponde un **grado de bifurcación de orden 4**.

### ➤ Densidad de Drenaje

Indica la relación entre la longitud total de los cursos de agua: efímeros, intermitentes o perennes de una cuenca y el área total de la misma.

$$Dd = \frac{L_t}{A} \quad (Km / Km^2)$$

Dónde:

$L_t$ : Suma de longitudes de todos los tributarios (incluye cauce principal) (Km)

A: Área de la cuenca (Km.)

ORDEN 1	521.64
ORDEN 2	208.62
ORDEN 3	94.16
ORDEN 4	32.59
<b>Σ</b>	<b>857.00 Km</b>

L = 857.00 Km Longitud total de las corrientes

A = 1589.67 Km<sup>2</sup> Area total de la cuenca

Dd =  $L/A$  Cuencas con drenaje pobre: hasta 0.5 km/km<sup>2</sup>

Dd = **0.54 Km/Km<sup>2</sup>** Cuencas bien drenadas: hasta 3.5 km/km<sup>2</sup>

Presenta una densidad de drenaje igual a **0.54 km/km<sup>2</sup>**, lo cual indica que presenta una densidad de drenaje regular por encontrarse entre valores de  $0 < D_d < 1$ .

#### ➤ Extensión Media de Escurrimiento

Se define como la distancia media que el agua debería escurrir sobre la cuenca para llegar al cauce principal.

Se tiene:

$$d = \frac{A}{4 L_t} \quad (m)$$

De acuerdo con el resultado la cuenca del río Motupe presenta una extensión media de **escurrimiento igual a 463.67 m**.

#### 3.8.7.3. Descripción hidrográfica

La cuenca según, [55] “el agua en la cuenca discurre en dirección de suroeste (SW) las distintas redes hídricas, solamente los ríos Chiniama y Chóchope tienen régimen regular y permanente, los demás ríos y quebradas restantes son de régimen irregular en los que la presencia de agua en los períodos de lluvia”.

Según [55] “los principales afluentes del río Motupe son: en la margen derecha el Río Ojos, Río Chotopi, Qda Pan de Azúcar; en la margen izquierda Río Chochope, Río Salas, Qda Zurita”.

### 3.8.7.4. Climatología

La Climatología de acuerdo a la clasificación climática; según [60], la subcuenca del río Motupe contiene variedad de climas; se identificaron relacionando parámetros meteorológicos de temperatura, precipitación y la humedad relativa; además de la altitud, latitud, Cordillera de los Andes, la corriente fría Marítima Peruana, el Anticiclón del Pacífico Sur y la Continentalidad, estos generan una variedad de climas en función a las alturas de la cuenca. Por lo tanto, la cuenca del río Motupe por encontrarse a una altitud alrededor de los 500 m.s.n.m., presenta los siguientes climas:

- **E(d)B'1H3:** zonas desérticas semicálidas, donde no hay suficientes precipitaciones durante todo el año, la humedad relativa se clasifica como húmeda. Lugares en su mayoría del distrito de Lambayeque.
- **E(d)A'H3:** zonas desérticas cálida, donde no hay suficientes precipitaciones durante todo el año, la humedad relativa se clasifica como húmeda. Lugares tales como: **Morropón, Olmos, Motupe, etc.**
- **C(o,i,p)B'2H3:** En la zona templada semiseca, las precipitaciones son insuficientes en otoño, invierno y primavera, y la humedad relativa es húmeda.
- **C(o,i,p)B'3H3:** En las zonas semisecas y semifría, las precipitaciones son insuficientes en otoño, invierno y primavera, y la humedad relativa es húmeda.

Figura N° 44. Clasificación climática de la cuenca del río Motupe según SENAMHI

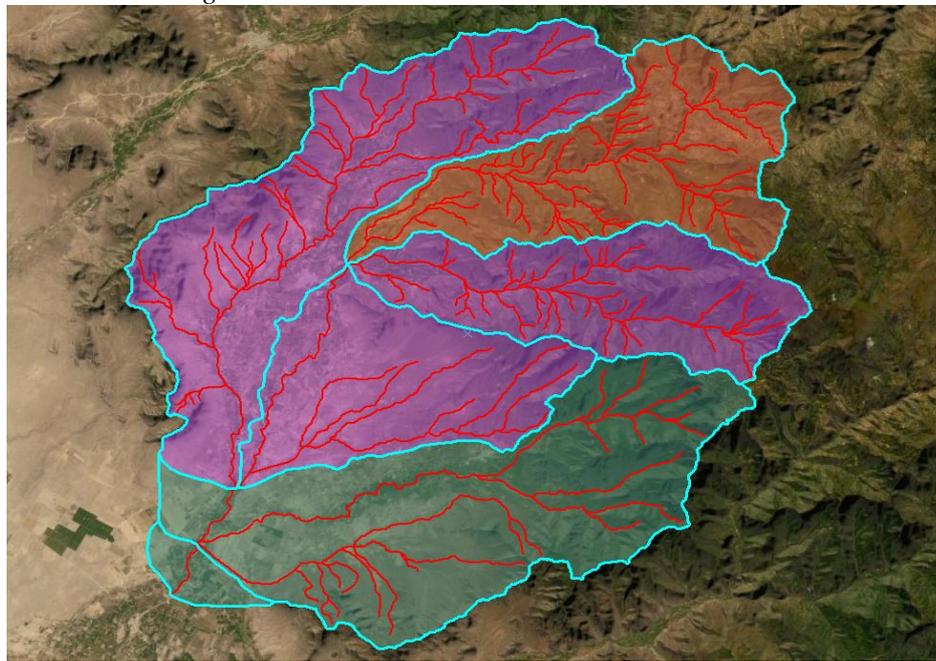


Fuente: Elaboración propia.

### 3.8.7.5. *Subdelimitación de cuencas*

El primer paso es Subdelimitar la cuenca en cuencas más pequeñas, identificando los cauces de ríos aportantes predominantes en cada zona. En esta investigación se identificó 6 subcuencas principales y predominantes, se muestran en la siguiente imagen.

*Figura N° 45. Subdelimitación de cuencas.*



Fuente: Elaboración propia.

### 3.8.7.6. *Red de estaciones Meteorológicas*

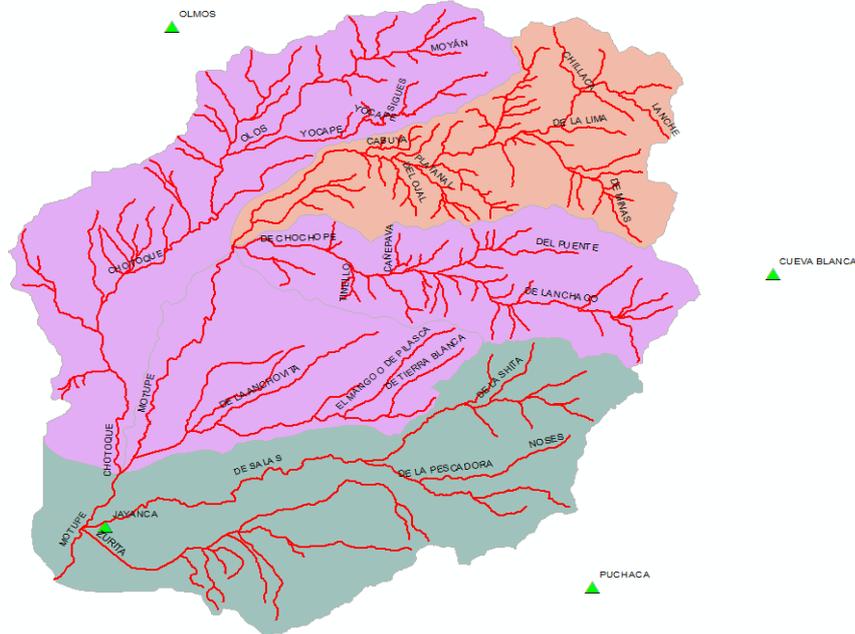
Con el objetivo de determinar las estaciones pluviométricas en el ámbito del proyecto y su influencia en los datos de precipitaciones, se emplearon información de 04 estaciones meteorológicas, los registros fueron previamente analizados para evaluar la consistencia y calidad de sus datos. Podemos mencionar que en toda la zona de estudio no existen estaciones que permitan cuantificar el caudal en forma directa.

Se debe tener en cuenta que los datos de estas estén completos hasta los años de análisis requeridos. Para este caso, se identificaron 4 subestaciones meteorológicas; estas son: Jayanca, Olmos, Cueva Blanca y Puchaca. Se realizará una recopilación de precipitaciones máximas en 24 horas desde el año 1998 hasta 2020 de cada una de estas estaciones, procedimiento en el cual se mostrará más adelante. A continuación, se muestra en el cuadro la ubicación y sus características principales de estas estaciones meteorológicas. Cabe indicar que las mencionadas estaciones son las más cercanas al área de estudio y representan las características de la zona en la que se ubica el Proyecto.

Tabla 5: Ubicación geográfica de las estaciones meteorológicas

Estación	Ubicación Geográfica			Ubicación Política			Fuente
	Latitud	Longitud	Altitud	Dpto.	Prov.	Distr.	
Cueva Blanca	6°7'52.68" S	79°24'16.2" W	3300	Lambayeque	Lambayeque	Incahuasi	Senamhi
Jayanca	6°19'53.73" S	79°46'7.29" W	78	Lambayeque	Lambayeque	Jayanca	Senamhi
Olmos	5°50'13.7" S	79°49'8.8" W	120	Lambayeque	Lambayeque	Olmos	Ana
Puchaca	6°22'25" S	79°28'10.25" W	336	Lambayeque	Lambayeque	Incahuasi	Senamhi

Figura N° 46. Ubicación de estaciones meteorológicas.



Fuente: Elaboración propia.

### 3.8.7.7. Obtención del NC para cada subcuenca

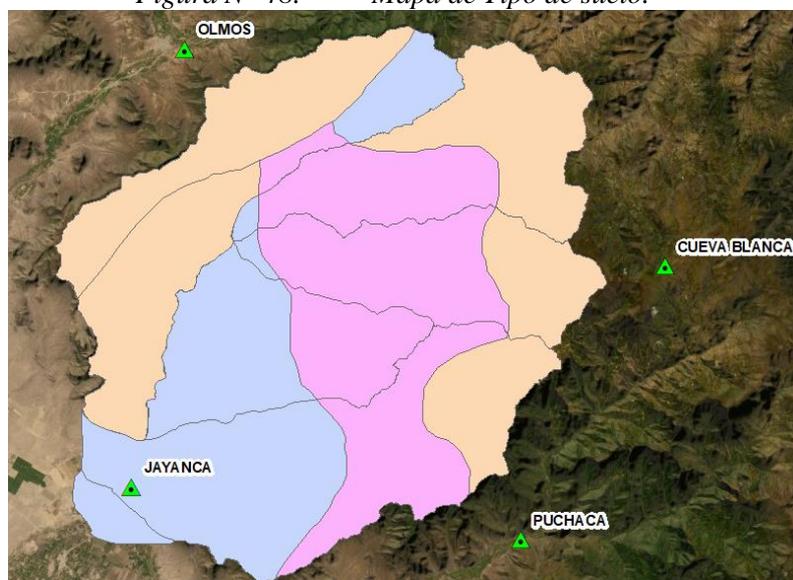
Identificar el río principal de cada una de las subcuencas, con la finalidad de trabajar con cada una de ellas; encontrando su longitud, pendiente; posteriormente, servirán para calcular el NC y el tiempo de concentración necesarios para obtener el caudal de Diseño.

Figura N° 47. Río principal para cada subcuenca.



Obtener el **mapa de tipo de suelo** para la cuenca; estos se obtienen de la página donde están subidos todos los documentos de página como ANA, SENAHMI, INGEMMET, INEI, CENEPRED, MTC, etc. Con este mapa e interceptando con la cuenca, se puede identificar el grupo hidrológico.

Figura N° 48. Mapa de Tipo de suelo.



Fuente: Elaboración propia.

Cada subcuenca puede tener distintos grupos Hidrológicos, por ejemplo, la cuenca W200 cuenta con más de un tipo hidrológico.

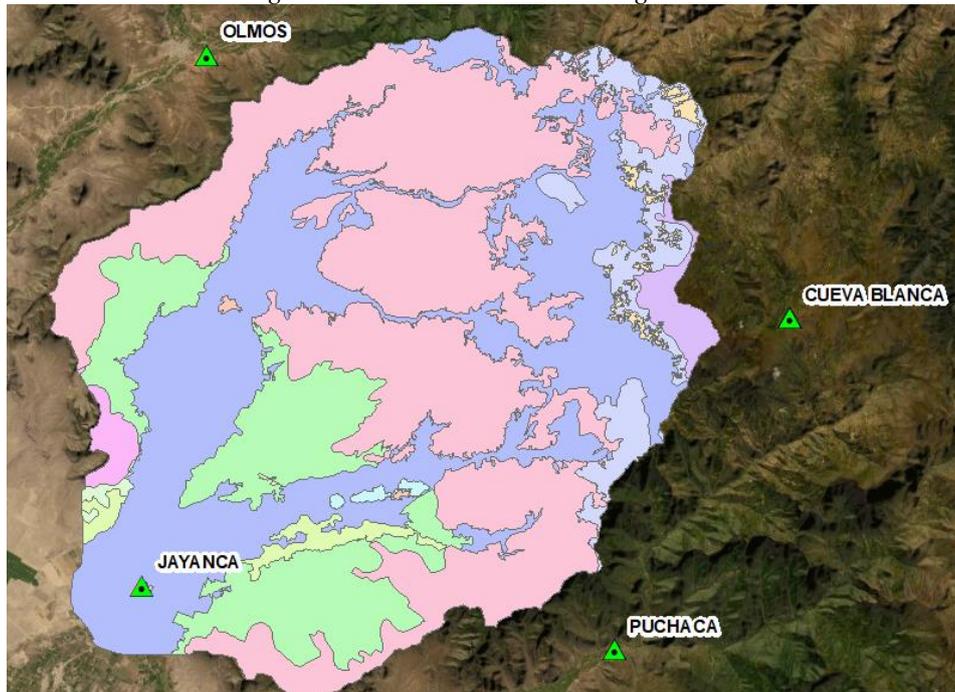
Tabla 6: Grupo hidrológico para a subcuenca W100 y W200.

SubCuenca	Descripción	Goup_hid
W100	Arenosol háplico - Solonchak háplico	A
W100	Arenosol háplico - Solonchak háplico	A
W100	Arenosol háplico - Solonchak háplico	A
W200	Arenosol háplico - Solonchak háplico	A
W200	Arenosol háplico - Solonchak háplico	A
W200	Arenosol háplico - Solonchak háplico	A
W200	Arenosol háplico - Solonchak háplico	A
W200	Arenosol háplico - Solonchak háplico	A
W200	Arenosol háplico - Solonchak háplico	A
W200	Arenosol háplico - Solonchak háplico	A
W200	Arenosol háplico - Solonchak háplico	A
W200	Arenosol háplico - Solonchak háplico	A
W200	Arenosol háplico - Solonchak háplico	A
W200	Regosol éutrico - Calcisol háplico	C
W200	Regosol éutrico - Calcisol háplico	C
W200	Regosol éutrico - Calcisol háplico	C
W200	Regosol éutrico - Calcisol háplico	C
W200	Regosol éutrico - Calcisol háplico	C
W200	Regosol éutrico - Calcisol háplico	C
W200	Regosol éutrico - Calcisol háplico	C
W200	Regosol éutrico - Calcisol háplico	C
W200	Leptosol lítico - Afloramiento lítico	B
W200	Leptosol lítico - Afloramiento lítico	B
W200	Leptosol lítico - Afloramiento lítico	B
W200	Leptosol lítico - Afloramiento lítico	B
W200	Leptosol lítico - Afloramiento lítico	B

Como siguiente paso, se necesita identificar el mapa de cobertura vegetal e interceptar con el mapa de tipo de suelo para la cuenca, de esa manera, determinamos las áreas

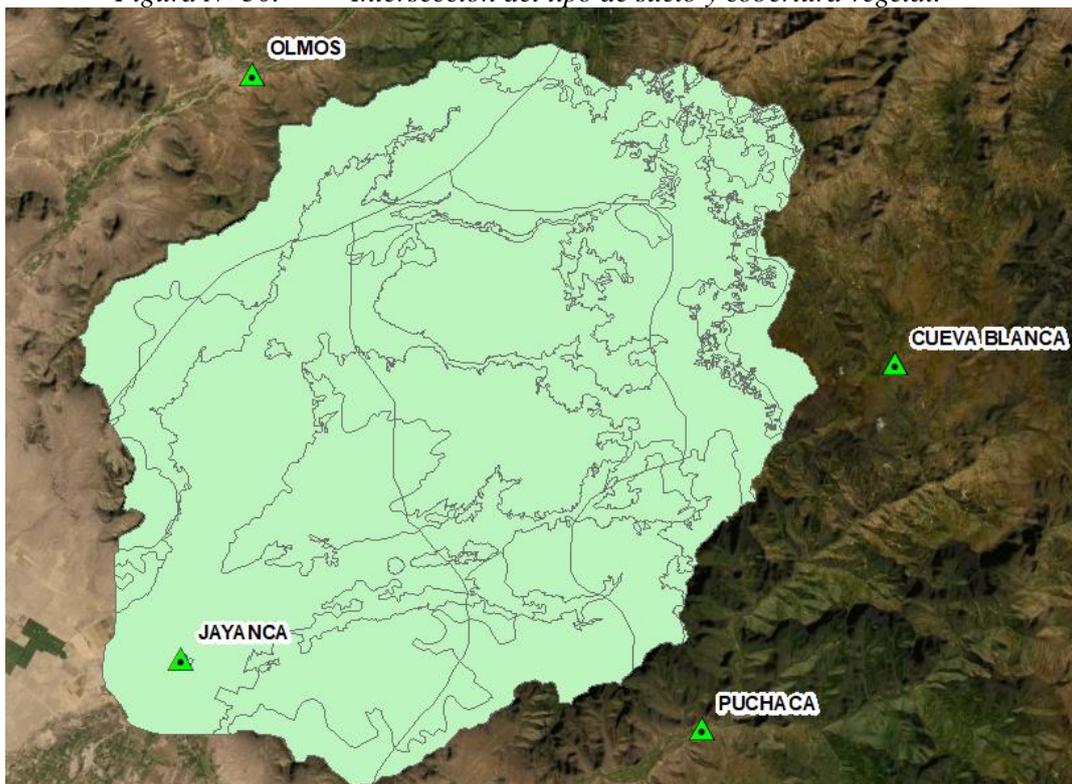
influyentes de cada intercepción, para posteriormente realizar un ponderado; obteniendo así el NC para cada subcuenca.

Figura N° 49. Cobertura vegetal.



Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 50. Intersección del tipo de suelo y cobertura vegetal.



Fuente: Elaboración propia.



SubCuenca	Descripción	Goup_hid	CobVeg	NC	Área (km2)	Ponderación	NC
W300	Arenosol háplico - Solonchak háplico	A	Agricultura costera y andina	62	57.80	3583.82	
W300	Arenosol háplico - Solonchak háplico	A	Bosque seco de montaña	25	13.86	346.62	
W300	Arenosol háplico - Solonchak háplico	A	Bosque seco de piedemonte	22	69.88	1537.28	
W300	Arenosol háplico - Solonchak háplico	A	Bosque seco ribereño	25	0.36	8.98	
W300	Leptosol lítico - Afloramiento lítico	B	Agricultura costera y andina	62	13.25	821.59	10066.88
W300	Leptosol lítico - Afloramiento lítico	B	Bosque seco de colina baja	50	0.71	35.40	
W300	Leptosol lítico - Afloramiento lítico	B	Bosque seco de montaña	55	54.36	2989.95	
W300	Leptosol lítico - Afloramiento lítico	B	Bosque seco de piedemonte	53	13.68	725.26	
W400	Cambisol éútrico - Vertisol éútrico	C	Agricultura costera y andina	75	19.22	1441.39	
W400	Cambisol éútrico - Vertisol éútrico	C	Agricultura costera y andina	75	9.47	710.48	
W400	Cambisol éútrico - Vertisol éútrico	C	Bosque seco de montaña	75	131.10	9832.64	
W400	Cambisol éútrico - Vertisol éútrico	C	Bosque seco de piedemonte	75	7.95	596.39	
W400	Arenosol háplico - Solonchak háplico	C	Agricultura costera y andina	75	84.45	6333.55	
W400	Arenosol háplico - Solonchak háplico	C	Area urbana	87	1.10	95.97	
W400	Arenosol háplico - Solonchak háplico	C	Bosque seco de colina alta	70	15.04	1053.10	
W400	Arenosol háplico - Solonchak háplico	C	Bosque seco de montaña	70	0.31	21.36	
W400	Arenosol háplico - Solonchak háplico	C	Bosque seco de montaña	70	12.59	881.32	27166.68
W400	Arenosol háplico - Solonchak háplico	C	Bosque seco de piedemonte	70	40.46	2832.32	68
W400	Arenosol háplico - Solonchak háplico	C	Bosque seco ribereño	70	2.57	179.85	
W400	Arenosol háplico - Solonchak háplico	C	Bosque seco tipo sabana	70	3.64	255.08	
W400	Regosol éútrico - Calcisol háplico	A	Agricultura costera y andina	60	7.46	447.37	
W400	Regosol éútrico - Calcisol háplico	A	Bosque seco de montaña	30	45.55	1366.38	
W400	Leptosol lítico - Afloramiento lítico	B	Agricultura costera y andina	71	5.39	382.80	
W400	Leptosol lítico - Afloramiento lítico	B	Bosque seco de montaña	71	3.50	248.55	
W400	Leptosol lítico - Afloramiento lítico	B	Bosque seco de montaña	71	6.27	445.13	
SubCuenca	Descripción	Goup_hid	CobVeg	NC	Área (km2)	Ponderación	NC
W500	Arenosol háplico - Solonchak háplico	A	Agricultura costera y andina	62	5.80	359.78	
W500	Regosol éútrico - Calcisol háplico	C	Agricultura costera y andina	78	0.19	14.88	
W500	Regosol éútrico - Calcisol háplico	C	Agricultura costera y andina	78	0.06	4.81	
W500	Regosol éútrico - Calcisol háplico	C	Agricultura costera y andina	78	1.43	111.37	
W500	Regosol éútrico - Calcisol háplico	C	Agricultura costera y andina	78	39.12	3051.54	
W500	Regosol éútrico - Calcisol háplico	C	Agricultura costera y andina	78	0.49	38.01	
W500	Regosol éútrico - Calcisol háplico	C	Agricultura costera y andina	78	0.28	21.62	
W500	Regosol éútrico - Calcisol háplico	C	Agricultura costera y andina	78	0.11	8.50	
W500	Regosol éútrico - Calcisol háplico	C	Bosque montano occidental andino	70	0.13	9.42	
W500	Regosol éútrico - Calcisol háplico	C	Bosque montano occidental andino	70	0.32	22.23	
W500	Regosol éútrico - Calcisol háplico	C	Bosque montano occidental andino	70	0.10	7.08	
W500	Regosol éútrico - Calcisol háplico	C	Bosque montano occidental andino	70	0.07	4.96	
W500	Regosol éútrico - Calcisol háplico	C	Bosque montano occidental andino	70	0.13	9.16	
W500	Regosol éútrico - Calcisol háplico	C	Bosque montano occidental andino	70	0.16	11.30	
W500	Regosol éútrico - Calcisol háplico	C	Bosque montano occidental andino	70	0.16	11.22	
W500	Regosol éútrico - Calcisol háplico	C	Bosque montano occidental andino	70	0.32	22.56	
W500	Regosol éútrico - Calcisol háplico	C	Bosque montano occidental andino	70	0.61	42.65	
W500	Regosol éútrico - Calcisol háplico	C	Bosque montano occidental andino	70	0.25	17.59	
W500	Regosol éútrico - Calcisol háplico	C	Bosque montano occidental andino	70	0.07	4.69	18648.69
W500	Regosol éútrico - Calcisol háplico	C	Bosque montano occidental andino	70	0.23	15.96	
W500	Regosol éútrico - Calcisol háplico	C	Bosque montano occidental andino	70	2.45	171.53	
W500	Regosol éútrico - Calcisol háplico	C	Bosque montano occidental andino	70	0.10	7.05	
W500	Regosol éútrico - Calcisol háplico	C	Bosque montano occidental andino	70	3.28	229.30	
W500	Regosol éútrico - Calcisol háplico	C	Bosque seco de montaña	70	2.06	144.30	
W500	Regosol éútrico - Calcisol háplico	C	Bosque seco de montaña	70	9.75	682.49	
W500	Regosol éútrico - Calcisol háplico	C	Bosque seco de montaña	70	0.52	36.66	
W500	Regosol éútrico - Calcisol háplico	C	Bosque seco de montaña	70	41.50	2905.03	
W500	Regosol éútrico - Calcisol háplico	C	Jalca	70	5.88	411.28	
W500	Regosol éútrico - Calcisol háplico	C	Matarral arbustivo	75	14.18	1063.54	
W500	Regosol éútrico - Calcisol háplico	C	Matarral arbustivo	75	29.33	2199.94	
W500	Leptosol lítico - Afloramiento lítico	B	Agricultura costera y andina	71	38.56	2737.89	
W500	Leptosol lítico - Afloramiento lítico	B	Bosque seco de montaña	55	0.03	1.64	
W500	Leptosol lítico - Afloramiento lítico	B	Bosque seco de montaña	55	0.58	31.81	
W500	Leptosol lítico - Afloramiento lítico	B	Bosque seco de montaña	55	0.98	53.73	
W500	Leptosol lítico - Afloramiento lítico	B	Bosque seco de montaña	55	58.79	3233.57	
SubCuenca	Descripción	Goup_hid	CobVeg	NC	Área (km2)	Ponderación	NC
W600	Arenosol háplico - Solonchak háplico	A	Agricultura costera y andina	62	3.44	213.15	
W600	Arenosol háplico - Solonchak háplico	A	Bosque seco de montaña	50	2.55	127.64	
W600	Regosol éútrico - Calcisol háplico	C	Agricultura costera y andina	78	39.62	3090.64	
W600	Regosol éútrico - Calcisol háplico	C	Bosque montano occidental andino	70	0.11	7.93	
W600	Regosol éútrico - Calcisol háplico	C	Bosque montano occidental andino	70	0.07	4.61	
W600	Regosol éútrico - Calcisol háplico	C	Bosque montano occidental andino	70	0.07	5.00	
W600	Regosol éútrico - Calcisol háplico	C	Bosque montano occidental andino	70	0.12	8.53	
W600	Regosol éútrico - Calcisol háplico	C	Bosque montano occidental andino	70	0.14	10.02	
W600	Regosol éútrico - Calcisol háplico	C	Bosque montano occidental andino	70	0.12	8.27	
W600	Regosol éútrico - Calcisol háplico	C	Bosque montano occidental andino	70	0.14	9.60	
W600	Regosol éútrico - Calcisol háplico	C	Bosque montano occidental andino	70	0.08	5.64	
W600	Regosol éútrico - Calcisol háplico	C	Bosque montano occidental andino	70	1.71	119.89	
W600	Regosol éútrico - Calcisol háplico	C	Bosque montano occidental andino	70	0.22	15.28	14711.12
W600	Regosol éútrico - Calcisol háplico	C	Bosque montano occidental andino	70	0.09	6.41	65
W600	Regosol éútrico - Calcisol háplico	C	Bosque montano occidental andino	70	0.45	31.51	
W600	Regosol éútrico - Calcisol háplico	C	Bosque montano occidental andino	70	0.28	19.84	
W600	Regosol éútrico - Calcisol háplico	C	Bosque montano occidental andino	70	0.24	16.85	
W600	Regosol éútrico - Calcisol háplico	C	Bosque seco de montaña	70	0.55	38.71	
W600	Regosol éútrico - Calcisol háplico	C	Jalca	70	16.38	1146.89	
W600	Regosol éútrico - Calcisol háplico	C	Matarral arbustivo	74	3.28	242.52	
W600	Regosol éútrico - Calcisol háplico	C	Matarral arbustivo	74	9.75	721.23	
W600	Leptosol lítico - Afloramiento lítico	B	Agricultura costera y andina	71	53.11	3771.10	
W600	Leptosol lítico - Afloramiento lítico	B	Bosque seco de montaña	55	42.27	2325.07	
W600	Leptosol lítico - Afloramiento lítico	B	Bosque seco de montaña	55	0.02	1.14	
W600	Leptosol lítico - Afloramiento lítico	B	Bosque seco de montaña	55	50.07	2753.67	

### 3.8.7.8. *Determinación del Tiempo de Concentración y Tiempo de Retardo*

Para el cálculo del tiempo de concentración existen diversas fórmulas dependiendo del tipo de cuenca y de su área se escoge las correctas; se detallan a continuación:

#### FÓRMULA DE GIANDOTTI

$$T_c = \frac{4\sqrt{A} + 1.5 * L}{25.3 * L * J}$$

Donde:

A = Área de la cuenca en km<sup>2</sup>.

L = Longitud del curso o río principal en km.

J = Pendiente media del río m/m.

FÓRMULA CALIFORNIANA: fórmula utilizada en cuencas pequeñas y situadas en zonas agrícolas. Utilizada en la aplicación del método racional.

$$T_c = 0.066 \left( \frac{L}{\sqrt{J}} \right)^{0.77}$$

Donde:

L = Longitud del curso o río principal en km.

J = Pendiente media del río m/m.

#### FÓRMULA VENTURA Y HERAS

$$T_c = 0.05 \left( \frac{A}{\sqrt{J}} \right)^1$$

Donde:

A = Área de la cuenca en km<sup>2</sup>.

J = Pendiente media del río m/m.

#### FÓRMULA CHEREQUE

$$T_c = \left( 0.871 \frac{L^3}{H} \right)^{0.385}$$

Donde:

L = Longitud del curso o río principal en km.

H = Desnivel máximo del curso de aguas en m.

#### FÓRMULA DE KIRPICH

$$T_c = 0.0003245 \left( \frac{L}{\sqrt{S}} \right)^{0.77}$$

Donde:

$T_c$  = Está en hr.

$L$  = Longitud del cauce principal, en m.

$S$  = Pendiente media del cauce principal, es adimensional; en el libro “Manual para el control de inundaciones”, [48], se recomienda calcular la pendiente media del cauce mediante la fórmula de Taylor Schwarz.

#### TIEMPO DE CONCENTRACIÓN POR EL MÉTODO DEL SCS

$$T_c = \frac{100 * L_F^{0.8} * \left[ \left( \frac{1000}{NC} \right) - 9 \right]^{0.7}}{1200 * (S * 100)^{0.5}}$$

Donde:

$T_c$  = Está en min.

$L_F$  = Longitud del río, en m.

$NC$  = Número de curva.

$S$  = Pendiente media del río, en m/m.

Para el caso de esta investigación, considerando el tamaño de la cuenca, se ha decidido usar la fórmula de KIRPICH y la fórmula del TIEMPO DE CONCENTRACIÓN POR EL MÉTODO DEL SCS. A continuación, se detalla lo obtenido para cada subcuenca.

*Tabla 7: Cálculo del tiempo de concentración y tiempo de retardo para cada subcuenca.*

SubCuenca	Cota mín (río)	Cota máx (río)	Longitud Río	Área	Pendiente (Taylor)	Tc Kirpich	NC	Pendiente media del río	Tc NC	Tc final	T <sub>R</sub> retardo
W100	69.52 m	72.50 m	4.84 km	25.19 km <sup>2</sup>	0.00062 m/m	231 min	61	0.00062 m/m	766 min	498 min	299 min
Reach-3	69.52 m	72.50 m	4.84 km		0.00062 m/m	231 min		0.00062 m/m	766 min	498 min	299 min
W200	72.50 m	2600.00 m	53.12 km	440.35 km <sup>2</sup>	0.00517 m/m	643 min	53	0.04758 m/m	730 min	686 min	412 min
Reach-2	72.50 m	80.00 m	5.49 km		0.00137 m/m	187 min		0.00137 m/m	701 min	444 min	266 min
W300	80.00 m	1700.00 m	28.83 km	224.20 km <sup>2</sup>	0.00708 m/m	356 min	45	0.05619 m/m	502 min	429 min	257 min
Reach-1	80.00 m	175.00 m	22.25 km		0.00240 m/m	442 min		0.00427 m/m	1479 min	960 min	576 min
W400	80.00 m	2050.00 m	54.81 km	396.64 km <sup>2</sup>	0.00484 m/m	675 min	68	0.03594 m/m	673 min	624 min	375 min
W500	137.50 m	2500.00 m	41.86 km	274.19 km <sup>2</sup>	0.02956 m/m	273 min	68	0.05644 m/m	373 min	358 min	215 min
W600	137.50 m	2700.00 m	33.89 km	225.01 km <sup>2</sup>	0.03973 m/m	207 min	65	0.07561 m/m	292 min	282 min	169 min
				1585.58 km <sup>2</sup>							

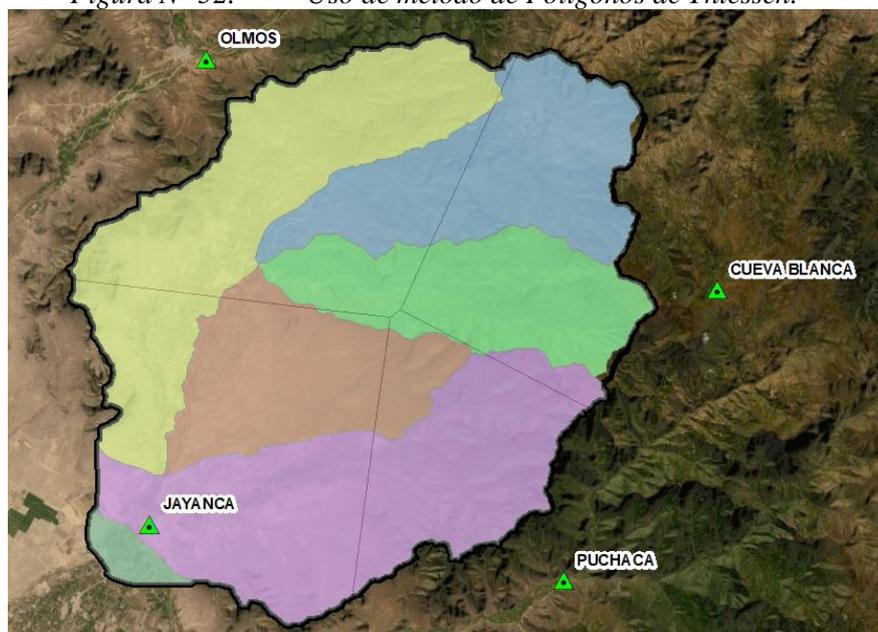
Adicionalmente, en el gráfico anterior se puede observar que se ha calculado tiempos de retardo adicionales a las 6 subcuencas; estos son los canales de conducción entre subcuenca, cuya función es transportar agua; su uso se detallará posteriormente; sin embargo, en el método del SCS es necesario calcular el tiempo de retardo para estos **reach's**, obteniendo los valores mostrados anteriormente; que serán usados en el software HEC-HMS para el cálculo del caudal.

#### 3.8.7.9. Influencia de estaciones en cada subcuenca

Un paso previo a la modelación en HEC-HMS es necesario calcular el porcentaje de influencia de cada estación meteorológica en cada subcuenca, dato necesario a introducir al software.

Esta influencia se obtiene mediante polígonos de Thiessen; se calcula el área interceptada en cada condición llegando a tener los siguientes datos para el software HEC-HMS.

Figura N° 52. Uso de método de Polígonos de Thiessen.



Fuente: Elaboración propia

Tabla 8: Influencia de estaciones para cada subcuenca.

SubCuenca	Estación	Area_ km2		Porcentaje de influencia	
W100	Jayanca	25.19	25.19	1.000	1.000
W200	Cueva Blanca	19.26	440.35	0.040	0.044
W200	Jayanca	225.22		0.511	0.511
W200	Puchaca	195.87		0.445	0.445
W300	Jayanca	174.60	224.19	0.779	0.779
W300	Olmos	9.07		0.040	0.040
W300	Puchaca	40.53		0.181	0.181
W400	Cueva Blanca	0.38	396.61	0.001	0.001
W400	Jayanca	102.72		0.259	0.259
W400	Olmos	293.50		0.740	0.740
W500	Cueva Blanca	177.00	274.19	0.646	0.646
W500	Olmos	97.19		0.354	0.354
W600	Cueva Blanca	155.35	225.01	0.690	0.691
W600	Jayanca	4.10		0.018	0.018
W600	Olmos	59.67		0.265	0.265
W600	Puchaca	5.89		0.026	0.026

Fuente: Elaboración propia

Ver proceso detallado sobre el cálculo de número de curva, tiempo de concentración y el tiempo de retardo para cada subcuenca en anexo 8.1 y anexo 8.2.

### 3.8.7.10. Análisis de frecuencias para las precipitaciones máximas en 24h

Se realiza adoptando modelos probabilísticos, obtenido un conjunto de datos representativos mostrando como se comportaría la variable en distintos periodos de tiempo, siendo las distribuciones teóricas de Normal, Log Normal, Pearson Tipo III, Log Pearson Tipo III, EV1-Gumbel.

Quiero recalcar que este procedimiento se realizó en una hoja de cálculo en Excel, además se hizo el mismo procedimiento en el programa Hydrognomon obteniendo el mismo resultado.

### ➤ **Distribución Log Normal**

En teoría de la probabilidad, una distribución logarítmica normal es un proceso continuo de distribución de probabilidad de una variable aleatoria cuyo logaritmo se distribuye normalmente. Si X es una variable aleatoria con una distribución normal, entonces  $Y = \exp(X)$  tiene una distribución logarítmica normal, del mismo modo, si Y es una distribución logarítmica normal, entonces  $X = \log(Y)$  tiene una distribución normal.

### ➤ **Distribución Log Pearson Tipo III**

La función de densidad de probabilidad es la siguiente:

$$f(x) = \frac{1}{\alpha_1 \Gamma(\beta_1)} \left[ \frac{x - \delta_1}{\alpha_1} \right]^{\beta_1 - 1} e^{-\frac{x - \delta_1}{\alpha_1}}$$

Dónde:

$\alpha_1, \beta_1, \delta_1$  = Son los parámetros de la función

$\Gamma(\beta_1)$  = Función Gamma.

Los parámetros  $\alpha_1, \beta_1, \delta_1$  se evalúan a partir de los datos de intensidades observadas (en este caso estimadas a partir de la lluvia máxima en 24 horas), mediante el siguiente sistema de ecuaciones.

$$\bar{x} = \alpha_1 \beta_1 + \delta_1; \quad S^2 = \alpha_1^2 \beta_1; \quad \gamma = \frac{2}{\sqrt{\beta_1}}$$

Dónde:

$\bar{x}$  = Es la media de los datos;  $S^2$  = variancia de los datos

$\gamma$  = coeficiente de sesgo, definido como:

$$\gamma = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^3 / n}{S^3}$$

La función de distribución de probabilidad es:

$$F(x) = \frac{1}{\alpha_1 \Gamma(\beta_1)} \int_0^x e^{-\frac{x - \delta_1}{\alpha_1}} \left( \frac{x - \delta_1}{\alpha_1} \right)^{\beta_1 - 1} dx$$

Sustituyendo

$y = \frac{x - \delta_1}{\alpha_1}$ , la ecuación anterior se escribe como:

$$F(y) = \frac{1}{\Gamma(\beta_1)} \int_0^y y^{\beta_1-1} e^{-y} dy$$

Esta última ecuación es una función de distribución chi cuadrada con  $2\beta_1$  grados de libertad y también  $\chi^2 = 2y$ , es decir:

$$F(y) = F(\chi^2 | \nu) = F\chi^2(2y | 2\beta_1)$$

La función chi cuadrado se encuentra en tablas estadísticas.

### ➤ Distribución Log Pearson Tipo III

Si se toman los logaritmos de la variable aleatoria y suponiendo que estos se comportan según la distribución Pearson Tipo III, se tiene la función Log Pearson Tipo III. Para la solución se sigue el mismo procedimiento que la distribución Pearson Tipo III.

### ➤ Distribución Gumbel

La distribución de valor extremo fue desarrollada en mayor detalle por Gumbel para la distribución de Valor Extremo Tipo I, para la distribución de Valor Extremo Tipo II y para la distribución de Valor Extremo Tipo III.

Supóngase que se tienen N muestras, cada una de las cuales contiene “n” eventos. Si se selecciona el máximo “x” de los “n” eventos de cada muestra, es posible demostrar que, a medida que “n” aumenta, la función de distribución de probabilidad de “x” tiende a:

$$F(x) = e^{-e^{-\alpha(x-\beta)}}$$

La función de densidad de probabilidad es:

$$f(x) = \alpha e^{[-\alpha(x-\beta) - e^{-\alpha(x-\beta)}]}$$

Donde  $\alpha$  y  $\beta$  son los parámetros de la función.

Los parámetros  $\alpha$  y  $\beta$ , se estiman para muestras muy grandes, como:

$$\alpha = \frac{1.2825}{S}$$

$$\beta = \bar{x} - 0.45S$$

Para muestras relativamente pequeñas, se tiene:

$$\alpha = \frac{\sigma_y}{S}$$

$$\beta = \bar{x} - u_y / \alpha$$

Los valores de  $\mu_y$  y  $\sigma_y$  se encuentran en tablas.

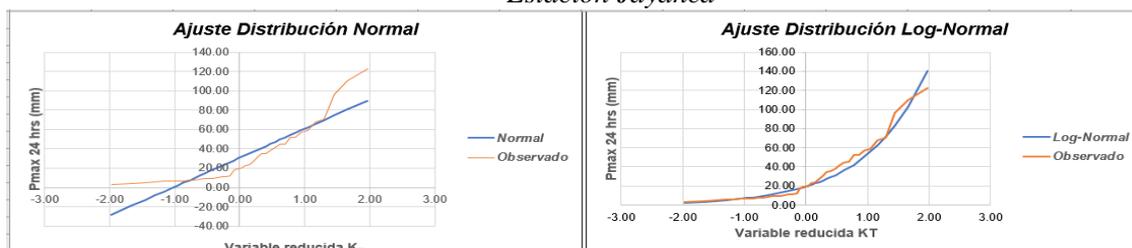
A continuación, se muestra el proceso de análisis en formato Excel para la estación Jayanca. Ver en anexo 8.6 hasta anexo 8.14 todos los detalles de las demás estaciones usadas en Excel y en Hydrognomon.

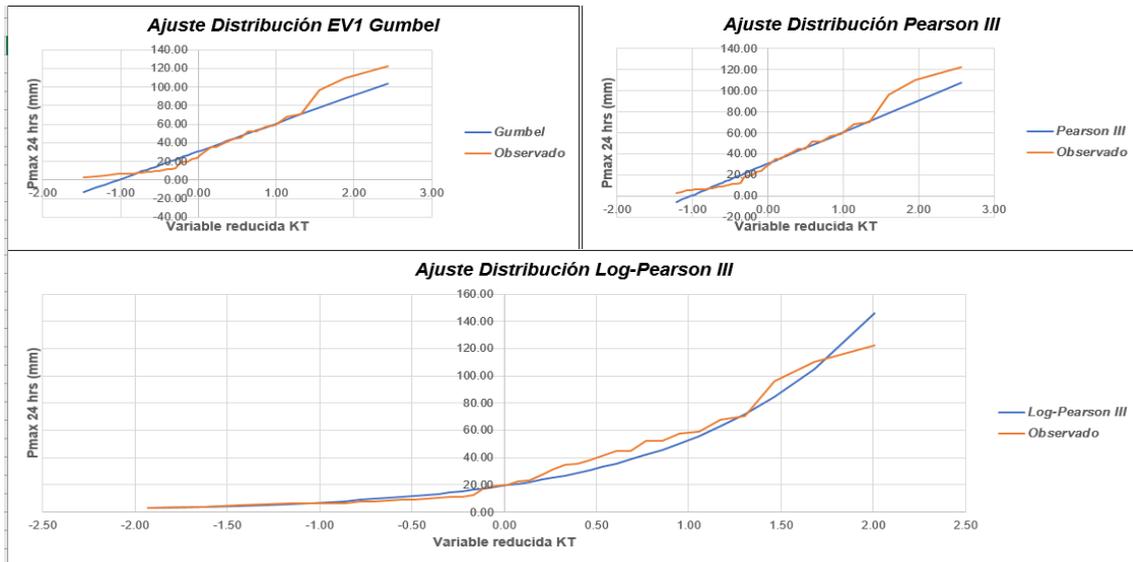
Tabla 9: Distribuciones a las precipitaciones de la estación Jayanca

ESTACIÓN: JAYANCA														
N	T	P( $X \geq X_T$ )	VALOR OBSERVADO		NORMAL		LOGNORMAL		EVI GUMBEL		PEARSON III		LOG-PEARSON III	
			P24	log(P24)	$K_T$	ESPERADO	$K_T$	ESPERADO	$K_T$	ESPERADO	$K_T$	ESPERADO	$K_T$	ESPERADO
1	41.00	2.44%	122.40	4.8073	1.9705	89.86	1.9705	140.52	2.4358	103.82	2.5675	107.76	2.0086	146.01
2	20.50	4.88%	110.00	4.7005	1.6568	80.45	1.6568	102.47	1.8856	87.31	1.9603	89.55	1.6797	104.86
3	13.67	7.32%	96.30	4.5675	1.4526	74.33	1.4526	83.43	1.5594	77.53	1.6010	78.78	1.4670	84.65
4	10.25	9.76%	70.50	4.2556	1.2956	69.62	1.2956	71.23	1.3249	70.50	1.3433	71.05	1.3043	71.86
5	8.20	12.20%	68.00	4.2195	1.1653	65.71	1.1653	62.47	1.1404	64.96	1.1413	64.99	1.1697	62.75
6	6.83	14.63%	58.80	4.0741	1.0523	62.32	1.0523	55.76	0.9875	60.38	0.9745	59.99	1.0534	55.82
7	5.86	17.07%	57.40	4.0500	0.9513	59.29	0.9513	50.37	0.8564	56.44	0.8320	55.71	0.9497	50.29
8	5.13	19.51%	52.20	3.9551	0.8592	56.53	0.8592	45.91	0.7410	52.98	0.7072	51.97	0.8554	45.73
9	4.56	21.95%	52.10	3.9532	0.7738	53.97	0.7738	42.13	0.6376	49.88	0.5960	48.64	0.7683	41.89
10	4.10	24.39%	45.10	3.8089	0.6938	51.57	0.6938	38.87	0.5436	47.07	0.4954	45.62	0.6867	38.59
11	3.73	26.83%	44.60	3.7977	0.6180	49.29	0.6180	36.01	0.4572	44.47	0.4034	42.86	0.6096	35.71
12	3.42	29.27%	41.60	3.7281	0.5456	47.12	0.5456	33.48	0.3768	42.06	0.3185	40.31	0.5360	33.16
13	3.15	31.71%	38.30	3.6454	0.4759	45.03	0.4759	31.21	0.3016	39.81	0.2394	37.94	0.4654	30.88
14	2.93	34.15%	35.20	3.5610	0.4085	43.01	0.4085	29.16	0.2306	37.68	0.1654	35.72	0.3972	28.84
15	2.73	36.59%	35.00	3.5553	0.3429	41.04	0.3429	27.30	0.1631	35.65	0.0956	33.63	0.3310	26.98
16	2.56	39.02%	31.20	3.4404	0.2787	39.12	0.2787	25.59	0.0987	33.72	0.0294	31.64	0.2663	25.27
17	2.41	41.46%	27.10	3.2995	0.2156	37.23	0.2156	24.02	0.0369	31.87	-0.0335	29.75	0.2029	23.71
18	2.28	43.90%	23.60	3.1612	0.1534	35.36	0.1534	22.56	-0.0227	30.08	-0.0937	27.95	0.1404	22.27
19	2.16	46.34%	22.80	3.1268	0.0918	33.51	0.0918	21.20	-0.0805	28.35	-0.1514	26.22	0.0786	20.92
20	2.05	48.78%	19.70	2.9806	0.0306	31.68	0.0306	19.94	-0.1367	26.66	-0.2070	24.55	0.0173	19.67
21	1.95	51.22%	19.50	2.9704	-0.0306	29.84	-0.0306	18.75	-0.1916	25.01	-0.2608	22.94	-0.0439	18.50
22	1.86	53.66%	18.00	2.8904	-0.0918	28.01	-0.0918	17.62	-0.2454	23.40	-0.3129	21.38	-0.1050	17.39
23	1.78	56.10%	12.40	2.5177	-0.1534	26.16	-0.1534	16.56	-0.2983	21.81	-0.3635	19.86	-0.1664	16.35
24	1.71	58.54%	11.50	2.4423	-0.2156	24.29	-0.2156	15.56	-0.3507	20.24	-0.4129	18.37	-0.2283	15.36
25	1.64	60.98%	11.50	2.4423	-0.2787	22.40	-0.2787	14.60	-0.4026	18.68	-0.4613	16.93	-0.2909	14.42
26	1.58	63.41%	10.50	2.3514	-0.3429	20.48	-0.3429	13.69	-0.4543	17.13	-0.5087	15.50	-0.3545	13.53
27	1.52	65.85%	9.80	2.2824	-0.4085	18.51	-0.4085	12.81	-0.5061	15.58	-0.5554	14.10	-0.4194	12.67
28	1.46	68.29%	9.40	2.2407	-0.4759	16.49	-0.4759	11.97	-0.5581	14.02	-0.6015	12.72	-0.4860	11.85
29	1.41	70.73%	9.10	2.2083	-0.5456	14.40	-0.5456	11.16	-0.6106	12.45	-0.6472	11.35	-0.5547	11.06
30	1.37	73.17%	8.20	2.1041	-0.6180	12.23	-0.6180	10.38	-0.6640	10.85	-0.6926	9.99	-0.6260	10.29
31	1.32	75.61%	7.70	2.0412	-0.6938	9.95	-0.6938	9.61	-0.7185	9.21	-0.7380	8.63	-0.7005	9.55
32	1.28	78.05%	7.60	2.0281	-0.7738	7.55	-0.7738	8.87	-0.7746	7.53	-0.7835	7.26	-0.7789	8.83
33	1.24	80.49%	6.50	1.8718	-0.8592	4.99	-0.8592	8.14	-0.8330	5.78	-0.8293	5.89	-0.8624	8.11
34	1.21	82.93%	6.40	1.8563	-0.9513	2.23	-0.9513	7.42	-0.8942	3.94	-0.8759	4.49	-0.9523	7.41
35	1.17	85.37%	6.40	1.8563	-1.0523	-0.80	-1.0523	6.70	-0.9594	1.99	-0.9236	3.06	-1.0505	6.71
36	1.14	87.80%	6.30	1.8405	-1.1653	-4.19	-1.1653	5.98	-1.0301	-0.13	-0.9728	1.58	-1.1602	6.01
37	1.11	90.24%	5.60	1.7228	-1.2956	-8.10	-1.2956	5.25	-1.1087	-2.49	-1.0245	0.03	-1.2862	5.30
38	1.08	92.68%	5.10	1.6292	-1.4526	-12.81	-1.4526	4.48	-1.1995	-5.22	-1.0799	-1.63	-1.4375	4.55
39	1.05	95.12%	4.00	1.3863	-1.6568	-18.93	-1.6568	3.65	-1.3119	-8.59	-1.1414	-3.47	-1.6332	3.73
40	1.03	97.56%	3.00	1.0986	-1.9705	-28.34	-1.9705	2.66	-1.4730	-13.42	-1.2150	-5.68	-1.9319	2.76

Fuente: Elaboración propia

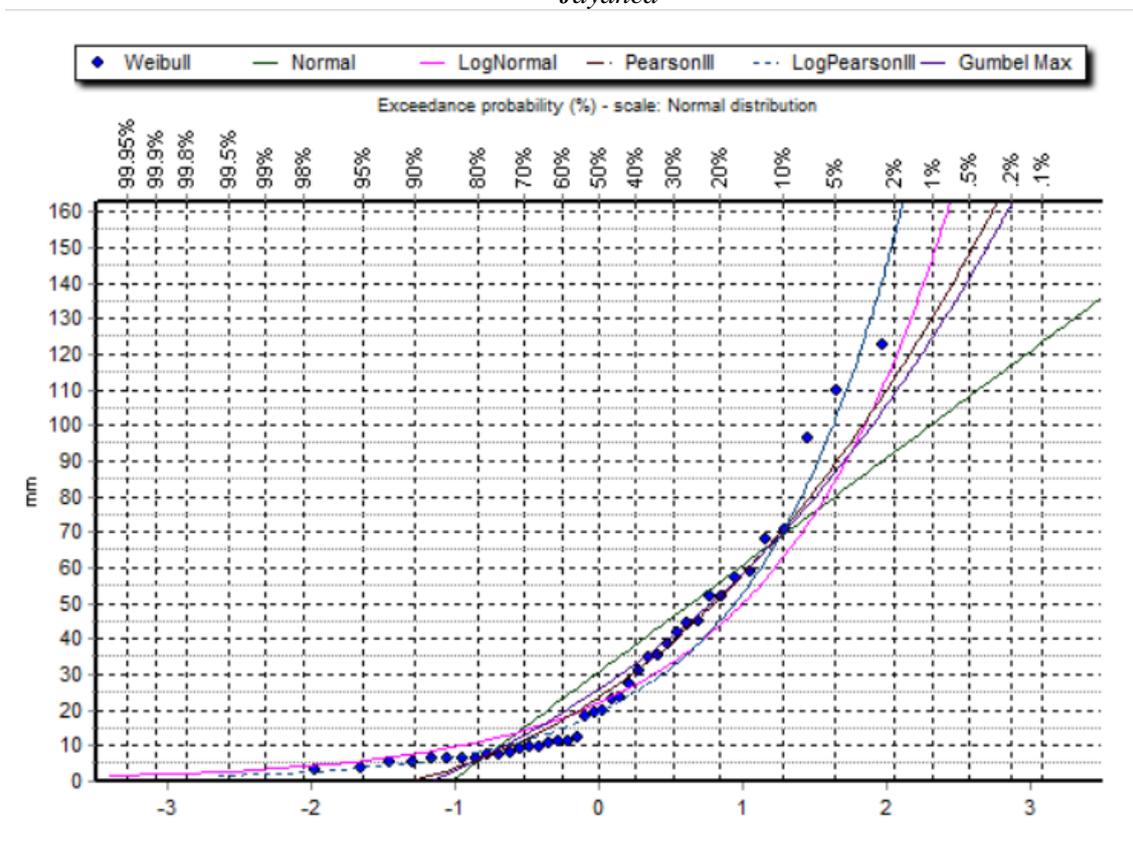
Gráfico N° 1. Gráficos de las distribuciones para las precipitaciones de la Estación Jayanca





Fuente: Elaboración propia

Gráfico N° 2. Comparación con el programa Hydrognomon para la estación Jayanca



Fuente: Elaboración propia.

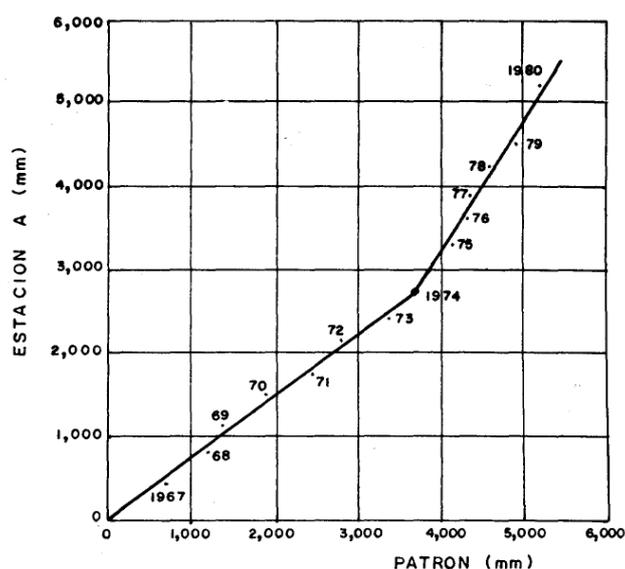
### 3.8.7.11. Análisis de Consistencia de datos

Esta comprobación se utiliza para corroborar que no exista algún cambio en la toma de datos de un estación meteorológica, la que pueda generarse por un nuevo cambio de

equipos de medición, alguna mala calibración o por haber dejado de funcionar por algún tiempo. Lo que puede generar datos inconsistentes para la muestra.

Una forma de detectar inconsistencias es elaborando con la muestra una curva de doble masa.

El procedimiento se hace obteniendo valores acumulados de la suma de precipitaciones de cada estación y comparándolas con las restantes. El resultado que se debe salir es un conjunto de puntos formando una sola tendencia de línea recta. En caso exista más de una línea formada se debe realizar un proceso de rectificar el conjunto de puntos que impiden la formación de esta recta.



Fuente: Wendor Chereque Morán

<http://repositorio.pucp.edu.pe/index/bitstream/handle/123456789/28689/hidrologia.pdf>

Como se aprecia en la imagen anterior, un conjunto de datos será inconsistente si existe algún quiebre a lo largo del análisis. En el caso existiera, se realiza un ajuste o corrección multiplicando cada precipitación del periodo inconsistente por la razón de pendientes  $m_2/m_1$ :

$$pc = \frac{m_2}{m_1} * p$$

p: precipitación observada.

pc: precipitación corregida.

m2: pendiente del periodo más reciente.

m1: pendiente del periodo cuando se observó p.

### 3.8.7.12. Obtención del hietograma de Diseño

Habiendo determinado la distribución a usar para cada estación meteorológica; el paso a realizar es calcular la precipitación máxima anual para distintos periodos de retorno, esta se hizo mediante el programa Hydrognomon. Ver en anexo 8.6 hasta anexo 8.14 el análisis para las demás estaciones. Se muestra los datos obtenidos para la estación Jayanca; además de la corrección realizada a dichas precipitaciones; en esta corrección se multiplica a la precipitación por un valor de 1.13, recomendaciones dadas para dar un mayor factor de seguridad al momento de calcular los caudales de diseño.

Tabla 10: Precipitaciones máximas anuales en 24 horas.

ESTACIÓN: JAYANCA

T	NORMAL	LOGNORMAL	EV1-GUMBEL	PEARSON III	LOG-PEARSON III	P <sub>máx</sub> (mm)	P <sub>máx</sub> (corregida) (mm)
2	30.76	22.02	25.83	23.56	19.33	23.56	26.62
5	56.00	43.82	52.35	51.47	45.10	51.47	58.16
10	69.20	62.78	69.90	70.75	70.23	70.75	79.95
20	80.09	84.49	86.74	89.27	101.24	89.27	100.88
25	83.27	92.13	92.08	95.12	112.62	95.12	107.49
50	92.36	118.03	108.54	113.04	152.80	113.04	127.74
100	100.53	147.49	124.87	130.66	201.04	130.66	147.64
200	108.02	180.85	141.15	148.04	258.44	148.04	167.28
500	117.08	231.55	162.62	170.74	350.37	170.74	192.94

Fuente: Elaboración propia.

El siguiente paso es calcular las precipitaciones para distintas horas menores a 24 en función al periodo de retorno mediante la Metodología Dyck and Peschke.

Tabla 11: Precipitación de diseño para duraciones menores a 24 horas

Metodología Dyck and Peschke

$$P_d = P_{24} \left( \frac{d}{1440} \right)^{0.25}$$

DURACIÓN		ESTACIÓN: JAYANCA								
Hr	min	PERÍODO DE RETORNO (años)								
		2	5	10	20	25	50	100	200	500
0.17	10	7.69	16.79	23.08	29.12	31.03	36.87	42.62	48.29	55.70
0.33	20	9.14	19.97	27.44	34.63	36.90	43.85	50.68	57.43	66.23
0.50	30	10.11	22.10	30.37	38.33	40.84	48.53	56.09	63.55	73.30
0.67	40	10.87	23.74	32.64	41.18	43.88	52.15	60.27	68.29	78.77
0.83	50	11.49	25.10	34.51	43.55	46.40	55.14	63.73	72.21	83.28
1.00	60	12.03	26.28	36.12	45.58	48.56	57.71	66.70	75.58	87.17
1.50	90	13.31	29.08	39.97	50.44	53.75	63.87	73.82	83.64	96.47
2.00	120	14.30	31.25	42.95	54.20	57.75	68.63	79.33	89.88	103.66
4.00	240	17.01	37.16	51.08	64.45	68.68	81.62	94.33	106.88	123.28
6.00	360	18.83	41.12	56.53	71.33	76.01	90.32	104.40	118.29	136.43
7.00	420	19.56	42.74	58.75	74.13	78.99	93.87	108.50	122.93	141.79
8.00	480	20.23	44.19	60.75	76.65	81.67	97.06	112.18	127.11	146.60
10.00	600	21.39	46.73	64.23	81.05	86.36	102.63	118.62	134.40	155.01
11.00	660	21.91	47.85	65.78	83.00	88.44	105.10	121.48	137.64	158.75
12.00	720	22.39	48.90	67.23	84.83	90.39	107.41	124.15	140.67	162.24
24.00	1440	26.62	58.16	79.95	100.88	107.49	127.74	147.64	167.28	192.94

Fuente: Elaboración propia.

Teniendo las precipitaciones se puede obtener la intensidad para distintas duraciones menores a 24 horas dividiendo la precipitación entre el intervalo de tiempo en horas.

Tabla 12: Intensidades de diseño para duraciones menores a 24 horas.

ESTACION: JAYANCA										
DURACIÓN		PERÍODO DE RETORNO (años)								
Hr	min	2	5	10	20	25	50	100	200	500
0.17	10	46.11	100.73	138.47	174.72	186.18	221.25	255.72	289.74	334.18
0.33	20	27.42	59.90	82.33	103.89	110.70	131.56	152.05	172.28	198.70
0.50	30	20.23	44.19	60.75	76.65	81.67	97.06	112.18	127.11	146.60
0.67	40	16.30	35.61	48.96	61.77	65.82	78.22	90.41	102.44	118.15
0.83	50	13.79	30.13	41.41	52.25	55.68	66.17	76.48	86.65	99.94
1.00	60	12.03	26.28	36.12	45.58	48.56	57.71	66.70	75.58	87.17
1.50	90	8.87	19.39	26.65	33.63	35.83	42.58	49.21	55.76	64.31
2.00	120	7.15	15.62	21.48	27.10	28.88	34.32	39.66	44.94	51.83
4.00	240	4.25	9.29	12.77	16.11	17.17	20.40	23.58	26.72	30.82
6.00	360	3.14	6.85	9.42	11.89	12.67	15.05	17.40	19.71	22.74
7.00	420	2.79	6.11	8.39	10.59	11.28	13.41	15.50	17.56	20.26
8.00	480	2.53	5.52	7.59	9.58	10.21	12.13	14.02	15.89	18.32
10.00	600	2.14	4.67	6.42	8.10	8.64	10.26	11.86	13.44	15.50
11.00	660	1.99	4.35	5.98	7.55	8.04	9.55	11.04	12.51	14.43
12.00	720	1.87	4.08	5.60	7.07	7.53	8.95	10.35	11.72	13.52
24.00	1440	1.11	2.42	3.33	4.20	4.48	5.32	6.15	6.97	8.04

Fuente: Elaboración propia.

Una vez con estos datos es posible realizar un procedimiento de regresión lineal con la finalidad de obtener intensidades y precipitaciones a distintos periodos de retorno y horas y a la vez graficar curvas IDF de distintos periodos de retorno. El procedimiento se muestra a continuación:

Tabla 13: Resultados de ajuste lineal

Resumen

Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0.99263082
Coefficiente de determinación R^2	0.98531595
R^2 ajustado	0.98510767
Error típico	0.07323224
Observaciones	144

ANÁLISIS DE VARIANZA

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	2	50.7405667	25.37028335	4730.628273
Residuos	141	0.756180732	0.005362984	5.7893E-130
Total	143	51.49674743		

	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%	Inferior 95.0%	Superior 95.0%
Intercepción	2.32793257	0.025352617	91.82218033	1.1659E-127	2.277812185	2.378052958	2.27781218	2.378052958
Variable X 1	0.50094514	0.008403169	59.61383593	6.9119E-102	0.484332648	0.517557627	0.48433265	0.517557627
Variable X 2	-0.75	0.009758012	-76.85991877	5.5675E-117	-0.769290921	-0.730709079	-0.76929092	-0.73070908

Resultados de Ajuste Lineal

a0 =	2.33	K =	212.78
a1 =	0.50	m =	0.50
a2 =	-0.75	n =	0.75
Intensidades máximas:	JAYANCA	(mm/h)	

$$I = \frac{KT^m}{d^n}$$

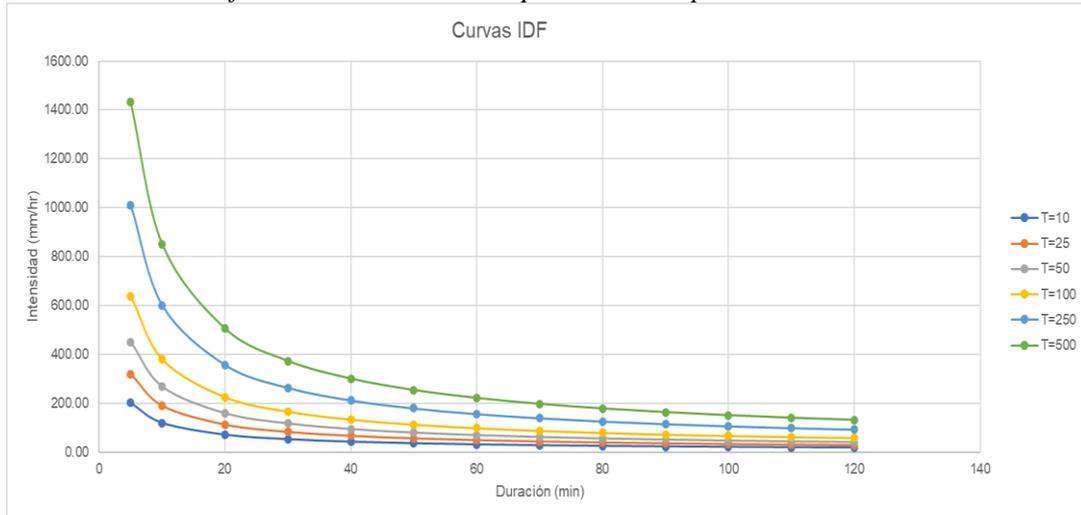
K=	212.78
m=	0.50
n=	0.75

Tabla 14: Intensidades para distintos periodos de retorno.

Duración (t) (min)	Período de Retorno (T) en años					
	10	25	50	100	250	500
5	201.67	319.15	451.64	639.14	1011.44	1431.33
10	119.92	189.77	268.55	380.03	601.41	851.08
20	71.30	112.84	159.68	225.97	357.60	506.05
30	52.61	83.25	117.81	166.72	263.83	373.36
40	42.40	67.09	94.95	134.36	212.63	300.90
50	35.86	56.75	80.31	113.66	179.86	254.53
60	31.28	49.50	70.05	99.13	156.88	222.00
70	27.86	44.10	62.40	88.31	139.75	197.76
80	25.21	39.89	56.46	79.89	126.43	178.92
90	23.08	36.52	51.68	73.14	115.74	163.79
100	21.32	33.75	47.76	67.58	106.95	151.35
110	19.85	31.42	44.46	62.92	99.57	140.90
120	18.60	29.43	41.65	58.94	93.28	132.00

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N° 3. Curvas IDF para distintos periodos de retorno.



Fuente: Elaboración propia.

Este es el último paso para obtener el hietograma de precipitación para distintos periodos de retorno, teniendo los valores del ajuste lineal y volviendo a calcular la intensidad para distintas duraciones; obteniendo luego las precipitaciones y haciendo uso del método del bloque alterno, se obtiene el hietograma de precipitación. A continuación, se muestra el procedimiento para un periodo de retorno de 5 años para la estación Jayanca.

<b>K =</b>	212.78
<b>T =</b>	5
<b>m =</b>	0.5009
<b>n =</b>	0.75

n = 7 años  
 R = 25% años  
 T = 24.84 años

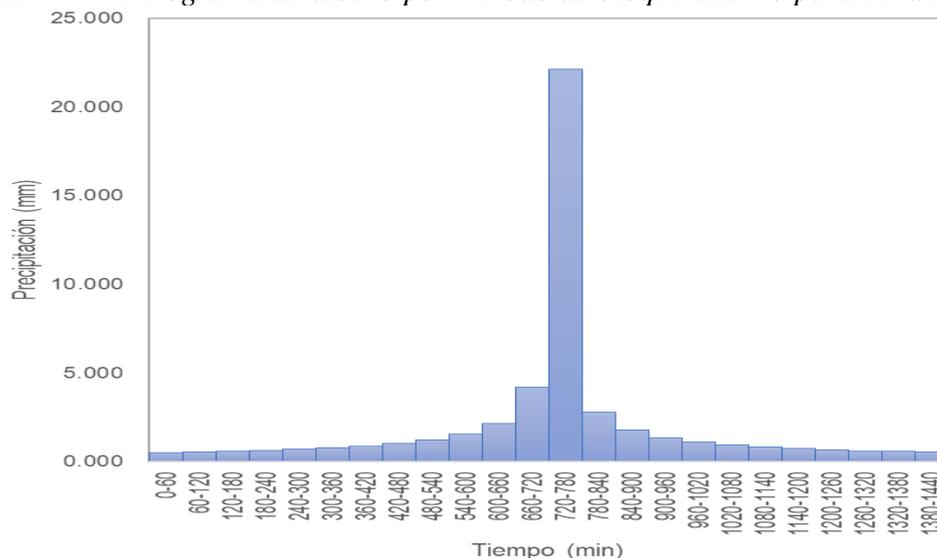
Tabla 15: Hietograma de diseño por método de bloque alterno para TR de 5 años.

DURACIÓN	INTENSIDAD	PRECIPITACIÓN ACUMULADA	PRECIPITACIÓN INCREMENTAL	TIEMPO	PRECIPITACIÓN
min	mm/hr	mm	mm	min	mm
60	22.10	22.10	22.10	0-60	0.518
120	13.14	26.29	4.18	60-120	0.554
180	9.70	29.09	2.80	120-180	0.596
240	7.81	31.26	2.17	180-240	0.646
300	6.61	33.05	1.79	240-300	0.708
360	5.77	34.59	1.54	300-360	0.785
420	5.14	35.95	1.36	360-420	0.885
480	4.65	37.17	1.22	420-480	1.022
540	4.25	38.28	1.11	480-540	1.220
600	3.93	39.31	1.02	540-600	1.541
660	3.66	40.25	0.95	600-660	2.169
720	3.43	41.14	0.89	660-720	4.182
780	3.23	41.97	0.83	720-780	22.104
840	3.05	42.76	0.78	780-840	2.804
900	2.90	43.50	0.74	840-900	1.793
960	2.76	44.21	0.71	900-960	1.359
1020	2.64	44.88	0.68	960-1020	1.111
1080	2.53	45.53	0.65	1020-1080	0.948
1140	2.43	46.15	0.62	1080-1140	0.832
1200	2.34	46.74	0.60	1140-1200	0.744
1260	2.25	47.32	0.57	1200-1260	0.675
1320	2.18	47.87	0.55	1260-1320	0.596
1380	2.10	48.41	0.53	1320-1380	0.574
1440	2.04	48.92	0.52	1380-1440	0.535



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 16: Hietograma de diseño por método de bloque alterno para TR de 5 años.



Fuente: Elaboración propia.

### 3.8.7.13. Caudal máximo en software HEC-HMS

A partir de la información histórica de precipitaciones, mediante un análisis de frecuencia nos permite predecir el comportamiento futuro de los caudales en la cuenca Motupe. Este método basado en procedimientos estadísticos permite calcular la magnitud del caudal asociado a un período de retorno.

La confiabilidad depende de la cantidad y calidad de datos, además de la distribución de probabilidades seleccionada.

El análisis de frecuencia consiste en determinar los parámetros de las distribuciones de probabilidad y determinar con el factor de frecuencia la magnitud del evento para un período de retorno dado.

Como se cuenta con datos de precipitaciones de estaciones meteorológicas, en el presente estudio se desarrolla por el método basado en procedimiento estadísticos, utilizando el modelamiento con HEC-HMS.

### Modelamiento con HEC-HMS

Para el cálculo del caudal de diseño se aplicó el programa de HEC-HMS, el cual dispone de las siguientes opciones para esta simulación:

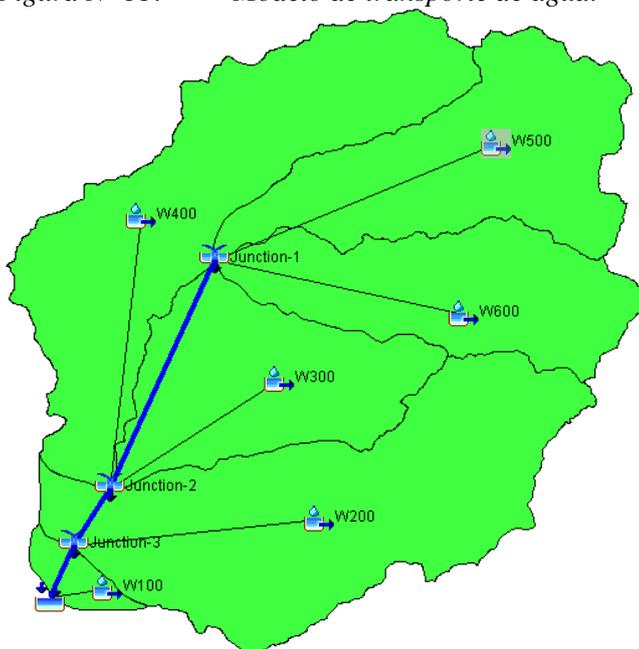
- Varias alternativas para la determinación de las abstracciones.
- Métodos agregados o lineales de transformación de la escorrentía distribuida.
- Opciones de tránsito hidrológico.

Inicialmente en el programa se debe indicar el camino que va a realizar el agua hasta el punto de aforo; indicando entradas (subcuenca), líneas de transporte de agua (reach), y la descarga (sink). Todo en conjunto indican la trayectoria de agua a lo largo de la cuenca.

El área de proyecto completo fue configurada en 6 subcuencas y 9 tramos de cauce.

Cada entrada indica el aporte de cada subcuenca, en este caso se ha denominado con el mismo nombre de subcuenca: W100, W200, W300, W400, W500, W600.

*Figura N° 53. Modelo de transporte de agua.*



Fuente: Elaboración propia

Posteriormente se ingresa los valores de área calculados anteriormente para cada subcuenca.

### **Determinación de Abstracciones**

El siguiente paso es determinar las abstracciones; se refieren a cuanto lluvia se infiltra en la tierra. HEC-HMS aplica los métodos más comunes para calcular las pérdidas o abstracciones (como el inicial/constant, CN de SCS, CN gridded SCS y el Green y Ampt) y provee una opción de abatimiento de la humedad para simular en los períodos de tiempo extendidos.

El método que mejor se ajusta para el presente trabajo es el SCS (Soil conservation Service), en base al número de curva característico, calculado a partir del tipo de suelos y la cobertura vegetal de la cuenca. Los valores de Numero de Curva de las subcuencas

fueron calculadas a partir de la ponderación de los valores individuales distribuidos espacialmente asignados según la tabla de Ven Te Chow.

Loss Method:	SCS Curve Number
Transform Method:	SCS Unit Hydrograph
Baseflow Method:	--None--

Figura N° 54. Número de curva para la subcuenca W100

Subbasin	Loss	Transform	Options
<b>Basin Name: Cuenca1</b>			
<b>Element Name: W100</b>			
Initial Abstraction (MM)	<input type="text"/>		
* Curve Number:	61		
* Impervious (%)	0.0		

### Transformación de escorrentía (Runoff Transformation)

Este módulo convierte el exceso de precipitación en la subcuenca a escorrentía directa en la salida. Tiene disponible los métodos agregados y distribuidos. En el método agregado, la escorrentía es determinada usando hidrogramas unitarios tales como: Clark, Snyder o SCS o métodos de onda cinemática.

En la subcuenca estudiada se emplea el método del Hidrograma Unitario de SCS, es un hidrograma que toma en cuenta las características del cauce y de la subcuenca, como parámetros de cálculo del hidrograma, lo cual hace que sea más representativa.

Loss Method:	SCS Curve Number
Transform Method:	SCS Unit Hydrograph

### Tránsito en Cauces

Este método permite la conocer el movimiento del flujo en el tramo del cauce desde las salidas de la subcuenca hasta la salida de la cuenca. Las opciones para el tránsito son: Muskingum, el Pulso Modificado, la Onda Cinemática y el método de Muskingum-Cunge.

Para este modelo se ha usado un modelo de tránsito con Tiempo de Retardo (lag) para cada una de las subcuencas. En este proceso se introduce los valores de tiempo de retardo calculados tanto para las subcuencas como para los reach's.

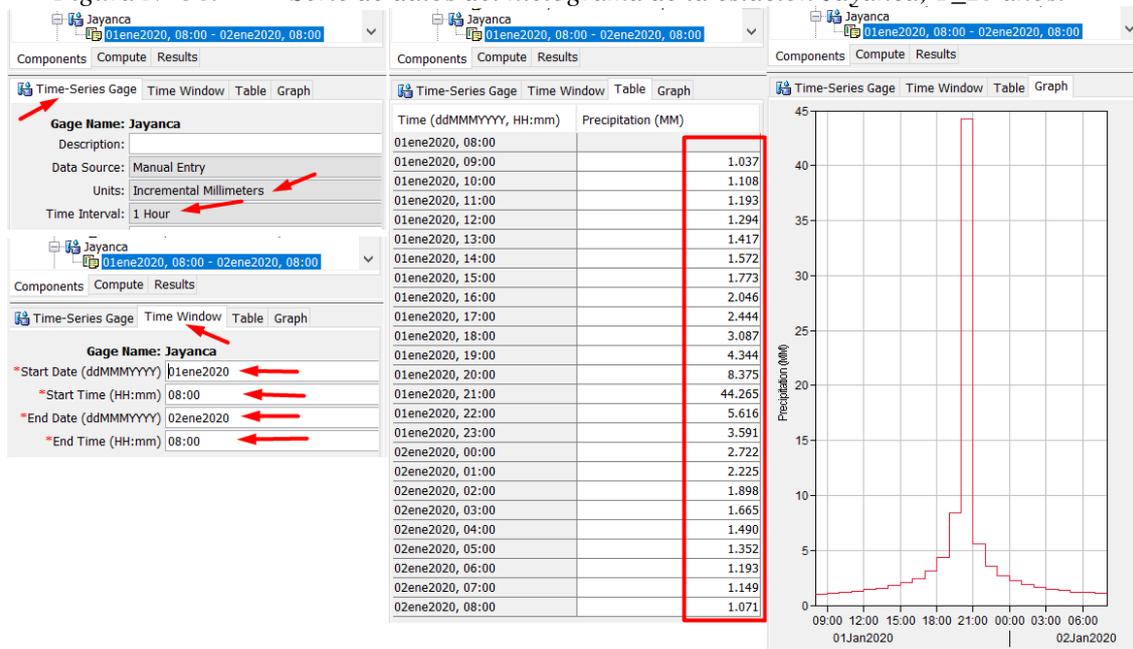
Figura N° 55. Tiempo de retardo para la subcuenca W100

Subbasin	Loss	Transform	Options
<b>Basin Name: Cuenca1</b>			
<b>Element Name: W100</b>			
Graph Type:		Standard (PRF 484)	
*Lag Time (MIN)		123	

### Time-Series Data

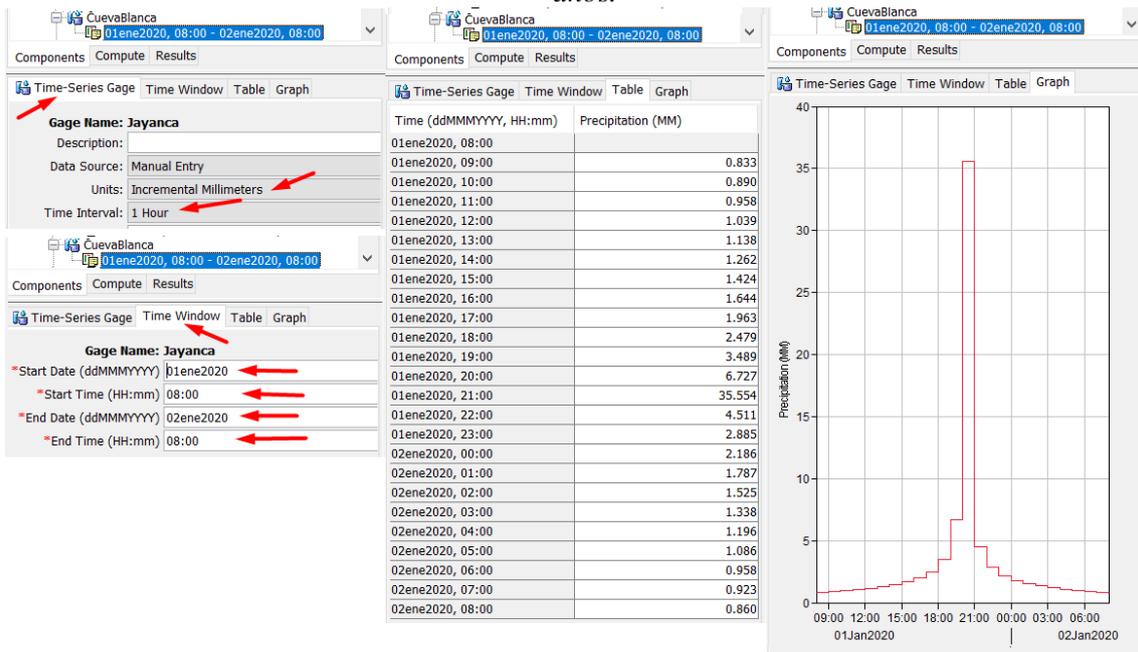
Sirve para ingresar los datos del hietograma de precipitaciones para cada subcuenca, colocando el intervalo de tiempo calculado en el hietograma, el tiempo total del hietograma (en este caso sería de 24 horas), ingresar los valores numéricos del hietograma el cual finalmente es representado por un diagrama.

Figura N° 56. Serie de datos del hietograma de la estación Jayanca, T\_20 años.



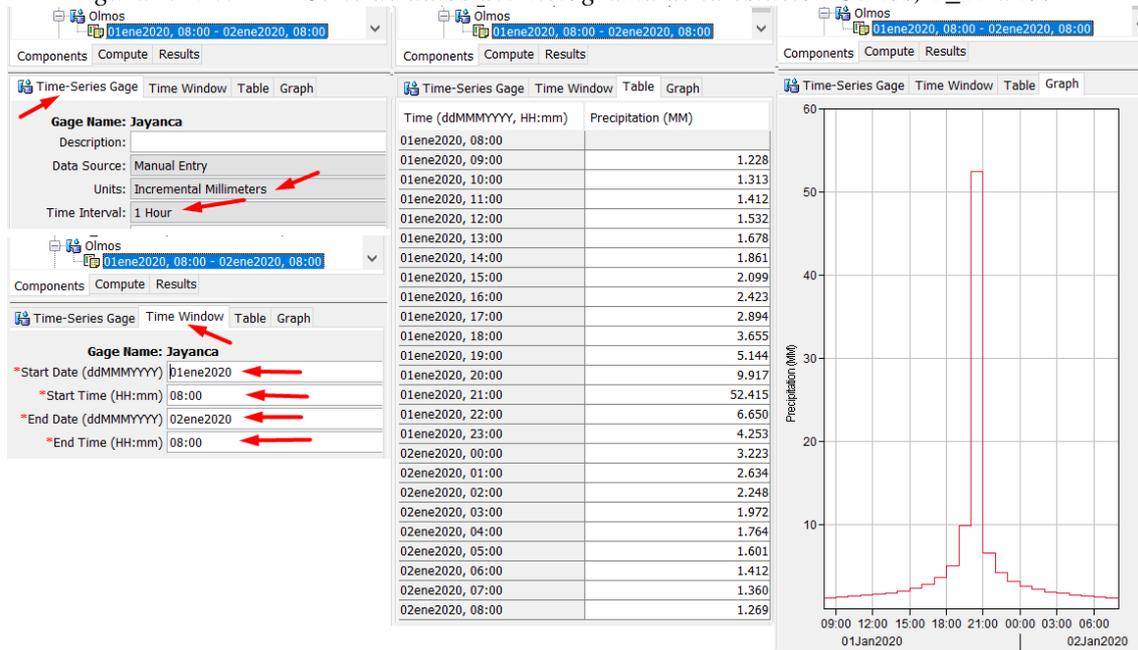
Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 57. Serie de datos del hietograma de la estación Cueva Blanca, T\_20 años.



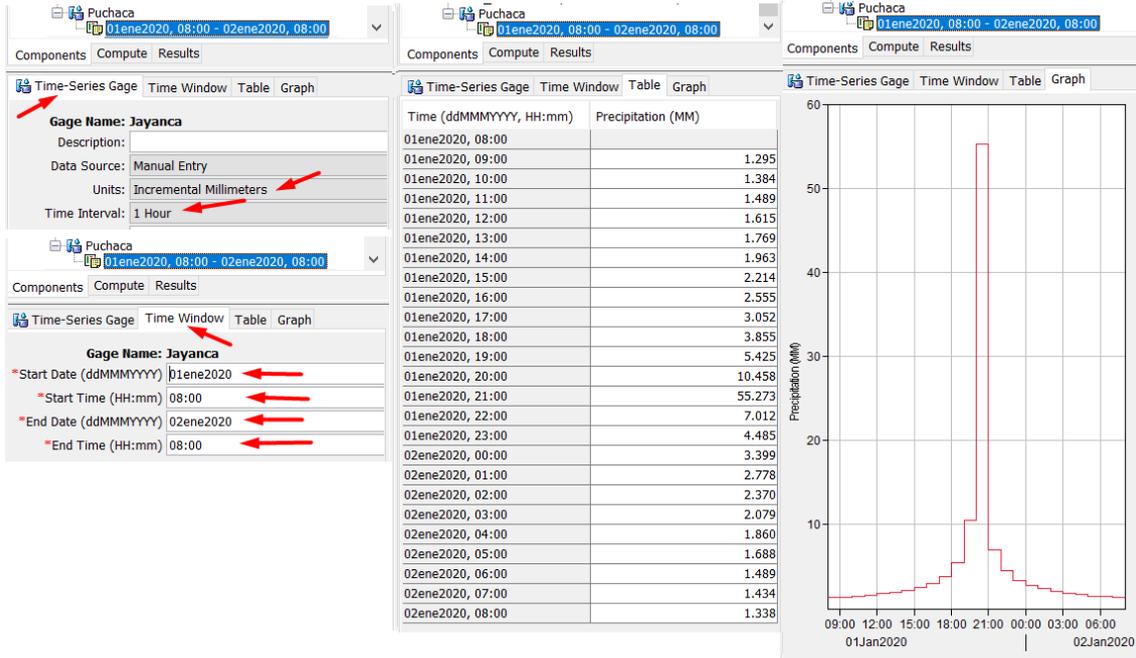
Fuente: Elaboración propia

Figura N° 58. Serie de datos del hietograma de la estación Olmos, T\_20 años



Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 59. Serie de datos del hietograma de la estación Puchaca, T\_20 años

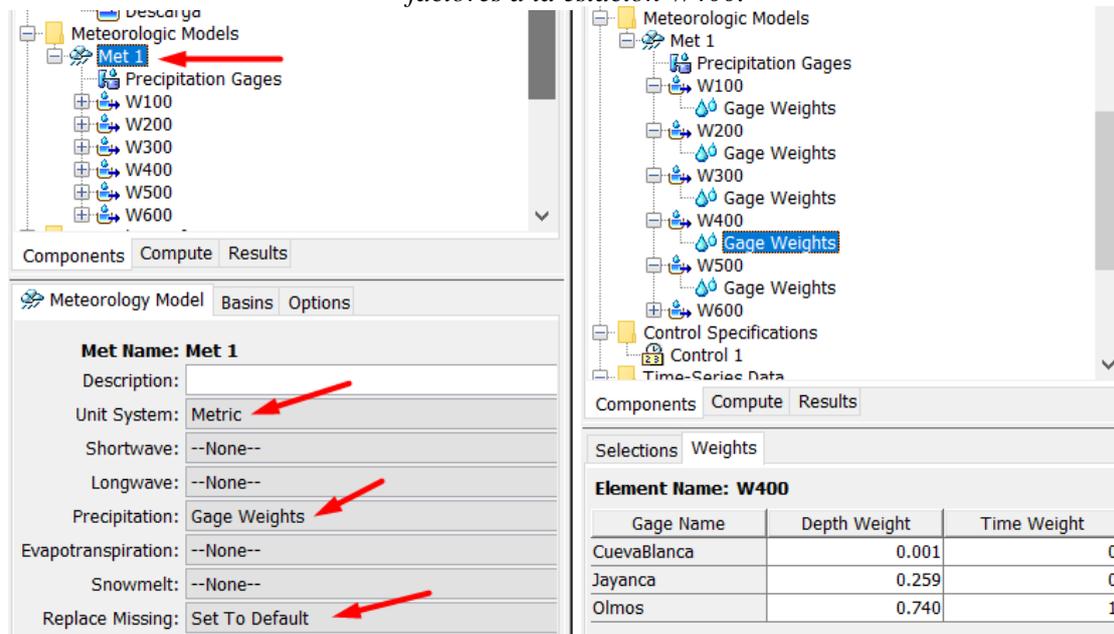


Fuente: Elaboración propia

### Modelo Meteorológico

Para cada valor de lámina de precipitación máxima, fue transformado a perfiles de tormenta (hietograma) usando los perfiles de tormenta de la SCS. En esta etapa se agrega el peso de cada estación calculada anteriormente.

Figura N° 60. Modelo meteorológico por peso de estaciones y asignación de factores a la estación W400.

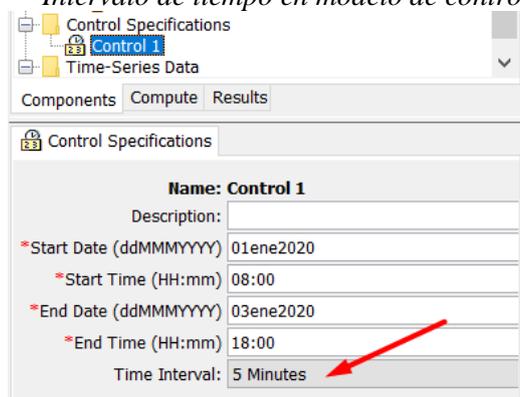


Fuente: Elaboración propia.

## Modelo de Control

Especifica el intervalo de tiempo para el cálculo y la duración total de la simulación que incluyen las horas de inicio y fin de la simulación. En este proyecto se ha definido un intervalo de cálculo de 5 minutos.

Figura N° 61. Intervalo de tiempo en modelo de control en HEC-HMS.



Fuente: Elaboración propia

Teniendo todo lo mencionado, se procede a crear la simulación para el cálculo del caudal para el periodo de retorno indicado en cada simulación (5, 10, 15, 20, 50, 100, 500 años)

### 3.8.8. Modelamiento hidráulico

Este se realizó con dos programas, el primero se realizará un modelamiento en 1D con el programa HEC-RAS, analizando las secciones del río sin tener en cuenta las defensas ribereñas y teniéndolas en consideración; además se realizará el modelamiento en 2D con el programa IBER, para verificar las zonas inundables y ver el proceso de inundación mediante una animación, esto permitirá establecer, de una mejor manera, la ubicación de las defensas y comprobar que el tipo de estructura escogida cumple con la condición de proteger la erosión, socavación y el desborde del río Motupe para el tramo escogido en el análisis.

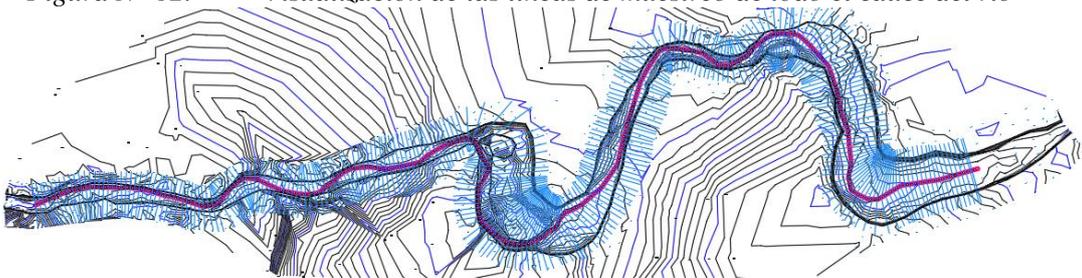
#### *Análisis de inundación en 1D software HEC-RAS 5.0.4*

Como primer punto para realizar un análisis en 1D, es necesario, realizar unos pasos previos antes de usar el programa; inicialmente se deben tener procesadas las curvas de nivel, haber establecido el eje principal del río, además, se deben obtener líneas de muestreo de secciones transversales en el programa Civil 3D. la característica de estas líneas de muestreo es que deben ser perpendiculares a la dirección del flujo del agua, básicamente en eso consiste en realizar un correcto análisis en 1 dirección; en este caso sería en la dirección del flujo de agua.

Entender inicialmente las limitaciones del análisis en 1D, los cuales son mencionados en el manual del programa; algunos de ellos es tener pendientes no tan elevadas; en el caso de esta investigación cumple con ese requisito. Otra limitación, es que la sinuosidad del cauce no sea tan pronunciada; ya que de esa manera no se podrá determinar la dirección del flujo; por ende, los valores de tirante de agua y velocidades no serán los correctos.

Es importante también, realizar las secciones transversales con distancias cercanas; para que los resultados sean más confiables; en el caso de esta investigación se han hecho cada 20 m.

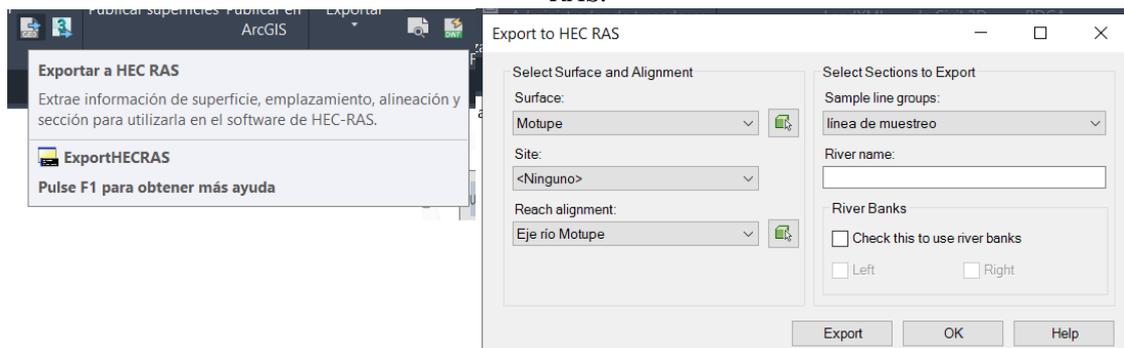
Figura N° 62. Visualización de las líneas de muestreo de todo el cauce del río



Fuente: Elaboración propia

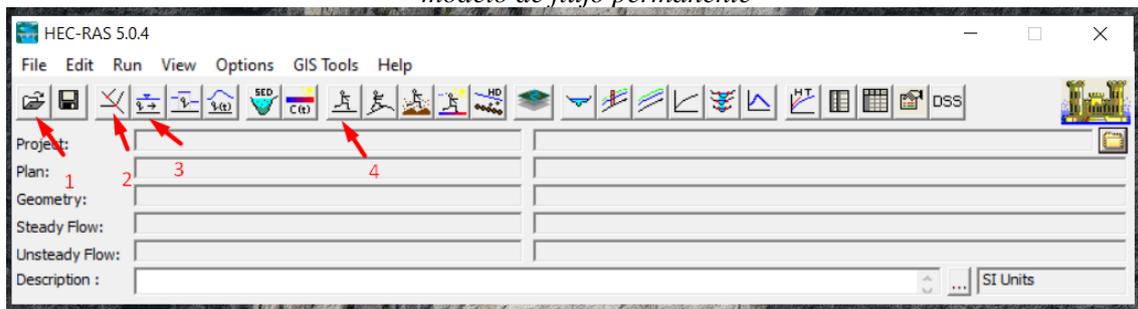
Luego de ese proceso, se debe exportar estas secciones transversales hacia un formato de lectura en HEC-RAS, para ser trabajadas posteriormente.

Figura N° 63. Proceso de exportar las líneas de muestreo de CIVIL 3D a HEC-RAS.



Fuente: Elaboración propia

Figura N° 64. Etapas a considerar al momento de introducir los datos para un modelo de flujo permanente

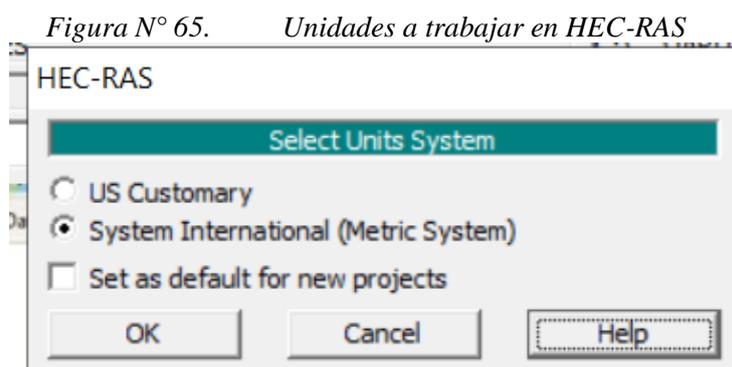


Fuente: Elaboración propia

1. Crear un nuevo proyecto
2. Editor de geometría
3. Condiciones de flujo permanente
4. Plan de simulación en flujo permanente

### Crear un nuevo proyecto

En esta etapa se debe tener en cuenta las unidades con las que vamos a trabajar; es el paso más importante, establecer trabajar con las unidades del sistema Internacional

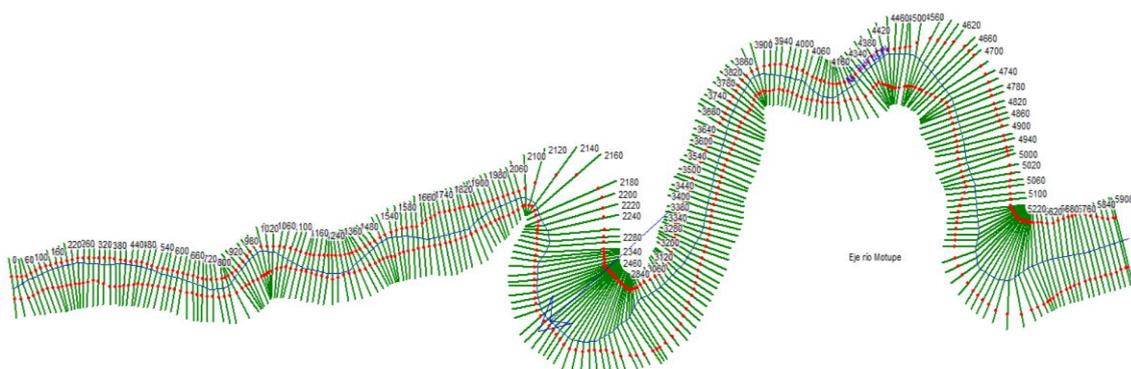


Fuente: Elaboración propia

### Editor de geometría

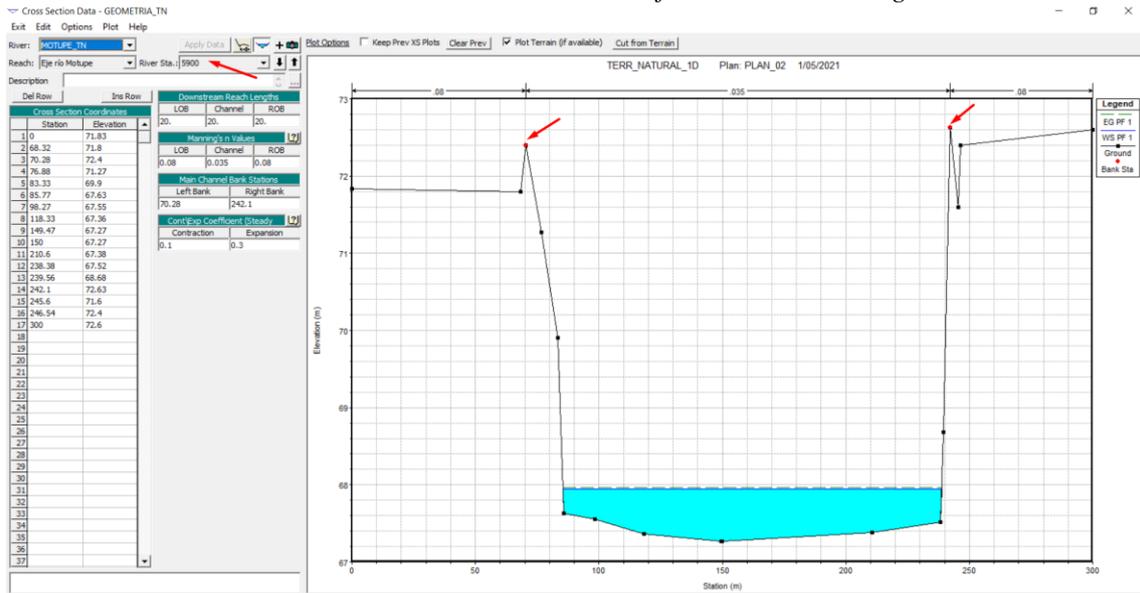
El siguiente paso consiste en establecer la geometría, importando las secciones transversales y el eje longitudinal, verificar que las secciones estén importadas correctamente para cada uno de los tramos. Ingresar los bancos, los cuales van a delimitar los valores de coeficiente de Manning para el cauce del río y en los bordes; en esta investigación se trabajó con un coeficiente de Manning de 0.035 para el cauce y para los bordes de 0.08 considerando la abundancia de vegetación.

*Figura N° 66. Vista en planta de la geometría importada en HEC-RAS*



Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 67. Vista de las secciones transversales de cada estación, visualización de los límites de coeficientes de Manning.



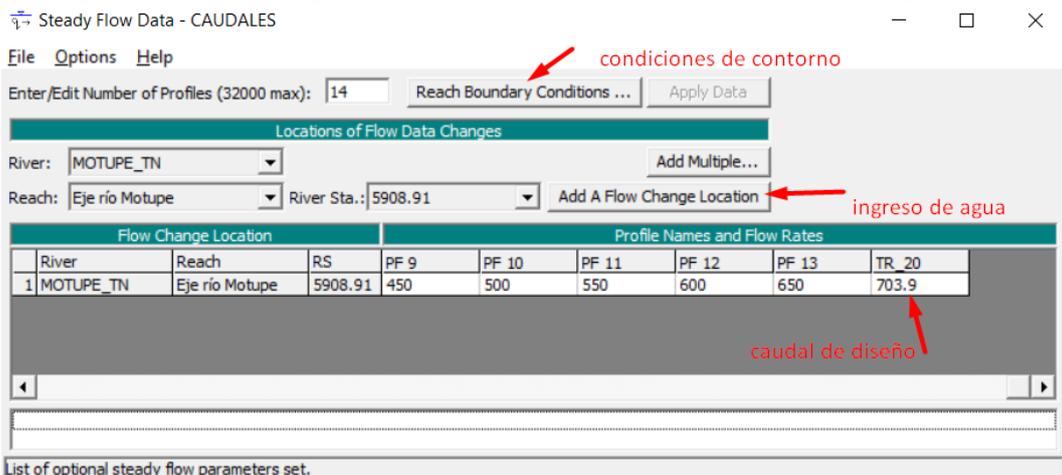
Fuente: Elaboración propia.

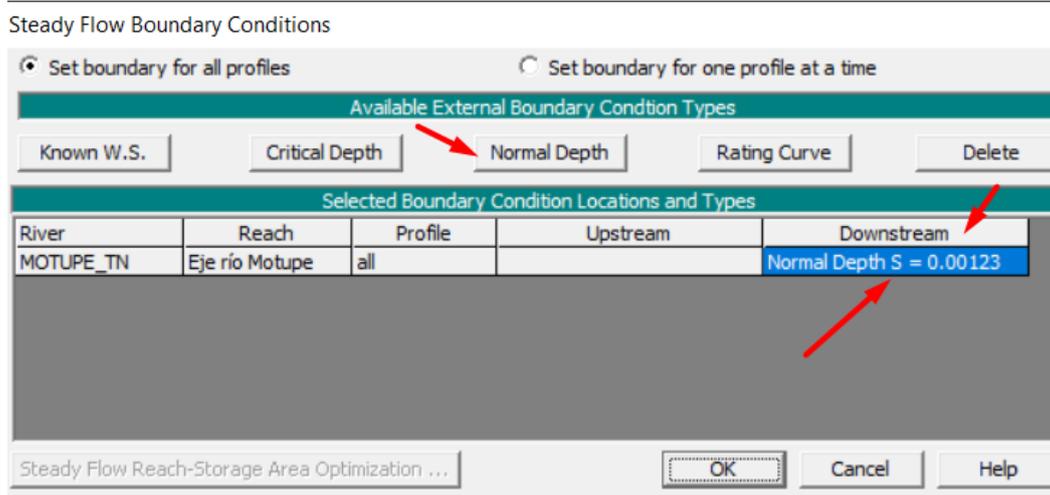
### Condiciones de flujo permanente

El paso siguiente es añadir los caudales; con la finalidad de generar una animación, lo que se realizó fue generar caudales hasta el caudal de diseño con intervalos de  $50 \text{ m}^3/\text{s}$ , de tal manera que una vez se pidan los resultados se puede tener una mejor visualización del proceso de inundación. El caudal de diseño para un periodo de retorno de 20 años es de  $703.9 \text{ m}^3/\text{s}$

Se establece las condiciones de contorno aguas abajo (Downstream), ya que la pendiente es baja y por lo tanto el caudal de diseño generará un flujo subcrítico; esto se verificará en los resultados y de ser el caso que sea un flujo supercrítico se debe cambiar estos valores e ingresar los datos en la opción de aguas arriba (Upstream).

Figura N° 68. Ingreso de condiciones de contorno y caudales en software.

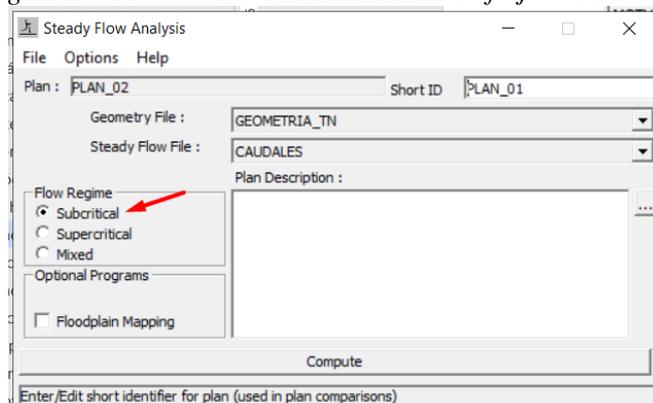




### Plan de simulación en flujo permanente

El procedimiento para seguir es establecer un plan de simulación considerando un flujo subcrítico como inicialmente se estableció.

Figura N° 69. Plan de simulación en flujo subcrítico



Fuente: Elaboración propia.

De esta manera se han calculado los resultados que se presentarán más adelante en este informe.

### *Análisis de transporte de sedimentos (erosión/socavación, agradación/sedimentación) en 1D software HEC-RAS 5.0.4*

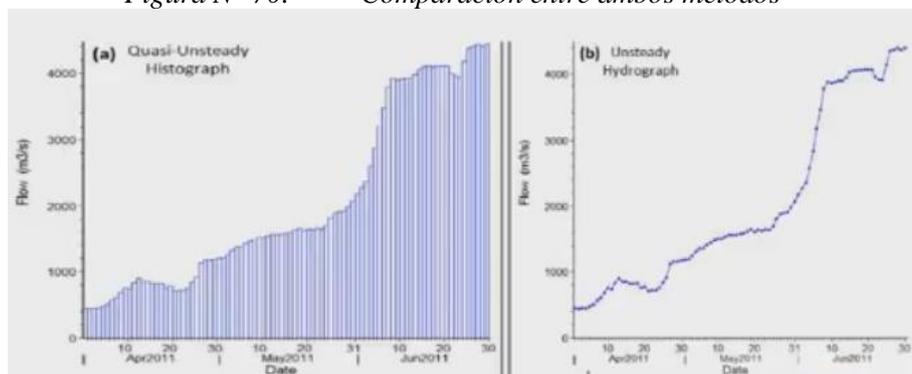
El modelo HEC-RAS incluye dos enfoques de modelos hidrodinámicos para el análisis de transporte de sedimentos:

*Quasi-Undteady Flow (cuasi permanente)*; el cual permite modelar transporte de sedimentos con las mismas ecuaciones del flujo permanente, pero en una mayor cantidad de intervalos de tiempo cortos. Utiliza hidrogramas para cada intervalo de tiempo dado, analizándolo como un flujo permanente. Lleva menor tiempo computacional de cálculo

ya que utiliza las ecuaciones de energía. Es más estable ya que utiliza pequeños intervalos computacionales.

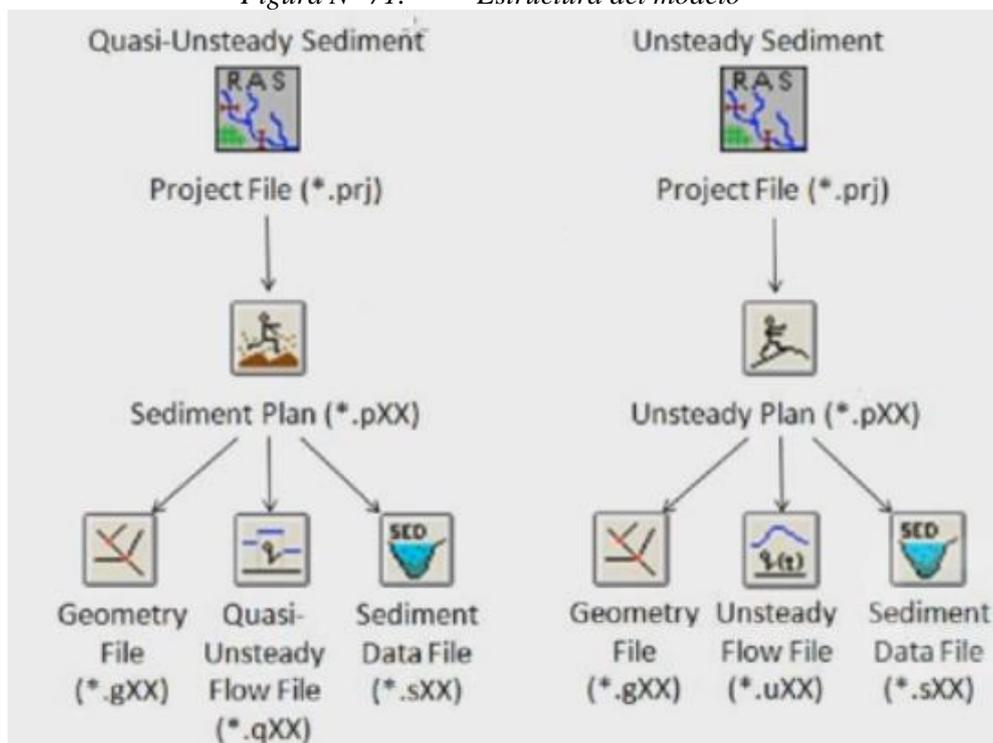
*Unsteady Flow (No permanente, inestable o transitorio)*; calcula los datos de manera distinta ya que utiliza las ecuaciones de Saint Venat, el cual aumenta el tiempo de procesamiento de datos. Es menos estable y no tan recomendable cuando las secciones del río son irregulares.

Figura N° 70. Comparación entre ambos métodos



Fuente: Manual HEC-RAS

Figura N° 71. Estructura del modelo



Fuente: Manual HEC-RAS

Para esta investigación se realizó un análisis cuasi-permanente

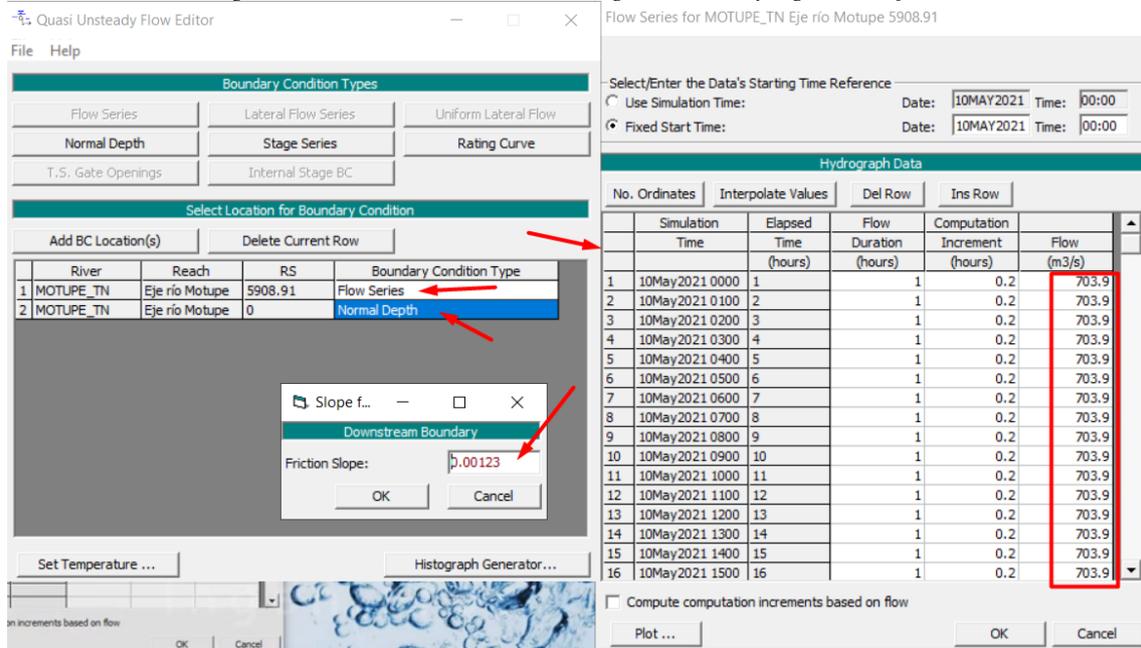
### Editor de geometría

Se usa el mismo archivo editado de geometría que en el análisis de inundación.

### Análisis cuasi-permanente

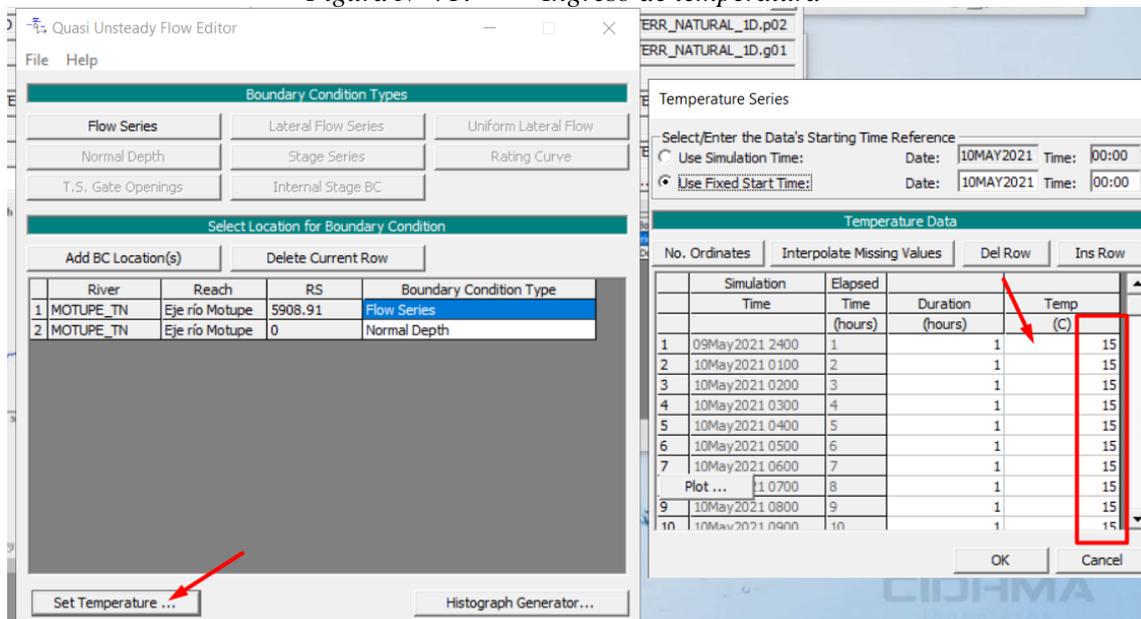
Se coloca las condiciones de frontera, tanto aguas arriba como aguas abajo. Aguas arriba los datos de entrada de caudal para los máximos valores de tiempo con un tiempo incremental de 0.2 horas. Aguas abajo la condición de la pendiente de la línea de energía que en este caso se hace coincidir con la pendiente del cauce principal aguas abajo.

Figura N° 72. Condiciones aguas arriba y aguas abajo



Otro dato importante para ingresar es la temperatura; para el caso de esta investigación se ha trabajado con una temperatura de 15° C.

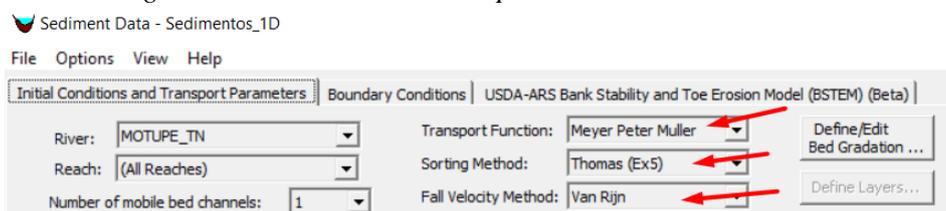
Figura N° 73. Ingreso de temperatura



## Data de sedimentos

Se define en primer lugar el uso de los métodos de cálculo de transporte de sedimentos. Para la función de transporte, el método más usado para el tipo de material del río es el de Meyer Peter Müller y para la velocidad de caída de los sedimentos el método de Van Rijn.

Figura N° 74. Ecuaciones para calculo de sedimentos



La forma en como analiza el transporte de sedimentos el software es mediante el uso de Sedimentogramas que no son más que un análisis granulométrico de los materiales del río que tienen a ser arrastrados por la acción del agua. A continuación, se muestran los valores de tipos de suelos y los parámetros usados para estos cálculos. Se tiene datos desde arcillas hasta cantos rodados de 1 metro, los valores de diámetros máximos, mínimos y promedios; así como datos de gravedad específica, cohesión y peso específico.

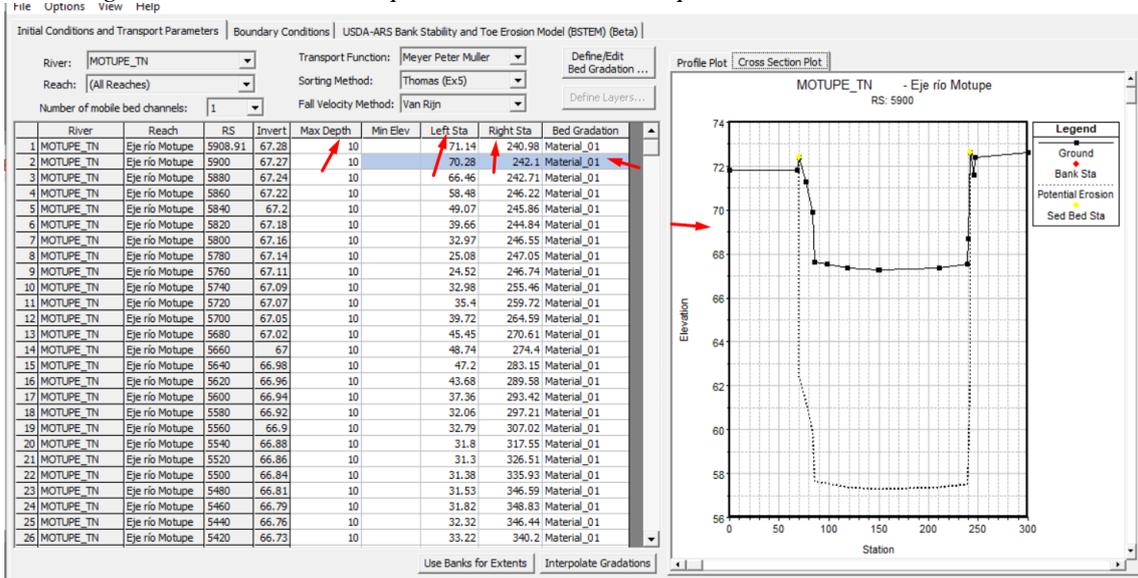
Figura N° 75. Datos de tipos de materiales usados en el HEC-RAS

Sediment Diameters (mm)									
Class	Label	Min	Max	Mean	SG	n	UW	Coh?	De
1	Clay	0.002	0.004	0.003			480	1	1
2	VFM	0.004	0.008	0.006			1041	1	1
3	FM	0.008	0.016	0.011			1041	1	1
4	MM	0.016	0.032	0.023			1041	1	1
5	CM	0.032	0.0625	0.045			1041	1	1
6	VFS	0.0625	0.125	0.088	2.65	0.3	1489	0	1
7	FS	0.125	0.25	0.177	2.65	0.3	1489	0	0.4
8	MS	0.25	0.5	0.354	2.65	0.3	1489	0	0.09
9	CS	0.5	1	0.707	2.65	0.3	1489	0	0.09
10	VCS	1	2	1.414	2.65	0.3	1489	0	0.09
11	VFG	2	4	2.828	2.65	0.3	1489	0	0.09
12	FG	4	8	5.657	2.65	0.3	1489	0	0.09
13	MG	8	16	11.31	2.65	0.3	1489	0	0.09
14	CG	16	32	22.63	2.65	0.3	1489	0	0.09
15	VCG	32	64	45.25	2.65	0.3	1489	0	0.09
16	SC	64	128	90.51	2.65	0.3	1489	0	0.09
17	LC	128	256	181	2.65	0.3	1489	0	0.09
18	SB	256	512	362	2.65	0.3	1489	0	0.09
19	MB	512	1024	724.1	2.65	0.3	1489	0	0.09
20	LB	1024	2048	1448	2.65	0.3	1489	0	0.09

El software necesita datos de máxima altura erosionable, este dato se puede colocar como 10 m; asumiendo de que en ninguna sección se va a lograr erosionar hasta ese punto; es una forma de controlar la erosión, sin embargo, no es la altura de erosión calculada, simplemente es un límite máximo que se le establece.

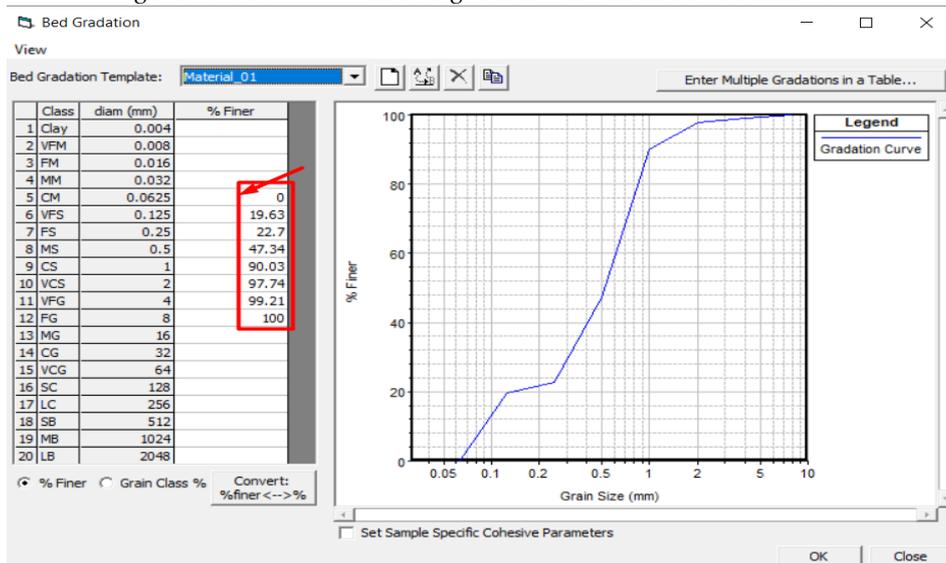
Además, se necesita indicar los puntos a la izquierda y derecha donde va a empezar a erosionarse; y en la siguiente imagen se visualiza la máxima erosión controlada con los 10 metro de límite colocado y los puntos a la izquierda y derecha donde se limita la erosión.

Figura N° 76. Descripción de datos iniciales para erosión en cada estación.



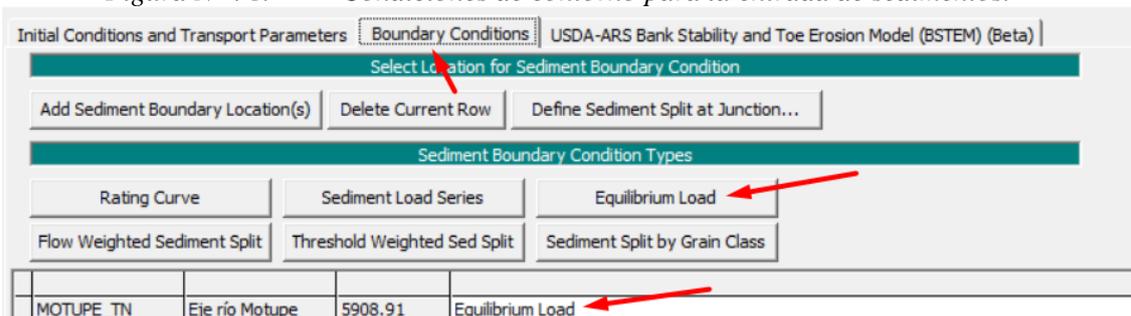
La última parte es indicar el tipo de muestra a distintas secciones, lo que se tiene que ingresar son datos de la curva granulométrica realizada en el estudio de mecánica de suelos con el porcentaje que pasa por determinada malla. En este trabajo se tienen 12 exploraciones; por lo tanto, se cuenta con 12 muestras granulométricas y en función a la ubicación de la exploración, se han logrado identificar para cada una los datos de granulometría e insertarlas en las distintas estaciones que le corresponden.

Figura N° 77. Muestra granulométrica de la calicata 1.



Dato adicional en condiciones de contorno se le agrega una carga de equilibrio aguas arriba, indicando una entrada equilibrada de sedimentos.

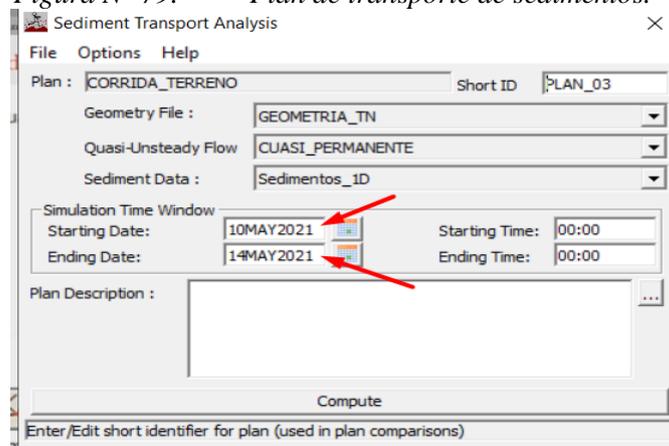
Figura N° 78. Condiciones de contorno para la entrada de sedimentos.



### Plan de transporte de sedimentos

Se crea el plan para el transporte de sedimentos para un tiempo determinado, en este caso se ha colocado un tiempo de análisis con un caudal constante de 3 días, que es máximo tiempo computacional soportado por el programa en los intervalos de tiempo dados.

Figura N° 79. Plan de transporte de sedimentos.



### Análisis de inundación en 2D software IBER 2.6

Un modelo bidimensional en IBER resuelve las ecuaciones de Navier-Stokes truncadas a dos dimensiones que son las llamadas “ ecuaciones de Saint Venant” añadida la dimensión temporal, quiere decir que un modelo en 2 dimensiones siempre añade el tiempo como tema de cálculo.

El truncamiento realizado a dos dimensiones asume que la velocidad es uniforme en profundidad. Estas ecuaciones son resueltas mediante métodos numéricos.

Para resolver una ecuación diferencial en 2 dimensiones se necesita de condiciones de contorno y condiciones iniciales como el caudal de entrada, la salida del agua y el ingreso.

Para un análisis bidimensional se necesita de una topografía con mucho más detalle, pues el análisis se realiza a través de una discretización o un enmallado (dividir la geometría en triángulos regulares como irregulares).

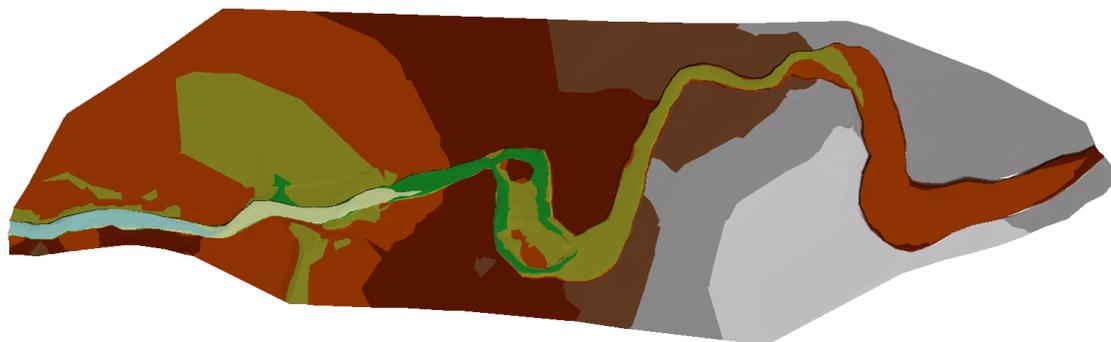
A continuación, se detallará el procedimiento realizado en esta investigación.

### **Generar un archivo tipo ASCII**

Un pre-proceso antes de trabajar con el software IBER es hacer una conversión de archivos. Se trabaja inicialmente con las curvas de nivel del terreno natural obtenido mediante la topografía. Estas curvas fueron exportadas en un formato LandXML y procesadas en ArcGIS.

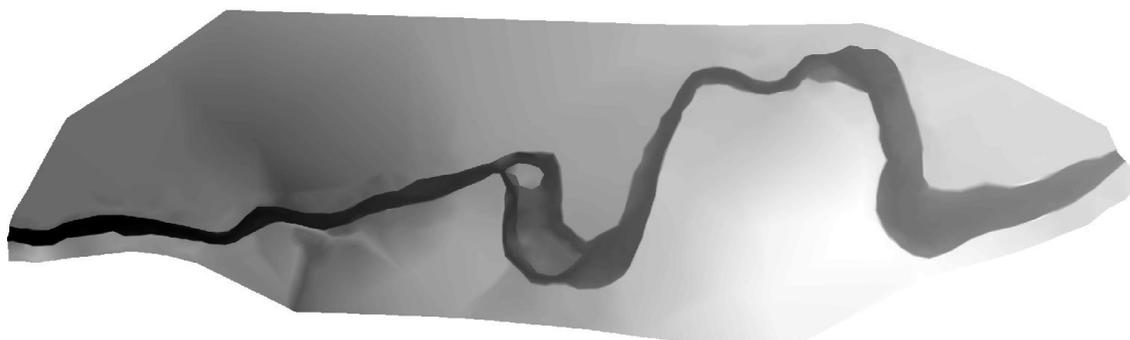
En ArcGIS se convertirá en un archivo tipo TIN que no es más que la proyección en superficie de esas curvas de nivel, este archivo permitirá tener una mejor visualización de la zona de análisis.

*Figura N° 80. Archivo TIN de la zona en análisis*



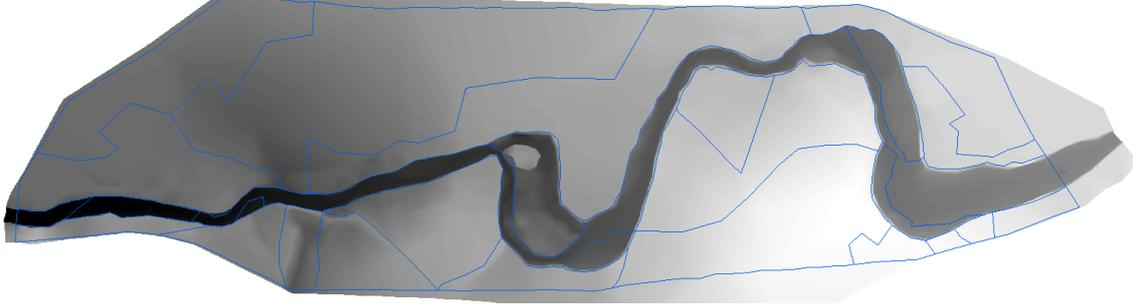
El siguiente paso es transformar el archivo TIN en un formato RASTER, para luego ser convertido en un formato ASCII, archivo necesario para asignar las elevaciones a la malla generada en IBER.

*Figura N° 81. Archivo RASTER con celdas cada 0.5 m para una mayor precisión.*



Del mismo archivo TIN se toma como referencia para generar un polígono en formato .shp que abarque todas las partes de la superficie y dividirlo en función al tipo de suelo, de esa manera se puede asignar rugosidades distintas tanto para el cauce como para las orillas y fuera en la llanura de inundación.

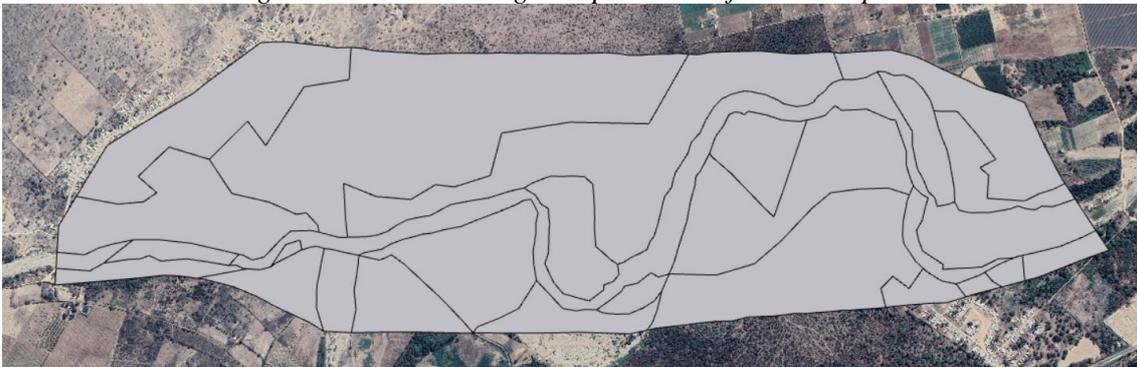
*Figura N° 82. Polígono indicador de rugosidades*



### **Ingreso de datos en modelo IBER**

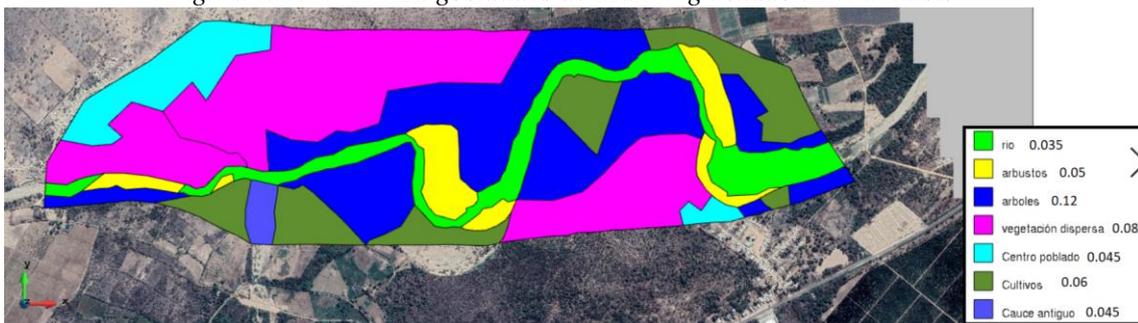
En IBER, el primer proceso a realizar es insertar una imagen de fondo de la zona en análisis georeferenciada. Luego, importar el archivo de rugosidades.

*Figura N° 83. Imagen importada en formato .shp.*



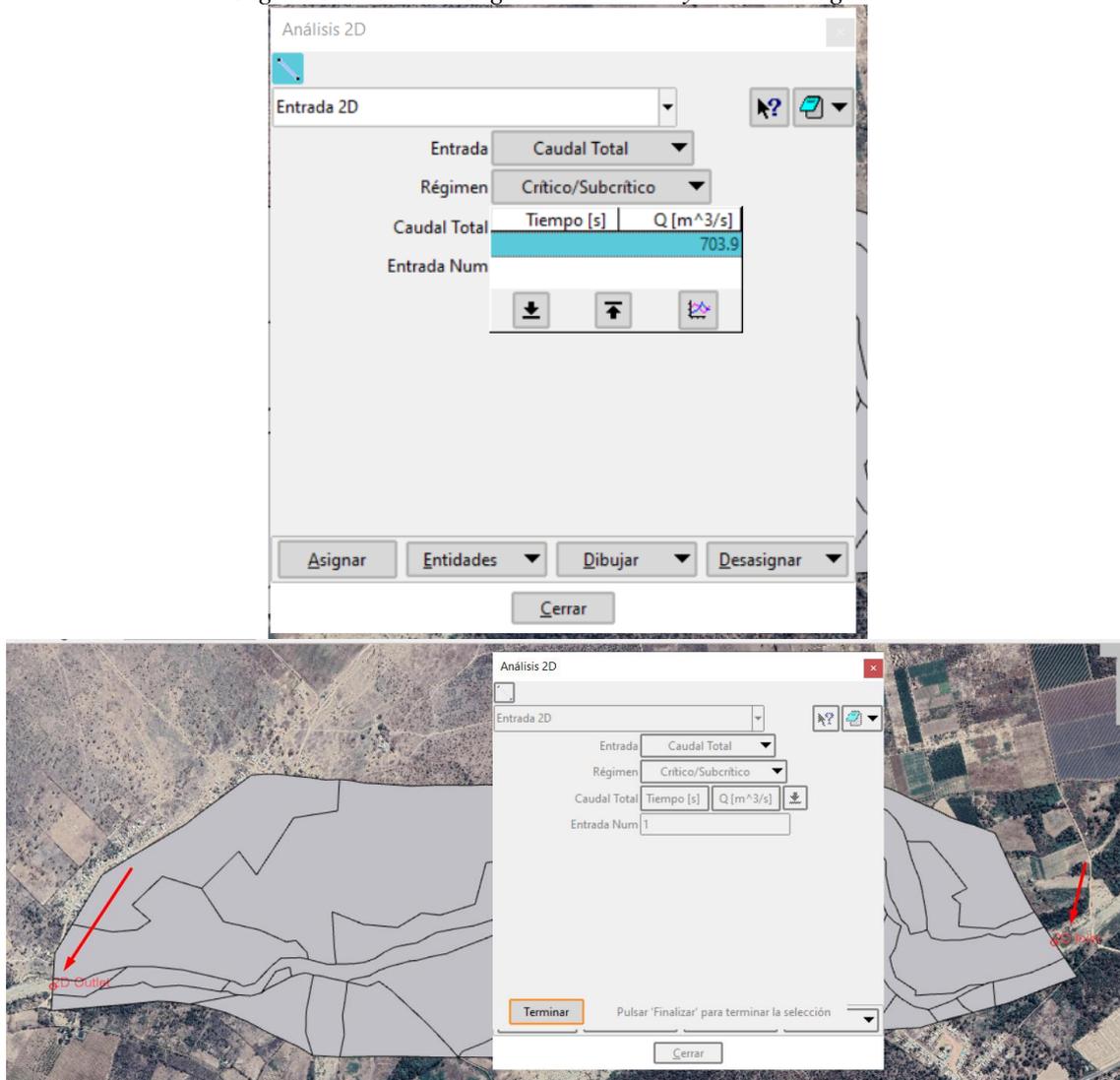
El siguiente proceso es ingresar datos de rugosidades de Manning.

*Figura N° 84. Rugosidades de Manning usadas en el análisis*



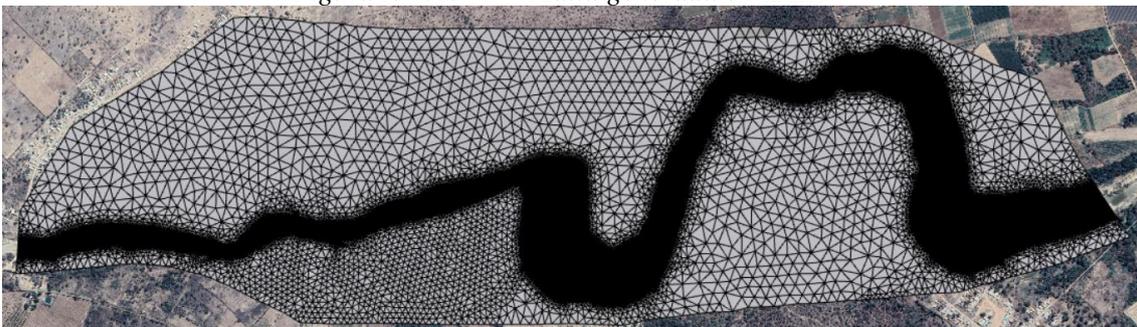
Se ingresan las condiciones de contorno como el caudal y la zona de salida de agua.

Figura N° 85. Ingreso de caudal y salida de agua



El siguiente paso es asignar los tamaños de malla no estructurada y generarla; en este caso cada 5 m en el cauce de río y cada 25m y 50 m en los exteriores.

Figura N° 86. Malla generada en IBER



Hasta este paso, la generación de la malla contiene una misma altura, por lo que es necesario elevarla a la forma del cauce del río importando el archivo ASCII procesado en ArcGIS y elevando todos los puntos de la malla no estructurada. Después se ingresan los

datos del problema; es decir el instante inicial de tiempo de simulación y el tiempo final y el intervalo de análisis, este procedimiento es muy importante ya que para tener un correcto análisis se debe verificar que el caudal de entrada sea el mismo caudal que el de la salida, es ahí en el que se debe detener el tiempo de procesamiento. Cabe mencionar que este tiempo de procesamiento conlleva mucho tiempo en análisis, en promedio cada análisis realizado en el software me llevó 2 a 3 horas.

*Figura N° 87. Datos del problema asignados para el cálculo.*

Datos		Análisis 2D	
Parámetros de Tiempo   General   Resultados   Peligrosidad personal		Número de procesadores	6
Simulación Nueva		Esquema Numérico	Primer Orden[Rápido]
Instante Inicial [s] 0		CFL	0.45
Tiempo máximo de simulación [s] 15000		Incremento de tiempo máximo [s]	1
Intervalo de Resultados [s] 15		Límite Seco-Mojado [m]	0.01
		Método de Secado	Por Defecto
		Opciones generales	Ocultar

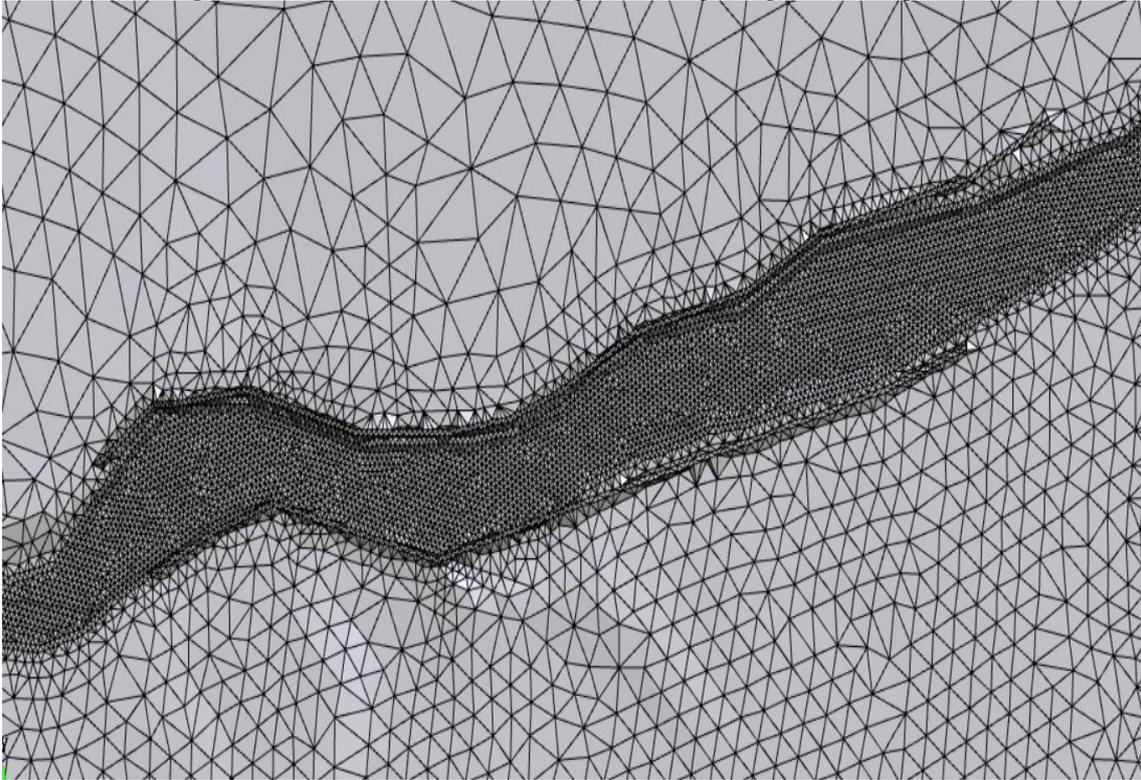
### Generar de Diques de protección

Una vez que se tienen todos los resultados después del procesamiento, se observará la llanura de inundación generada, las velocidades; por lo que se tomarán medidas para proteger las zonas inundables; en esta investigación se ha determinado usar distintos tipos de defensas ribereñas para cada zona inundable o erosionable teniendo en cuenta la geometría del cauce.

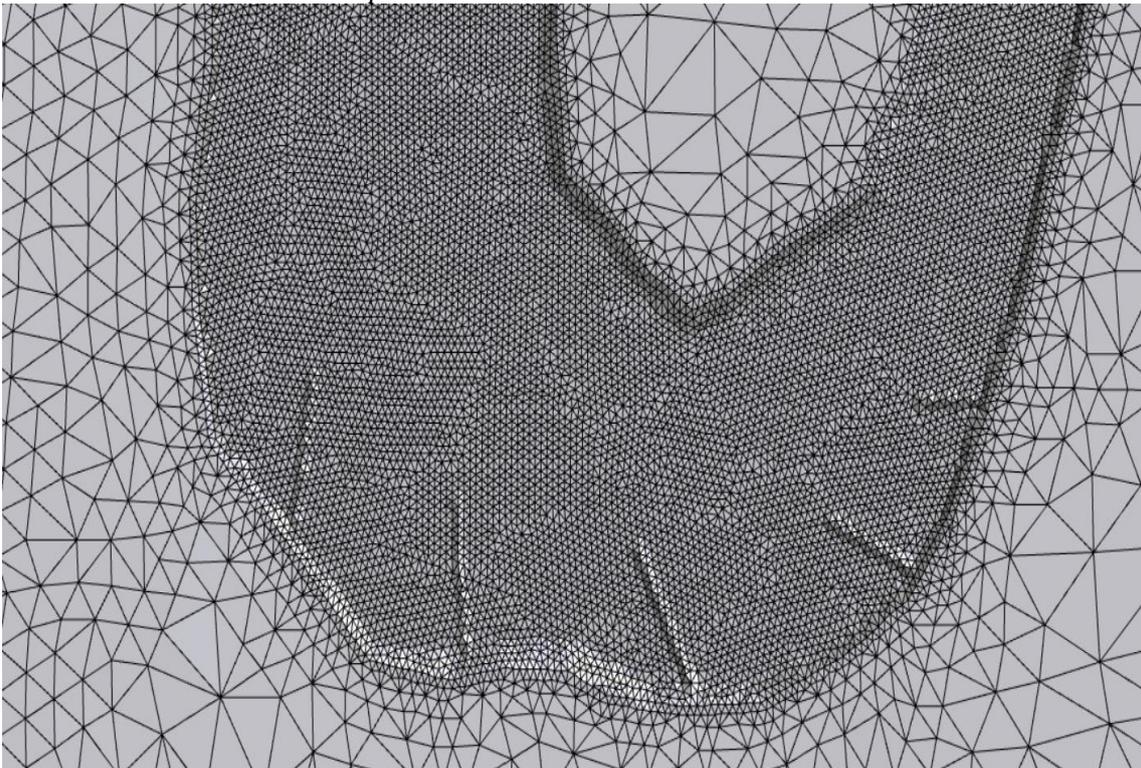
Se ha determinado la colocación de diques y espigones en puntos específicos, los diques para proteger contra la inundación y los espigones para disminuir la velocidad y recuperar parte de la ribera erosionada.

En el software el proceso se realiza editando la malla y elevando en forma de dique según lo requerido y para el caso de espigones se ha creado una superficie en CIVIL3D e importado elevando el archivo en la zona donde se desea instalar dichos espigones. Los resultados de la forma de protección del cauce se muestran a continuación:

*Figura N° 88. Tramo en Pampa de lino protegido con diques*



*Figura N° 89. Tramo protegido en zona de Abrojal protegido con espigones para la disminución de la velocidad*



***Análisis de transporte de sedimentos (erosión/socavación, agradación/sedimentación) en 2D software IBER 2.6***

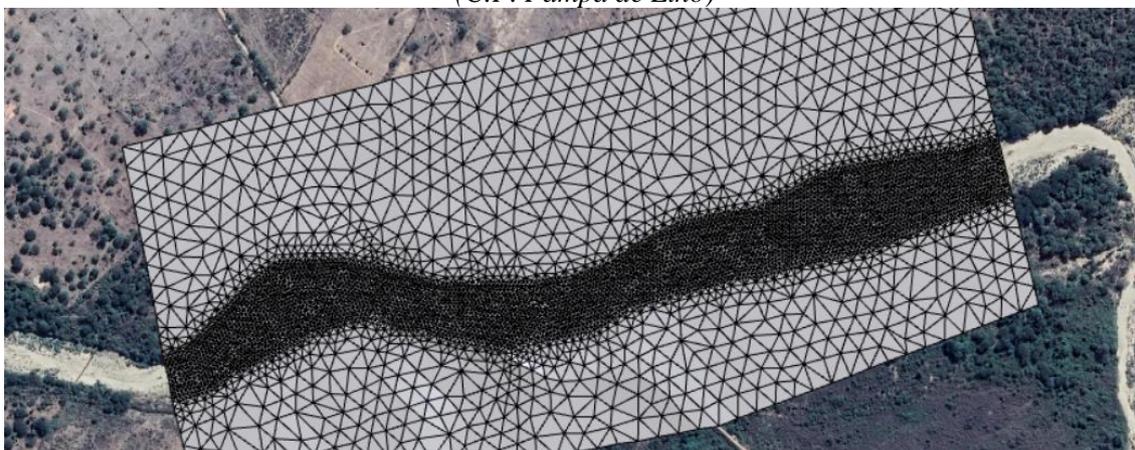
Para realizar un modelo de transporte de sedimentos en IBER es necesario conocer algunas de las principales características de las partículas y los sedimentos los cuales son: densidad y porosidad, tamaño de la partícula y forma, condiciones importantes a conocer antes de realizar el modelamiento.

Importante definir, el tipo de transporte de sedimentos a realizar, ya que se cuenta con dos tipos: transporte de sedimentos de fondo y en suspensión.

En cuanto al procedimiento de cálculo, debido al tiempo computacional que este lleva, se ha tomó la decisión de calcular para tramos en específico, es decir cortar la malla a una mucho más pequeña para que así el tiempo de procesamiento no sea demasiado extenso.

Se calculó para tres tramos en específico:

*Figura N° 90. Tramo aguas abajo, protección de dique en ambas márgenes (C.P. Pampa de Lino)*



*Figura N° 91. Zona de protección con espigones y enrocado.*

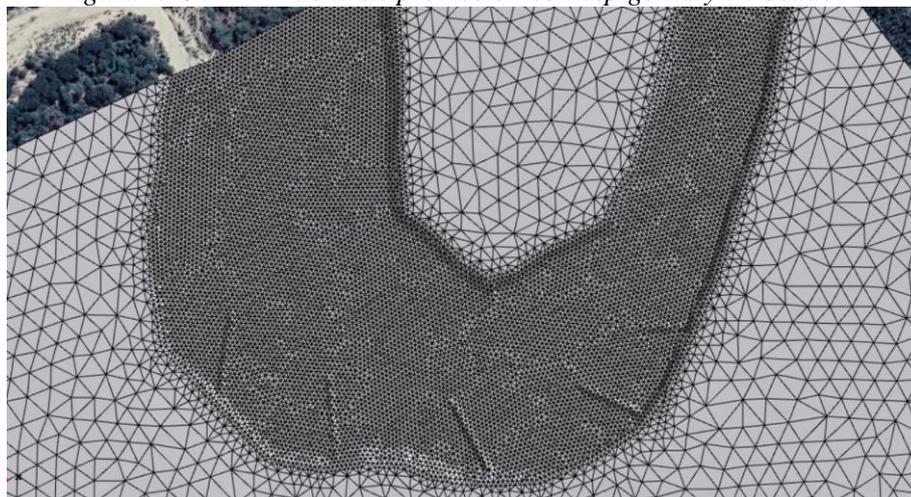
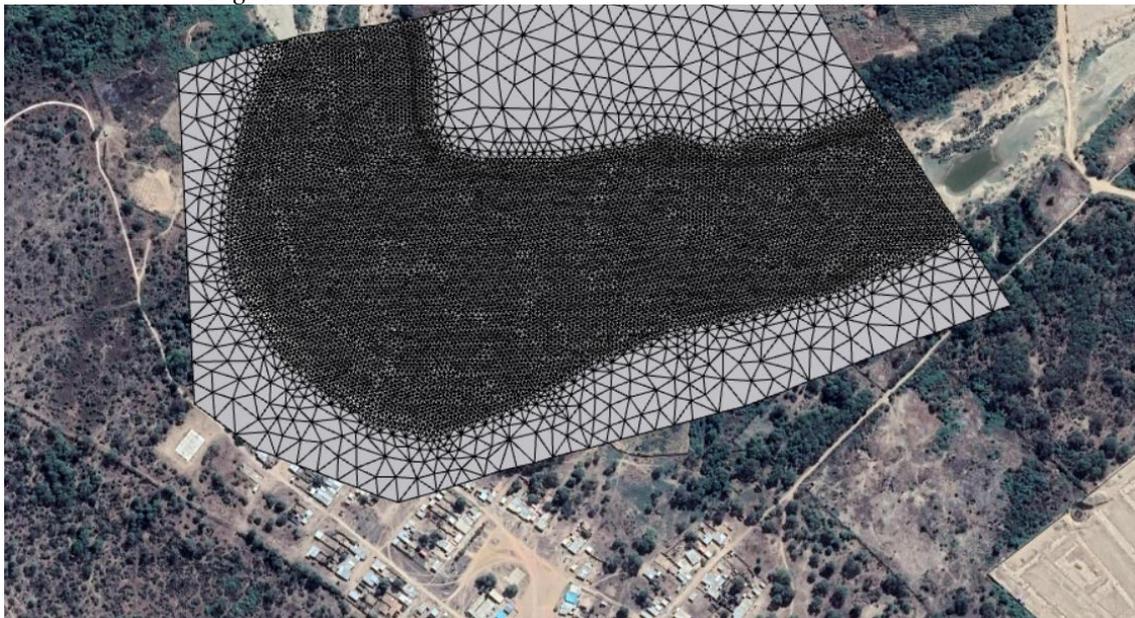


Figura N° 92. Protección a la altura de C.P. Cahuide.



Para el proceso de cálculo en transporte de sedimentos, se trabajó con las ecuaciones de Meyer-Peter Muller, el cual necesita datos de diámetro medio de las partículas de fondo (m); además, ángulo de fricción interna (rad) y la densidad relativa de las partículas.

Transporte de Fondo	Activo
Modelo	Meyer-Peter&Müller
d50 [m]	0.0002511
Porosidad T. Fondo	0.4
Ángulo de Fricción interna [rad]	0.5236
Densidad relativa T.Fondo	2.65
<input type="checkbox"/> Modelo Avalancha TTE Sedimentos	
Instante Inicio Transp. Fondo [s]	0

### 3.8.9. Selección del tipo de defensa ribereña

En este proyecto se diseñarán 2 alternativas de defensas ribereñas para cada zona con peligro de inundación o erosión a lo largo del tramo en análisis que son 6 km. Se realizó un análisis técnico – económico con ambas propuestas y se determinó la mejor opción para el tipo de condiciones requeridas. Para eso se tuvo en cuenta lo siguiente:

- Diagnóstico de la situación actual del Dique existente, teniendo en cuenta la geometría, se verificó si el tirante de agua con el caudal de diseño logra superar la altura máxima; además de la erosión producida por el paso del agua.
- Determinación de las poblaciones en peligro y las zonas de cultivo aledañas a proteger.
- Investigar si hay presencia de proyectos similares, cerca de la zona de estudio.

- Se identificó la forma del río Motupe (rectilíneo, meándrico, anastomosado, etc.) según esto se escogió un adecuado tipo de defensa ribereña en los tramos más críticos.
- Se verificó si los materiales dentro de la zona del proyecto (arena, piedra, etc.) son utilizables para la construcción de las defensas ribereñas.
- Mediante el EMS se identificó el suelo del terreno del lugar del proyecto.
- Mediante el Estudio de Canteras se pudo determinar el lugar de la extracción de rocas, agregado y material de relleno para la zona de investigación.

A continuación, se detallan las fórmulas empleadas en el diseño de las defensas ribereñas.

### *Fórmulas para el Diseño de diques enrocados*

#### *Cálculo de ancho estable*

Método De Simons Y Henderson:  $B = K_1 Q^{1/2}$

Condiciones de Fondo de río	$K_1$
Fondo arena y orillas de material cohesivo	4.20
Fondo y orillas de material cohesivo	3.60
Fondo y orillas de grava	2.90
Fondo arena y orillas material no cohesivo	2.80

Método De Altunin-Manning:  $B = (Q^{1/2}/S^{1/5}) (n K^{5/3})^{3/(3+5m)}$

Valores rugosidad de Manning (n)	
Descripción	n
Cauce con fondo sólido sin irregularidades = 0.025	0.025
Cauces de río con acarreo irregular = 0.030-0.029	0.03
Cauces de Ríos con Vegetación = 0.033-0.029	0.029
Cauces naturales con derrubio e irregularidades = 0.033	0.033
Cauces de Río con fuerte transporte de acarreo = 0.035	0.035
Torrentes con piedras de tamaño de una cabeza = 0.040-0.036	0.04
Torrentes con derrubio grueso y acarreo móvil = 0.045-0.050	0.05

Coeficiente Material del Cauce (Tabla)	
Descripción	K
Material de cauce muy resistente = 3 a 4	3
Material fácilmente erosionable = 16 a 20	16
Material aluvial = 8 a 12	12
Valor practico = 10	10

Coeficiente de Tipo de Río (Tabla)	
Descripción	m
Para ríos de montaña	0.5
Para cauces arenosos	0.7
Para cauces aluviales	1.0

Método De Blench:  $B = 1.81(Q F_b/F_s)^{1/2}$

Factor de Fondo	$F_b$
Material Fino	0.80
Material Grueso	1.20

Factor de Orilla	F <sub>s</sub>
Materiales sueltos	0.10
Materiales ligeramente cohesivos	0.20
Materiales cohesivos	0.30

Recomendación práctica:

Q (M <sup>3</sup> /s)	
3000	200
2400	190
1500	120
1000	100
500	70

**Cálculo del tirante**

Método de Manning - Strickler (B > 30 M) →  $t = ((Q / (K_s * B * S^{1/2}))^{3/5}$

Formula de Manning: Velocidad Media (m/s) →  $V = R^{2/3} * S^{1/2} / n$

Numero de Froude:  $F = V / (g * y)^{1/2}$

Donde:

y: Profundidad Hidráulica Media = Área Mojada/Ancho Superficial:

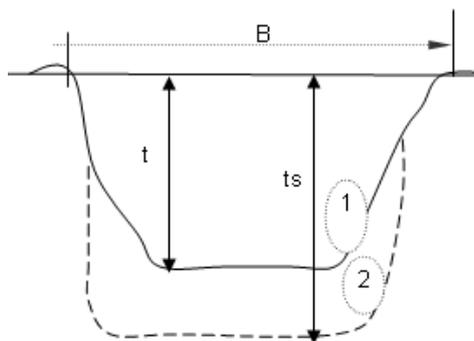
	K <sub>s</sub>
Cauce con fondo solido sin irregularidades	40
Cauces de río con acarreo irregular	33 - 35
Cauces de Rios con Vegetacion	30 - 35
Cauces naturales con derrubio e irregularidades	30
Cauces de Río con fuerte transporte de acarreo	28
Torrentes con piedras de tamaño de una cabeza	25 - 28
Torrentes con derrubio grueso y acarreo movil	19 - 22

**Cálculo de la Profundidad de Socavación (Hs)**

METODO DE Lischtvan-Levediev

Suelos Granulares - No Cohesivos	Suelos Cohesivos
$t_s = ((\alpha t^{5/3}) / (0.68 D_m^{0.28} \beta))^{1/(x+1)} \dots\dots\dots(1)$	$t_s = ((\alpha t^{5/3}) / (0.60 \gamma_s^{1.18} \beta))^{1/(x+1)} \dots\dots\dots(2)$

1. Perfil antes de la erosión
2. Perfil de equilibrio tras la erosión



Donde:

t<sub>s</sub> = Tirante despues de producirse la socavacion (m)

$t$  = Tirante sin socavacion

$D_m$  = Diametro Medio de las particulas

$\gamma_s$  = Peso Especifico suelo (Kg/m<sup>3</sup>)

$t_m$  = Tirante medio = A/B

$Q$  = Q (Caudal de Diseño)

$\mu$  = Coeficiente de Contraccion ( $\mu$ ) para el caso de socavación general el valor es de 1.

$B$  = Ancho Estable Superficial

$\alpha$  = Coeficiente

$\alpha = Q/(t_m^{5/3} B \mu)$

X : Exponente que depende de :  $D_m$  para suelos Granulares No Cohesivos y  $\gamma_s$  para suelos cohesivos. >>>>> TABLA N° 03  
X (Tabla N° 03)

Tabla N° 02			
CLASIFICACIÓN SEGÚN EL TAMAÑO DE PARTÍCULAS			
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

Fuente : UNIÓN GEOFÍSICA AMERICANA  
(AGUA)

Diámetro medio ( $D_{50}$ ) = 0.25110 =====> Arena media

Material : Material : =====> NO COHESIVO

Peso Específico (Tn/m<sup>3</sup>) = 1.70

Tabla N° 03					
SELECCIÓN DE x EN SUELOS COHESIVOS (Tn/m3) o SUELOS NO COHESIVOS (mm)					
Peso específico Tn/m3	X	1/(X +1)	D (mm)	X	1/(X +1)
0.80	0.52	0.66	0.05	0.43	0.70
0.83	0.51	0.66	0.15	0.42	0.70
0.86	0.50	0.67	0.50	0.41	0.71
0.88	0.49	0.67	1.00	0.40	0.71
0.90	0.48	0.68	1.50	0.39	0.72
0.93	0.47	0.68	2.50	0.38	0.72
0.96	0.46	0.68	4.00	0.37	0.73
0.98	0.45	0.69	6.00	0.36	0.74
1.00	0.44	0.69	8.00	0.35	0.74
1.04	0.43	0.70	10.00	0.34	0.75
1.08	0.42	0.70	15.00	0.33	0.75
1.12	0.41	0.71	20.00	0.32	0.76
1.16	0.40	0.71	25.00	0.31	0.76
1.20	0.39	0.72	40.00	0.30	0.77
1.24	0.38	0.72	60.00	0.29	0.78
1.28	0.37	0.73	90.00	0.28	0.78
1.34	0.36	0.74	140.00	0.27	0.79
1.40	0.35	0.74	190.00	0.26	0.79
1.46	0.34	0.75	250.00	0.25	0.80
1.52	0.33	0.75	310.00	0.24	0.81
1.58	0.32	0.76	370.00	0.23	0.81
1.64	0.31	0.76	450.00	0.22	0.82
1.71	0.30	0.77	570.00	0.21	0.83
1.80	0.29	0.78	750.00	0.20	0.83
1.89	0.28	0.78	1,000.00	0.19	0.84
2.00	0.27	0.79			
<b>Ps (T/m³)</b>			<b>D<sub>m</sub> (mm)</b>		

Coefficiente por Tiempo de Retorno :  $\beta$  (Tabla N°04)

Tabla N° 04 : Valores del Coeficiente $\beta$		
Periodo de Retorno (Años)	Probabilidad de Retorno (%)	Coefficiente $\beta$
	0.00	0.77
<b>2.00</b>	50.00	0.82
<b>5.00</b>	20.00	0.86
<b>10.00</b>	10.00	0.90
<b>20.00</b>	<b>5.00</b>	<b>0.94</b>
<b>50.00</b>	2.00	0.97
<b>100.00</b>	1.00	1.00
<b>300.00</b>	0.33	1.03
<b>500.00</b>	0.20	1.05
<b>1,000.00</b>	0.10	1.07

### Cálculo estructural

1. Estabilidad del terraplén.
2. Probabilidad de movimiento de la roca:  $F_{roca(d50)} = 0.56 * (v^2/2g) * (1/d_{50}) * (1/\Delta)$
3. Estabilidad del revestimiento del enrocado.
4. Calculo para determinar el uso de filtros.

### Cálculo del diámetro de roca

Formula de Maynard  $\rightarrow F = C_2 V / (g y)^{0.5}$

Fórmula de R. A. Lopardo-Estellé  $\rightarrow$

$$W = \frac{0.011314 * \frac{\gamma_s}{\gamma} * V^6}{\left(\frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma}\right) * \text{SENO}^3(\phi - \theta)}$$

$\gamma_s$     Peso específico de la roca, Kg/cm<sup>3</sup>, Tn/m<sup>3</sup>  
 $\gamma$         Peso específico del fluido, Kg/cm<sup>3</sup>, Tn/m<sup>3</sup>  
 $V$         Velocidad media, m/s  
 $\phi$         Ángulo de reposo del material  
 $\theta$         Ángulo del talud respecto a la horizontal  
 $W$         Peso, Kg

$$D_s = \left(\frac{6 * W}{\pi * \lambda_s}\right)^{1/3}$$

$D_s$  = Diámetro de volumen esférico equivalente, ft  
 $W$  = Peso de roca, lb  
 $\gamma_s$  = Peso específico de la roca, lb / ft<sup>3</sup>

Fórmula de la California División of Highways.

$$d_{50} = \frac{b}{\Delta} * \frac{V^2}{2g} * \frac{1}{f}$$

$b$         factor para condiciones de mucha turbulencia, piedras redondas, y sin que permita movimiento de piedra, se adopta un valor  $b = 1.4$   
 $\Delta$         Densidad Relativa del material  $\Delta = \frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma}$   
 $\gamma_s$        Densidad de la roca  
 $\gamma$         Densidad del agua  
 $V$         Velocidad media, m/s  
 $g$         Aceleracion Gravedad : 9.81

$$f = \sqrt{1 - \frac{\text{sen}^2 \theta}{\text{sen}^2 \phi}}$$

$f$  = Factor de talud  
 $\theta$  = Angulo del Talud  
 $\phi$  = Angulo de Friccion Interna del material.

Método del U.S. Department of Transportation.

Donde:

$$d_{50}^1 = \frac{0.001V^3}{y^{0.5} K_1^{1.5}}$$

en sistema inglés

$$K_1 = \left[1 - \left(\frac{\text{sen}^2 \theta}{\text{sen}^2 \phi}\right)^{0.5}\right]$$

$$C = C_{sg} C_{sf}$$

$$C_{sg} = \frac{2.12}{(\gamma_s - 1)^{1.5}}$$

$$C_{sf} = \left(\frac{FS}{1.2}\right)^{1.5}$$

$$d_{50} = C d_{50}^1$$

$d_{50}$  : Diámetro medio de las rocas  
 $V$  : Velocidad media del flujo.  
 $y$  : Profundidad de flujo  
 $K_1$  : Factor de corrección  
 $\theta$  : Ángulo de inclinación del talud  
 $\phi$  : Ángulo de reposo del material del enrocado.  
 $C$  : Factor de corrección  
 $\gamma_s$  : Peso específico del material del enrocado  
 $FS$  : Factor de seguridad

TABLA N° 30: 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

### *Fórmulas para el Diseño de espigones enrocados*

Tipo	Características
Totalmente Sumergibles	Son los más efectivos, Causan mayores profundidades en los fenómenos de socavación local.

**1. DIMECIONAMIENTO**

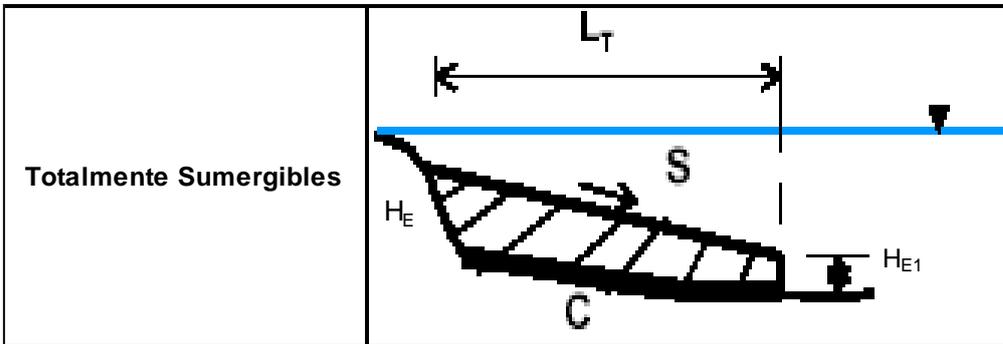
Longitud :  $L = L_A + L_T$

Longitud de Trabajo >>>>  $y < L_T < B/4$

Longitud de Anclaje >>>>  $L_A = 0.1$  a  $0.25 L_T$

Longitud de Espigon >>>>  $L = L_A + L_T$

**2. CALCULO DE LA ALTURA Y PENDIENTE:**



Pendiente de la Cresta : S

Altura de espigon  $H_E = y + BL \implies H_E = H_{E1}$  :

**3. Socavación en espigones : método de ARTOMONOV:**

$$S_T = P_\alpha * P_q * P_k * d_o$$

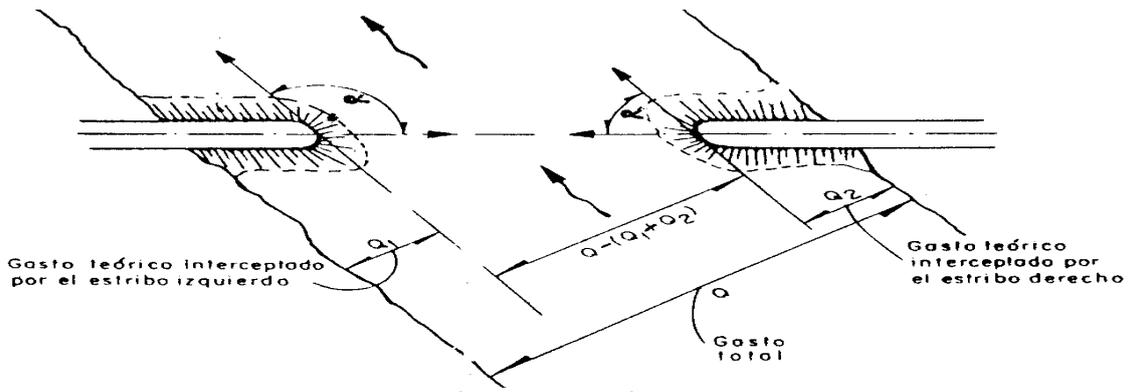
donde :

$S_T$  = Profundidad máxima de socavación

<b><math>P_\alpha</math> = Coeficiente que depende del ángulo del espigón</b>		
$\alpha$	$P_\alpha$	inclinación : <b>AGUA ABAJO</b> respecto al eje del dique enrocado :  $\alpha$ $P_\alpha$
30 °	0.84	
60 °	0.94	
90 °	1.00	
120 °	1.07	
150 °	1.19	

<b><math>P_q</math> = Coeficiente que depende de los gastos</b>		
$Q_1 / Q$	$P_q$	$Q_1$ = Gasto teórico a través del estribo $Q$ = Gasto total del río  $Q_1 / Q$ $P_q$
0.1	2.00	
0.2	2.65	
0.3	3.22	
0.4	3.45	
0.5	3.67	
0.6	3.87	
0.7	4.06	
0.9	4.20	

<b><math>P_k</math> = Coeficiente que depende del talud la ladera</b>		
k	$P_k$	$k = Z$  $P_k$
0	1.00	
0.5	0.91	
1	0.85	
1.5	0.83	
2	0.61	
3	0.50	



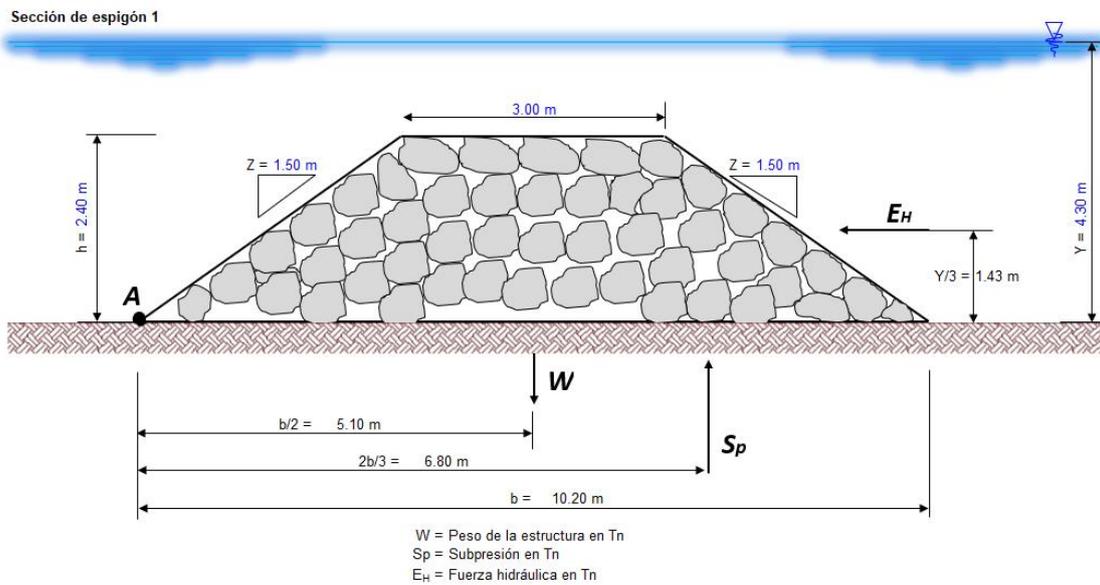
LA SOCAVACIÓN LOCAL SERÁ :

$$H_s = S_T - d_o$$

#### 4. SEPARACIÓN ENTRE ESPIGONES

$$S_p < C_o \text{ y } 1.33 / (2gn^2)$$

#### Estabilidad del espigón



Estabilidad al vuelco:

$$E_v = \frac{M_r}{M_v} > 1.30$$

Donde:

- $E_v$  = Estabilidad al vuelco
- $M_r$  = Momento Resistente
- $M_v$  = Momento Volcador

Estabilidad al deslizamiento:

$$E_d = \frac{\sum Vx \tan \phi}{\sum H} > 1.30$$

$\phi$  = Ángulo de fricción interna de la roca

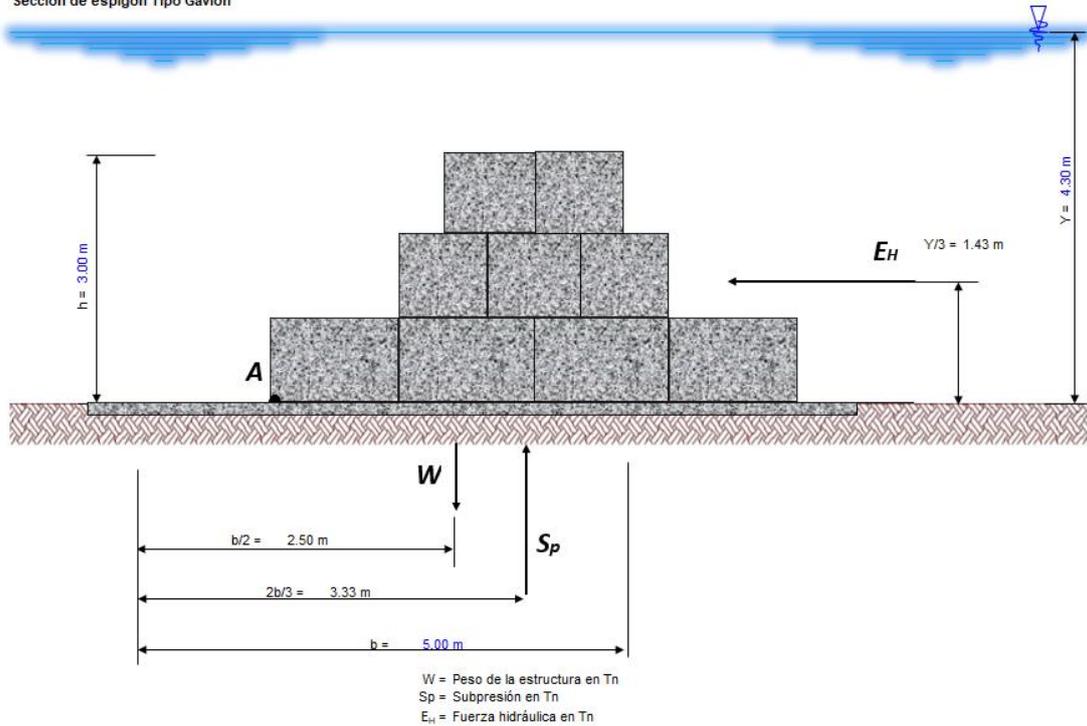
Capacidad de soporte del suelo:

$$\sigma = \frac{\sum V}{b} \left( 1 \pm \frac{6e}{b} \right)$$

$$e = \frac{Mr - Mv}{\sum V}$$

### Fórmulas para el Diseño de espigones de gaviones

Sección de espigón Tipo Gavión



Estabilidad al vuelco:

$$E_v = \frac{Mr}{Mv} > 1.30$$

Donde:

$E_v =$  Estabilidad al vuelco  
 $Mr =$  Momento Resistente  
 $Mv =$  Momento Volcador

Estabilidad al deslizamiento:

$$E_d = \frac{\sum Vx \tan \phi}{\sum H} > 1.30$$

$\phi =$  Ángulo de fricción interna de la roca

Capacidad de soporte del suelo:

$$\sigma = \frac{\sum V}{b} \left( 1 \pm \frac{6e}{b} \right)$$

$$e = \frac{Mr - Mv}{\sum V}$$

### Fórmulas para el Diseño de diques con protección de tetrápodos

Este diseño está basado en el libro de “Diseño de diques verticales” de Vicente Negro Vallecans y Ovidio Varela Carnero de Colegio de Ingenieros de caminos, canales y puertos. [61].

A continuación, se muestran las ecuaciones empleadas para el diseño:

#### Peso del elemento

$$V = \sqrt[3]{\frac{W}{\gamma_c}}$$

$$W = \gamma_c V$$

Donde:

W: Peso del elemento prefabricado, en Tn

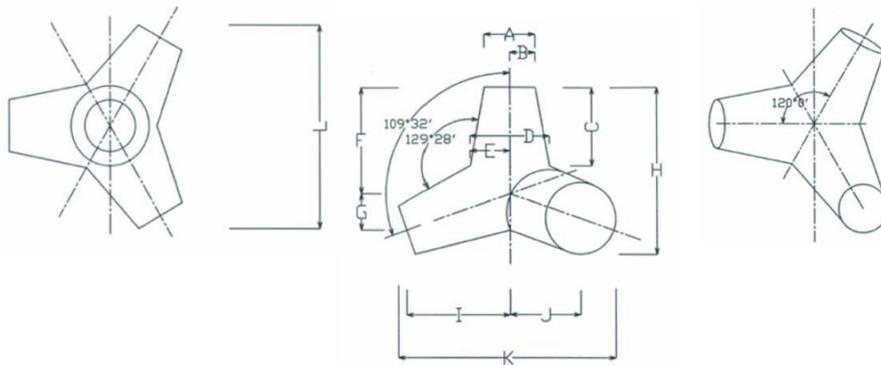
V: Volumen del elemento prefabricado, en m<sup>3</sup>

$\gamma_c$ : Peso específico de Concreto, en Tn/m<sup>3</sup>

H: Altura del Tetrápodo, en m



#### Dimensionamiento del Tetrápodo



A = 0.302 xH	G = 0.215 xH
B = 0.151 xH	I = 0.606 xH
C = 0.477 xH	J = 0.303 xH
D = 0.470 xH	K = 1.085 xH
E = 0.235 xH	L = 1.201 xH
F = 0.644 xH	

### Elementos de la Coraza

Para obtener el número de elementos requeridos para cubrir cierta área, se utilizará la siguiente expresión:

$$\frac{N_a}{a} = nk_{\Delta} \left(1 - \frac{p}{100}\right) \left(\frac{\gamma_c}{W}\right)^{2/3}$$

$N_a$ : Número de elementos por unidad de área

$A$ : Superficie de cálculo,  $m^2$

$n$ : Número de capas (bicapa)

$K_{\Delta}$ : Coeficiente de capa (para tetrápodos es igual a 1.04)

$P$ : Permeabilidad, en %

$\gamma_c$ : Peso específico del concreto, en  $Tn/m^3$

$W$ : Peso del elemento prefabricado, en  $Tn$ .

### Altura de ola

Con las características del tetrápodo se puede calcular hasta que tamaño de ola puede resistir respecto a su impacto.

$$W = \frac{1}{K_D \cot(\theta)} \frac{H^3 \gamma_c}{\left(\frac{\gamma_c}{\gamma_w} - 1\right)^3}$$

$W$ : Peso del elemento prefabricado, en  $Tn$ .

$\gamma_c$ : Peso específico del concreto, en  $Tn/m^3$

$K_D$ : Constante de estabilidad de Hudson.

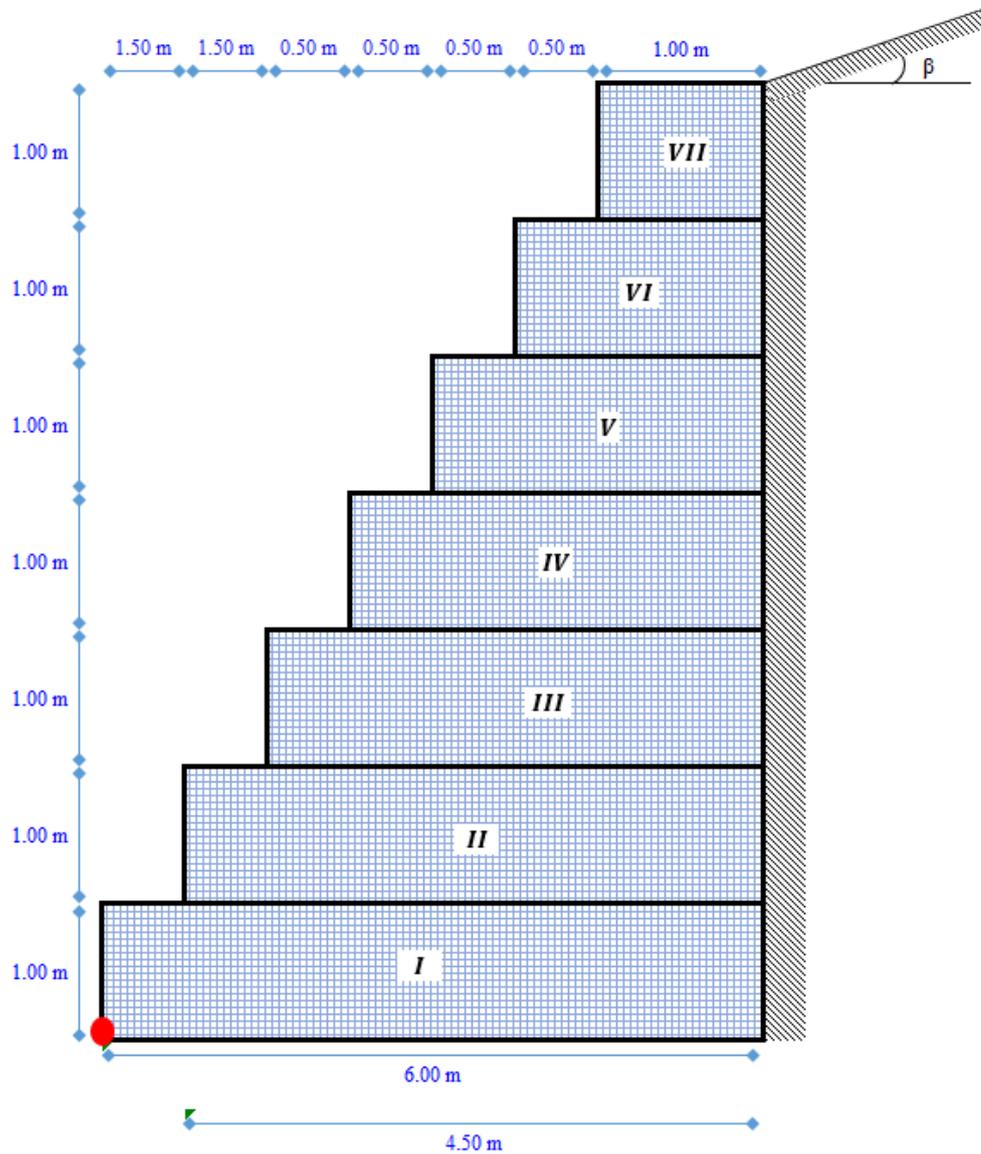
$\cot(\theta)$ : Talud, en  $m/m$ .

$H$ : Altura de ola incidente, en  $m$ .

$\gamma_w$ : Peso específico del agua, en  $Tn/m^3$

### ***Fórmulas para el Diseño de gaviones***

El diseño se ha realizado en función a su geometría, verificando principalmente la estabilidad.



**VERIFICACIÓN POR DESLIZAMIENTO:**

FSD = 1.50

$$\frac{f * P}{E_A} \geq FSD \quad ; \quad \text{donde:} \quad f = \text{tg} \phi \leq 0.60$$

$$f = 0.577$$

**VERIFICACIÓN POR VOLTEO:**

FSD = 2.00

$$\frac{M_r}{M_A} \geq FSV$$

## VERIFICACIÓN DE PRESIONES SOBRE EL TERRENO:

*Punto de aplicación de la fuerza resultante:*

$$X_0 = \frac{M_r - M_A}{P} = 2.92 \text{ m}$$

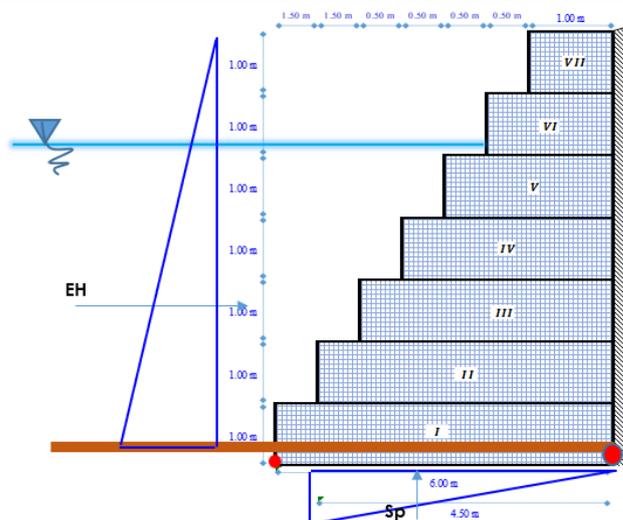
*Excentricidad de la fuerza resultante:*

$$e = \frac{B}{2} - X_0 \quad e = 0.0784 \text{ m}$$

*Verificamos las presiones de contacto entre el suelo y el muro:*

$$\sigma = \frac{P}{B} \left[ 1 \pm \frac{6 * e}{B} \right]$$

## VERIFICACIÓN DE LA SUBPRESIÓN ACTUANTE



**Fuerza del agua**

$$EH = \frac{1}{2} (\gamma a) (Y)^2$$

**Fuerza de Subpresión**

$$Sp = \frac{1}{2} (\gamma a) (Yxb)$$

**Estabilidad al vuelco por subpresión**

$$Ev = \frac{Mr}{Mv} > 1.30$$

**Cálculo del Mv:**

$$Mv = EH \left( \frac{Y}{3} \right) + Sp \left( \frac{2b}{3} \right)$$

Donde:

Ev = Estabilidad al vuelco  
Mr = Momento Resistente  
Mv = Momento Volcador

$$Mv = 43.8973 \text{ Tnf}$$

### **3.8.10. Evaluación de impacto ambiental**

#### **3.8.10.1. Objetivo general del EIA**

##### **a) Objetivo General:**

- El objetivo general de la Evaluación de Impacto Ambiental del proyecto “Análisis y diseño de defensas ribereñas para el control de desbordes y socavación en el cauce del río Motupe para el tramo comprendido entre el centro poblado Cahuide y Pampa de Lino del distrito de Jayanca, Lambayeque, 2019” es identificar, evaluar e interpretar las interacciones de las actividades del proyecto de manera oportuna con el entorno ambiental existente, en sus etapas de construcción y funcionamiento, a fin de proponer las medidas de mitigación de los impactos ambientales de acuerdo al marco de la legislación ambiental vigente; y en el caso de impactos positivos, reforzar los beneficios generados por la ejecución del proyecto.

##### **b) Objetivos específicos:**

- Identificar impactos ambientales presentes en el estado actual en el medio donde se desarrollará el proyecto.
- Describir las características del medio del ámbito de influencia del proyecto.
- Determinar impactos ambientales positivos y negativos que se pueden generar en las distintas etapas del desarrollo del proyecto.
- Plantear las medidas preventivas, de mitigación y correctivas de dichos impactos generados en el proyecto con el fin de mantener las condiciones ecológicas a las encontradas antes de la ejecución del proyecto y fortalecerlas.

#### **3.8.10.2. Marco Legal e Institucional**

Este estudio se desarrolló teniendo en cuenta las normas legales de protección ambiental vigentes en el país. A continuación, se muestra un breve análisis del marco legal referido a la evaluación de impacto ambiental.

##### **A. Marco Legal**

**Constitución Política del Perú (1993):** Es la más alta norma legal de nuestro país, que resalta como derechos de las personas; al derecho a gozar en un ambiente adecuado y equilibrado para la vida humana. El marco referente a la política ambiental se rige por el Art. 67, en el cual promueve la explotación sostenible de sus recursos.

En estas leyes se menciona que el estado tiene el deber y obligación de proteger al ciudadano y a la sociedad, en el que rescato el derecho que tiene la persona de gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de la vida (Art. 2, numeral 22).

Establece que los recursos naturales son patrimonio del estado, siendo este responsable de su aprovechamiento (Art. 66), asimismo, el estado determina el uso correcto de estos recursos (Art. 66), siendo este el mismo obligado a conservar la diversidad biológica y las áreas naturales de todo el país (Art. 66).

### **Normas del Medio Ambiente y recursos naturales**

**Ley de recursos hídricos (Ley 29338):** Reguladora del uso y gestión de los recursos del agua.

**Código del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales (D.L. N° 613):** Establece que todos los proyectos deban tener su EIA, con la finalidad de preservar los procesos ecológicos.

**Ley Orgánica para el Aprovechamiento Sostenible de los Recursos Naturales (Ley N° 26821):** se encarga de la regulación de los recursos naturales, estableciendo un equilibrio de aprovechamiento entre lo económico, conservación de recursos y desarrollo de la persona.

**Ley de la conservación de la diversidad biológica (Ley N° 26839):** plantea consideraciones para las áreas naturales protegidas.

**Ley Forestal y de Fauna silvestre (Ley N° 27308):** se refiere a la conservación de los recursos forestales y a la fauna del país.

### **Normas sobre Evaluaciones Ambientales**

Ley del sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental (Ley N° 27446).

Ley Marco del sistema Nacional de Gestión Ambiental (Ley N° 28245).

Ley General del Ambiente (Ley N° 29263).

Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental Ley N° 27446, publicado el 23 de abril de 2001 (Modificada por Resolución Directoral N° 632/INC, de fecha 31 de mayo de 2007).

## **Normas sobre salud**

Ley general de la salud (Ley N° 26842): para garantizar la sanidad de la persona durante los distintos trabajos en el proyecto.

Ley General de Residuos sólidos (Ley N° 27314): el proyecto generará un excedente procedente de la etapa constructiva, un manejo adecuado de estos residuos generará un bienestar para los pobladores, por lo que es vital identificar un lugar para el depósito del material.

Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del aire: norma propuesta para controlar la contaminación del aire por la propagación de material particulado en la etapa constructiva del proyecto.

Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para ruido: proteger contra la contaminación sonora por el uso de maquinarias pesadas en la etapa de construcción

Las Normas Básicas de Seguridad e Higiene: finalidad es prevenir riesgos ocupacionales de trabajadores de construcción civil.

## **B. Marco Institucional**

Son los principales entes en los que se desenvuelve el proyecto, pueden ser públicos o privados los cuales participan en las decisiones de conservación del ambiente.

**Instituto Nacional de Defensa Civil:** las funciones de INDECI de interés para el proyecto son: coordinar y supervisar el planeamiento y la ejecución de la defensa Civil y brindar atención en caso de desastres a la población.

**Gobierno Regional de Lambayeque:** este proyecto es parte del afianzamiento del potencial agrícola, que provocará un mayor desarrollo en cuanto a cultivos. Es probable que en etapa constructiva se generen accidentes que afecten a los habitantes de la zona o al ambiente, por lo tanto, se tomarán medidas en coordinación con la región.

**Gobiernos locales:** con la función de aprobar y ejecutar los planes en políticas ambientales, proponer áreas de conservación ambiental.

**Autoridad local del agua:** son autoridades locales para el uso de agua, están compuestas por juntas de usuarios que a su vez se dividen en comisión de regantes que son los integrantes directos del recurso hídrico.

### 3.8.10.3. Descripción y análisis del proyecto

<b>Nombre del proyecto:</b>	<b>Análisis y diseño de defensas ribereñas para el control de desbordes y socavación en el cauce del río Motupe para el tramo comprendido entre el centro poblado Cahuide y Pampa de Lino del distrito de Jayanca, Lambayeque, 2019.</b>
<b>Tramos protegidos:</b>	<p>En zona de <b>Pampa de Lino</b>, Dique longitudinal en ambas márgenes de 950 m con material de relleno propio del cauce protegido con enrocado con un diámetro medio de 0.60 m y con una altura de 5 m más una cimentación de 2 m, con una cama de apoyo de grava con diámetros de 5 a 10 cm y un filtro de geotextil que servirá como protección contra la infiltración.</p> <p>En zona de <b>Abrojal</b>, Dique longitudinal en la margen izquierda de 750 m, proyectado con un radio curvatura de 345 m, con material de relleno propio del cauce con enrocado con un diámetro medio de 0.60 m y con una altura de 5 m más una cimentación de 2 m, con una cama de apoyo de grava con diámetros de 5 a 10 cm y un filtro de geotextil que servirá como protección contra la infiltración. Adicionalmente, 4 espigones con ángulo de inclinación en planta de 60° respecto al eje del cauce con una altura de 2.4 m de altura y cuna cimentación de 1.5 m compuesto por roca con diámetro medio de 0.6 m, longitud del primer espigón de 70 m, longitud de 2do a 4to espigón de 100 m.</p> <p>En zona de <b>C.P. Cahuide</b>, Protección con gaviones de 750 m de longitud en la margen izquierda de 7 m de altura, con una cama de apoyo de grava con diámetros de 5 a 10 cm y un filtro de geotextil que servirá como protección contra la infiltración.</p>
<b>Monto estimado de inversión:</b>	S/ 8,919,754.04 (costo directo)
<b>Ubicación:</b>	6°22'3.77" S y 79°48'10.64" O aguas arriba. 6°22'7.43" S y 79°50'17.98" O aguas abajo.
<b>Altitud promedio:</b>	67.00 m.s.n.m.
<b>Localidad:</b>	Jayanca.
<b>Distrito:</b>	Jayanca.
<b>Provincia:</b>	Lambayeque.
<b>Departamento:</b>	Lambayeque.
<b>Límites del proyecto:</b>	<p>Por el Norte : Con los distritos de Salas y Motupe</p> <p>Por el Sur : Con los distritos de Pacora y Pítipo</p> <p>Por el Este : Con los distritos de Incahuasi y Pítipo</p> <p>Por el Oeste : Con el distrito de Olmos</p>

Figura N° 93. Esquema de ubicación de la zona de estudio.

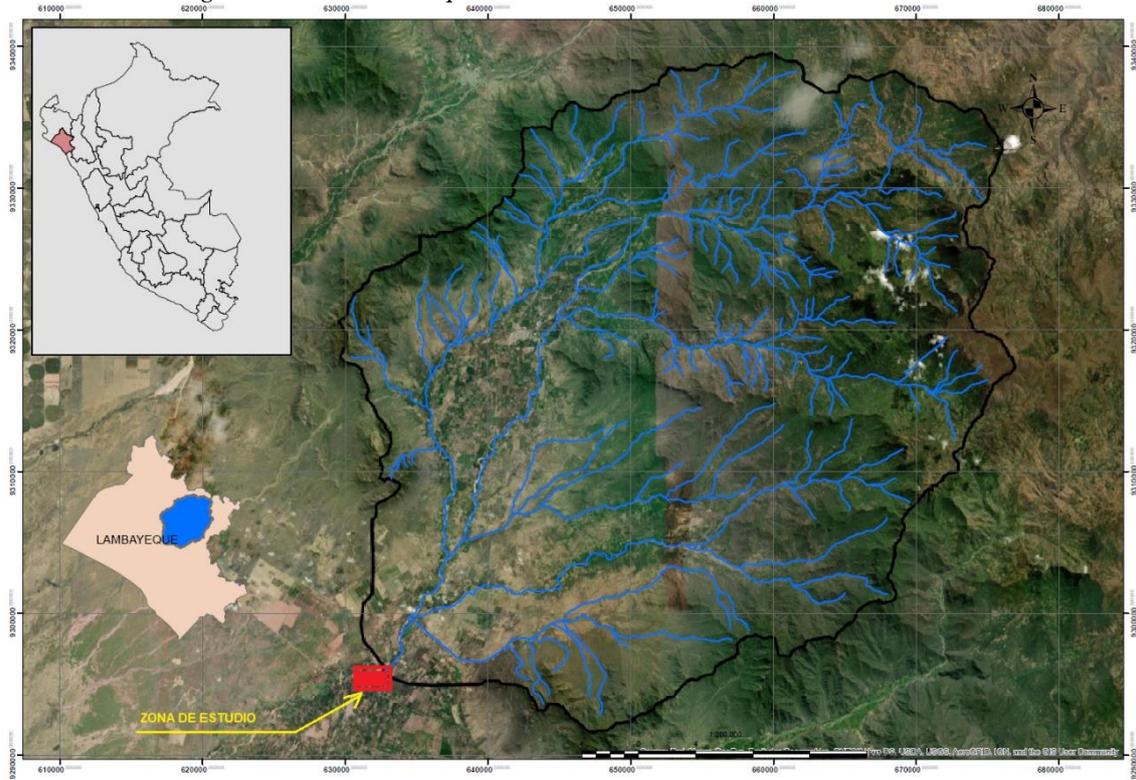


Figura N° 94. Área de estudio



Figura N° 95. Tramos a proteger

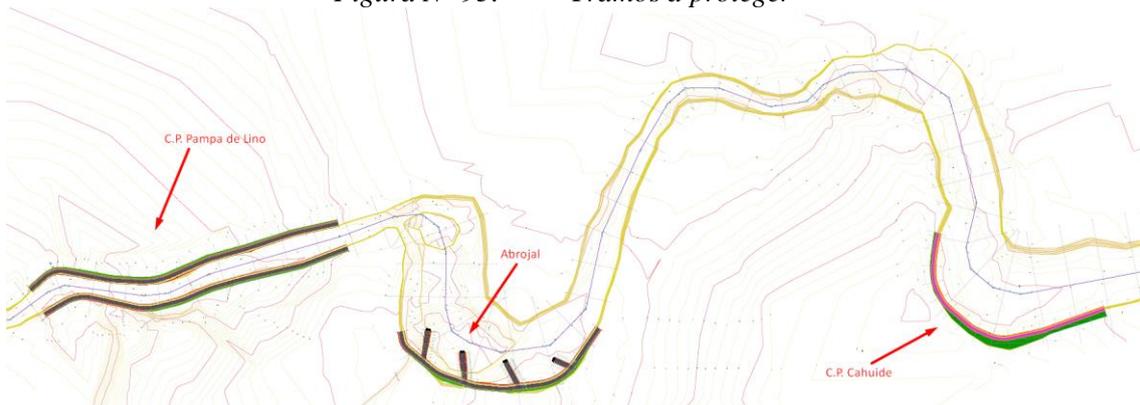


Tabla 17: Vías de acceso a la zona del proyecto.

Ruta	Vías de comunicación	Tipos de Vías	Distancia
<b>Chiclayo-Jayanca</b>	Autopista - Panamericana	Asfaltada	48.70 km
<b>Jayanca-C.P. Cahuide</b>	Autopista - Panamericana	Asfaltada	3.00 km
		Trocha	0.90 km
<b>Jayanca-Abrojal</b>	Jayanca-Pampa de Lino	Asfaltada	2.80 km
<b>Jayanca-Dique</b>	Jayanca-Pampa de Lino	Asfaltada	2.60 km
		Trocha	1.00 km
<b>Jayanca-Puente peatonal Pampa de Lino</b>	Jayanca-Pampa de Lino	Asfaltada	4.50 km

Fuente: elaboración propia.

Figura N° 96. Vías de comunicación a la zona del proyecto, Chiclayo-Jayanca.

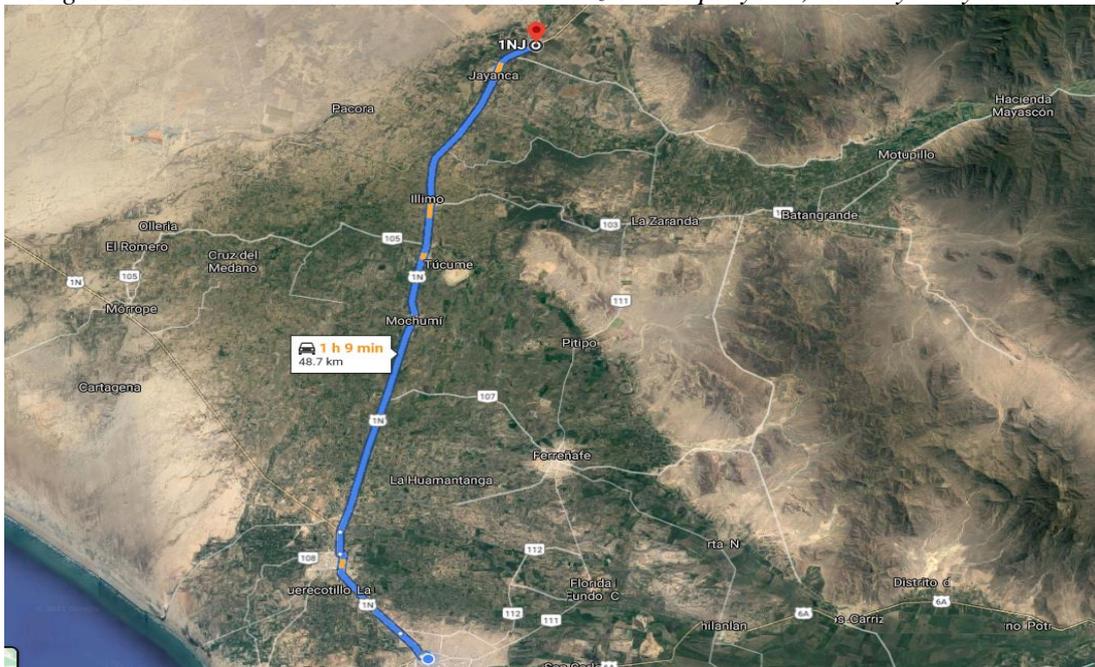


Figura N° 97. Vías de comunicación a la zona del proyecto, Jayanca-C.P. Cahuide.

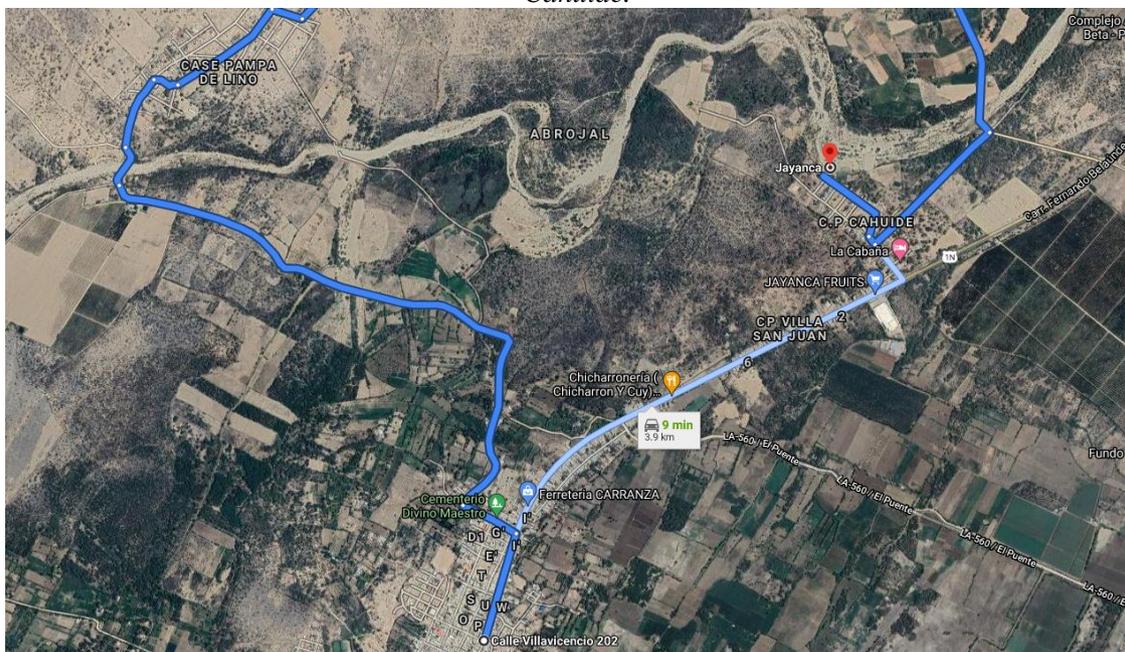


Figura N° 98. Vías de comunicación a la zona del proyecto, Jayanca-Abrojal.

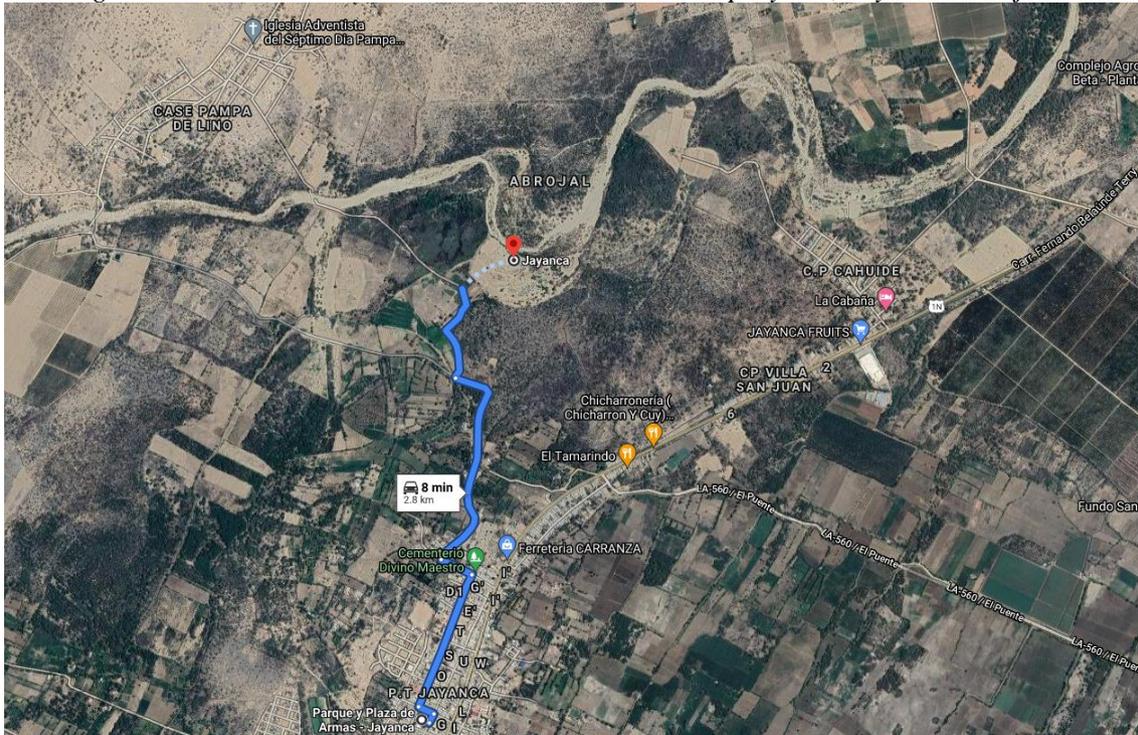


Figura N° 99. Vías de comunicación a la zona del proyecto, Jayanca-Dique.

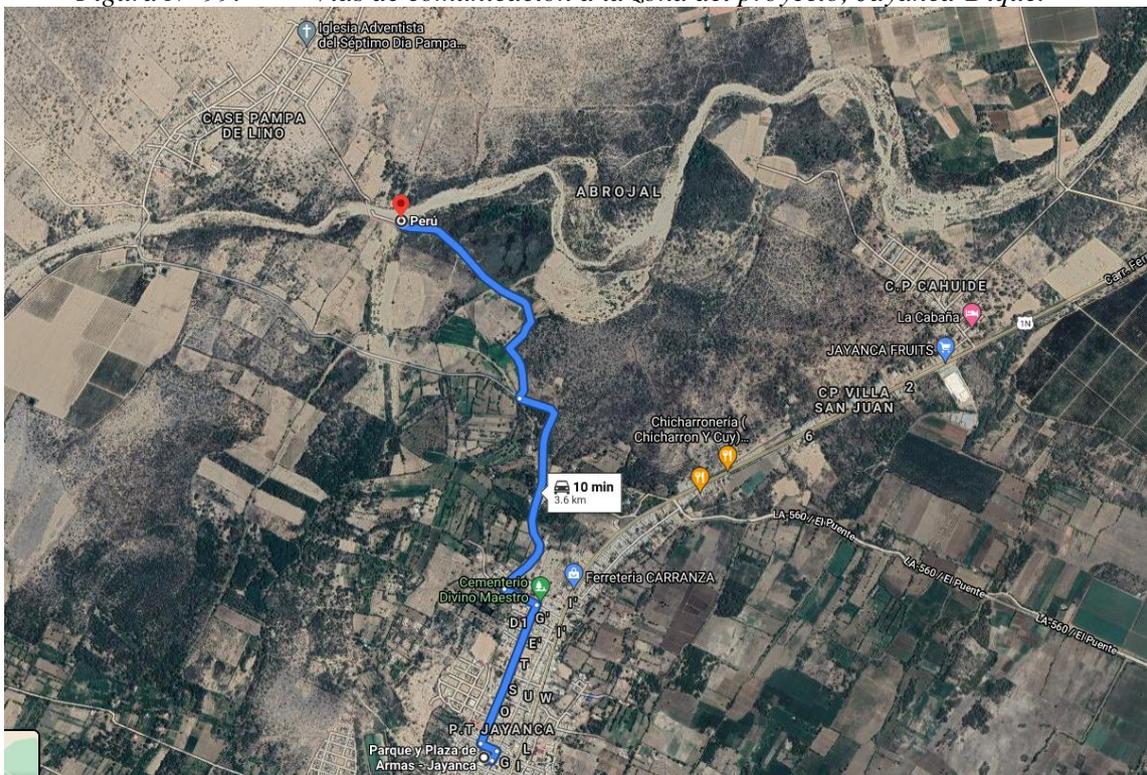
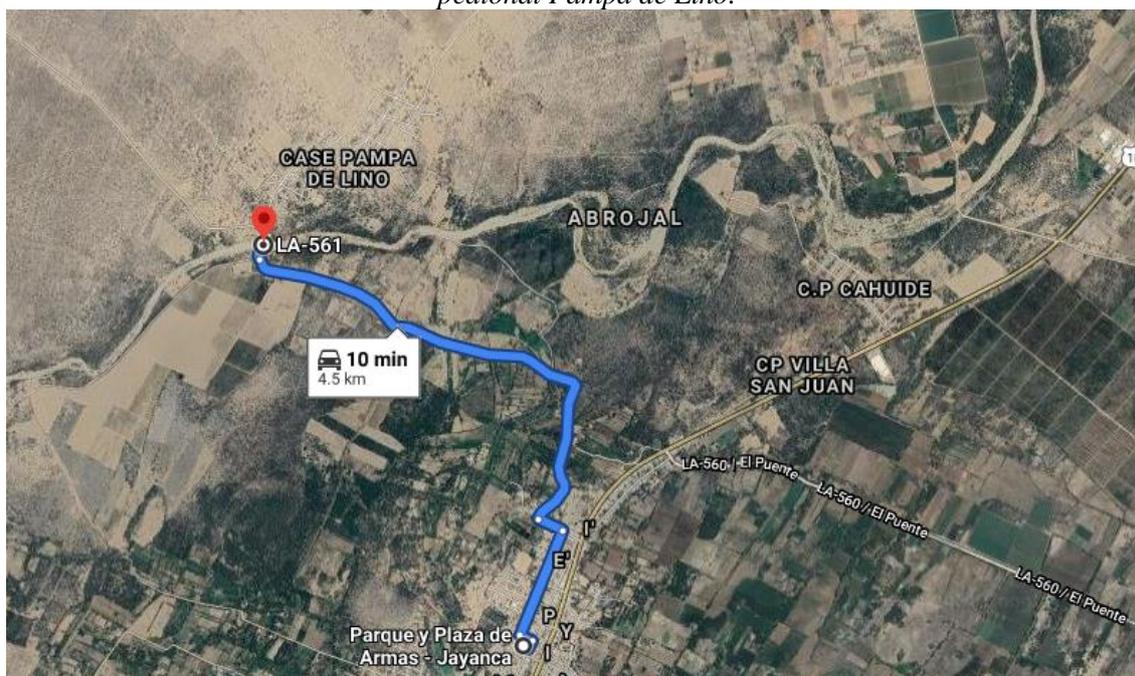


Figura N° 100. Vías de comunicación a la zona del proyecto, Jayanca-Puente peatonal Pampa de Lino.



#### Canteras, fuentes de aguas y depósitos de materiales excedentes:

**Canteras:** los materiales de roca para gavión se usarán de la cantera Desmotadora ubicada en el río de la ciudad de Motupe, a 27 km de distancia de la zona del proyecto. Los materiales para enrocado se usarán de la cantera de río ubicado en el C.P. Pampa Vernilla ubicada a 50 km de la zona de proyecto.

**Fuentes de agua:** el agua usada en el proyecto será del mismo río Motupe, pero extraída a una distancia de 15 km de la zona del proyecto.

**Depósito de material excedente:** el sobrante de las excavaciones de movimiento de tierras de las defensas y de la descolmatación se han previsto ubicarlas en las tierras de los laterales de la faja marginal del río de la zona en estudio.

**Beneficiarios:** Los beneficiarios de las áreas afectadas por el problema poseen un total de 333.47 Hec de terrenos agrícolas usados por 135 personas y 956 habitantes los cuales pertenecen a los centros poblados de Cahuide y Pampa de Lino. Ver en anexo 10.1.

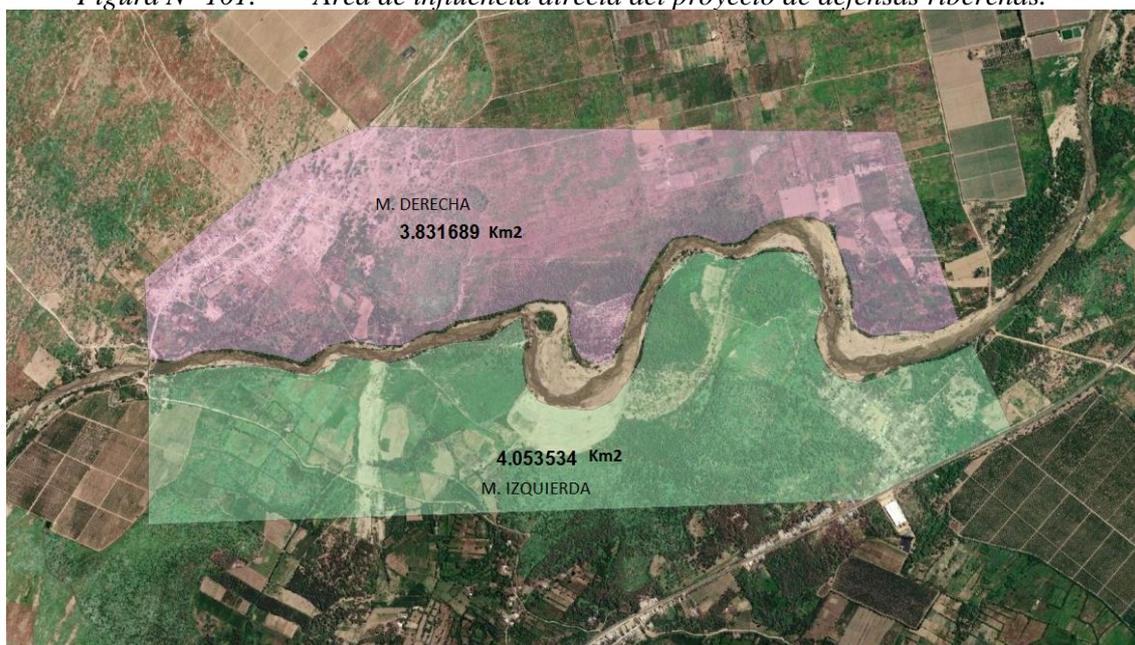
#### 3.8.10.4. Área de influencia del proyecto

Se delimitó la zona donde se requieren calcular las características del ambiente que lo conforma, necesaria para determinar la zona donde se presentará la mayor parte de los impactos.

### Área de influencia directa

Dado el carácter lineal del proyecto (dirección del dique y gaviones) el área de influencia directa está relacionado directamente a las zonas donde están protegiendo las defensas ribereñas. En función a esa colocación de las obras de protección se ha proyectado un área con un total de 7.88 km<sup>2</sup>, destinándose a todo el C.P. Cahuide, a todo el C.P. Pampa de Lino y a la zona de la margen Izquierda y derecha de Abrojal, por el antiguo cauce del río Motupe.

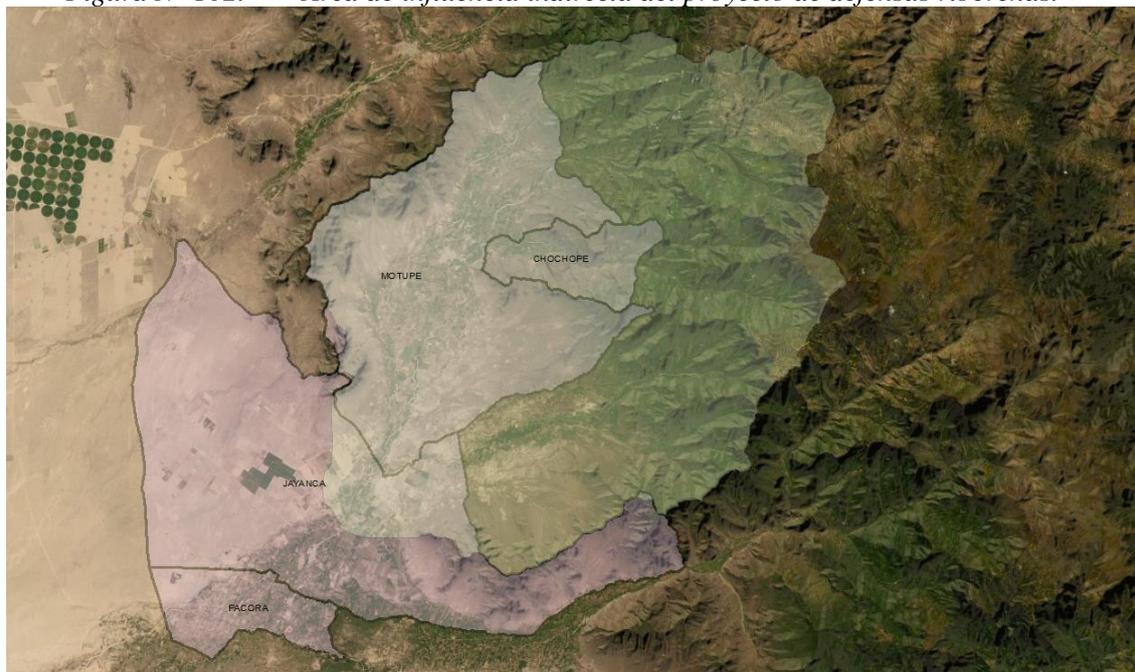
*Figura N° 101. Área de influencia directa del proyecto de defensas ribereñas.*



### Área de influencia indirecta

Zona ubicada fuera del área de influencia directa, se espera que ocurra impactos positivos, es decir estos trascienden a la zona del proyecto, la delimitación inclusive abarca a más de la zona de ubicación de canteras, podría decirse que abarca todo el ámbito distrital y zonas aledañas al distrito, adicionalmente corresponde a toda la cuenca aportante a la zona del proyecto.

Figura N° 102. Área de influencia indirecta del proyecto de defensas ribereñas.



### 3.8.10.5. Línea de base ambiental

#### a. Línea base física

#### Características Climatológicas:

**Temperatura:** la temperatura máxima se presenta en meses de febrero a abril, siendo los lugares con mayor temperatura: Jayanca, Olmos y Motupe. De la misma manera, la temperatura mínima se presenta desde mayo a agosto; siendo la zona con menor presencia de Incahuasi.

Tabla 18: Variables climáticas de algunas regiones de la zona de estudio.

Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Prom
Temperatura (°C) promedio mensual multianual													
El Espinal	24.7	25.1	25.01	24.31	22.84	21.22	20.66	20.8	21.25	21.64	22.26	23.64	22.79
El Limón	25.4	25.27	25.36	25.42	25.45	25.16	24.94	25.73	26.33	26.29	26.32	25.86	25.63
Ferreñafe	25.15	26.28	26.15	24.64	22.76	21.17	20.09	19.99	20.42	20.93	21.71	23.35	22.72
Granja Militar Sasape	24.94	26.09	25.82	24.42	22.34	20.54	19.05	19.44	20	20.52	21.16	23.03	22.28
Incahuasi	10.84	11.03	11.31	11.57	11.58	11.25	11.03	11.37	11.67	11.63	11.28	11.32	11.32
Jayanca (La Viña)	26.16	27.18	27.13	25.83	23.78	21.9	20.72	21	21.77	22.37	22.94	24.57	23.78
Lambayeque	24.28	25.52	25.25	23.74	22.1	20.61	19.47	19.13	19.37	19.85	20.7	22.32	21.86
Llama	15.48	15.42	15.73	15.87	16.3	16.96	17.37	17.35	16.98	16.2	15.71	15.6	16.25
Lobos de Afuera	21.53	23.14	23.17	21.7	20.29	18.85	18.67	17.65	17.44	17.78	18.85	20.28	19.95
Morrope	24.25	26.14	26	24.44	22.64	20.49	19.23	19.27	19.63	20.19	20.91	22.55	22.14
Motupe	26.19	27.05	27.01	25.94	24.13	22.2	21.2	21.36	22.25	22.78	23.32	24.76	24.02
Olmos	26.66	27.22	27.28	26.23	24.74	22.87	21.9	22.22	22.89	23.54	24.03	25.34	24.58
Pimentel	21.73	23.24	23.14	22.15	21.3	20.56	19.53	19.12	18.41	18.46	19.26	20.37	20.61
Pucallá	25.21	26.19	26.07	24.97	23.23	21.42	20.38	20.3	20.8	21.51	22	23.66	22.98
Puchaca	24.38	24.9	24.84	23.95	22.3	20.93	20.46	20.31	20.78	21	21.58	23.15	22.38



Fuente: ANA, 2020.

**Precipitación:** Las precipitaciones en el área de estudio son escasas, registrando hasta precipitaciones máximas en 24h de 1mm. Pero hay eventos en donde las intensidades de las lluvias pueden variar, tal es el caso de los meses donde se desarrolla el Fenómeno del Niño, en donde se registra registros de precipitaciones muy elevadas las cuales generan desastres naturales.

*Tabla 19: Ubicación geográfica de las estaciones meteorológicas representativas de la zona de estudio.*

Estación	Ubicación Geográfica			Ubicación Política			Fuente
	Latitud	Longitud	Altitud	Dpto.	Prov.	Distr.	
Cueva Blanca	6°7'52.68" S	79°24'16.2" W	3300	Lambayeque	Lambayeque	Incahuasi	Senamhi
Jayanca	6°19'53.73" S	79°46'7.29" W	78	Lambayeque	Lambayeque	Jayanca	Senamhi
Olmos	5°50'13.7" S	79°49'8.8" W	120	Lambayeque	Lambayeque	Olmos	Ana
Puchaca	6°22'25" S	79°28'10.25" W	336	Lambayeque	Lambayeque	Incahuasi	Senamhi

*Tabla 20: Longitud de registros históricos de Precipitaciones Máximas en 24 horas de estaciones representativas en la zona de estudio.*

Año	Cueva Blanca (1)	Jayanca (2)	Olmos (3)	Puchaca (4)
1998	32.00	96.30	176.10	150.20
1999	33.90	58.80	52.10	70.30
2000	28.60	12.40	69.80	55.60
2001	34.60	41.60	45.40	128.30
2002	41.80	52.10	111.80	74.70
2003	28.80	31.20	26.20	40.30
2004	31.50	8.20	5.70	73.50
2005	31.20	9.40	3.40	41.50
2006	50.40	45.10	88.60	77.40
2007	39.40	3.00	26.20	10.80
2008	51.70	52.20	5.70	45.80
2009	51.80	18.00	3.40	55.20
2010	74.10	57.40	88.60	38.20
2011	41.10	9.10	47.40	20.60
2012	32.90	68.00	49.00	60.40
2013	40.20	9.80	6.90	30.90
2014	45.40	5.60	6.50	14.20
2015	33.60	38.30	6.90	50.20
2016	37.10	11.50	26.60	22.40
2017	35.20	122.40	139.00	148.10
2018	35.10	5.10	22.20	11.30
2019	50.70	70.50	57.80	23.70
2020	41.30	3.20	8.30	6.40

Fuente: SENAMHI, ANA.

**Velocidad y dirección del viento:** estaciones meteorológicas, con registros originales de datos mensuales para el periodo de 1998 a 2020, se tiene una velocidad de viento promedio mensual que varía entre 0,71 m/s (marzo) y 1,32 m/s (setiembre), con una velocidad promedio anual de 1,05 m/s.

### Características hidrológicas:

A nivel regional el área del proyecto está dentro de la cuenca del río Motupe.

El ciclo hidrológico, dentro de la cuenca del río Motupe, está definido por dos estaciones hidrológicas bien diferenciadas: la de intensas precipitaciones que ocurren entre los meses de febrero a mayo y la de menor intensidad entre meses de julio a octubre. En esta tesis se realizó el análisis de precipitaciones con diversas estaciones meteorológicas descritas anteriormente que ha permitido obtener los caudales para distintos periodos de retorno, cuyos datos se presentan a continuación:

*Tabla 21: Resultados de Caudales Máximos a diferentes periodos de retorno.*

Periodo de Retorno	Q (m <sup>3</sup> /s)
T = 5	218.30
T = 10	406.50
T = 15	565.10
<b>T = 20</b>	<b>703.90</b>
T = 50	1329.70
T = 100	2045.80

Fuente: Elaboración propia.

### Características geomorfológicas:

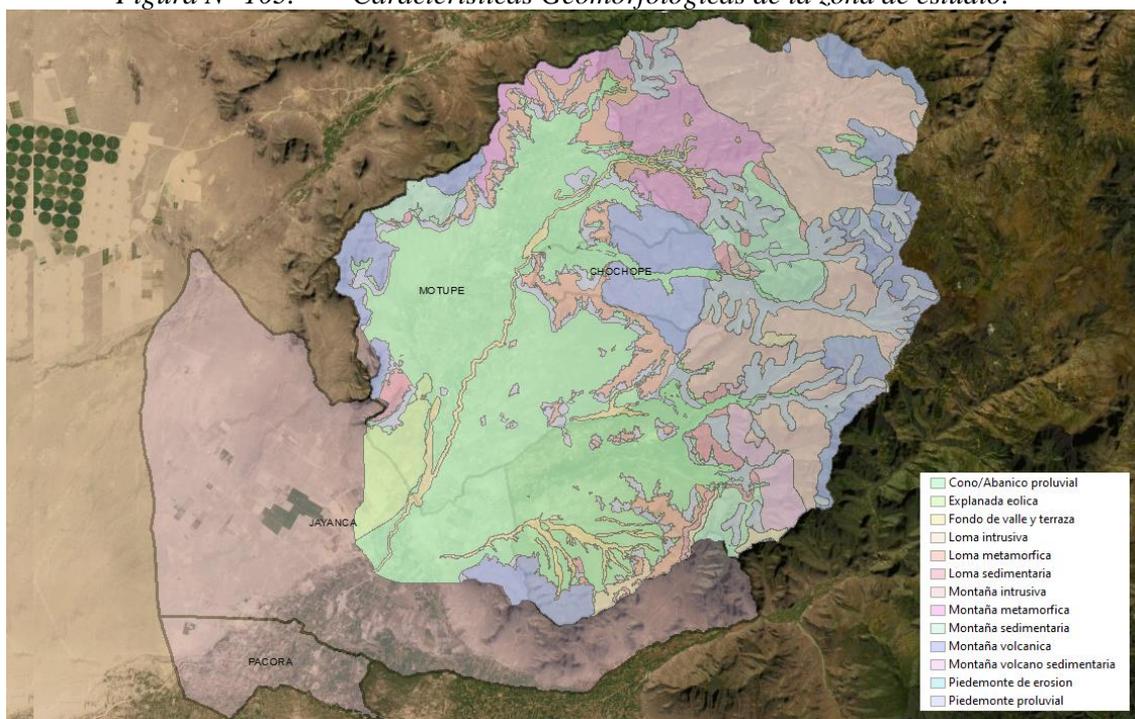
Geomorfológicamente la zona de presenta 13 tipos de relieves como se muestra en la Figura y cuyas variaciones se nombran a continuación:

- Cono/abanico proluvial
- Explanada eólica
- Fondo de valle y terraza
- Loma intrusiva
- Loma metamórfica
- Loma sedimentaria
- Montaña intrusiva
- Montaña metamórfica
- Montaña sedimentaria
- Montaña volcánica
- Montaña volcano sedimentaria
- Piedemonte de erosión
- Piedemonte proluvial

- **Cono/abanico proluvial:** para [57] son conos y abanicos con ligera pendiente hacia el valle, desde suave ( $2^\circ$ ) hasta moderadas ( $10^\circ$ - $15^\circ$ ), formados por acumulaciones en la desembocadura de quebradas o río tributarios. Están compuestos por depósitos de detritos clásticos de tamaños variados.
- **Explanada eólica:** según [58] esta geoforma se ha formado por la acumulación de arenas presentes en toda la planicie, están presentes por muchos kilómetros, formando parte del desierto costero.
- **Fondo de valle y terraza:** para [58], han sido originados por cursos de agua que han formado y sedimentado materiales gruesos y finos. El material grueso es transportado por la corriente a lo largo de su cauce tiempos de avenidas, en los costados de las riberas, arena fina, limo y arcillas por cuya acumulación se forman las terrazas.
- **Loma intrusiva:** para [58], corresponden a afloramientos rocosos subredondeadas, pendientes suaves ( $10^\circ$  a  $20^\circ$ ) y variaciones de altura de hasta 300 m producto de procesos de erosión diferencial.
- **Loma metamórfica:** para [58], contiene afloramientos metamórficos de hasta 300 m de variación con inclinaciones entre ( $20^\circ$  a  $40^\circ$ ) y suaves ondulaciones. Se pueden observar a lo largo de la cordillera occidental, en ambos lados de la carretera **Motupe-Olmos**, cubiertos por vegetación arbustiva estacional e incluso árboles forestales.
- **Loma sedimentaria:** para [58], se conforma por afloramientos de rocas sedimentarias en cerros separados con alturas de entre 100 y 300 m; la erosión sobre estas genera líneas de cumbres redondeadas muy suaves. Éstas se ubican entre las zonas de Túcume y la Zaranda conformando relieves suaves y poco elevados de pendiente media de  $20^\circ$  a  $40^\circ$ .
- **Montaña intrusiva:** para [58], formada por laderas y crestas de topografía abrupta. Estas montañas son interceptadas por ríos y quebradas formando valles. Estas crestas montañosas van desde los 900 a 3600 msnm.
- **Montaña metamórfica:** para [58], presencia de rocas metamórficas de topografía agreste, con laderas de pendientes fuertes sin presencia de vegetación. Presencia entre la zona de Olmos-La Pilca y la zona de Colaya en Motupe. Zona donde se buscó la cantera para enrocado.
- **Montaña sedimentaria:** para [58], existe presencia de afloramiento de rocas que incluyen farallones y barrancos. La forma de identificarlos es mediante la de erosión de laderas, pueden distinguirse en las cuencas altas de los ríos Olmos, Motupe y La Leche.
- **Montaña volcánica:** para [58], es generada por actividad volcánica intensa que dio la generación de laderas con pendiente entre  $40^\circ$  a  $60^\circ$ . Se observa este tipo de geoforma en la zona de Incahuasi, Cañaris, Laquipampa y parte media a alta de la cuenca del río Motupe, en el sector de Botijilla (distrito de Salas), actualmente hay presencia de terreno de cultivo en extensas superficies encañonadas.

- **Montaña volcano sedimentaria:** para [58], son rocas presentes en la superficie fracturadas, las cuales forman parte de la cordillera montañosa occidental, en las zonas de Pítipo, Incahuasi, Chongoyape y Oyotún.
- **Piedemonte de erosión:** para [58], material acumulado en parte intermedia de las montañas con pendientes bajas, está asociada debido al transporte debido a la presencia de lluvia.
- **Piedemonte proluvial:** para [58], material acumulado en parte baja de las montañas con pendientes bajas, está asociada debido al transporte debido a la presencia de lluvia. Se observan en las faldas de las cordilleras y cumbres de las cuencas altas del río Olmos, Motupe, La Leche, Saña y Reque”.

Figura N° 103. Características Geomorfológicas de la zona de estudio.



Fuente: Elaboración propia

## b. Línea base biológica

### Flora

Existe una importante riqueza florística y cuya variación obedece a los diferentes estratos de suelos presentes en la zona de estudio. Se presenta a continuación algunas de las más importantes especies según el estudio de Biodiversidad para Lambayeque. [62].

NOMBRE CIENTIFICO	ENDEMISMO	FAMILIA	HABITO	DISTRIBUCIÓN	ORIGEN	NOMBRE VULGAR	ESTADO DE CONSERVACIÓN
Baccharis glutinosa Pers.		Asteraceae	Arbusto	Costa 500 0-	América	Chilco hembra	Vulnerable
Baccharis salicifolia (R. et P.) Pers.		Asteraceae	Arbusto	Costa-Sierra 1000 0-	América	Chilco hembra	Vulnerable
Pluchea chingoyo (H.B.K.) DC		Asteraceae	Hierba	Costa 500 0-	América	Satugo	Vulnerable
Batis maritima L.		Batidaceae	Arbusto	Costa 500 0-	América	Leja	Vulnerable
Tichilla paranichioides (Philippi) A. Richard.	Endémica nacional	Boraginaceae	Hierba	Costa 500 0-	Perú	Flor de arena	Vulnerable
Heliotropium curassavicum L.		Boraginaceae	Hierba	Costa 1000 0-	América	Cola de alacrán	Vulnerable
Capparis scabrida H.B.K.		Capparaceae	Arbusto o árbol	Costa-Sierra 0-1000	América	Sapote	Vulnerable
Capparis avicemifolia H.B.K.		Capparaceae	Arbusto	Costa-Sierra 0-1000	América	Vichayo	Vulnerable
Maytenus octogona (L'Heritier) DC		Celastraceae	Arbusto	Costa 500 0-	América	Realengo	Vulnerable
Prosopis limensis Benth.		Fabaceae	Árbol	Costa-Sierra 1500 0-	América	Algarrobo	En peligro
Acacia macrantha H.B. ex Willd.		Fabaceae	Árbol	Costa-Sierra 2000 0-	América	Faique	Vulnerable
Cryptocarpus pyriformis K.B.K.		Nyctaginaceae	Arbusto postrado	Costa 500 0-	América	Chope	Vulnerable
Distichlis spicata (L.) Greene		Poaceae	Hierba	Costa 500 0-	América	Gramasalada	Vulnerable
Galvezia fruticosa J. Gmelin		Scrophulariaceae	Arbusto	Costa-Sierra 0-1000	América	Curil	Vulnerable
Grabowskia boerhaaviaefolia (L. f) Schlecht.		Solanaceae	Arbusto	Costa 500 0-	América	Canutillo	Vulnerable

NOMBRE CIENTIFICO	ENDEMISMO	FAMILIA	HABITO	DISTRIBUCIÓN	ORIGEN	NOMBRE VULGAR	ESTADO DE CONSERVACIÓN
Alternanthera pubescens		Amaranthaceae	Hierba	Costa-Sierra 0-1500	América	Paja blanca	Vulnerable
A. halimifolia		Amaranthaceae	Hierba	Costa-Sierra 0-1000	América	Paja blanca	Vulnerable
A. porrigens		Amaranthaceae	Hierba	Sierra 1000-2500	América	Moradilla	Vulnerable
A. peruviana	Endémica nacional	Amaranthaceae	Hierba	Costa 0-500	América	Paja blanca	Vulnerable
Amaranthus celosioideus H.B.K.		Amaranthaceae	Hierba	Costa-Sierra 0-1000	América	Yuyo hembra	Vulnerable
A. spinosus L.		Amaranthaceae	Hierba	Costa-Sierra 0-1001	América	Yuyo macho	Vulnerable
A. urceolatus Benth		Amaranthaceae	Hierba	Costa 0-500	América	Yuyo hembra	Vulnerable
Froelichia interrupta (L.) Moquin		Amaranthaceae	Hierba	Costa 0-500	América	Paja blanca	Vulnerable
Loxapterygium huasango Spruce ex Engler		Anacardaceae	Árbol	Costa-Sierra 0-1000	América	Gualtaco	En peligro
Vallesia glabra (Cabanilles) Link		Apocinaceae	Arbusto	Costa-Sierra 0-1000	América	Cuncuno	Vulnerable
Pluchea chingoyo (H.B.K.) D.C.		Asteraceae	Hierba	Costa 0-500	América	Parrano	Vulnerable
Zinnia peruviana (L.) L.		Asteraceae	Hierba	Costa-Sierra 0-2000	América	Flor de madera	Vulnerable
Batis maritima L.		Batidaceae	Arbusto	Costa 0-500	América	Legia	Vulnerable
Erioteca disiolar (H.B.K.) Robyrs		Bombacaceae	Árbol	Costa-Sierra 500-1000	América	Pasayo	Vulnerable
Bursera graveolens (H.B.K.) Triana & Planchon		Burseraceae	Árbol	Costa-Sierra 300-1000	América	Palo Santo	En peligro
Neorraymondia arequipensis (Meyer) Backeberg		Cactaceae	Cacto erguido	Costa-Sierra 0-1000	América	Gigantón	Vulnerable

NOMBRE CIENTIFICO	ENDEMISMO	FAMILIA	HABITO	DISTRIBUCIÓN	ORIGEN	NOMBRE VULGAR	ESTADO DE CONSERVACIÓN
Lameireocercus cartwrightianus (Britton & Rose) Backeberg ex A. W. Hill		Cactaceae	Cacto erguido	Costa-Sierra 300-1000	América	Cacto	Vulnerable
Melocoeetus peruvianus Vaupel		Cactaceae	Cacto globular	Costa-Sierra 0-1000	América	Piña de zorro	Vulnerable
Haageoesous versicolor (Wedermann & Backeberg) Backeberg	Endémica nacional	Cactaceae	Cacto postrado	Costa-Sierra 300-1000	Perú	Rabo de zorro	Vulnerable
H. icosagonoides Rau & Backeberg	Endémica nacional	Cactaceae	Cacto postrado	Costa-Sierra 300-1000	Perú	Rabo de zorro	Vulnerable
Espostoa lanata (H.B.K.) Britton & Rose		Cactaceae	Cacto erguido	Costa-Sierra 300-2000	América	Lana Piscocoya	Vulnerable
Capparis scabrida H.B.K.		Capparaceae	Arbusto o árbol	Costa-Sierra 0-1500	América	Sapote	En peligro
Capparis aviceniifolia H.B.K.		Capparaceae	Arbusto	Costa-Sierra 0-1000	América	Vichayo	Vulnerable
Capparis crotononoides H.B.K.		Capparaceae	Arbusto	Costa-Sierra 0-1000	América	Yunta	Vulnerable
Capparis mollis H.B.K.		Capparaceae	Arbusto o árbol	Costa-Sierra 300-1000	América	Margarito	Vulnerable
Capparis prisca J.F. McBride		Capparaceae	Árbol	Sierra 500-1000	América	Naranjillo	Vulnerable
Prosopis piurensis L. Vásquez, Escurra, Huaman		Fabaceae	Árbol	Costa 0-1000	América	Algarrobo	En peligro
Acacia maeracantha H.G.B. ex Willd.		Fabaceae	Árbol	Costa-Sierra 0-2000	América	Faique	Vulnerable
Acacia farnesiana (L.) Willd.		Fabaceae	Árbol	Sierra 500-1000	América	Aromo	Vulnerable
Cercidium praecox (R.&P.) Harms		Fabaceae	Árbol	Costa-Sierra 0-1000	América	Palo verde	Vulnerable
Sida weberbaueri Ulbr.		Malvaceae	Hierba	Costa-Sierra 0-1000	América	Raja mano	Vulnerable
Scutia spicata (H.&B. EX Schult) Weberb.		Rhamnaceae	Arbusto	Costa-Sierra 0-1000	América	Peal	Vulnerable
Celtis triflora (Klotzsch) Miquel		Ulmaceae	Árbol	Costa 0-500	América	Palo blanco	Vulnerable

La extracción actualmente se viene dando de este recurso de forma desordenada e irracional sin contar con programas de aprovechamiento a favor de los pobladores de la zona.

**Fauna:** datos obtenidos del informe sobre la estrategia regional de la diversidad biológica de Lambayeque. [63].

Tabla 22: Familias y número de especies de mamíferos de la zona de estudio.

FAMILIA	Nº ESPECIES
Didelphidae	1
Otariidae	1
Ursidae	1
Canidae	1
Felidae	3
Mustelidae	2
Mephitidae	1
Myrmecophagidae	1
Cervidae	1
Tayassuidae	1
Erethizontidae	1
Sciuridae	1
Phyllostomidae	2
Vespertilionidae	1
Cricetidae	1
Molossidae	1
Muridae	4

Tabla 23: Familias y número de especies de aves de la zona de estudio.

Familia	Numero de especies
Tyrannidae	40
Emberezidae	27
Trochilidae	28
Scolopacidae	23
Thraupidae	20

Tabla 24: Familias y número de especies de reptiles de la zona de estudio.

FAMILIA	Nº ESPECIE
Amphisbaenidae	1
Phyllodactylidae	3
Iguanidae	1
Polychrotidae	1
Teiidae	5
Tropiduridae	7
Boidae	1
Colubridae	12
Elapidae	2
Leptotyphlopidae	1
Viperidae	1

### c. Línea base socioeconómica

El eje económico de la localidad de Jayanca principalmente está constituido por la agricultura, siendo los cultivos más desarrollados, maíz, lenteja, sandía, zapallos. La actividad pecuaria, también es importante en los últimos años.

Tal vez la actividad económica principal es la agricultura, puede decirse que el nivel promedio mensual de ingreso por actividad laboral en agricultura es de 840 nuevos soles, así mismo, el jornal promedio al día en zona agrícola o rural es de 35 nuevos soles.

### Servicios públicos

**Salud:** Jayanca por estar ubicado a orillas del río Motupe, tiene presencia en épocas de lluvias, de zancudos, mosquitos, etc., lo que da origen a enfermedades infectocontagiosas en la población. Cuenta con un puesto de salud ubicada en la Calle Junín N° 300, perteneciente al MINSA con personal médico y paramédico.

**Vivienda:** en la localidad de Jayanca las viviendas, en su mayoría, para los centros poblados, han sido construidas con material del lugar: adobe, quincha, tierra apisonada, madera y techo de tejas, en la ciudad en su mayoría las viviendas son de material noble, techo de calamina con pisos de cemento pulido.

**Educación:** La población de la ciudad de Jayanca cuenta con servicios educativos en los tres niveles básicos: inicial, primaria y secundaria. Estas pertenecen a la UGEL de Lambayeque. Principalmente la juventud que desea continuar estudios superiores los realiza en la ciudad de Lambayeque a 1 hora de la ciudad.

*Tabla 25: I.E. en los centros poblados de Jayanca*

Nombre de IE	Nivel / Modalidad	Dirección de IE	Centro Poblado
11179	Primaria	Los Ángeles	Los Ángeles
11179	Inicial - Jardín	Los Ángeles	Los Ángeles
11175	Primaria	San Carranco	San Carranco
11175	Inicial - Jardín	San Carranco	San Carranco
10131 Antolín Flores Samamé	Primaria	La Tomasita - Jayanca	La Tomasita
10131 Antolín Flores Samamé	Inicial - Jardín	La Tomasita - Jayanca	La Tomasita
10130	Primaria	El Arenal	El Arenal
Gotitas de Amor	Inicial No Escolarizado	El Arenal	El Arenal
10129	Primaria	Pampa De Lino	Pampa De Lino
10129	Inicial - Jardín	Pampa De Lino	Pampa De Lino
Dulce Ternura	Inicial No Escolarizado	Anexo El Señor De La Misericordia Anexo	El Arenal
Tiernas Huellitas	Inicial No Escolarizado	El Cautivo	Cautivo
Manitas Traviesas	Inicial No Escolarizado	Ladrillera El Mango	Ladrillera El Mango
Dios Es Amor	Inicial No Escolarizado	El Mirador	El Mirador

Fuente: ESCALE-MINEDU

**Saneamiento básico:** El área urbana de Jayanca, cuenta con servicios de aguas algunas horas del día, cuenta con energía eléctrica, saneamiento, telecomunicaciones de teléfono fijo, celular y con cabinas de internet.

**Energía eléctrica:** El servicio de energía eléctrica son las 24 horas. Administrada por Electronorte.

**Otros servicios:** La ciudad de Jayanca cuenta a la fecha con los siguientes servicios:

- Servicio de televisión
- Servicio de radio difusión
- Servicios hoteleros
- Servicios de transporte terrestre
- Cuenta con varias empresas

### **3.8.10.6. Identificación y evaluación de impactos ambientales**

#### **A. Metodología**

**Etapas de conocimiento del problema:** Consistió en la recopilación de información de estudios anteriores, información estadística, cartográfica, de instituciones como el ANA,

defensa civil. Comisión de regantes, SENAMHI, Municipalidades. También se realizó las salidas a campo. La obtención del medio biótico como aves y animales se realizó con investigaciones anteriores de la zona y mediante la consulta a los pobladores de la zona.

**Etapas de interrelación y elaboración de soluciones probables:** para determinar los probables impactos se elaboró una matriz de interacción de causa – efecto.

**Identificación de impactos ambientales:** teniendo en cuenta las actividades, los medios y las acciones se analizó de forma interdisciplinaria los posibles valores de impactos determinando así cual fue el mayor y menor impacto, tanto positivo como negativo.

**Método de Leopold:** el objetivo es establecer relaciones causa – efecto de acuerdo a las características particulares de este proyecto. Leopold no es un sistema de evaluación ambiental, si no que sirve para identificar los efectos, el análisis posterior es el que permitirá dar alternativas de solución a los efectos. La matriz se evaluó en dos etapas, construcción y mantenimiento.

Esta matriz consta de dos ejes, el eje horizontal las acciones que causan impacto ambiental; y en el eje vertical los factores ambientales que puedan ser afectadas por esas acciones, aportando así las interacciones entre acciones propuestas y factores ambientales.

Las interacciones se logran asignando un valor de 1 a 10 e identificando si el impacto es positivo o negativo. Un valor de 1 significa alteración mínima y 10 significa alteración máxima.

**a) Clase:** Se indica el tipo de consecuencias que genera dicho impacto (positivas o benéficas (+) o negativas o perjudiciales (-). Se tuvo en cuenta:

**b) Magnitud (M):** Se hace referencia al grado o nivel de alteración que sufre el factor ambiental a causa de una acción del proyecto.

**c) Importancia (I):** Se evalúan el peso relativo que el factor ambiental considerado tiene dentro del ambiente que puede ser afectado por el proyecto.

## B. Descripción de los factores ambientales

Tabla 26: Descripción de los factores ambientales.

FACTOR AMBIENTAL	COMPONENTE	DESCRIPCIÓN	
MEDIO FÍSICO	SUELO	CALIDAD DEL SUELO	Forma en cómo se afecta el suelo por ejemplo con la combinación de otros materiales
		EROSIÓN	Desgaste de la superficie por fricción o movimiento del suelo de un lugar hacia otro.
		USO DEL SUELO	Forma en la que se utiliza el suelo en el área
		COMPACTACIÓN DE SUELOS	Aumento de la capacidad portante en lugar de proyecto o compresión del suelo en terrenos agrícolas
		MODIFICACIÓN DEL RELIEVE	Variación del relieve por efecto de construcción.
		SEDIMENTACIÓN	Movimiento de materiales de una zona a otra
		OCUPACIÓN DEL SUELO	Alteración por presencia de materiales y otros usos temporales
	AGUA	CALIDAD DE AGUA SUPERFICIAL	Al agua de escorrentía superficial que pasa en épocas de máximas avenidas y en meses de lluvia
		DISPONIBILIDAD DE AGUA	Alteración del agua para la obra
	AIRE	MATERIAL PARTICULADO	Presencia de partículas en suspensión en el aire que alteran la calidad
		GASES POR COMBUSTIÓN	Presencia de gases que alteran su calidad
VARIACIÓN DE VALORES DE RUIDO		Aumento de los valores sonoros	
MEDIO BIÓTICO	FLORA	ÁRBOLES	Disminución en general de la cobertura vegetal
		ARBUSTOS	Disminución en general de la cobertura vegetal
		CULTIVOS	Disminución en general de la cobertura vegetal
	FAUNA	AVES	Pérdida y ausencia de animales en el área de influencia
		MAMÍFEROS	Pérdida y ausencia de animales en el área de influencia
MEDIO SOCIOECONÓMICO	ESTÉTICO	VISTA PANORÁMICA	Variación de la estructura del paisaje
		PAISAJES	Variación de la estructura del paisaje
	NIVEL SOCIAL Y CULTURAL	ESTILO DE VIDA	Forma en que es afectado su nivel de vida debido al proyecto
		EMPLEO TEMPORAL	Generado en la etapa de funcionamiento
		SALUD Y SEGURIDAD	Vulnerabilidad y atención a los empleados.
		GRUPOS PERJUDICADOS - BENEFICIADOS	Población afectada/beneficiada directa o indirectamente por el proceso
		VIALIDAD Y TRANSPORTE	Adquisición y movimiento de los materiales
		NIVEL DE VIDA	Aumento o disminución del nivel de vida debido al proyecto

Fuente: Elaboración propia.

## C. Matriz de Leopold

La identificación de los impactos ambientales se basó en la matriz de Leopold debido a su fácil explicación. En las filas, se puede identificar los factores ambientales y en las columnas, el desarrollo de las actividades en la etapa de fabricación del ladrillo en el área



<b>ACTIVIDADES CONSTRUCTIVAS</b>	CONFORMACIÓN Y SEMICOMPACTACIÓN DE DIQUE	-4
	PERFILADO Y ACABADO DE TALUD DE DIQUE	-4
	EXTRACCIÓN DE ROCAS CON EXPLOSIVOS	-221
	CARGUÍO Y TRANSPORTE DE ROCA DE CANTERA PAMPA VERNILLA	-27
	COLOCACIÓN DE GAVIONES	40
	INSTALACIÓN DE GEOTEXTIL	-3
	ACOMODO DE FILTRO DE ROCA DE 5-10 CM	24
	ACOMODO DE ROCA EN DIQUE Y ESPIGONES	31
<b>OPERACIÓN</b>	OPERACIÓN DEL SISTEMA	481
	MANTENIMIENTO	1

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo a esta matriz las actividades que mayor impacto generan es el campamento y almacén de obra, la excavación del terreno natural y la eliminación del desmorte; así como también en la cantera, la extracción de rocas con explosivos. La actividad con más impacto positivo es la operación del sistema ya que beneficia tras dar seguridad a los agricultores y pobladores ya que estarán protegidos contra desbordes, erosión, socavación del río.

Tabla 28: Impactos por tipo de factor ambiental.

FACTOR AMBIENTAL		VALORACIÓN
SUELO	CALIDAD DEL SUELO	-46
	EROSIÓN	-46
	USO DEL SUELO	-26
	COMPACTACIÓN DE SUELOS	10
	MODIFICACIÓN DEL RELIEVE	-120
	SEDIMENTACIÓN	5
	OCUPACIÓN DEL SUELO	-92
AGUA	CALIDAD DE AGUA SUPERFICIAL	37
	DISPONIBILIDAD DE AGUA	-34
AIRE	MATERIAL PARTICULADO	-86
	GASES POR COMBUSTIÓN	-114
	VARIACIÓN DE VALORES DE RUIDO	-79
FLORA	ÁRBOLES	-19
	ARBUSTOS	-41
	CULTIVOS	-18
FAUNA	AVES	-34
	MAMÍFEROS	-31
ESTÉTICO	VISTA PANORÁMICA	47
	PAISAJES	-1
NIVEL SOCIAL Y CULTURAL	ESTILO DE VIDA	64
	EMPLEO TEMPORAL	164
	SALUD Y SEGURIDAD	73
	GRUPOS PERJUDICADOS - BENEFICIADOS	71
	VIALIDAD Y TRANSPORTE	90
	NIVEL DE VIDA	62

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo a la anterior información los factores ambientales con más impacto son la modificación del relieve y la emisión de gases producto de la maquinaria en obra. Sin embargo, existe un beneficio respecto al factor socioeconómico por la generación de empleo debido a la obra.

#### **E. Impactos ambientales directos en la etapa de construcción**

**Movimientos de tierras:** esta es la etapa que genera los mayores impactos negativos por el proceso constructivo del proyecto. Los movimientos de tierras ocasionan mayor impacto en la zona urbana afectando generalmente a la salud de los pobladores que tienen que inhalar las partículas suspendidas producto del polvo generado, que adicionalmente se suma la emisión de gases producto de la maquinaria que incrementan un efecto negativo al ambiente.

Otra actividad que generará el incremento de partículas en el aire será la voladura con explosivos usados en la extracción de roca de las canteras para la construcción de enrocados y espigones. Además, el número de vehículos desplazándose simultáneamente en varios sentidos transportando material generan un incremento sonoro a lo largo de la vía.

**Cambio micro climático:** en el proyecto, esto se genera por el cambio en la cobertura vegetal de las zonas a desbroce y en la explotación de canteras. Estos efectos son considerables hasta que se vuelva a realizar una revegetación. Este es un efecto severo ya que trae como consecuencia la disminución de la flora, fauna, suelo, etc. Que a su vez ocasiona el incremento de temperatura y la humedad tiende a ser menor. Dado lo anterior, es necesario plantear una regeneración de la vegetación.

**Vibración e incremento del nivel sonoro:** principalmente en la explotación de canteras y esto generaría procesos de inestabilidad en taludes; se pudo constatar que no existe riesgo de afectar directamente a infraestructura próximas a la cantera; ya que la piedra extraída es material de río y el uso de explosivos será en ciertas piedras las cuales su dimensión exceda a las necesarias al proyecto.

Estos efectos generan la migración de las especies residentes al área, tanto en zonas de la cantera como en la trayectoria a la obra; estas pueden ser aves, mamíferos, reptiles y anfibios; alterando sus procesos naturales; aunque este impacto solo es temporal se categoriza como negativo mientras se ejecuta la obra.

**Alteración de la calidad de aguas superficiales:** generando principalmente una turbidez producto de la maquinaria presente, ya que el agua extraída para la obra será usada de otro lugar a la zona del proyecto, el efecto es negativo ya que puede ocurrir derrames de aceites, lubricantes o la misma práctica del lavado de los vehículos.

**Destrucción directa de flora:** en la etapa del proyecto las zonas a destrucción de flora son directamente las canteras, los márgenes a los accesos de obra y cantera, además, de los márgenes del río donde se depositará el material excedente, el cual, posteriormente tiene que ser revegetada con plantas de la zona.

**Destrucción de hábitats:** serán perjudicados animales cercanos a las riberas del río, en la zona de canteras, en las entradas a la zona del proyecto por la presencia de maquinaria pesada y explosivos.

**Uso de espacios de terceros:** lugares donde serán ubicados el campamento, los botaderos, las canteras, el patio de máquinas, espacios que deberán elegirse correctamente con la finalidad de provocar el menor impacto.

**Interferencia a la accesibilidad:** el proceso de construcción generará interferencia en las entradas de los sectores donde se proyectará las defensas. Produciendo un tránsito permanente de maquinaria, generando polvo y molestias a los pobladores.

**Generación de empleo:** el empleo generará un impacto positivo, sin embargo, solo se presentará en la etapa de construcción; sin embargo, paralelo se incrementará el ingreso de dinero de los trabajadores lo que genera un incremento del nivel de vida de ellos y de los agricultores a largo plazo; ya que no generaría pérdidas de cosechas ni tampoco pérdidas de vidas humanas.

#### **F. Impactos ambientales indirectos en la etapa de construcción**

**Cambio del valor de la tierra:** la presencia de alguna construcción trae un cambio inmediato en cuanto al precio de los terrenos y viviendas o edificaciones. En este proyecto se incrementará el costo de los terrenos cercanos a la zona de construcción pues garantizará una zona libre de riesgos por inundaciones.

**Incremento de la demanda de bienes y servicio:** se incrementará debido a la presencia de personal de obra, quienes usarán hospedajes, pensiones, así como centros de recreación.

**Modificación de formas de vida:** aunque esta no sea un cambio radical, sin embargo, este proyecto permitirá a los pobladores a cambiar sus hábitos con respecto a la simbra de sus cultivos, incentivándolos a generar mayor producción, aún en épocas donde solían no sembrar debido a un peligro de pérdida de cosechas por inundaciones.

#### **G. Impactos ambientales en la etapa de operación**

**Modificación del paisaje:** la construcción de este proyecto aportará un cambio notorio al paisaje, inicialmente se genera un efecto que no contrastará con armoniosamente con la vegetación de la zona, pero progresivamente irá retomando características iniciales y adicionales debido a elementos de protección de gran altura como son los gaviones, diques y espigones.

**Disposición de puestos de trabajo:** los mismos trabajadores que adquirieron experiencia podrán ser los partícipes de labores de mantenimiento.

**Incremento en los sectores productivos:** considerando la cantidad de obras de protección en la zona, Jayanca tendrá un incremento de turismo debido a las grandes obras de protección que podrán convertirse como atractivo para muchos interesados, generando movimiento de economía en la ciudad de Jayanca y sus alrededores.

**Deterioro de la construcción por falta de mantenimiento:** en cada avenida presente por cada año genera un incremento de vegetación, erosión/socavación y agradación en zonas específicas, por lo que se hace necesario establecer un plan de mantenimiento de gaviones, enrocados y espigones a fin de preservar la estructura por un periodo de tiempo mayor al de diseño.

#### **H. Impactos ocasionados por el medio ambiente sobre el proyecto**

Las características climatológicas en la zona generarán un mantenimiento permanente, más aún en meses de lluvias (enero-abril), por lo que es probable que genere un impacto negativo. Cuanto más rápido se implemente un plan de manejo y monitoreo de las obras de protección, menores serán los impactos producidos a lo largo de la vida útil de la estructura.

##### **3.8.10.7. Plan de manejo ambiental**

A continuación, presento las medidas de disminución y manejo de impactos negativos. Es necesario que estas medidas sean incluidas en el costo del presupuesto de obra; ya que

deberán ser ejecutadas por el responsable ejecutor de obra y el ente responsable del mantenimiento en post-construcción.

#### **A. Medidas de mitigación durante la etapa de construcción**

- **Alteración de la calidad del aire, partículas y polvo:** generado por el aumento de gases, partículas de polvo, producto de movimientos de tierras, voladuras. A quien más afecta son a los trabajadores y a los pobladores trayendo consecuencias negativas. Se han identificado los lugares como el lugar de eliminación de desmonte, la cantera pampa Vernilla y la cantera en Motupe, además de las zonas de excavación de defensas. Por lo que se deberá poner una barrera física que limite el área de trabajo con la población o entorno. Esta medida, además, disminuirá los ruidos. Protección con mascarilla a trabajadores, evitando enfermedades posteriores debido a estar en contacto con partículas de polvo. Los accesos a obra y canteras deberán estar constantemente humedecidos. Los volquetes deben contar con cobertores para evitar el escape del polvo cuando se estén transportando. Respecto a las voladuras, deben estar dosificadas para evitar un incremento del polvo y un volumen elevado de material.
- **Incremento de los niveles sonoros:** producidos en su mayoría por la excavadoras y voladuras; el personal a cargo deberá tener al momento de su uso protectores auditivos. Indicativos de no tener turnos largos de exposición mayores a 10 horas continuas. Señalizar demarcaciones límites en zona de trabajo.
- **Cambio micro-climático:** no es sencillo de mitigar, debido a las actividades necesarias para la construcción del proyecto, en el caso de canteras, una vez que se retire la cantidad de rocas necesarias, son las plantas aledañas a las riberas las encargadas de recubrir esas áreas desnudas en caso sea necesario retirar piedra de fuera del cauce del río. Los suelos movidos y las zonas de desmonte deberán recuperarse en un lapso de 1 a 5 años con especies naturales de la región.
- **Cambio en la estructura paisajística:** generados por la explotación en las canteras, construcción de espigones, botaderos del desmonte, presencia de diques y gaviones. Una vez concluida la explotación de canteras en el río, se deberá tomar medidas para evitar la erosión. El material de desmonte deberá tener una altura máxima de 1 m de relleno en las márgenes con el fin de no alterar el paisaje.
- **Destrucción directa del suelo:** ocurrido por la compactación de suelos por la maquinaria pesada en los accesos a la obra y accesos a las canteras, para evitar

eso se debe establecer medidas de reforestación y estabilización de los accesos creados en la obra.

- **Alteración de la calidad edáfica:** producidos por el movimiento de tierras, se prestará atención en no alterar la estabilidad de suelos aledaños, los cuales se irán mitigando con ayuda de revegetación que es parte de este programa.
- **Destrucción directa de flora:** al realizar cortes y desbroces de vegetación como arbustos, hierbas y de muy pocos árboles; la que deberá ser repuesta después de generadas las actividades y además se establece no realizar corte de vegetación mayor a la requerida.
- **Destrucción de hábitat:** se espera que esta dure solo el tiempo que dure las actividades de construcción, y adicionalmente se regenere en su totalidad cuando vuelva a crecer la vegetación removida en zonas de corte y también en zonas de botaderos.
- **Uso de espacios de terceros:** en la ubicación del campamento, máquinas y canteras, estas especificaciones velan al derecho a la propiedad privada, por lo que se deberá pagar el costo por el alquiler de etas zonas y así mismo, devolver una vez concluidas las obras con el menor impacto posible. Todo espacio perteneciente a propiedad privada debe contar con la aprobación del propietario.
- **Daño a estructuras existentes:** con el fin de no dañar estructuras cercanas en las canteras los efectos de vibración deben ser calculados al momento de generar las detonaciones. En la zona del proyecto los trabajos deben ser coordinados a fin de no dañar estructuras como cruce de tuberías, limitaciones con viviendas.
- **Interferencia a la accesibilidad:** acceso a cantera y a obra deberá contar con señalización adecuada y de ser el caso usar personal destinado al control de tránsito. Avisar sobre la programación del uso de explosivos en canteras, para que los usuarios tomen sus medidas correspondientes.
- **Movilización de maquinaria pesada:** debe encontrarse en perfecto estado de mantenimiento, aprobado por la empresa y por la supervisión y dar mantenimiento cada 250 horas de trabajo. Maquinas en reparaciones deben ser sacadas de obra y reemplazada por equipo en óptimas condiciones.
- **Tratamiento de residuos y desechos:** deben ser depositados mediante coordinaciones con la municipalidad distrital de Jayanca, previamente en obra almacenados en contenedores especiales para cada tipo.

- **Prevención de derrames de contaminantes:** cambios de aceite y filtros deben ser cuidadosos, el aceite quemado debe ser retirado de la ciudad donde podrán ser reciclados. En caso de derrames podrán contar con un plan de contingencias que permita superar en corto tiempo ese tipo de emergencia.
- **Uso de explosivos:** estos deben efectuarse según lo estipulado en el manual ambiental para el diseño y construcción de vías del MTC.

#### **B. Medidas de mitigación en la etapa post-construcción**

- **Mantenimiento de gaviones, espigones y diques enrocados:** una vez concluida la obra, el responsable del mantenimiento será la municipalidad provincial de Lambayeque, realizando actividades de limpieza y charlas sobre conservación a los pobladores y beneficiarios, incrementando de esta manera el tiempo de vida útil.

#### **3.8.10.8. Plan de monitoreo ambiental**

Este permite evaluar de manera paulatina y consistente las variables ambientales durante ambas etapas (construcción y mantenimiento); velar por el cumplimiento del plan de manejo ambiental (PMA).

Este monitoreo, debido al tipo de obra, constará de:

Considerar 3 lugares específicos para realizar el seguimiento del cumplimiento del PMA, son los 3 lugares donde se realizarán la protección con defensas, en la zona de Pampa de Lino, Abrojal y C.P. Cahuide, indicados en los planos.

Se evaluará:

- ✚ Presencia de desplomes.
- ✚ Roturas de material de geotextil.
- ✚ Pérdida de material de los gaviones y enrocados.
- ✚ Asentamiento de gaviones y enrocados.
- ✚ Acumulación de residuos en los alrededores de las defensas ribereñas.
- ✚ El estado de revegetación las áreas verdes mencionadas en el PMA.

Esta labor estará a cargo del personal de la municipalidad provincial de Lambayeque y estos deben realizarse como máximo de manera trimestral.

#### **3.8.10.9. Plan de compensación**

Existen condiciones de afectación por el uso de tierras para el almacén, campamento e instalaciones especiales para la extracción de roca de cantera, viéndose en la necesidad de plantear medidas de compensación:

**Uso de terrenos para depósitos de maquinaria y campamento:** durante la etapa previa a la construcción la empresa ejecutor debe destinar un personal para identificar zonas necesarias para el uso de campamento y maquinarias. Establecidos estos lugares se deben negociar con los dueños de las zonas necesitadas para estos fines, durante esta negociación es importante mencionar que todos los impactos generados por el uso de los terrenos serán compensados, comprometiéndose a entregar los terrenos en condiciones similares a las que fueron alquilados.

**Utilización de terrenos para botaderos de material excedente:** deberán ser ubicados a áreas cercanas a cada excavación, generalmente en los márgenes del mismo río, explicando a los propietarios de las zonas los compromisos de restauración y mitigación del uso de sus terrenos como depósitos; por ejemplo, el sembrío de plantas de la misma zona, recuperándose en el tiempo la visión paisajística que tenía.

Ocupación de terrenos por explotación de canteras: de ser el caso en que se necesite la extracción del material en zonas muy cercanas a la cantera de río y que estas pertenezcan a una propiedad privada, se debe negociar con los propietarios pagándoles un monto adecuado por la explotación.

#### ***3.8.10.10. Plan de cierre y rehabilitación***

Este debe tener todas las acciones que la empresa ejecutora debe tomar en cuenta al final de la construcción:

#### **Cierre de instalaciones concluida la etapa de construcción:**

- Detención del funcionamiento de todo el sistema
- Desmontaje y retiro de campamento, maquinaria y equipos
- Restauración del ambiente natural, por medio de reforestación y revegetación.

#### **Cierre temporal por interrupción de la vía:**

- Operaciones de mantenimiento al camino de acceso por el constante paso de vehículos.
- Interrupción intempestiva por deslizamientos y otras causas naturales, en la que se debe disponer de manera inmediata una cuadrilla de mantenimiento.

### **3.8.10.11. Plan de contingencia**

Se refiere a las medidas a tomar para prevenir cualquier emergencia, desastre o accidente que puede ocurrir en la construcción del proyecto y también en el funcionamiento.

Dadas las características de este proyecto se establecerán unidades de contingencia independientes para cada etapa (construcción y operación). Cada unidad contará con un jefe a cargo de labores iniciales de rescate que informará ya sea a la empresa o a la municipalidad, dependiendo de la etapa del proyecto de la magnitud del desastre.

Durante la etapa de construcción, es responsable de ejecutar las medidas de contingencia la empresa que realiza la obra a través de su unidad de contingencia.

## **3.9 Plan de procesamiento y análisis de datos**

### **Fase I: RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN PREVIA**

1. Visita al lugar de estudio, para solicitar permisos a las autoridades locales.
2. Recopilar información bibliográfica e identificar antecedentes del proyecto.
3. Revisar la normativa nacional y manuales vigentes de diseño de defensa ribereña.
4. Obtención de datos para el estudio hidrológico.
5. Iniciar la Evaluación de Impacto Ambiental.

### **Fase II: REALIZACIÓN DE ENSAYOS Y TOPOGRAFÍA**

6. Tomar muestras y desarrollar los ensayos correspondientes a mecánica de suelos.
7. Realizar el levantamiento topográfico del cauce del río Motupe en el tramo de Pampa de Lino hasta Cahuide, para desarrollar una simulación hidráulica y de esta manera definir las zonas de desbordes. Para posteriormente plantear las defensas ribereñas correspondientes.
8. Elaborar planos topográficos (planta, perfil y secciones transversales) correspondientes al tramo considerado para el proyecto.
9. Continuar con la Evaluación de Impacto Ambiental.

### **Fase III: ANÁLISIS DE CUENCA Y ESTUDIO HIDROLÓGICO**

10. Estudio de la geomorfología de la cuenca con el software ArcGIS, Google Earth, modelos digitales, cartas nacionales de la zona en estudio.
11. Evaluar la información de precipitaciones máximas en 24 horas y obtención del caudal de diseño.

**Fase IV: MODELO HIDRÁULICO Y DISEÑO DE DEFENSAS RIBEREÑAS**

12. Realizar un modelo hidráulico del proyecto con los softwares HEC-RAS e IBER.
13. Evaluar y solucionar el problema de socavación, agradación y desborde con la mejor alternativa de defensas ribereñas.

**Fase V: ELABORACIÓN DE PLANOS Y MEMORIA DE CÁLCULO**

14. Elaborar la memoria de cálculo.
14. Elaborar los planos definitivos.
15. Elaborar el cronograma de obra.
16. Finalizar la Evaluación del Impacto Ambiental.

**Fase V: ANÁLISIS DE RESULTADOS OBTENIDOS**

17. Elaborar el informe final de Evaluación de Impacto Ambiental
18. Analizar los resultados obtenidos.
19. Recomendaciones y conclusiones.

**Fase VI: PRESENTACIÓN FINAL, CORRECCIONES FINALES Y SUSTENTACIÓN DE TESIS**

20. Presentación del proyecto definitivo a los jurados.
21. Levantamiento de observaciones.

### 3.10 Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	VARIABLES Y DIMENSIONES	METODOLOGÍA
¿Cuál es la mejor opción de diseño de las defensas ribereñas para controlar el desborde y socavación del cauce del río Motupe, en sus partes más críticas, por su paso por el centro poblado Cahuide hasta el centro poblado Pampa de Lino del distrito de Jayanca, Lambayeque?	<p><b>OBJETIVO GENERAL</b> Analizar y diseñar las defensas ribereñas en el cauce del río Motupe en el tramo comprendido entre el C.P. Cahuide y C.P. Pampa de Lino del distrito de Jayanca especialmente en sus zonas más críticas para controlar las inundaciones y erosión del cauce del río.</p> <p><b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b> Determinar las características mecánicas del suelo, mediante el estudio de Mecánica de Suelos y materiales. Determinar las características topográficas del cauce del río y elaborar los planos de topografía. Realizar el análisis Geomorfológico con el software ArcGIS e Hidrológico con el software HEC-HMS de la cuenca del río Motupe. Determinar las zonas de riesgo del cauce del río mediante un modelamiento Hidráulico con el software, HEC-RAS e IBER. Evaluar las alternativas de diseño de defensas ribereñas en las zonas vulnerables del cauce del río. Realizar el modelamiento hidráulico en 1D y 2D incluyendo las defensas ribereñas para tramo en estudio. Realizar el análisis técnico y económico de dos tipos de defensas ribereñas y escoger la que mejor se adapta a cada tramo vulnerable de la zona en estudio. Elaborar la Evaluación de Impacto Ambiental que originará la construcción del proyecto en la zona.</p>	<p><b>Variable Independiente</b> Caudal</p> <p><b>Variable Dependiente</b> <u>Inundación</u> Estudio Hidrológico Estudios de Topografía Estudio Geomorfológico <u>Defensas ribereñas</u> Ensayos de laboratorio Diseño Hidráulico Diseño Estructural <u>Medio ambiente</u> EIA</p>	<p><b>Tipo de investigación</b> Por el tipo de investigación, es una investigación <b>aplicada</b>, porque se sustenta en los resultados de investigaciones y a partir de ellos se aplica para obtener los objetivos planteados.</p> <p><b>Nivel de investigación</b> De acuerdo a la naturaleza del estudio de investigación, es un estudio <b>descriptivo cuantitativo</b>, porque consiste fundamentalmente en caracterizar una situación concreta, debido a que requiere de una descripción y comprensión profunda de las condiciones actuales.</p> <p><b>POBLACIÓN</b> La cuenca del río Motupe y la población en materia de estudio son todas las personas expuestas a la inundación del distrito de Jayanca.</p> <p><b>MUESTRA</b> Tramo de río a analizar y la población establecida en ambas márgenes del río Motupe, desde el centro poblado Cahuide ubicado a la margen izquierda en la dirección del flujo del río hasta el centro poblado Pampa de Lino ubicado a la margen derecha en el sentido del flujo.</p>

### 3.11 Consideraciones éticas

Todo lo documentado y estipulado en la presente investigación, referenciado por el estilo IEEE, ha sido basado en libros, artículos, tesis validadas y normas técnicas. Los resultados obtenidos en esta investigación sirven para ser aplicadas solo al tramo de río evaluado, ya que cada tipo de investigación tiene sus características propias.

Respecto a los principios sujetos a la realización de esta investigación considero los siguientes:

**Principio de defensa de la vida de la población:** de acuerdo a la situación de vulnerabilidad en la que se encuentra la ciudad de Jayanca, principalmente los pobladores de C.P. Pampa de Lino y el C.P. Cahuide, considero de vital importancia haber realizado esta investigación, ya que permite tener un plan de contingencia para evitar pérdidas de vidas humanas de las poblaciones colindantes al río mediante el diseño y una futura construcción de estructuras de protección para prevención del desborde del río Motupe. Si bien es cierto, el costo de construcción obtenido en esta investigación es relativamente alto, considerándose que la construcción de este tipo de proyectos no forma parte de los proyectos de inversión para el estado, sin embargo, este pasaría a ser parte de los *proyectos sociales o de contingencia*, destinados para proteger vidas humanas en épocas de emergencia; como la que sería causada producto del desborde del río.

**Libertad y responsabilidad:** debido a los conocimientos obtenidos en la carrera de Ingeniería Civil Ambiental me es posible darme cuenta de los peligros en los que se encuentra la población de Jayanca y es responsabilidad como persona y haciendo uso de mi libertad, poner a disponibilidad este proyecto de tesis con la finalidad de que el organismo encargado pueda ejecutarlo con el fin de salvaguardar la vida de las personas ante un eventual desastre.

**Principio de sociabilidad:** debido a que somos seres sociales; la principal función respecto a eso es buscar el bienestar de los otros, con esta investigación se está ayudando a resolver un problema latente en Jayanca cada vez que se presenta un fenómeno el niño, evitando así la pérdida de vidas humanas y terrenos de cultivo; de los cuales para muchas personas es el principal sustento de vida.

## IV. Resultados

### 4.1 Estudio Topográfico

*Tabla 29: Resumen de resultados del estudio de topografía en la zona de Jayanca.*

<b>Inicio de levantamiento topográfico</b>	<b>Puente peatonal Pampa de Lino.</b>
<b>BM inicial</b>	68.000 m.s.n.m. 628468.00 E 9295836.00 N
<b>Punto de menor altura aguas abajo</b>	59.795 m.s.n.m.
<b>Punto más bajo aguas arriba</b>	67.78 m.s.n.m.
<b>Distancia levantada</b>	6.00 km
<b>Ancho de río levantado</b>	Todo el cauce más 100 m a ambas márgenes.
<b>Equidistancia curvas de nivel</b>	Curvas menores @ 0.20 m Curvas mayores @ 1.00 m
<b>Planos obtenidos:</b>	Plano en planta de zona en estudio. P. Planta de la llanura de inundación. Plano de perfil longitudinal del eje del río. Plano de secciones transversales.

Fuente: elaboración propia.

Ver planos topográficos con más detalle en anexo 25.3.

*Figura N° 104. Perfil longitudinal de 1 tramo de río*

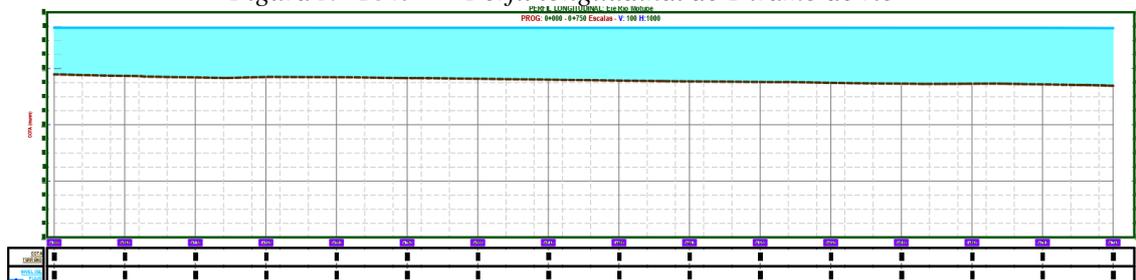
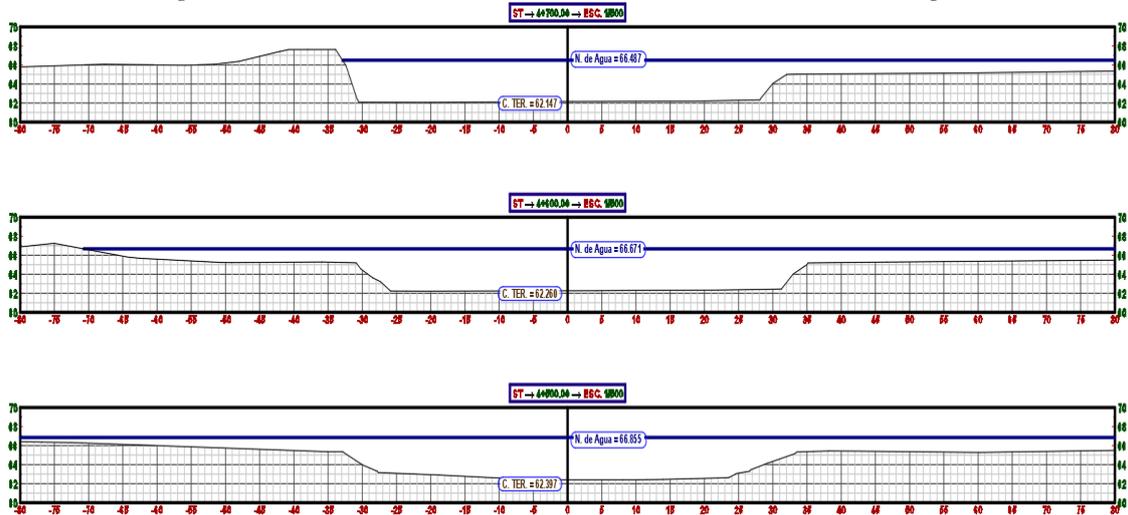


Figura N° 105. Secciones transversales de cauce del río Motupe



## 4.2 Estudio de Suelos

### 4.2.1. Inspección en campo

Cantidad de exploraciones: **12 puntos de excavación.**

Con una inspección visual se identificó las zonas de erosión causadas por las máximas avenidas del río.

Figura N° 106. Imagen de zona erosionada en cauce de río Motupe.



Se hizo uso de Google Earth para comparar el cambio erosivo, las imágenes muestran lo siguiente:

*Figura N° 107. Diciembre 1969*



*Figura N° 108. Julio 2010*



*Figura N° 109. Febrero 2011*



*Figura N° 110. Octubre 2016*



*Figura N° 111. Marzo 2017*



*Figura N° 112. Situación actual del cauce enero 2021*



En las imágenes anteriores se muestran la variación de la morfología del cauce desde los años 1969 hasta hoy. Donde se determina que el cauce se erosiona en la mayoría del tramo en análisis.

Tomando como referencia al MTC y por observación se pudo determinar que el cauce presentaba un solo tipo de suelo en su superficie, por lo que se realizaron calicatas cada 50 m a lo largo de los 6 km de análisis obteniendo en total 12 calicatas cada una con 3 metro de profundidad; se excavaron con pico, palana y barreta de 1.5m a 2 m, luego para llegar a la profundidad deseada se usó posteadora (IWAN AUGER).

En las exploraciones no se encontró presencia de nivel freático.

Figura N° 113. Ubicación de exploraciones.



#### 4.2.2. Resumen de estudio de suelos

El suelo que conforma la zona de estudio está formado por:

Tabla 30: Tipo de suelo en la zona de estudio

TIPO DE SUELO	DESCRIPCION
SP	ARENAS CON PLASTICIDAD NULA
SM	ARENAS LIMOSAS DE POCA PLASTICIDAD
SC	ARENAS ARCILLODAD, DE REGULAR PLASTICIDAD

Tabla 31: Resultados de perfil estratigráfico.

Calicata	Profundidad	Tipo suelo	% humedad	% sales	Ø	D <sub>50</sub> (mm)	γ
C-1	0 m - 1 m	SP	2.09%	0.10%	25.2	0.2569	1.7767
	1 m - 2 m	SM	6.67%	0.09%			
	2 m - 3 m	SC	16.52%	0.07%			
C-2	0 m - 1.9 m	SP	4.72%	0.11%	32.2	0.1954	1.6813
	1.9 m - 3 m	SM	9.79%	0.09%			
C-3	0 m - 0.8 m	SP	2.99%	0.11%	26.0	0.2509	1.6430
	0.8 m - 2 m	SM	7.78%	0.09%			
	2 m - 3 m	SP	10.60%	0.08%			
C-4	0 m - 0.6 m	SP	4.55%	0.10%	15.2	0.1705	1.7457
	0.6 m - 3 m	SC	13.07%	0.09%			
C-5	0 m - 2 m	SP	3.03%	0.09%	32.8	0.2678	1.6440
	2 m - 3 m	SM	6.37%	0.07%			
C-6	0 m - 3 m	SP	8.70%	0.10%	33.0	0.2722	1.7220
C-7	0 m - 2.1 m	SP	2.84%	0.09%	32.1	0.3164	1.6643
	2.1 m - 3 m	SM	10.79%	0.08%			
C-8	0 m - 3 m	SP	8.49%	0.08%	33.5	0.2975	1.6213
C-9	0 m - 2.2 m	SP	4.96%	0.11%	33.0	0.2272	1.6693
	2.2 m - 3 m	SM	4.86%	0.09%			
C-10	0 m - 3 m	SP	8.60%	0.09%	32.2	0.2363	1.7730
C-11	0 m - 2 m	SP	4.37%	0.09%	32.0	0.1871	1.7747
	2 m - 3 m	SC	9.36%	0.07%			
C-12	0 m - 3 m	SP	7.94%	0.11%	32.8	0.3353	1.7227

La cimentación de la estructura a proyectar será dimensionada de tal forma que aplique al terreno una carga no mayor de  $0.96 \text{ kg/cm}^2$

El nivel de sales presentes en el suelo es “Leve”, por lo que no va a ocasionar alteraciones en la cimentación, no obstante, se sugiere utilizar un cemento Portland tipo MS.

#### 4.2.3. Resumen de resultados de estudio de Canteras

Tabla 32: Resultados de ensayos de Cantera Desmotadora para gavión y filtro de grava.

CANTERA	Roca Ignea dura de color gris con manchas blancas de cantera desmotadora	UNIDADES
Humedad natural	0.43	%
Peso específico	2.60	gr/cm <sup>3</sup>
Peso volumétrico	2.182	Tn/m <sup>3</sup>
Porosidad	0.00508	%
Ensayo de abrasión	18.08	%
Duabilidad al sulfato de sodio y magnesio	9.92	%
Contenido de sales solubles	0.06	%

Tabla 33: Resultados de ensayos de Cantera en Pampa Vernilla para enrocados.

CANTERA	Roca Ignea dura de color gris.	UNIDADES
Humedad natural	1.01	%
Peso específico	2.64	gr/cm <sup>3</sup>
Peso volumétrico	2.351	Tn/m <sup>3</sup>
Porosidad	0.0113	%
Ensayo de abrasión	16.85	%
Resistencia a la compresión	668.82	Kg/cm <sup>2</sup>
Duabilidad al sulfato de sodio y magnesio	12.74	%
Contenido de sales solubles	0.09	%
Ángulo de fricción interna	40	°

Ambas canteras cuentan con el potencial de extracción suficiente para el proyecto.

Tabla 34: Resultados de ensayos de agregados y diseño de mezcla.

Resistencia Especificada:	<b><math>f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2</math></b>	
Uso .....	ESTRUCTURAS VARIAS	
Cemento Portland Tipo :	PORLAND TIPO "MS"	
Coefficiente de variación estimado :	$f'_{cr} = 294 \text{ Kg/cm}^2$	
Agregados:		
Piedra - Cantera :	PIEDRA CHANCADA 1/2" - CANTERA 3 TOMAS - FERREÑAFE	
Arena - Cantera :	ARENA - CANTERA RIO MOTUPE	
Características :	ARENA	PIEDRA
Humedad Natural :	0.92	0.26
Absorción :	0.66	0.77
Peso Específico de Masa :	2.6	2.65
Módulo de Fineza :	2.80	---
Tamaño máx. del agregado:	---	1/2
Peso Unitario Suelto :	1743	1400
Peso Unitario Varillado Compactado :	1901	1550

## 9. DOSIFICACION RECOMENDADA EN PESO

CEMENTO	AG. FINO	AG. GRUESO	AGUA
1.0	2.1	2.2	23.4
	:	:	Lts./bolsa

## 10. DOSIFICACION ESTIMADA EN VOLUMEN

CEMENTO	AG. FINO	AG. GRUESO	AGUA
1.0	1.8	2.4	23.4
	:	:	Lts./bolsa

### 4.3 Estudio Hidrológico

#### 4.3.1. Parámetros Geomorfológicos de la Cuenca

Tabla 35: Resumen de los principales parámetros geomorfológicos de la cuenca Motupe.

Parámetros Geomorfológicos		Cuenca del río Motupe
Área (Km <sup>2</sup> )		1589.67
Perímetro (km)		181.37
Elevación Media (m.s.n.m.)		380.00
Coeficiente de compacidad (Kc)		1.28
Factor de Forma		0.50
Rectángulo Equivalente	Long. Mayor (Km)	67.93
	Long. Menor (Km)	23.40
Pendiente Media: Rectángulo Equivalente		0.06
Pendiente Media: Curvas de nivel (Alvord)		0.02
Longitud del Cauce Principal (Km)		75.73
Longitud Total del Cauce (Km)		857.00
Orden de ríos		4to orden
Densidad de Drenaje (Km/Km <sup>2</sup> )		0.54
Altitud máxima del cauce (m)		4000.00
Altitud mínima del cauce (m)		69.52
Pendiente media del cauce principal		0.43%
Extensión media del Escurrimiento (m)		463.73
Densidad de Corrientes		0.013

#### 4.3.2. Análisis Meteorológico

##### 4.3.2.1. Análisis de frecuencias

Resultados del análisis de frecuencias para cada estación meteorológica:

Tabla 36: Prueba de bondad-ajuste para la estación CUEVA BLANCA

Kolmogorov-Smirnov test for:All data	a=1%	a=5%	a=10%	Attained a	DMax
Normal	ACCEPT	ACCEPT	REJECT	8.64%	0.17726
LogNormal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	49.61%	0.11739
Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	77.74%	0.09325
Log Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	78.30%	0.09274
EV1-Max (Gumbel)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	43.22%	0.12335

Tabla 37: Prueba de bondad-ajuste para la estación JAYANCA

Kolmogorov-Smirnov test for:All data	a=1%	a=5%	a=10%	Attained a	DMax
Normal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	18.76%	0.16881
LogNormal	ACCEPT	ACCEPT	REJECT	7.06%	0.2013
Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	54.07%	0.12366
Log Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	66.70%	0.11169
EV1-Max (Gumbel)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	32.82%	0.14695

Tabla 38: Prueba de bondad-ajuste para la estación OLMOS

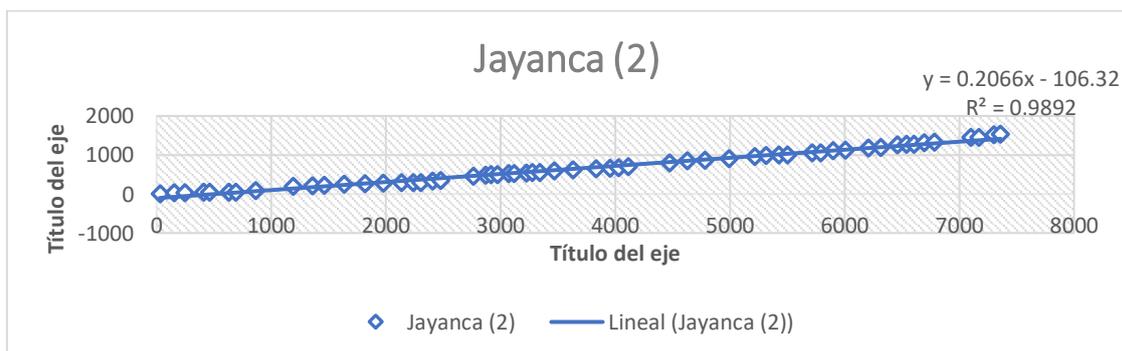
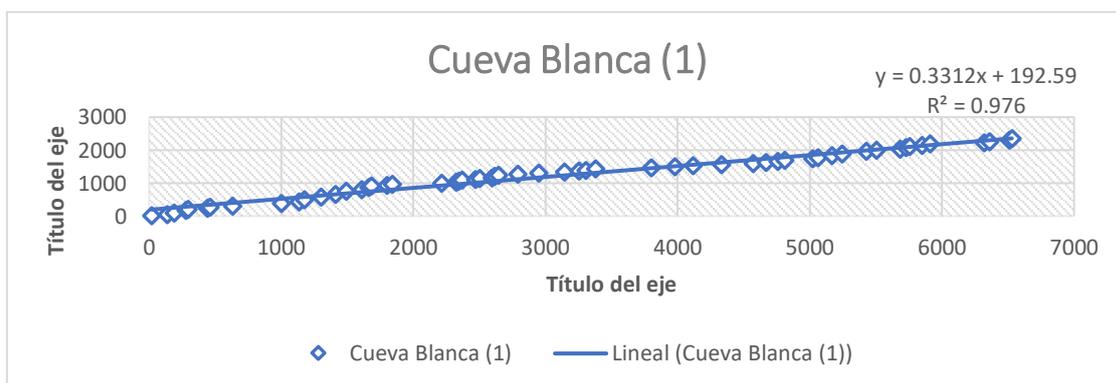
Kolmogorov-Smirnov test for:All data	a=1%	a=5%	a=10%	Attained a	DMax
Normal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	26.53%	0.15104
LogNormal	ACCEPT	REJECT	REJECT	2.88%	0.21996
Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	53.62%	0.12061
Log Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	54.68%	0.11962
EV1-Max (Gumbel)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	43.05%	0.13106

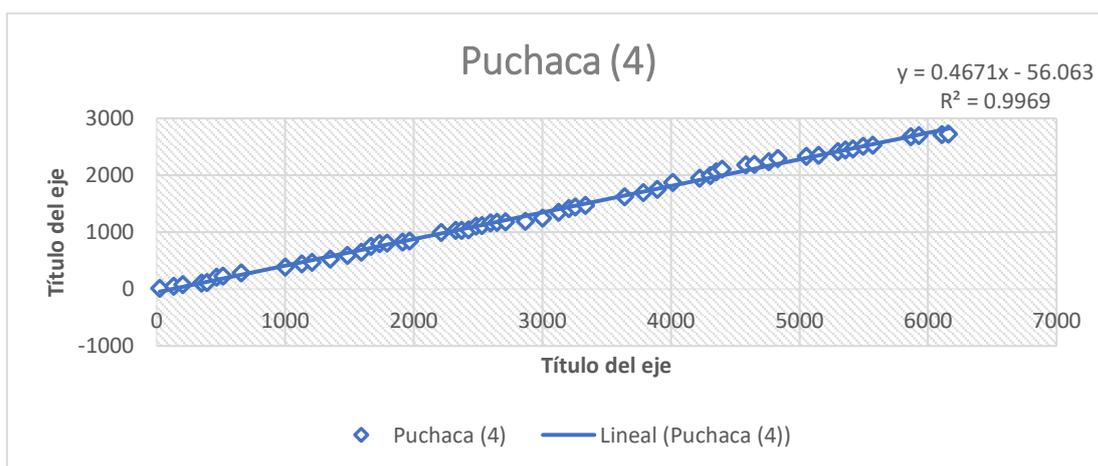
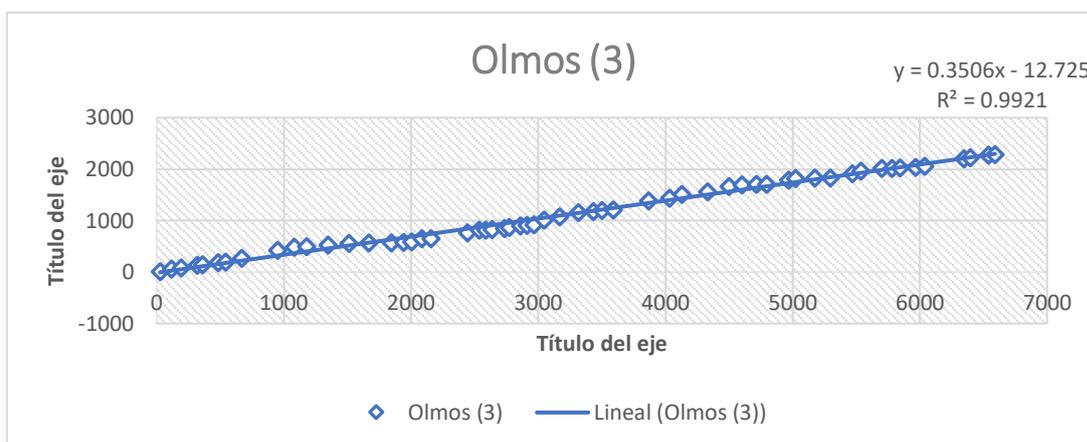
Tabla 39: Prueba de bondad-ajuste para la estación PUCHACA

Kolmogorov-Smirnov test for:All data	a=1%	a=5%	a=10%	Attained a	DMax
Normal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	53.15%	0.12105
LogNormal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	22.90%	0.15655
Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	97.92%	0.06979
Log Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	69.58%	0.10602
EV1-Max (Gumbel)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	94.20%	0.07859

#### 4.3.2.2. Análisis de consistencia de datos

Se realizó el análisis para las cuatro estaciones que influyen directamente en el proyecto: Cueva Blanca, Jayanca, Olmos, Puchaca. Se realizó curvas de doble masa para cada una de las estaciones para los datos de los años 1964 al 2020; obteniendo los siguientes resultados:





De los gráficos obtenidos se concluye que el análisis muestra una consistencia de datos; ya que hay una clara tendencia de todos los valores a una recta, para lo cual, **no se requiere hacer ninguna corrección.**

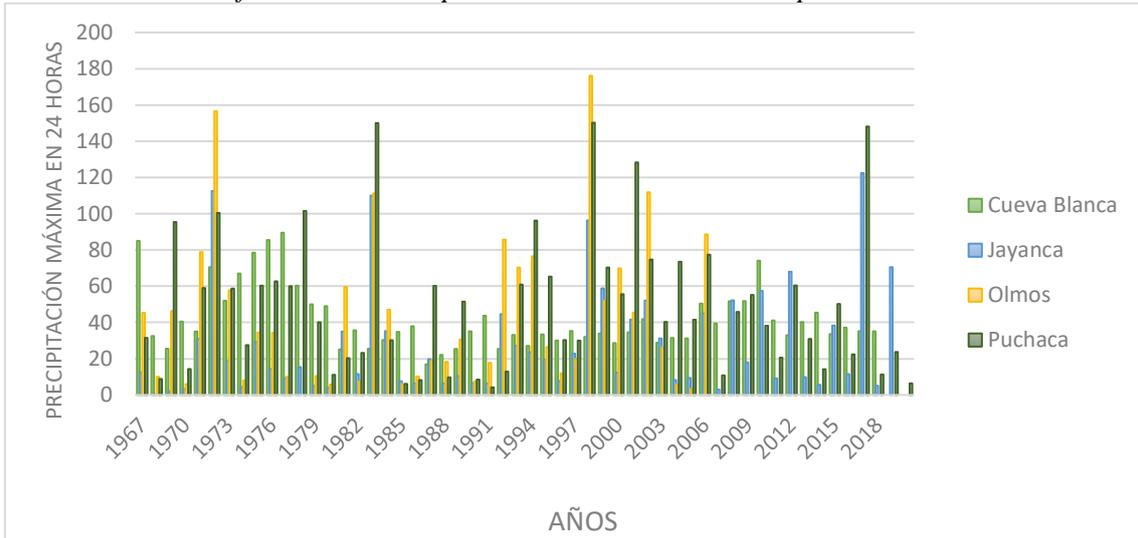
#### 4.3.2.3. Análisis de la Precipitación Máxima en 24 Horas

A falta de datos disponibles sobre las relaciones «frecuencia – intensidad – duración» y a manera de obtener un caudal máximo, se prestó una especial atención a las precipitaciones diarias. Se ha tomado como base los registros de precipitación máxima diaria ocurrida en 04 estaciones, todas operadas por SENAMHI; como se muestra en el siguiente cuadro, la ubicación y sus características principales de estas estaciones.

Tabla 40: Estaciones meteorológicas de Precipitaciones Máximas 24 horas

Estación	Ubicación Geográfica			Ubicación Política			Fuente
	Latitud	Longitud	Altitud	Dpto.	Prov.	Distr.	
Cueva Blanca	6°7'52.68" S	79°24'16.2" W	3300	Lambayeque	Lambayeque	Incahuasi	Senamhi
Jayanca	6°19'53.73" S	79°46'7.29" W	78	Lambayeque	Lambayeque	Jayanca	Senamhi
Olmos	5°50'13.7" S	79°49'8.8" W	120	Lambayeque	Lambayeque	Olmos	Ana
Puchaca	6°22'25" S	79°28'10.25" W	336	Lambayeque	Lambayeque	Incahuasi	Senamhi

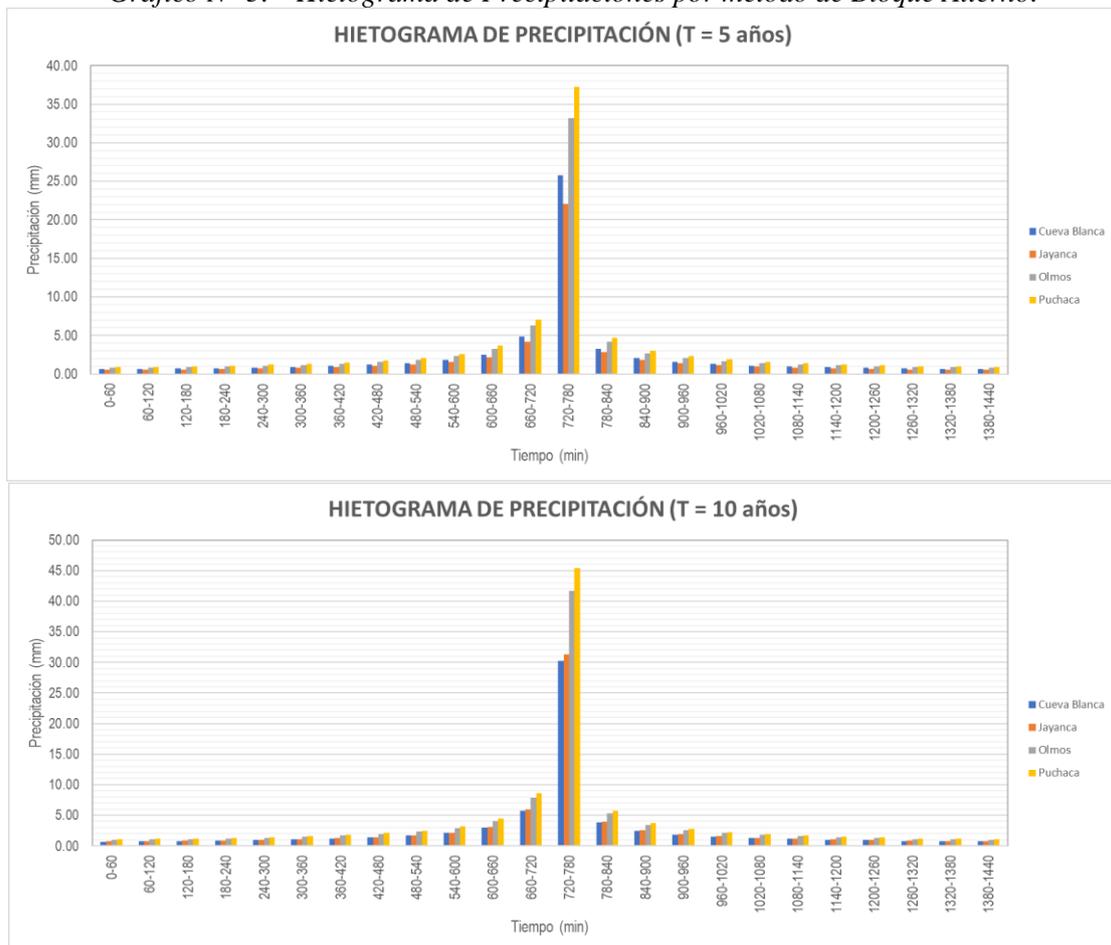
Gráfico N° 4. Precipitación Máxima en 24 horas por estaciones.

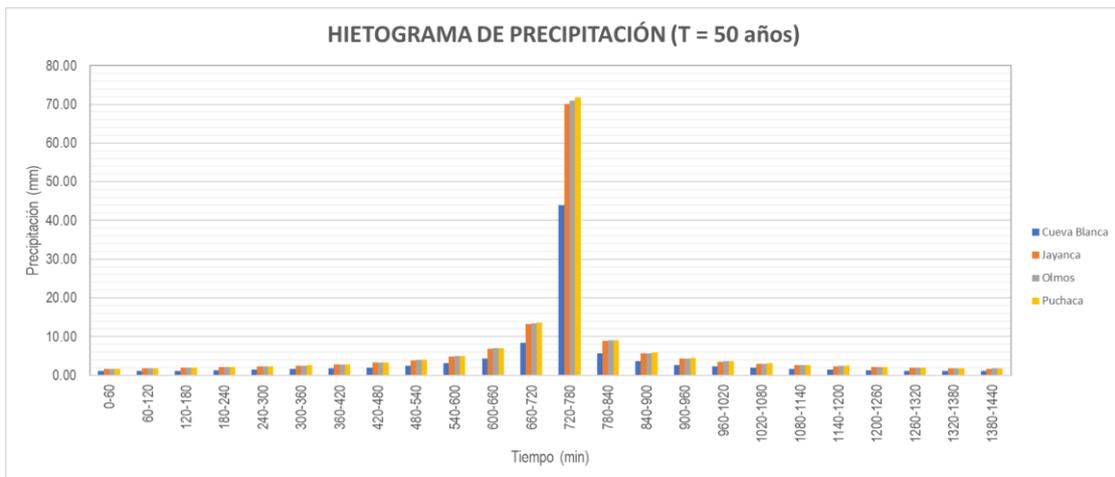
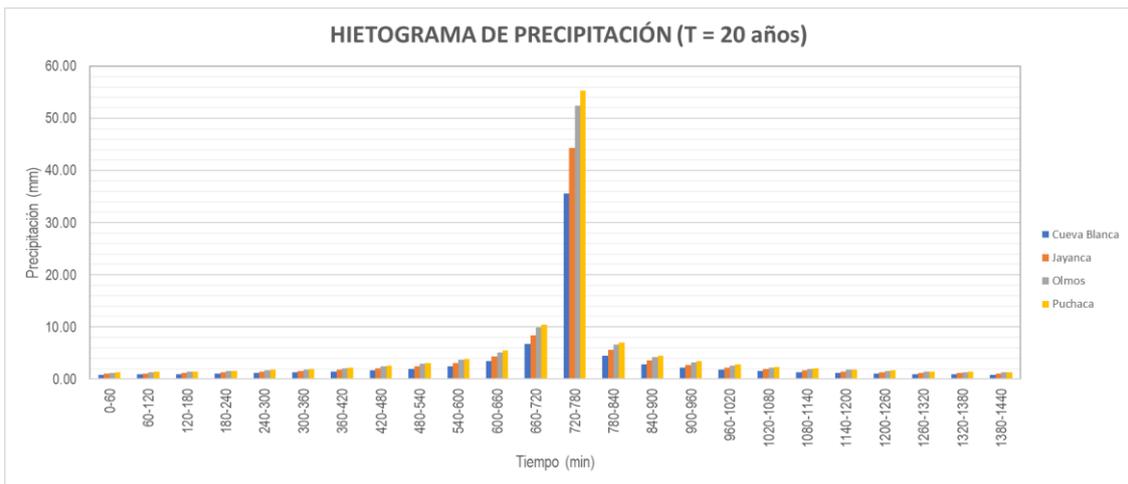
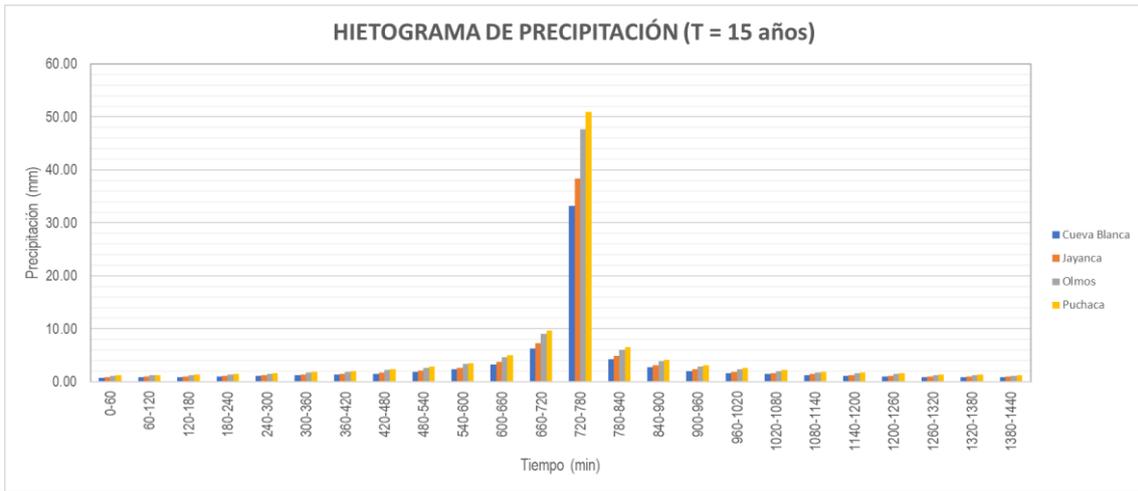


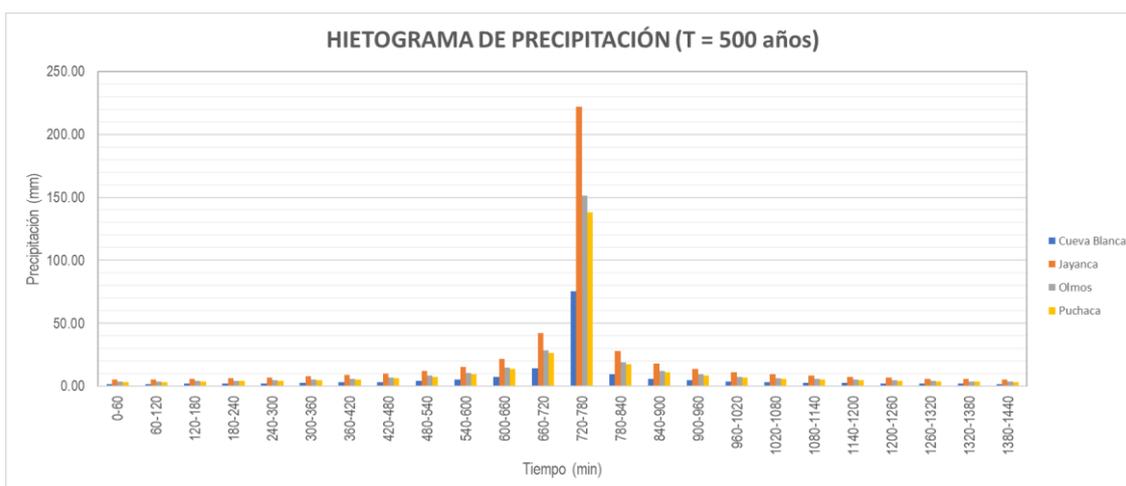
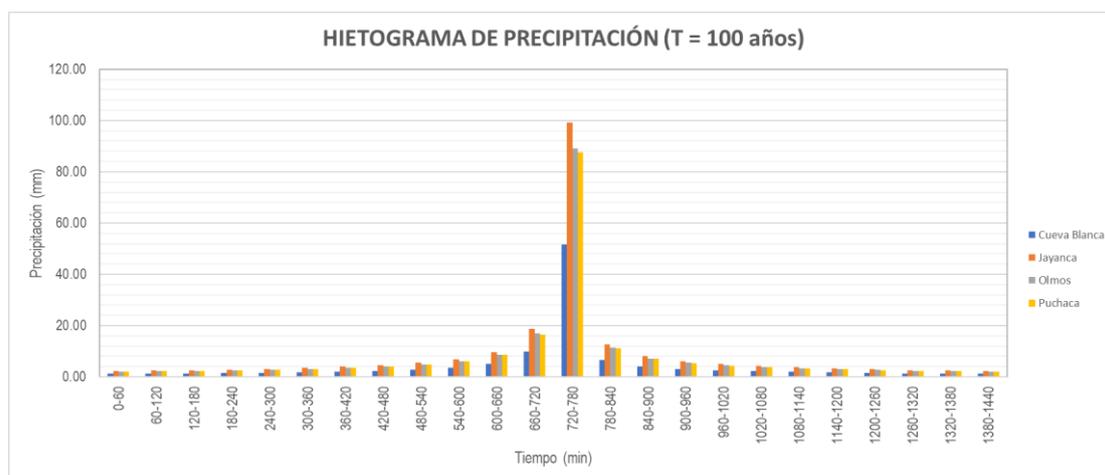
**Resultado de la Precipitación Máxima en 24 horas**

Las estaciones con información de tormentas de 24 horas fueron seleccionados, analizadas y ajustadas a una función de probabilidad, generándose valores de lluvias de 5, 10, 15, 20, 50, 100, 500 años, los cuales se muestran.

Gráfico N° 5. Hietograma de Precipitaciones por método de Bloque Alterno.







*Tabla 41: Resumen de la Precipitación Máxima a diferentes periodos de retorno por el método del bloque alterno.*

Estación	5 años	10 años	15 años	20 años	50 años	100 años	500 años
CUEVA BLANCA	25.74 mm	30.25 mm	33.25 mm	35.55 mm	44.01 mm	51.72 mm	75.25 mm
JAYANCA	22.10 mm	31.28 mm	38.32 mm	44.27 mm	70.05 mm	99.13 mm	222.00 mm
OLMOS	33.19 mm	41.71 mm	47.67 mm	52.41 mm	70.89 mm	89.08 mm	151.41 mm
PUCHACA	37.23 mm	45.37 mm	50.92 mm	55.27 mm	71.77 mm	87.44 mm	138.33 mm

### 4.3.3. Caudal Máximo

#### 4.3.3.1. Selección del periodo de retorno

La elección del periodo de retorno se ha realizado considerando la ubicación de la zona del proyecto, el registro de máxima precipitaciones, la vida útil de la estructura y antecedentes de caudales circulantes en épocas de fenómenos de el niño; se ha considerado usar un periodo de retorno de 20 años; ya que este produce un caudal de 703.9 m<sup>3</sup>/s. Considerando registros históricos, el caudal máximo circulante por la zona del proyecto es de 600 m<sup>3</sup>/s; por lo que se considera, que el caudal de diseño es el suficiente para poder diseñar estructuras para la protección de desbordes.

Se considera, además, que el periodo de retorno debe coincidir con la aparición de máximas avenidas producto del fenómeno “El niño”; cuya aparición aproximadamente se realiza cada 20 años.

Además, si consideramos un caudal mayor para un mayor periodo de retorno, zonas inundables sería incontrolables por cualquier tipo de defensa ribereña; por lo que el costo del proyecto sería exageradamente costoso.

#### 4.3.3.2. Resultados de la Simulación de la Cuenca del Río Motupe

A continuación, se muestran los resultados de los hidrogramas para el Periodo de retorno de diseño de 20 años para cada una de las subcuencas y el caudal resultante en el punto de aforo:

Figura N° 114. Caudal en subcuenca W100.

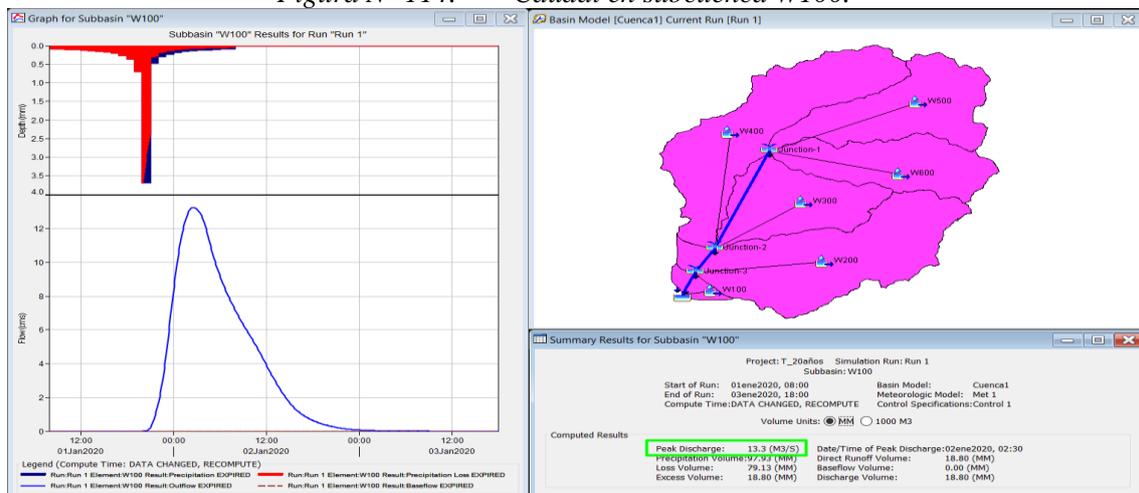


Figura N° 115. Caudal en subcuenca W200.

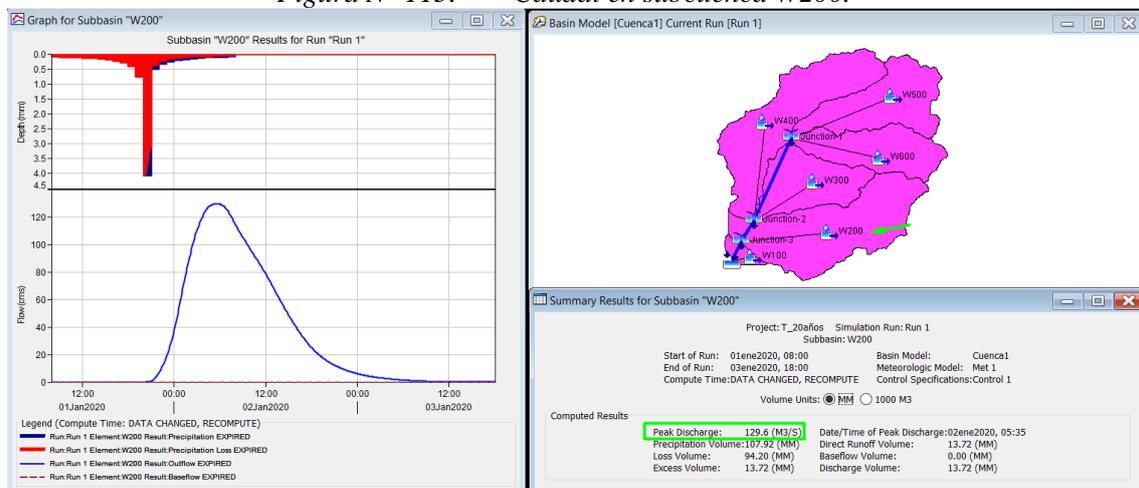


Figura N° 116. Caudal en subcuena W300.

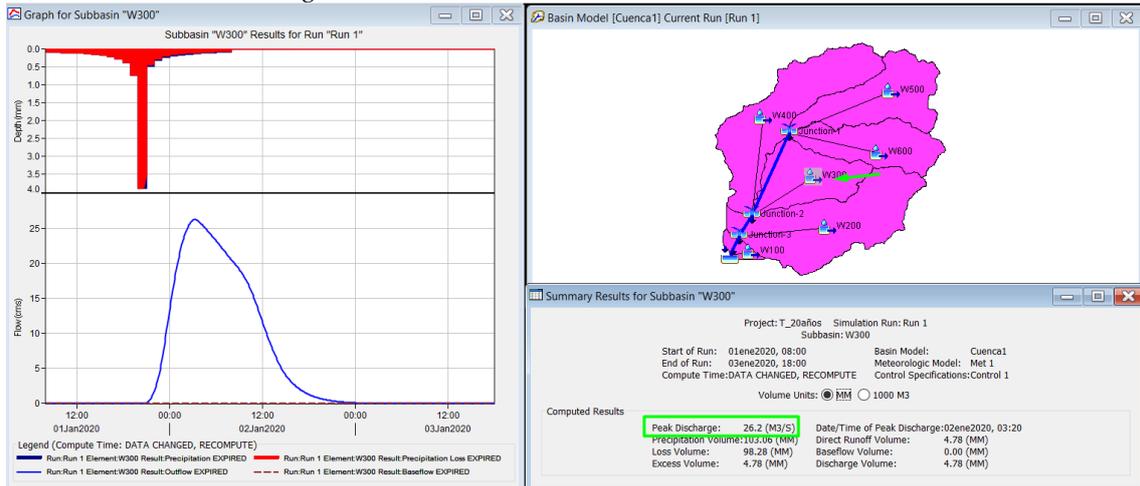


Figura N° 117. Caudal en subcuena W400.

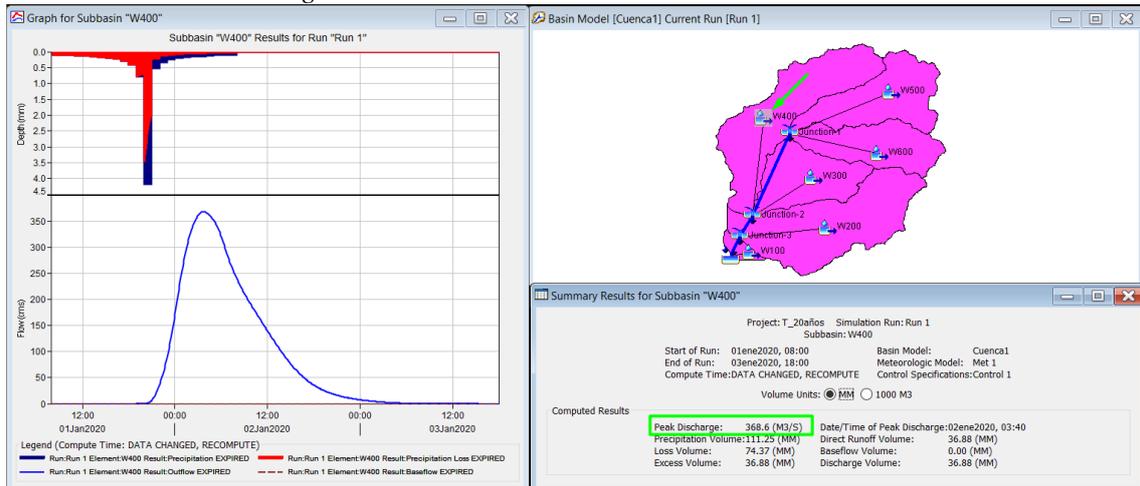


Figura N° 118. Caudal en subcuena W500.

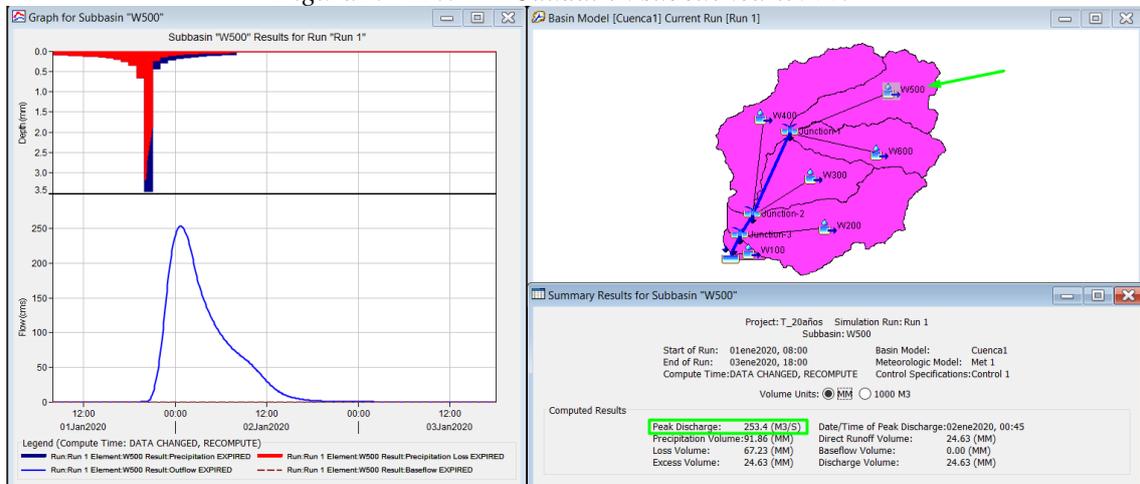


Figura N° 119. Caudal en subcuenca W600.

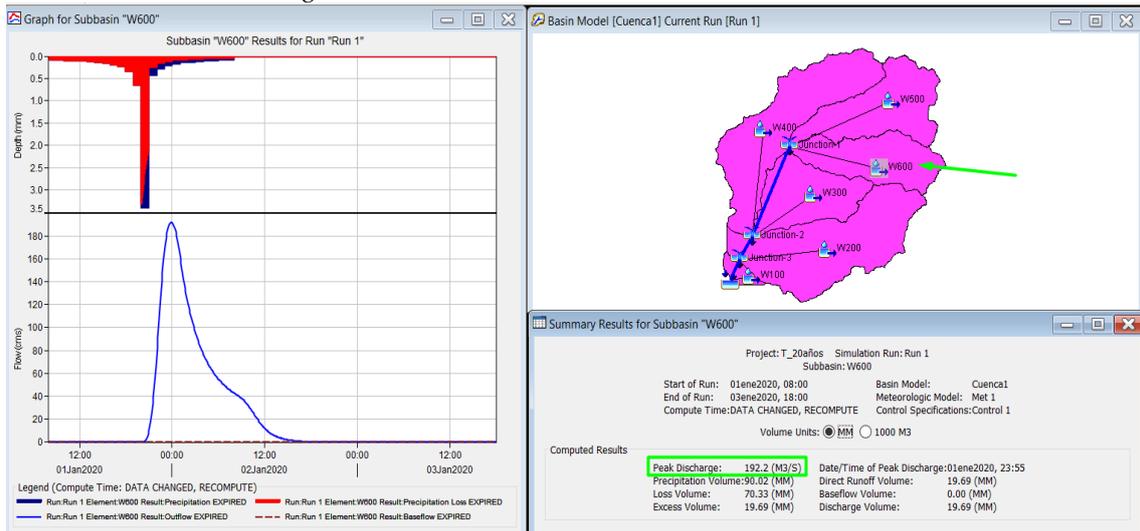
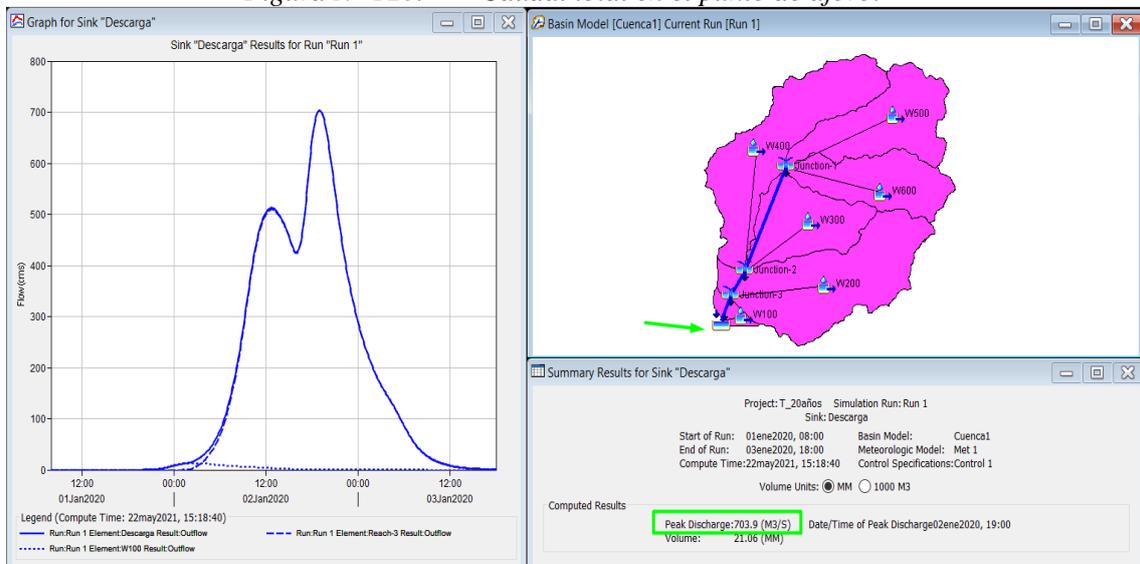


Figura N° 120. Caudal total en el punto de aforo.



Los hidrogramas de avenida fueron calculados para períodos de retorno de 5 10 y 15, 20, 50, 100 y 500 años, y son presentados en el siguiente cuadro.

Tabla 42: Resultados de Caudales Máximos a diferentes periodos de retorno.

Periodo de Retorno	Q (m3/s)
T = 5	218.30
T = 10	406.50
T = 15	565.10
<b>T = 20</b>	<b>703.90</b>
T = 50	1329.70
T = 100	2045.80
T = 500	6284.90

#### 4.4 Estudio Hidráulico

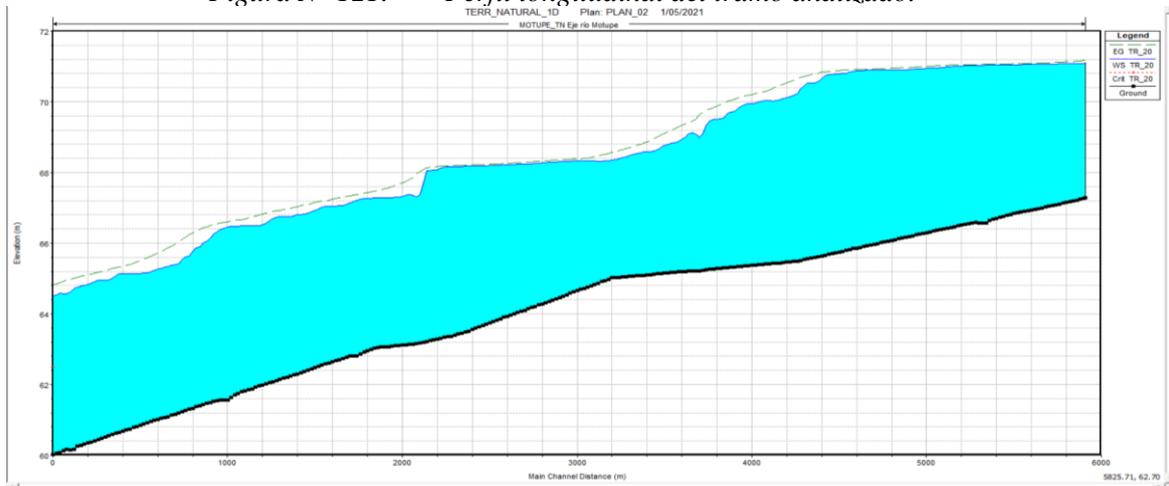
Los resultados de esta investigación respecto al comportamiento del cauce mediante 2 softwares en 1D y 2D respectivamente serán presentado por etapas; una primera etapa considerando el cauce natural del río (tal y como está actualmente), una segunda etapa con una descolmatación y limpieza del cauce y una última considerando las defensas de protección y verificando que no se desborde en los tramos analizados.

##### 4.4.1. Resultados de HEC-RAS

###### 4.4.1.1. Cauce Natural

En este proceso es posible diferencias las zonas donde se genera inundación producto del caudal de diseño de  $703.9 \text{ m}^3/\text{s}$ . por lo que con este análisis en 1D se llega a la conclusión de que se debe colocar protección en ambas márgenes en la parte del C.P. Pampa de Lino.

Figura N° 121. Perfil longitudinal del tramo analizado.



Fuente: elaboración propia.

Figura N° 122. Vista isométrica de la llanura de inundación

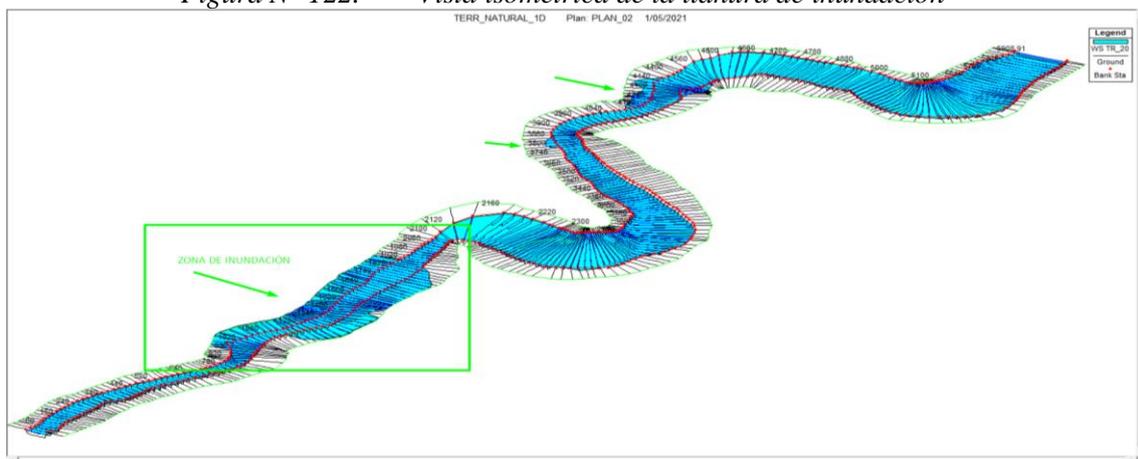
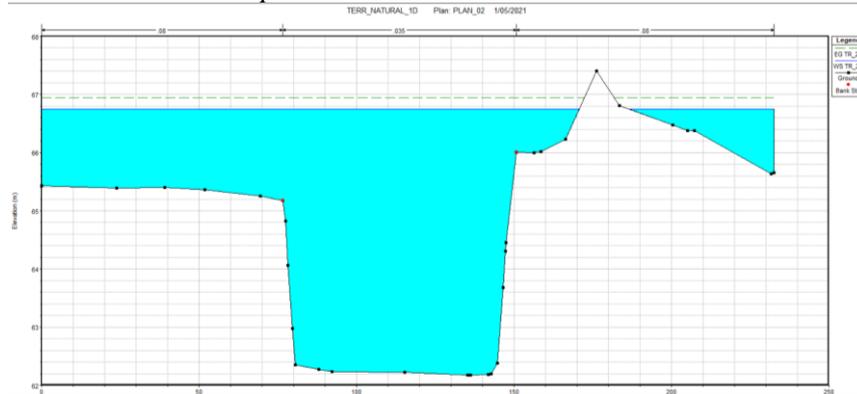


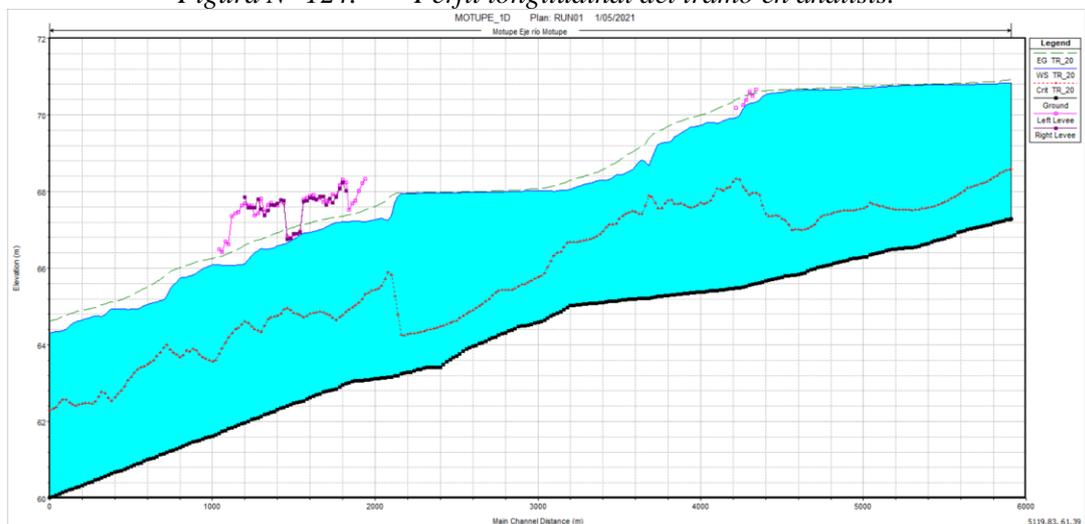
Figura N° 123. Zona representativa de llanura de inundación en sección 1200.



#### 4.4.1.2. Cauce Descolmatado con bancos de protección

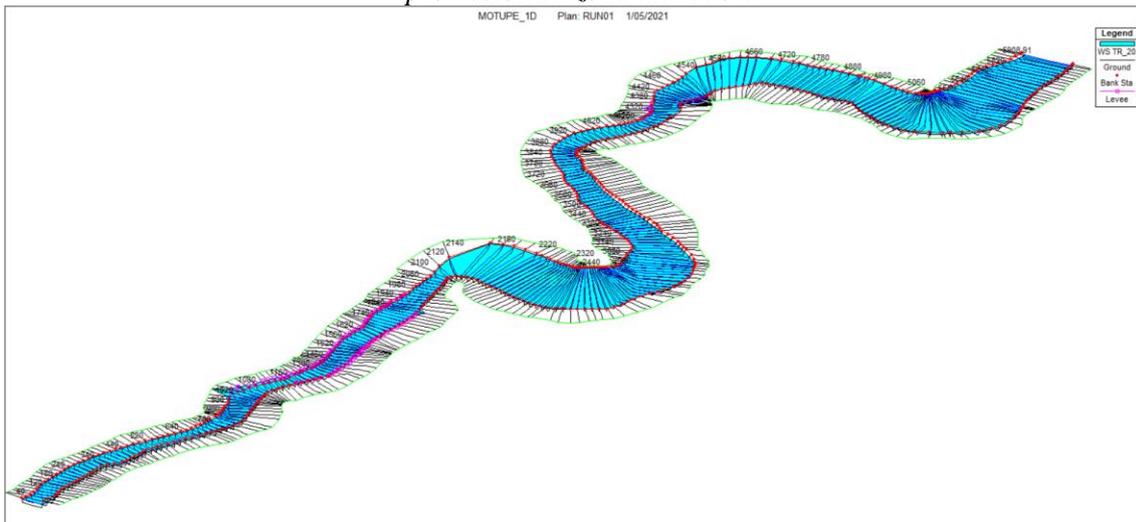
Se muestra a continuación una vista en perfil del cauce del río, en el cual se visualiza la colocación de bancos de protección para retener el desborde del agua, comparando con el resultado anterior, en este no se muestra la inundación ya que se le ha introducido diques de protección en las zonas inundables.

Figura N° 124. Perfil longitudinal del tramo en análisis.



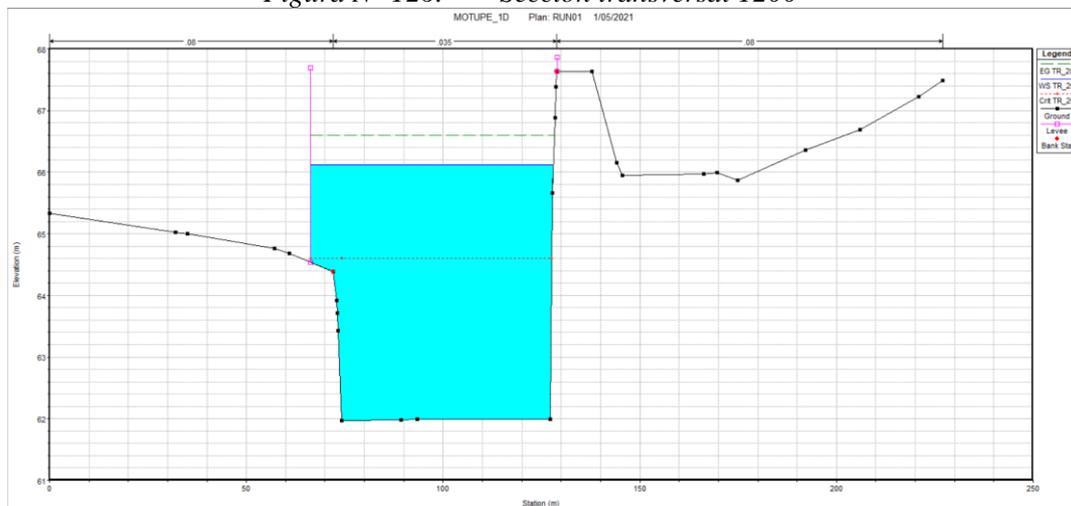
Los resultados del software mostraron además la presencia de flujo subcrítico para todas las secciones del cauce analizado ya que se puede visualizar en el perfil longitudinal que el nivel de agua está por encima de la línea roja que vendría a ser la línea de energía, esto sucede por la poca pendiente del cauce.

Figura N° 125. Vista isométrica del cauce analizado. Visibilidad de diques de protección en zona inundable.



Se presencia además que, en las secciones transversales del cauce, en el fondo del río, se muestra una geometría mucho más uniforme debido a que este modelo es presentado descolmatado.

Figura N° 126. Sección transversal 1200



#### 4.4.1.3. Erosión-Socavación general en HEC-RAS

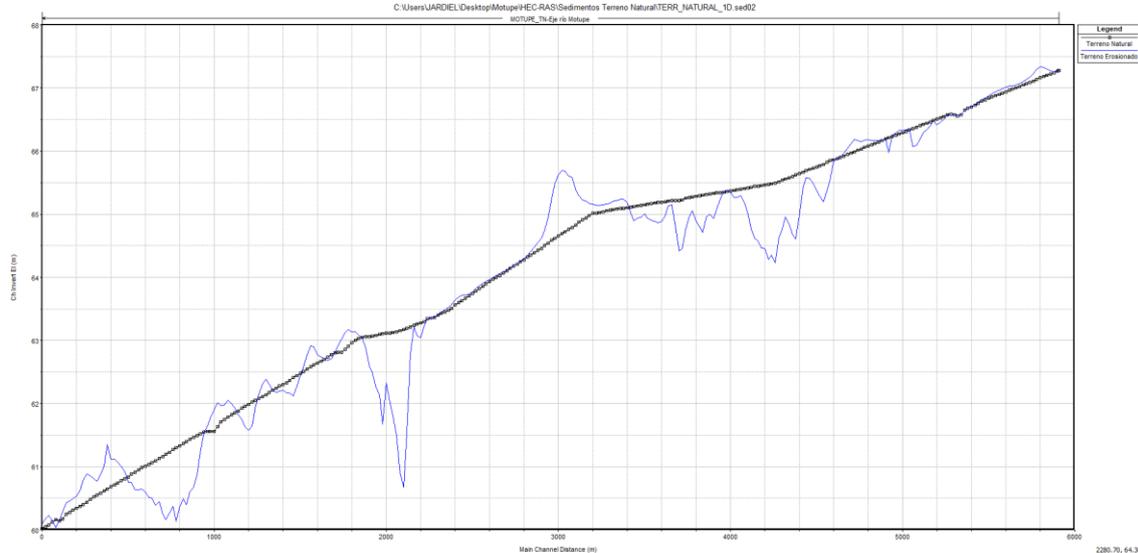
A continuación, se muestra el análisis de erosión y agradación en el cauce del río en análisis; se analizó con la topografía del terreno natural y con una topografía de un cauce descolmatado.

Con este análisis se llegó a la conclusión de que no solamente se producía erosión a lo largo de tramo analizado, sino que también existía el fenómeno de agradación o sedimentación, y esto pasa por la poca pendiente del cauce lo que conlleva a que la fuerza

del agua no sea capaz de llevar todas las partículas suspendidas tras su paso, haciendo que se depositen en zonas donde es menor aún la pendiente. Se muestra a continuación.

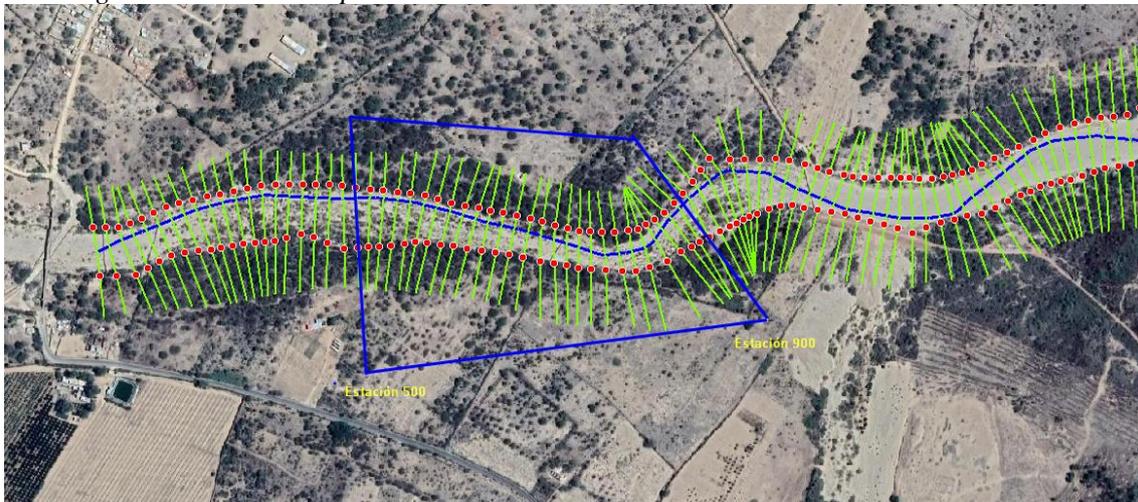
**Erosión en cauce natural:** ver imagen de perfil longitudinal a más detalle en anexo 9.3.

*Figura N° 127. Perfil longitudinal del cauce natural con erosión/gradación para un caudal de 703.9 m<sup>3</sup>/s.*



Se muestra que hay presencia de alta capacidad erosiva desde la estación 500 hasta la estación 900. En el perfil longitudinal se muestra a esta zona como zona de erosión, la que es causada por la disminución en sus sección de cauce lo que hace que las velocidades se incrementen, a consecuencia de eso se genera un lavado de partículas en el fondo.

*Figura N° 128. Capacidad erosiva desde la estación 500 hasta la estación 900*



Otro tramo que muestra una erosión considerable es desde la estación 1860 hasta la estación 2200. La erosión se produce por la disminución del cauce, es de estas secciones

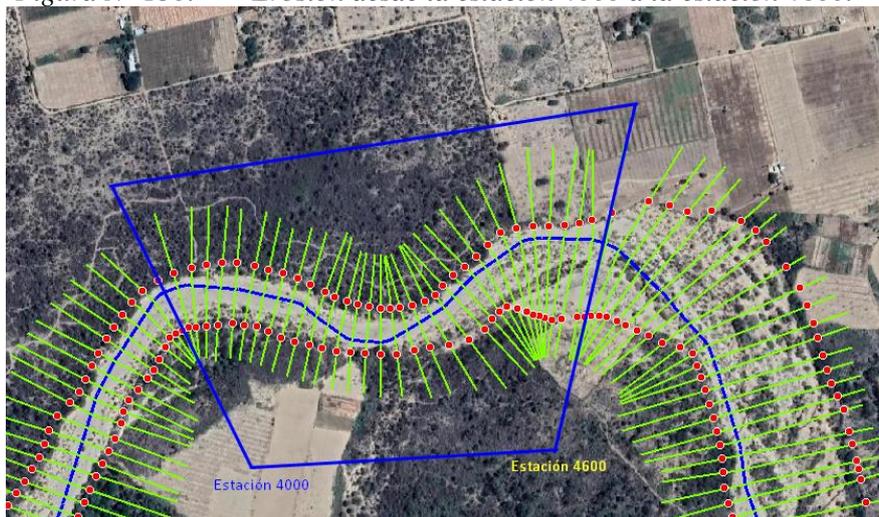
que se ha tomado como máxima erosión para el diseño de la cimentación de protección de ambos márgenes hacia el C.P. Pampa de Lino.

*Figura N° 129. Erosión considerable es desde la estación 1860 hasta la estación 2200.*



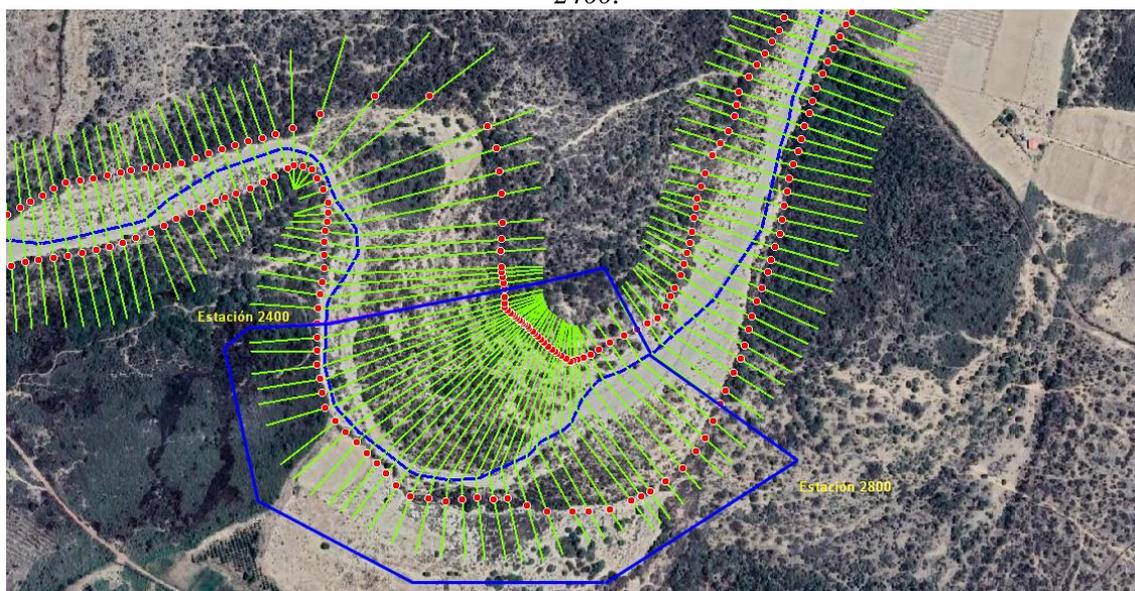
Estación 4000 a la estación 4600. En esta zona la máxima erosión se genera por una disminución del ancho del cauce y además por la sinuosidad presente.

*Figura N° 130. Erosión desde la estación 4000 a la estación 4600.*



Presenta agradación significativa desde la estación 2800 hasta la estación 2400. Esto se debe a la pendiente en esa zona y al ancho de la sección que hace que exista acumulación de los materiales del río. Si se realiza limpieza de esa zona y se construye gaviones se lograría proteger la zona donde se está generando erosión a la margen izquierda, como se mostrará en los diseños de defensas ribereñas.

Figura N° 131. Agradación significativa desde la estación 2800 hasta la estación 2400.



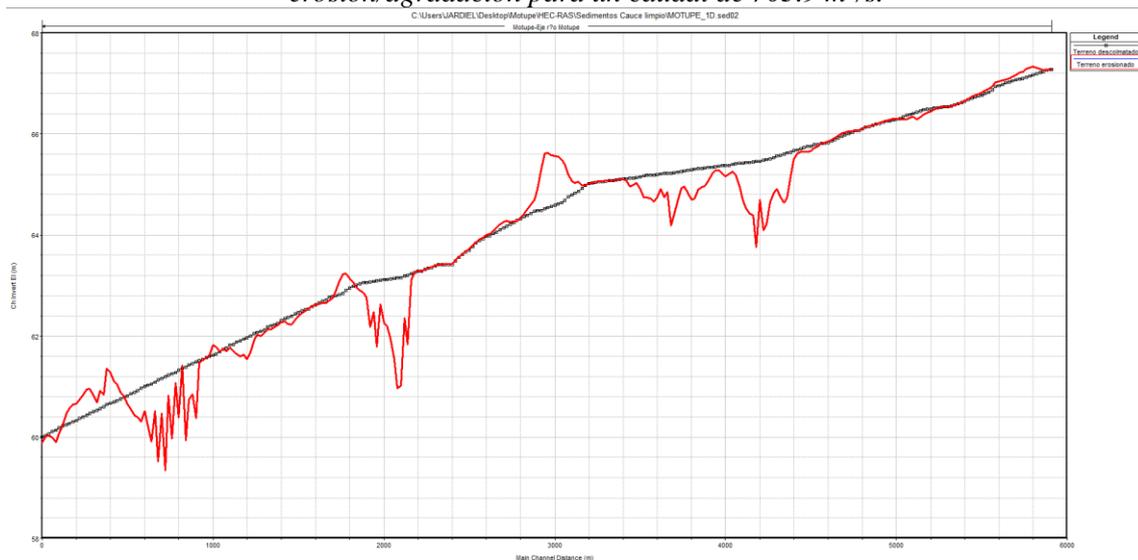
Presenta agradación en la parte final del análisis aguas abajo desde la estación 500 hasta la estación 0. En el estudio de mecánica de suelos tras la realización de las exploraciones se verificó la acción de agradación ya que al realizarse las excavaciones se comprobó una altura de estrato de arenas considerable debido a ese efecto.

Figura N° 132. Agradación en aguas abajo del tramo en análisis, desde la estación 500 hasta la estación 0.



**Erosión en cauce descolmatado:** a pesar de realizar la descolmatación del cauce los resultados de erosión y agradación son muy similares al análisis anterior. Ver imagen de perfil longitudinal a más detalle en anexo 9.4.

Figura N° 133. Perfil longitudinal del cauce descolmatado con erosión/gradación para un caudal de  $703.9 \text{ m}^3/\text{s}$ .



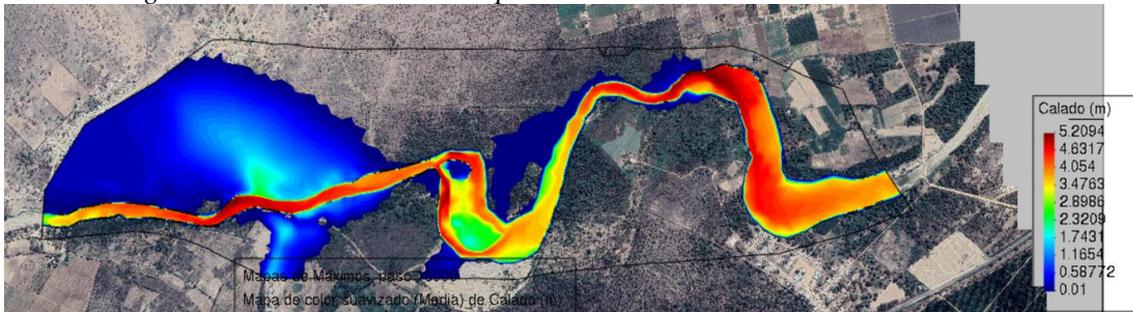
Según estos resultados los tramos donde se erosionan o donde se produce agradación son similares al análisis con la topografía del terreno natural, por lo que ambos datos son correctos, las secciones se mostrarán en los resultados de los diseños comparándolos además con los resultados en 2 dimensiones con IBER.

**4.4.2. Resultados de IBER**

**4.4.2.1. Cauce Natural**

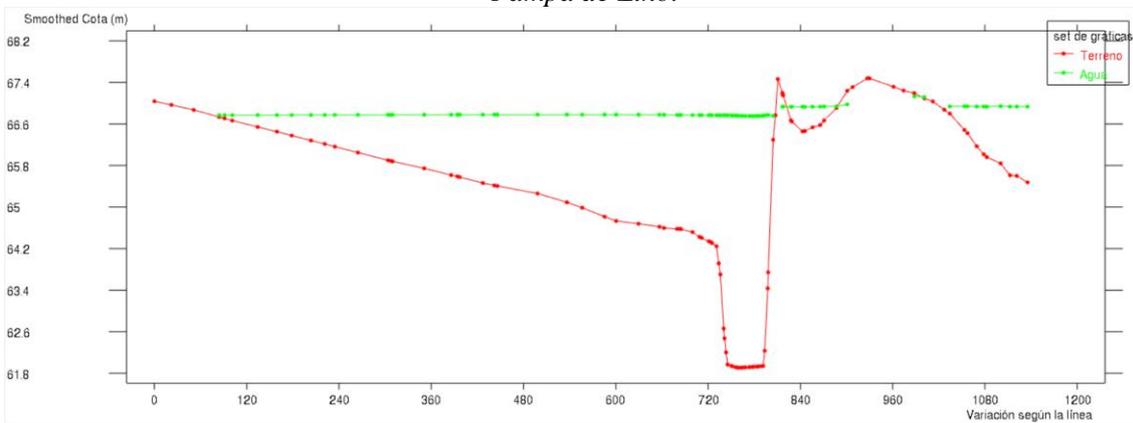
Un modelo hidráulico 2D permite tener un mejor análisis de posibles tipos de protección de defensas ribereñas como se verá a continuación:

*Figura N° 134. Inundación producida con el cauce natural de terreno.*



En la imagen se puede observa una llanura de inundación en la zona de Pampa de Lino, que alcanza a llegar al centro poblado.

*Figura N° 135. Sección transversal de inundación de cauce natural en zona de Pampa de Lino.*



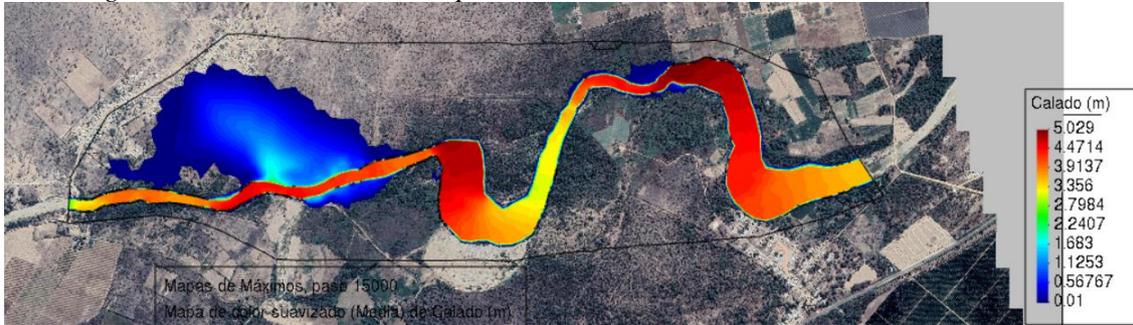
*Figura N° 136. Distribución de velocidades a lo largo del cauce analizado.*



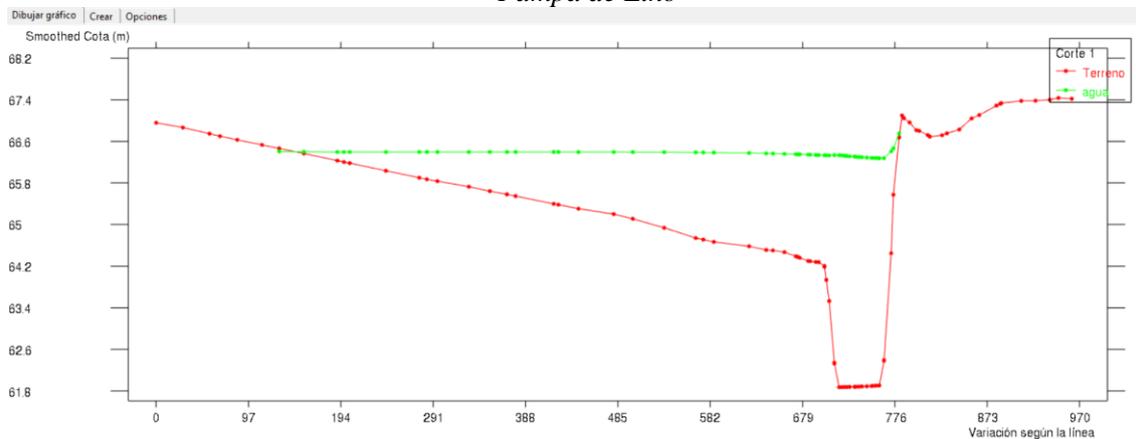
**4.4.2.2. Cauce Descolmatado**

Se procedió a descolmatarse y limpiar el cauce nivelando el fondo del río, evidenciando aun así que para el caudal de diseño se generaba inundación en la zona de Pampa de Lino, por lo que es necesario agregar diques de protección en esa zona.

*Figura N° 137. Inundación producida con el cauce descolmatado de terreno.*



*Figura N° 138. Sección transversal de inundación de cauce limpio en zona de Pampa de Lino*



*Figura N° 139. Distribución de velocidades en el cauce descolmatado.*



**4.4.2.3. Modelo de cauce con defensas ribereñas**

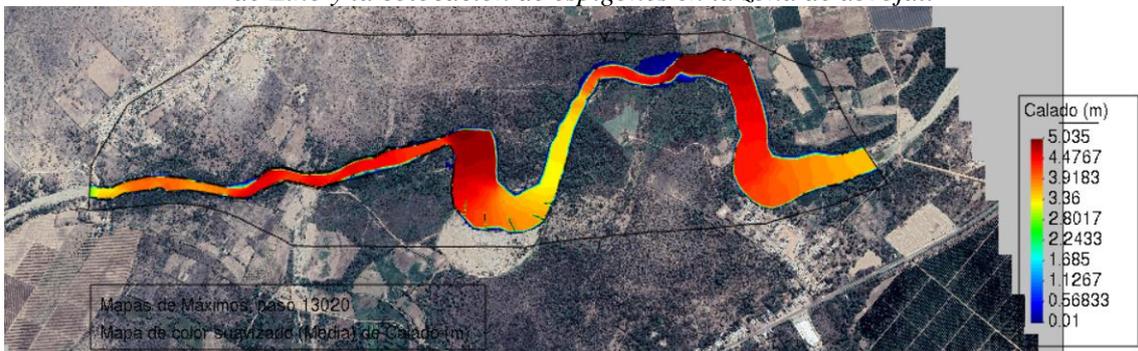
Con los resultados del cauce descolmatado, se vio en la necesidad de colocar diques de protección en la zona de Pampa de Lino; sin embargo, debido a la acción erosiva en la curva de Abrojal y en la curva de la zona de Cahuide se vio en la necesidad de considerar

el uso de gaviones en la zona de Cahuide y la colocación de espigones para la disminución de la velocidad erosiva en Abrojal.

Figura N° 140. Descripción de las zonas a proteger



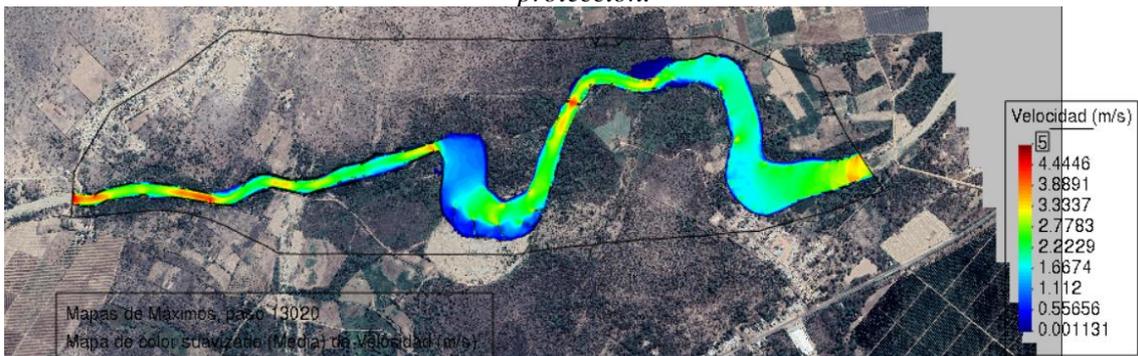
Figura N° 141. Paso del agua con la colocación de diques en la zona de Pampa de Lino y la colocación de espigones en la zona de abrojal.



En la imagen se muestra como la inundación es controlada con la colocación de diques en ambas márgenes en Pampa de Lino y la disminución de la velocidad en Abrojal tras la colocación de espigones.

Es necesario colocar protecciones de 5 m de altura ya que el tirante de agua alcanza a llegar a 4.5 m en los tramos más críticos donde se genera la inundación.

Figura N° 142. Distribución de velocidades con diques y espigones de protección.



A continuación, se muestra la comparación de la velocidad en la zona de Abrojal con y sin gaviones. Notándose una considerable disminución de las velocidades.

Figura N° 143. Velocidad sin espigones

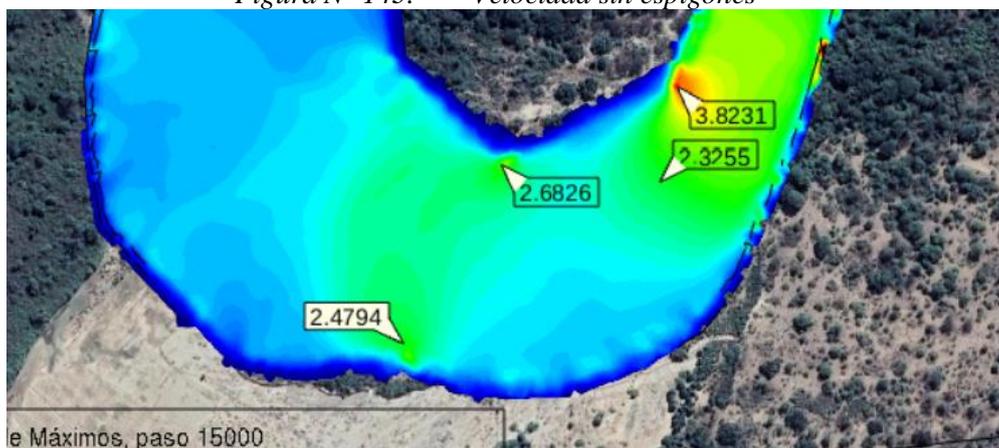
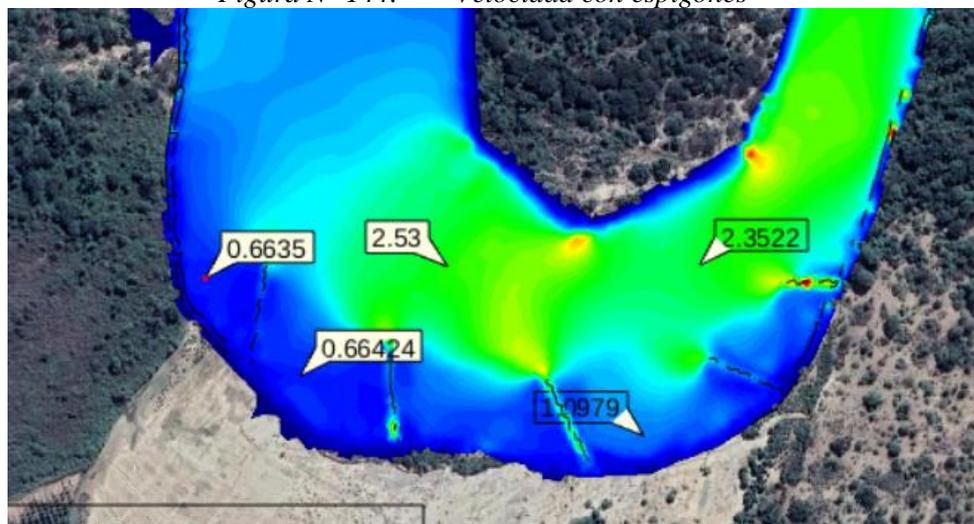


Figura N° 144. Velocidad con espigones



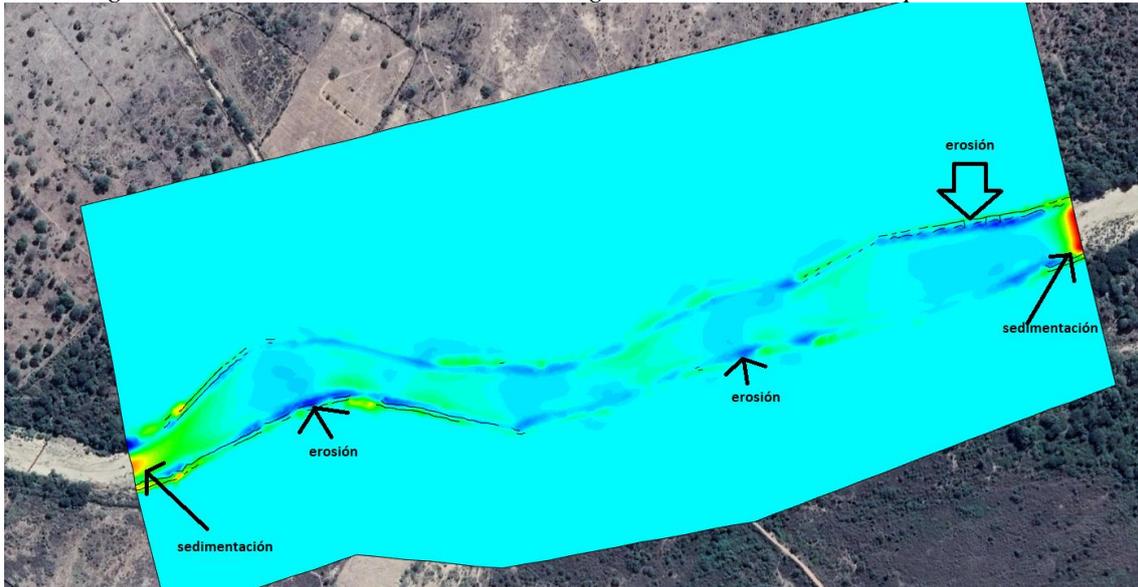
En anteriores imágenes se mostró la disminución de velocidades tras la colocación de espigones, la cual beneficiará en la recuperación de las orillas erosionadas por la acción del agua.

#### 4.4.2.4. Erosión-Socavación general en IBER

Este análisis permitió poder identificar zonas de erosión y agradación para el cauce en análisis en una vista en planta y distribución en el plano y observar lugares de erosión que en el análisis en HEC-RAS no es posible analizar.

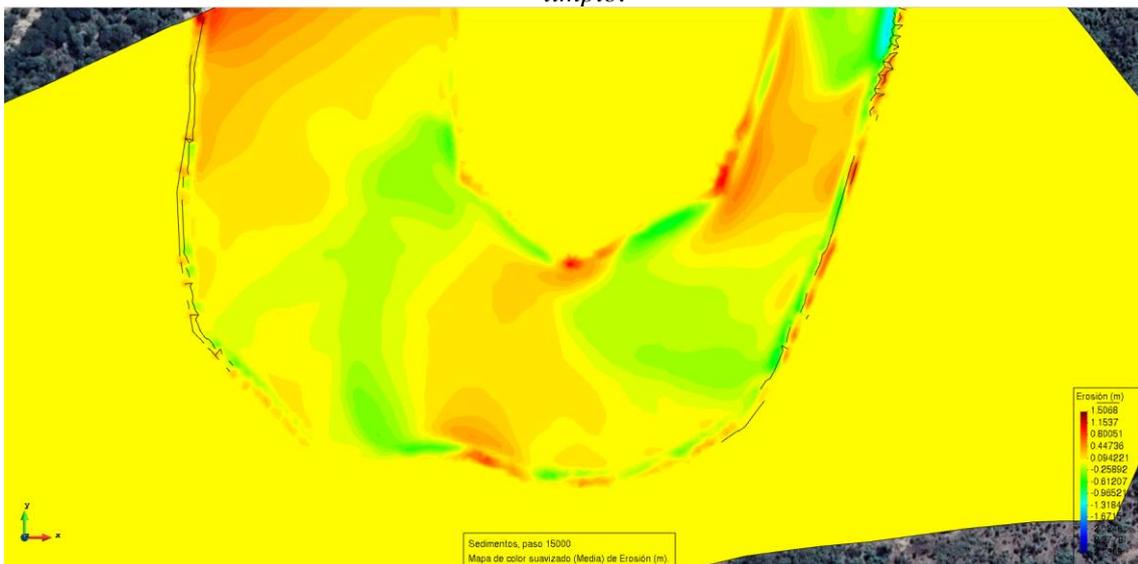
Es necesario mencionar que debido al tiempo computacional que realiza este análisis es considerable, por lo que se optó por zonificar las zonas más importantes y ver lo que ocurre con la erosión y agradación. Los resultados se muestran a continuación:

Figura N° 145. Análisis de erosión – agradación en zona de Pampa de Lino.



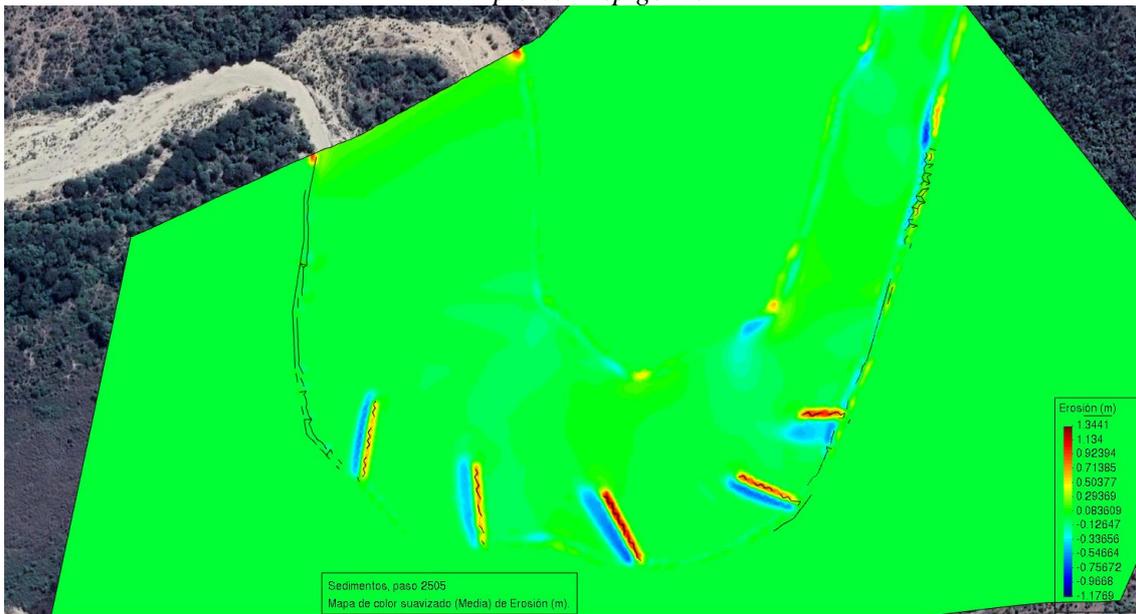
Como se puede observar, las zonas con un color rojito indican sedimentación y las zonas con un color azul indican erosión, si realizamos una comparación con HEC-RAS del mismo tramo, tanto al inicio como al final muestran zonas de erosión considerables, resultados que muestran en el análisis 1D.

Figura N° 146. Análisis de erosión – agradación en zona de Abrojal con cauce limpio.



Los resultados muestran al igual que HEC-RAS que en esta zona se produce agradación, se puede observar en la leyenda en la imagen anterior, los resultados positivos (+) indican aumento de material.

Figura N° 147. Análisis de erosión – agradación en zona de Abrojal con cauce limpio con espigones.



A diferencia del análisis anterior, en este se muestra una agradación en una parte del espigón y su contraparte indica que se va a erosionar llegando a ser de un valor de 1.17 m, por lo que hace necesario una cimentación para contrarrestar esa erosión. Y un valor de sedimentación máximo de 1.34 m.

Figura N° 148. Análisis de erosión – agradación en zona de Cahuide.



### 4.5 Diseño de Defensas Ribereñas

Mediante el modelamiento hidráulico se logró determinar las zonas a proteger en el cauce en estudio, para cada una de estas zonas se han realizado dos tipos diferentes de defensas ribereñas, con la finalidad de comparar la mejor solución para cada tramo. Estas se muestran a continuación:

Figura N° 149. Zonas a proteger en el cauce del río Motupe.

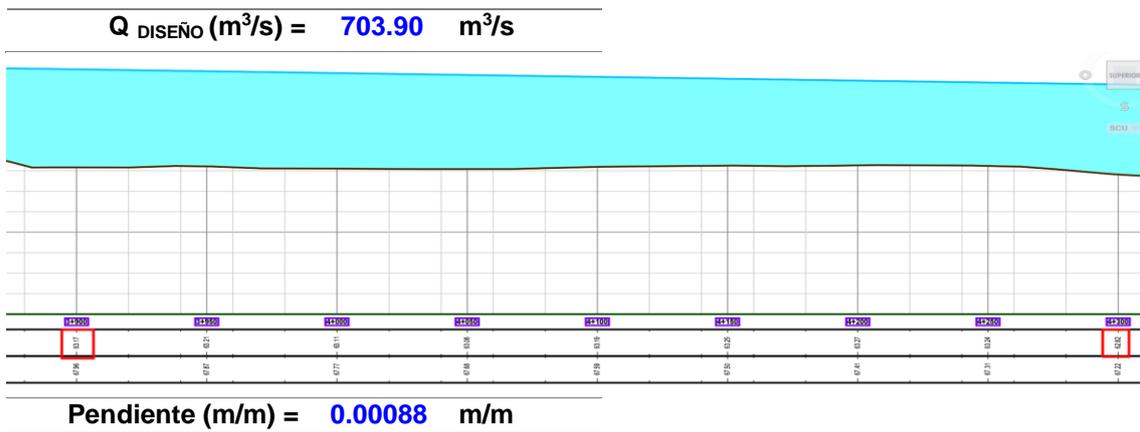


#### 4.5.1. Diseño en zona de Pampa de Lino

##### 4.5.1.1. Dique Enrocado

### SECCIÓN ESTABLE O AMPLITUD DE CAUCE (B)

#### DATOS INICIALES



#### MÉTODO DE SIMONS Y HENDERSON

$$B = K_1 Q^{1/2}$$

Condiciones de Fondo de río	$K_1$	B (m)
Fondo arena y orillas material no cohesivo	2.8	74.29

#### MÉTODO DE PETTIS

$$B = 4.44 Q^{0.5} \rightarrow$$

B (m)	117.8
-------	-------

**MÉTODO DE ALTUNIN - MANNING**

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

Valores rugosidad de Manning (n)		B (m)
Descripción	n	
Cauces de Río con fuerte transporte de acarreo = 0.035	0.035	145.84
Coeficiente Material del Cauce		
Descripción	K	
Material aluvial = 8 a 12	12	
Coeficiente de Tipo de Río		
Descripción	m	
Para cauces aluviales	1	

**MÉTODO DE BLENCH**

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

Factores		B (m)
Factor de Fondo	F <sub>b</sub>	
Material Fino	0.8	96.04
Factor de Orilla	F <sub>s</sub>	
Materiales ligeramente cohesivos	0.2	

**RECOMENDACIÓN PRÁCTICA**

$$= 96.042 \text{ m}^3/\text{s}$$

Q (m <sup>3</sup> /s)		B (m)
3000	200	
2400	190	
1500	120	
1000	100	
500	70	

**RESUMEN :**

MÉTODO	B (m)
MÉTODO DE SIMONS Y HENDERSON	74.29
MÉTODO DE PETTIS	117.8
MÉTODO DE ALTUNIN - MANNING	145.84
MÉTODO DE BLENCH	96.04
RECOMENDACIÓN PRACTICA	82.23
=====> PROMEDIO B :	103.24

=====> SE ADOPTA B : 72.38

Se elige este ancho por adaptarse a la zona de estudio. (Ancho en la base del cauce)

### CALCULO HIDRÁULICO

Figura N° 150. Tramo en análisis software IBER

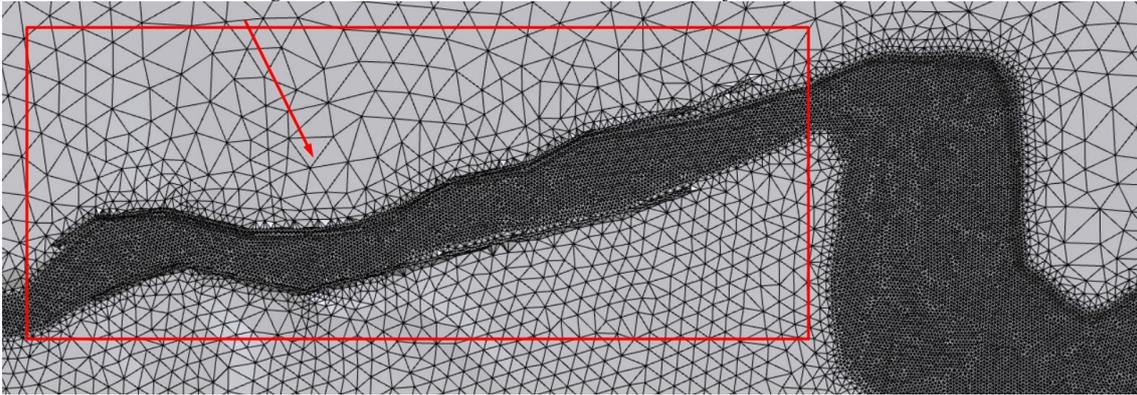
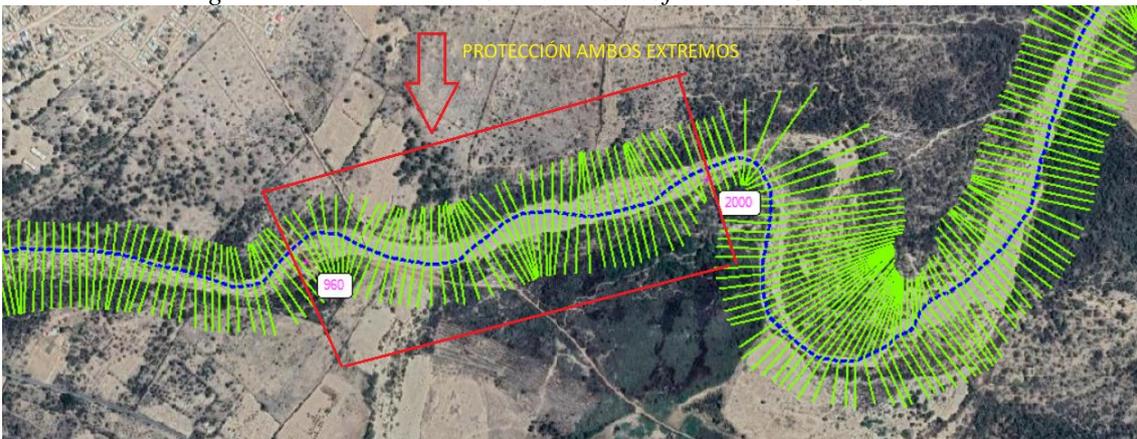


Figura N° 151. Tramo en análisis software HEC-RAS 5.0.4



### CÁLCULO DEL TIRANTE

**MÉTODO DE MANNING - STRICKLER (B > 30 M) ----->  $t = ((Q / (Ks * B * S^{1/2}))^{3/5}$**

Valores para Ks para Cauces Naturales (Inversa de n)

Descripción	Ks
Cauces de Río con fuerte transporte de acarreo = 28	28

Caudal de Diseño

Q = 703.90 m<sup>3</sup>/s

Ancho Estable

B = 72.38 m

Pendiente del Tramo de estudio

S = 0.00088 m/m

Tirante de agua Calculado

t = 4.38 m

Tirante de agua software IBER

t = 4.51 m

Tirante de agua software HEC-RAS

$t = 4.46 \text{ m}$  -----> Obtenido de estación 1000  
 Este valor de tirante de agua es obtenido por el mayor valor de las secciones comprendidas entre 960-2000 del modelo en HEC-RAS.

**Tirante de agua a usar:**  
 $t = 4.51 \text{ m}$

Figura N° 152. Tirante de agua software IBER

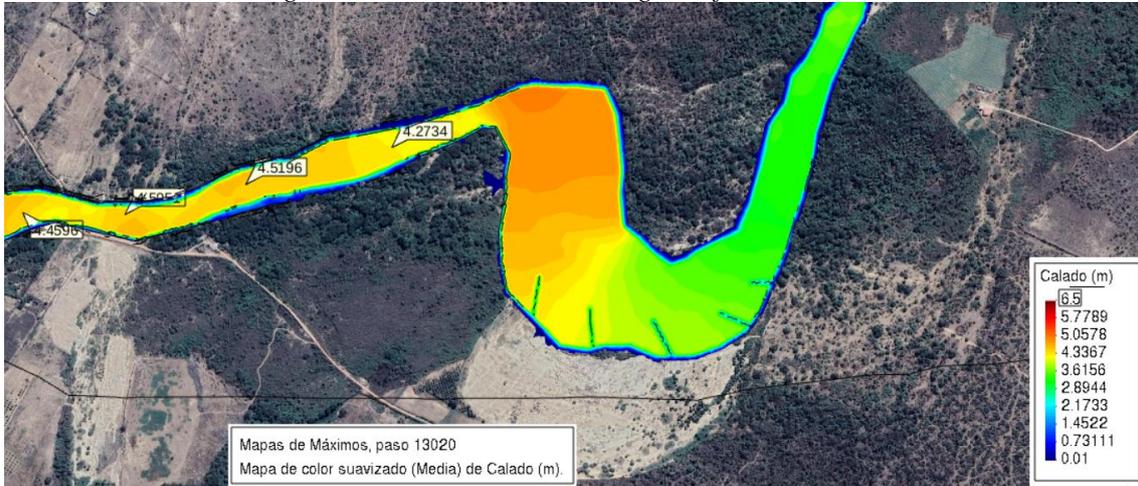
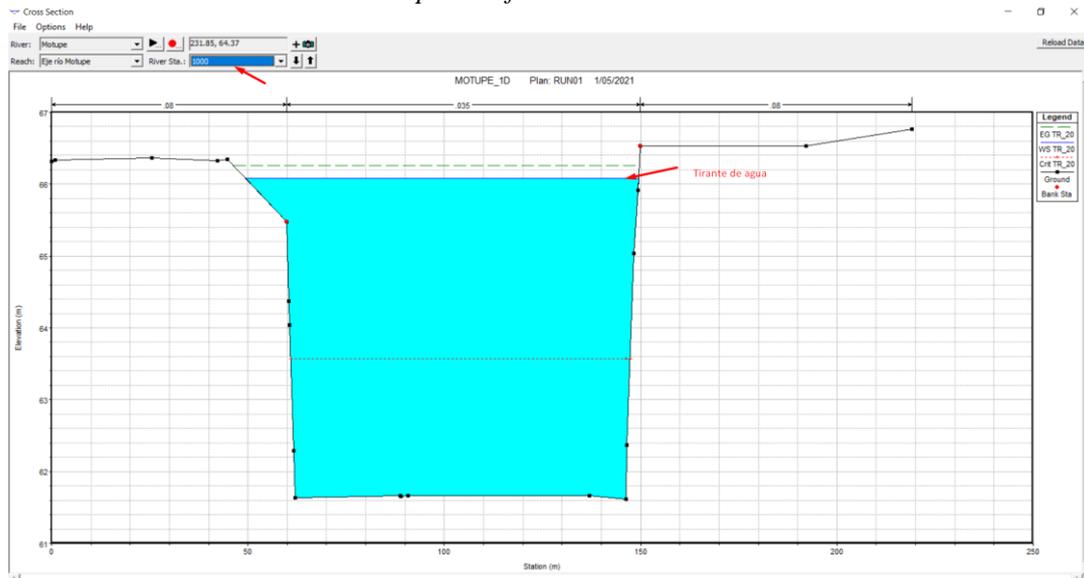


Figura N° 153. Tirante de agua software HEC-RAS - Terreno natural nivelado para defensas ribereñas



**Formula de Manning : Velocidad Media (m/s) >>>>>  $V = R^{2/3} * S^{1/2} / n$**

- Tirante medio  $y = 4.51 \text{ m}$
- Talud de Borde (Z)  $Z = 2$
- Ancho de Equilibrio (B)  $B = 72.38 \text{ m}$
- Área (m2)  $A = 285.75 \text{ m}^2$
- Perímetro (m)  $P = 74.51 \text{ m}$
- Radio Hidráulico >>>>>  $R = A/P = 3.84$
- Pendiente de Fondo  $S = 0.00088 \text{ m/m}$
- Coeficiente de Rugosidad de Manning

Descripción	n
Cauces de Río con fuerte transporte de acarreo = 0.035	0.035

Velocidad Calculada:

$$V = 2.07 \text{ m/s}$$

Velocidad Software IBER:

$$V = 2.81 \text{ m/s}$$

Velocidad media usar:  
 $V = 2.81 \text{ m/s}$

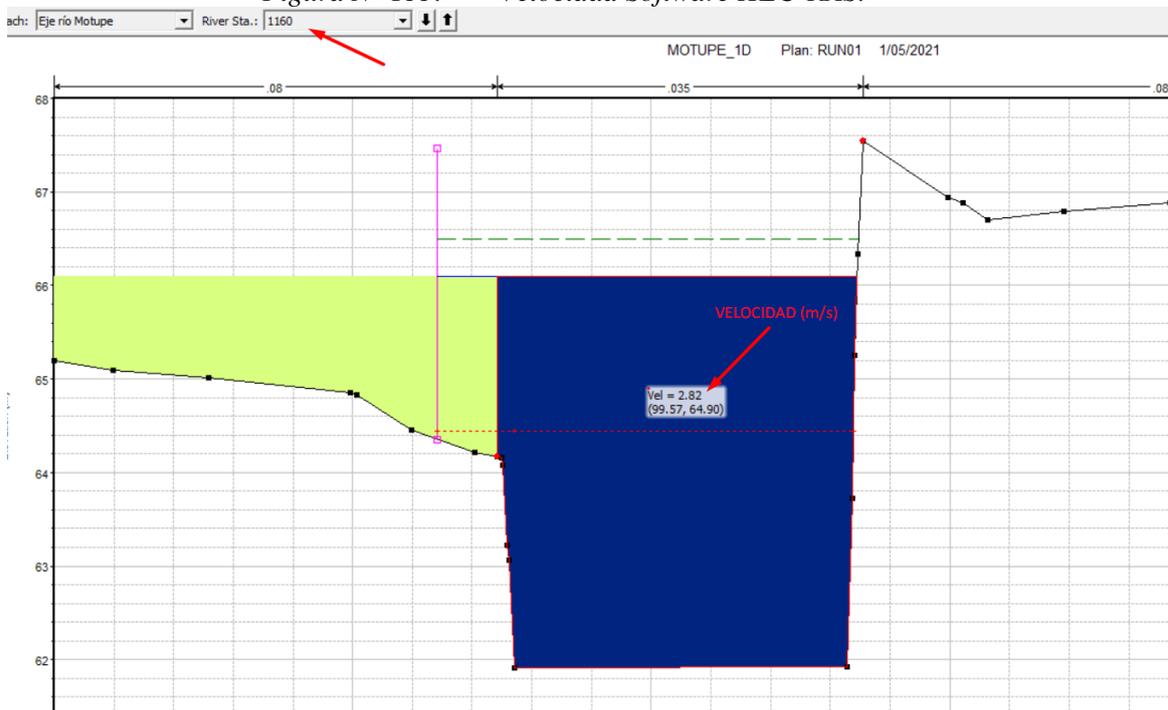
Velocidad Software HEC-RAS:

$$V = 2.82 \text{ m/s} \text{ ----> Obtenido de estación 1160}$$

Figura N° 154. Velocidad Software IBER.



Figura N° 155. Velocidad Software HEC-RAS.



Numero de Froude :  $F = V / (g * y)^{1/2}$

Velocidad media de la corriente

$$V = 2.81 \text{ m/s}$$

Aceleración de la Gravedad

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

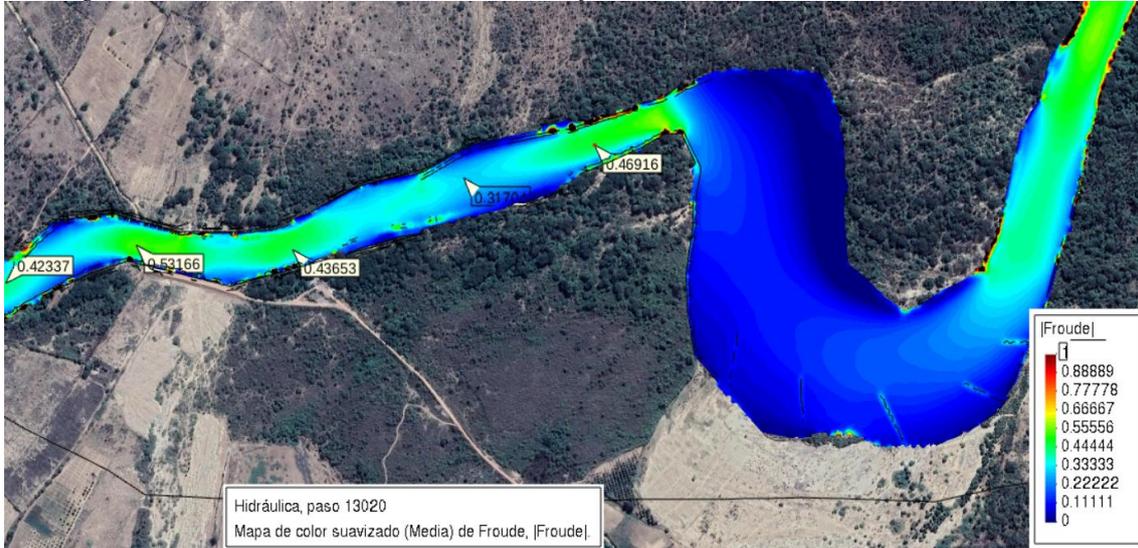
Profundidad Hidráulica Media = Área Mojada/Ancho Superficial:

$y = A/B >>> \quad y = 3.95 \text{ m}$

**Froude(F) = 0.45 >>>>>> Tipo de Flujo : FLUJO SUBCRITICO**

Froude software IBER = **0.53**  
 Froude software HEC-RAS = **0.49** ----> *Máximo valor obtenido de estación 1200*

Figura N° 156. Valores obtenidos del software IBER sobre el número de Froude.



**Cálculo de la Altura de Dique >>>>  $H_M = y + BL$**

Bordo Libre (BL) = $\phi e$					Tirante de diseño (y)
Caudal máximo m <sup>3</sup> /s	$\phi$	$\phi$	$e = V^2/2g$	BL	
3000.00	4000.00	2	<b>1.2</b>	<b>0.40</b>	4.51
2000.00	3000.00	1.7			
1000.00	2000.00	1.4			
500.00	1000.00	1.2			
100.00	500.00	1.1			
Caudal de Diseño (m <sup>3</sup> /s):		703.90			

**Altura de muro >>>>>  $H_M = 4.99 \text{ m}$**

**Por Proceso Constructivo**  
 $H_M = 5.00 \text{ m}$

**Características Geométricas del dique a construir son :**

- ALTURA PROMEDIO DE DIQUE = 5.00 m
- ALTURA PROMEDIO DE ENROCADO = 5.00 m
- ANCHO DE CORONA = 3.00 m
- TALUD : H V
- Cara Húmeda 2 : 1
- Cara seca 1.5 : 1
- AREA (m<sup>2</sup>) = 51.25 m<sup>2</sup>



### CÁLCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACIÓN (Hs)

METODO DE Lischvan-Levediev

Suelos Granulares - No Cohesivos	Suelos Cohesivos
$t_s = ((\alpha t^{5/3}) / (0.68 D_m^{0.28} \beta))^{1/(x+1)} \dots\dots(1)$	$t_s = ((\alpha t^{5/3}) / (0.60 \gamma_s^{1.18} \beta))^{1/(x+1)} \dots\dots(2)$

Donde:

$t_s$  = Tirante despues de producirse la socavación (m)

$t$  = Tirante sin socavación  
 $t = 4.51$  m

$D_m$  = Diametro Medio de las partículas  
 $D_m = 0.2511$  mm

$\gamma_s$  = Peso Especifico suelo (Kg/m<sup>3</sup>)

$t_m$  = Tirante medio = A/B  
 $t_m = 3.95$

$Q = Q$  (Caudal de Diseño)  
 $Q = 703.90$  m<sup>3</sup>/s

$\mu$  = Coeficiente de Contracción ( $\mu$ ) Tabla N° 01

$\mu = 1.00$  Para calculos de socavación general de un río sin pilares en los extremos se considera 1.00

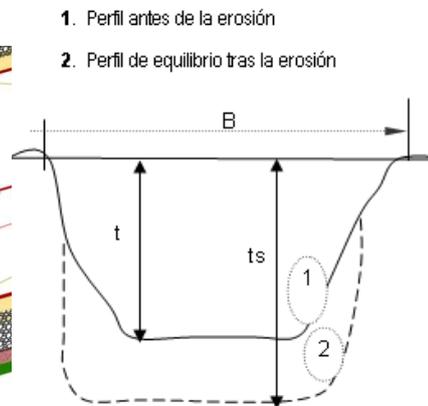
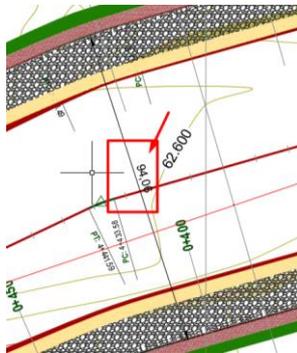
$B$  = Ancho Estable Superficial

$B = 100.00$  m

$\alpha$  = Coeficiente

$\alpha = Q / (t_m^{5/3} B \mu)$

$\alpha = 0.71$



#### PROFUNDIDAD DE SOCAVACION PARA SUELOS NO COHESIVO .....(1) :

$X$  : Exponente que depende de :  $D_m$  para suelos Granulares No Cohesivos y  $\gamma_s$  para suelos cohesivos. >>>>> TABLA N° 03 X (Tabla N° 03)

$X = 0.4171$   
 $1/(X + 1) = 0.71$

Coeficiente por Tiempo de Retorno :  $\beta$  (Tabla N° 04) = 0.94

**TIRANTE DE SOCAVACION SUELOS GRANULARES - NO COHESIVOS**

$$t_s = ((\alpha t^{5/3}) / (0.68 D_m^{0.28} \beta))^{1/(x+1)}$$

$t_s = 6.45 \text{ m}$

*Profundidad de Socavación Calculada ( $H_s$ )*

$H_s = t_s - t$   
 $H_s = 1.94 \text{ m}$

*Profundidad de Socavación IBER*

$H_s = 1.36 \text{ m}$

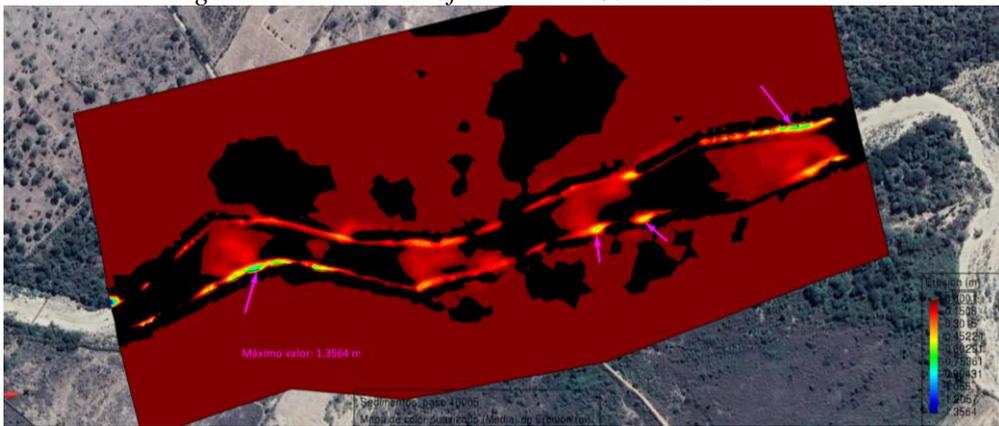
*Profundidad de Socavación HEC-HMS*

$H_s = 1.31 \text{ m}$

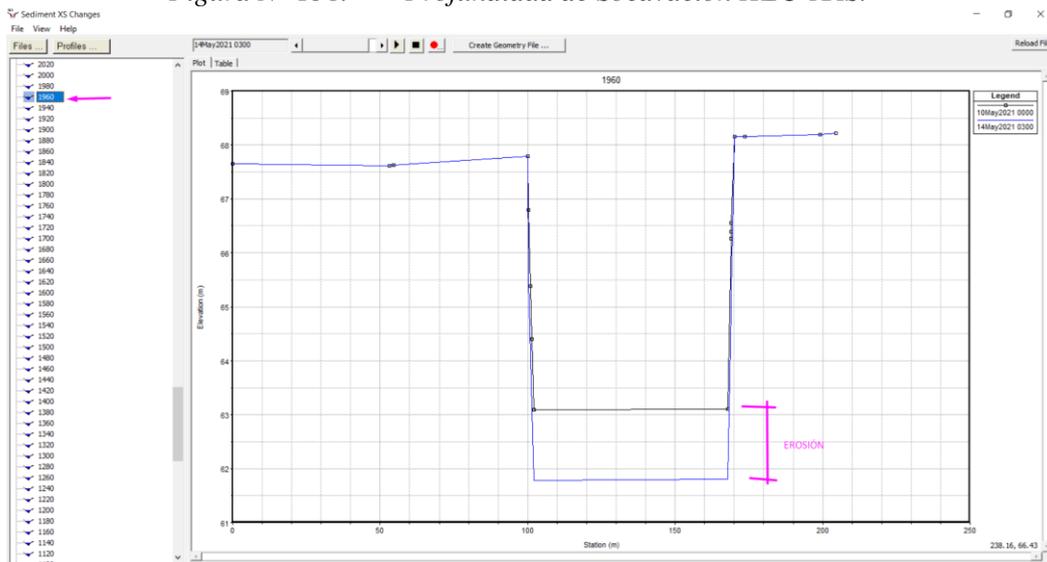
Valor máximo obtenido de la estación 1960

**Profundidad de Socavación a usar ( $H_s$ )**  
 $H_s = 1.53 \text{ m}$

*Figura N° 157. Profundidad de Socavación IBER.*



*Figura N° 158. Profundidad de Socavación HEC-RAS.*



**CALCULO ESTRUCTURAL: Profundidad de Uña**

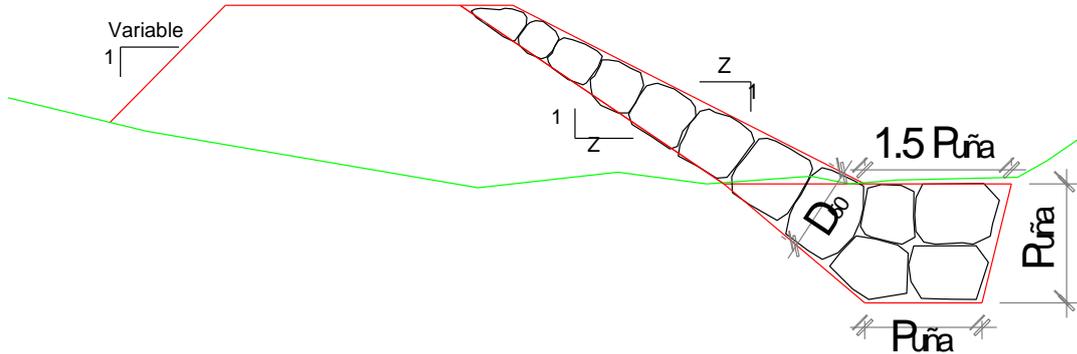
Profundidad de Socavación ( $H_s$ ) = 1.53 m

Profundidad de Uña ( $P_{UÑA}$ ) = FS \*  $H_s$

Por lo Tanto, Seleccionamos :

FS = 1.3  
 P<sub>UÑA</sub> = 2.00 m  
**P<sub>UÑA</sub> = 2.00 m**

Figura N° 159. Protección del pie de talud en zona de Pampa de Lino



### CÁLCULO ESTRUCTURAL

#### 1. ESTABILIDAD

1.1. Fuerza Resistente (Kg/m): **R = W \* Tag Ø**

W = Peso del Terraplen

Area Dique = 51.25 m<sup>2</sup>

Peso Especifico del material de rio = 1703.20 Kg/m<sup>3</sup>

Valor obtenido del EMS

W = 87289 Kg/m

Ángulo de fricción interna (tipo de material de rio) Ø = 32.6 °

Ángulo promedio de calicatas 9 y 10

Tag Ø = 0.64

**R = 55824 Kg/m<sup>2</sup>**

1.2. Presion del Agua (Kg/m<sup>2</sup>):

**P = P<sub>w</sub> \* t<sup>2</sup>/2**

P<sub>w</sub> = 1000 Kg/m<sup>3</sup>

t (Tirante agua) = 4.51 m

**P = 10170 Kg/m<sup>2</sup>**

**ANALISIS DE ESTABILIDAD : R > P =====> EL DIQUE ES ESTABLE A LA PRESION DEL AGUA**

2. PROBABILIDAD DE MOVIMIENTO DE LA ROCA **F<sub>roca (D50)</sub> = 0.56 \* (V<sup>2</sup>/2g) \* (1/ D<sub>50</sub>) \* (1/ Δ)**

2.1. Velocidad caudal de diseño (V)

**Velocidad = 2.815 m/s**

2.2.  $\Delta = \frac{\gamma_s - \gamma_a}{\gamma_a}$

Peso especifico de la roca (cantera)  $\gamma_s$  = 2640 Kg/m<sup>3</sup>

Peso especifico del agua  $\gamma_a$  = 1000 Kg/m<sup>3</sup>

**Δ = 1.64**

2.3. Diametro medio de la roca (D<sub>50</sub>) = 0.60 m

**F<sub>roca (%) = 0.23</sub>**

### 3. ESTABILIDAD DEL REVESTIMIENTO DEL ENROCADO

#### 3.1. ESFUERZO MAXIMO CORTANTE

$$\tau_a = \gamma_a \cdot t \cdot S$$

Peso específico del agua  $\gamma_a = 1000 \text{ Kg/m}^3$

$t$  (Tirante agua) = 4.51 m

S = 0.00088 m/m

$\tau_a = 3.95 \text{ kgf/m}^2$

Esfuerzo cortante que me genera la corriente en el fondo

#### 3.2. ESFUERZO CORTANTE CRITICOS

$$\tau_c = C \cdot (\gamma_s - \gamma_a) \cdot D_{50} \cdot K$$

Peso específico del agua  $\gamma_a = 1000 \text{ Kg/m}^3$

Peso específico de la roca (cantera)  $\gamma_s = 2640 \text{ Kg/m}^3$

Factor de Talud (K)  $K = \sqrt{1 - \frac{\text{sen}^2 \alpha}{\text{sen}^2 \phi}}$

Z = 2



Angulo del Talud ( $\alpha$ ) = 26.57°

Angulo de fricción interna del material (Enrocado) ( $\phi$ ) = 40.00°

Factor de Talud (K) = 0.72

Coefficiente de Shields C = 0.10

$\tau_c = 70.65 \text{ Kgf/m}^2$

Verificación ==> Si:  $\tau_a < \tau_c$  EL REVESTIMIENTO DEL ENROCADO ES ESTABLE

### 4. CALCULO PARA DETERMINAR EL USO DE FILTROS

#### 4.1. Determinación de Velocidad en el espacio entre el enrocado y material base :

$V_a$  : velocidad del agua entre el enrocado y el fondo.

$$V_a = (D_{50} / 2)^{2/3} \cdot S^{1/2} / n_f$$

$n_f$  = Rugosidad del fondo

Condicion	$n_f$
Si hay filtro de grava	0.025

S = 0.00088 m/m

$D_{50}$  = 0.60 m

$V_a = 0.530 \text{ m/s}$

**4.2. Determinación de velocidad que puede soportar el suelo sin ser erosionado (V<sub>e</sub>)**

V<sub>e</sub> = velocidad que puede soportar el suelo sin ser erosionado

$$V_e = 16.1 * (D_m)^{1/2}$$

D<sub>m</sub> = diámetro de partículas del suelo base (m)

$$D_m = 0.0002511 \text{ m}$$

$$V_e = 0.255 \text{ m/s}$$

Verificación : Como V<sub>a</sub> > V<sub>e</sub> : Habrá Erosión ==> SE RECOMIENDA UTILIZAR UN FILTRO DE GEOTEXTIL O UN FILTRO DE GRAVA

**4.3. Determinación del tipo de filtro**

ASUMIENDO UN FILTRO DE GEOTEXTIL : Se tiene ==>

$$V_{a1} = V_a / 4$$

$$V_{a1} = 0.133 \text{ m/s}$$

Se debe verificar que se cumpla que : V<sub>a1</sub> > V<sub>e</sub>

Verificación :

Como V<sub>a1</sub> < V<sub>e</sub> : ==> USAR FILTRO DE GRAVA

**CÁLCULO DEL DIÁMETRO DE ROCA RIO MOTUPE**

**FORMULA DE MAYNORD**

$$\text{Caudal : } Q = 703.9 \text{ m}^3/\text{seg}$$

Sección Hidráulica = Rio MOTUPE

Altura Hidráulica =	4.51 m	
Velocidad en el Centro del Cauce =	2.81 m/s	
Coefficiente C <sub>1</sub> =	0.32	En función al talud del dique
Coefficiente por Ubicación de roca C <sub>2</sub> =	1.25	

$$F = C_2 V / (g y)^{0.5} = 0.53$$

$$d_{50} = t C_1 F^3 = 0.21 \text{ m}$$

D <sub>50</sub> =	0.21 m
D <sub>100</sub> =	0.43 m

**FÓRMULA DE FORMULA DE R. A. LOPARDO-ESTELLÉ**

$$W = \frac{0.011314 * \gamma_s * V^6}{\gamma} \left( \frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma} \right) * \text{SENO}^3(\phi - \theta)$$

- $\gamma_s$  = Peso específico de la roca, Kg/cm<sup>3</sup>, Tn/m<sup>3</sup>
- $\gamma$  = Peso específico del fluido, Kg/cm<sup>3</sup>, Tn/m<sup>3</sup>
- V = Velocidad media, m/s
- $\phi$  = Angulo de reposo del material
- $\theta$  = Ángulo del talud respecto a la horizontal
- W = Peso, Kg

$$D_s = \left( \frac{6 * W}{\pi * \lambda_s} \right)^{1/3}$$

- D<sub>s</sub> = Diámetro de volumen esférico equivalente, ft
- W = Peso de roca, lb
- $\gamma\sigma$  = Peso específico de la roca, lb / ft<sup>3</sup>

1.7032

Sección Hidráulica = Rio Motupe

$\gamma_s$ =	2.64 Tn/m <sup>3</sup>
$\gamma$ =	1.00 Tn/m <sup>3</sup>
Velocidad Media =	2.81 m/s
$\phi$ =	40 °
Talud Z =	2
$\theta$ =	26.57 °

W (Peso)		
Kg	Tn	Lb
723.18	0.72318	1594.34

$\gamma\sigma$	D <sub>s</sub>	D <sub>s</sub>
pcf	ft (Pies)	(m)
164.81	2.64	0.81

D <sub>calculado</sub> =	0.81	m
--------------------------	------	---

### FÓRMULA DE LA CALIFORNIA DIVISIÓN OF HIGHWAYS

$$d_{50} = \frac{b}{\Delta} * \frac{V^2}{2g} * \frac{1}{f}$$

**b** factor para condiciones de mucha turbulencia, piedras redondas, y sin que permita movimiento de piedra, se adopta un valor b =1.4  
**Δ** Densidad Relativa del material ==>  $\Delta = \frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma}$   
**γ<sub>s</sub>** Densidad de la roca  
**γ** Densidad del agua  
**V** Velocidad media, m/s  
**g** Aceleracion Gravedad : 9.81

$$f = \sqrt{1 - \frac{\text{sen}^2\theta}{\text{sen}^2\phi}}$$

**f**= Factor de talud  
**θ** = Angulo del Talud  
**φ** = Angulo de Friccion Interna del material.

- Sección Hidráulica = Rio Motupe
- γ<sub>s</sub> = 2.64 Tn/m3
- γ = 1.00 Tn/m3
- Velocidad Media = 2.81 m/s
- φ = 40 °
- Talud Z = 2
- θ = 26.57 °
- Δ = 1.64
- f = 0.72
- d<sub>50</sub> = 0.48 m

**D<sub>50</sub> = 0.48 m**

#### METODO DEL U.S. DEPARTMENT OF TRANSPORTATION

TABLA N° 30: Selección del factor de seguridad

Donde:

$$d'_{50} = \frac{0.001V^3}{y^{0.5} K_1^{1.5}}, \text{ en sistema inglés}$$

$$K_1 = \left[ 1 - \left( \frac{\text{sen}^2\theta}{\text{sen}^2\phi} \right) \right]^{0.5}$$

$$C = C_{sg} C_{sf}$$

$$C_{sg} = \frac{2.12}{(\gamma_s - 1)^{1.5}}$$

$$C_{sf} = \left( \frac{FS}{1.2} \right)^{1.5}$$

$$d_{50} = Cd'_{50}$$

- d<sub>50</sub> : Diámetro medio de las rocas
- V : Velocidad media del flujo.
- y : Profundidad de flujo
- K<sub>1</sub> : Factor de corrección
- θ : Ángulo de inclinación del talud
- φ : Ángulo de reposo del material del enrocado.
- C : Factor de corrección
- γ<sub>s</sub> : Peso específico del material del enrocado
- FS : 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

V = 2.81 m/s                      9.24 ft/s  
 y = 4.51 m                        14.80 ft  
 φ = 40 °  
 θ = 26.57 °

K<sub>1</sub> = 0.718

C<sub>sg</sub> = 1.009

FS = 1.60

C<sub>sf</sub> = 1.54

d'<sub>50</sub> = 0.34 ft

C = 1.55

d<sub>50</sub> = 0.52 ft

**d<sub>50</sub> = 0.16 m**

Por lo tanto, el tamaño de roca a usar tendrá un **D<sub>50</sub> de 0.60 m**

#### 4.5.1.2. Dique con protección de tetrápodos

Altura del Tetrápodo

Se diseñará con una altura de 1.50 m.

$$V = \sqrt[3]{\frac{W}{\gamma_c}} \quad V = \frac{W}{\gamma_c}$$

Donde:

W: Peso del elemento prefabricado, en Tn

V: Volumen del elemento prefabricado, en m<sup>3</sup>

$\gamma_c$  : Peso específico de Concreto, en Tn/m<sup>3</sup>

H: Altura del Tetrápodo, en m

$$H = 1.5 \text{ m}$$

$$\gamma_c = 2.4 \text{ Tnf/m}^3$$

$$V = 0.945 \text{ m}^3$$

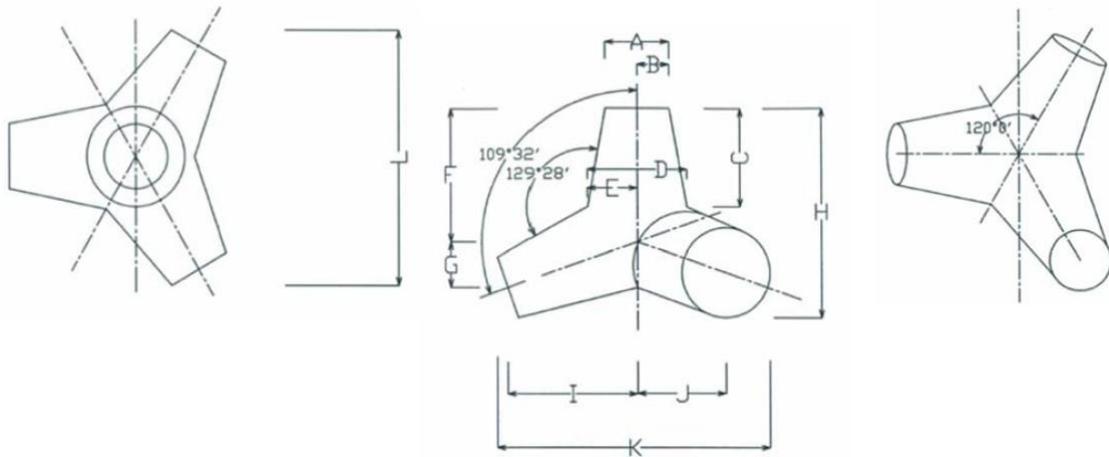
$$W = 2.27 \text{ Tnf}$$

Figura N° 160. Vista de frente del Tetrápodo



### Dimensionamiento del Tetrápodo

Figura N° 161. Partes de un tetrápodo.



A = 0.302 xH	G = 0.215 xH
B = 0.151 xH	I = 0.606 xH
C = 0.477 xH	J = 0.303 xH
D = 0.470 xH	K = 1.085 xH
E = 0.235 xH	L = 1.201 xH
F = 0.644 xH	

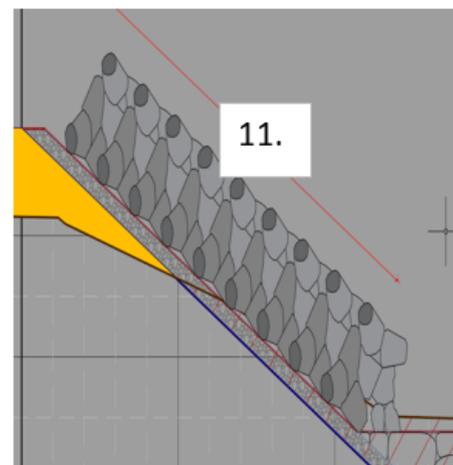
A = 0.453 m	G = 0.323 m
B = 0.227 m	H = 1.500 m
C = 0.716 m	I = 0.909 m
D = 0.705 m	J = 0.455 m
E = 0.353 m	K = 1.628 m
F = 0.966 m	L = 1.802 m

### Elementos de la Coraza

Para obtener el número de elementos requeridos para cubrir cierta área, se utilizará la siguiente expresión:

$$\frac{N_a}{a} = nk_{\Delta} \left(1 - \frac{p}{100}\right) \left(\frac{\gamma_c}{W}\right)^{2/3}$$

- Na: Número de elementos por unidad de área
- A: Superficie de cálculo, m<sup>2</sup>
- n: Número de capas (bicapa)
- K<sub>Δ</sub>: Coeficiente de capa (para tetrápodos es igual a 1.04)
- P: Permeabilidad, en %
- γ<sub>c</sub>: Peso específico del concreto, en Tn/m<sup>3</sup>
- W: Peso del elemento prefabricado, en Tn.



PESO (Tnf)	n	K <sub>Δ</sub>	P	γ <sub>c</sub>	A	N <sub>a</sub>
2.268	2	1.04	50%	2.4	21689	23424

### Altura de ola

Con las características del tetrápodo se puede calcular hasta que tamaño de ola puede resistir respecto a su impacto.

$$W = \frac{1}{K_D \cot(\theta)} \frac{H^3 \gamma_c}{\left(\frac{\gamma_c}{\gamma_w} - 1\right)^3}$$

W: Peso del elemento prefabricado, en Tn.

$\gamma_c$ : Peso específico del concreto, en Tn/m<sup>3</sup>

KD: Constante de estabilidad de Hudson.

cot( $\theta$ ): Talud, en m/m.

H: Altura de ola incidente, en m.

$\gamma_w$ : Peso específico del agua, en Tn/m<sup>3</sup>

Los autores Negro V. Valdecanos y Valera O. Carnero recomiendan usar entre 6 y 8. La altura de ola u onda sería:

PESO (Tnf)	K <sub>D</sub>	Talud	$\theta$	cot( $\theta$ )	$\gamma_c$	$\gamma_w$	H
2.268	7	2	26.57	2.00	2.4	1	3.31

#### 4.5.2. Diseño en zona de Abrojal

##### 4.5.2.1. Dique enrocado

#### SECCIÓN ESTABLE O AMPLITUD DE CAUCE (B)

#### DATOS INICIALES

$$Q_{\text{DISEÑO}} (\text{m}^3/\text{s}) = 703.90 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Pendiente (m/m)} = 0.00045 \text{ m/m}$$

#### MÉTODO DE SIMONS Y HENDERSON

$$B = K_1 Q^{1/2}$$

Condiciones de Fondo de río	K <sub>1</sub>	B (m)
Fondo arena y orillas material no cohesivo	2.8	74.29

#### MÉTODO DE PETTIS

$$B = 4.44 Q^{0.5} \rightarrow$$

B (m)
117.8

#### MÉTODO DE ALTUNIN - MANNING

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

Valores rugosidad de Manning (n)		B (m)
Descripción	n	
Cauces de Río con fuerte transporte de acarreo = 0.035	0.035	166.58
Coeficiente Material del Cauce		
Descripción	K	
Material aluvial = 8 a 12	12	
Coeficiente de Tipo de Río		
Descripción	m	
Para cauces aluviales	1	

**MÉTODO DE BLENCH**

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

Factores		B (m)
Factor de Fondo	F <sub>b</sub>	96.04
Material Fino	0.8	
Factor de Orilla	F <sub>s</sub>	
Materiales ligeramente cohesivos	0.2	

**RECOMENDACIÓN PRÁCTICA 96.04263199**

Q (M <sup>3</sup> /S)		B (m)
3000	200	82.234
2400	190	
1500	120	
1000	100	
500	70	

**RESUMEN :**

MÉTODO	B (m)
MÉTODO DE SIMONS Y HENDERSON	74.29
MÉTODO DE PETTIS	117.8
MÉTODO DE ALTUNIN - MANNING	166.58
MÉTODO DE BLENCH	96.04
RECOMENDACIÓN PRACTICA	82.23

=====> PROMEDIO B : 107.39

=====> SE ADOPTA B : 100.00

**Se elige este ancho por adaptarse a la zona de estudio.**

**CALCULO HIDRÁULICO**

*Figura N° 162. Tramo en análisis software IBER*

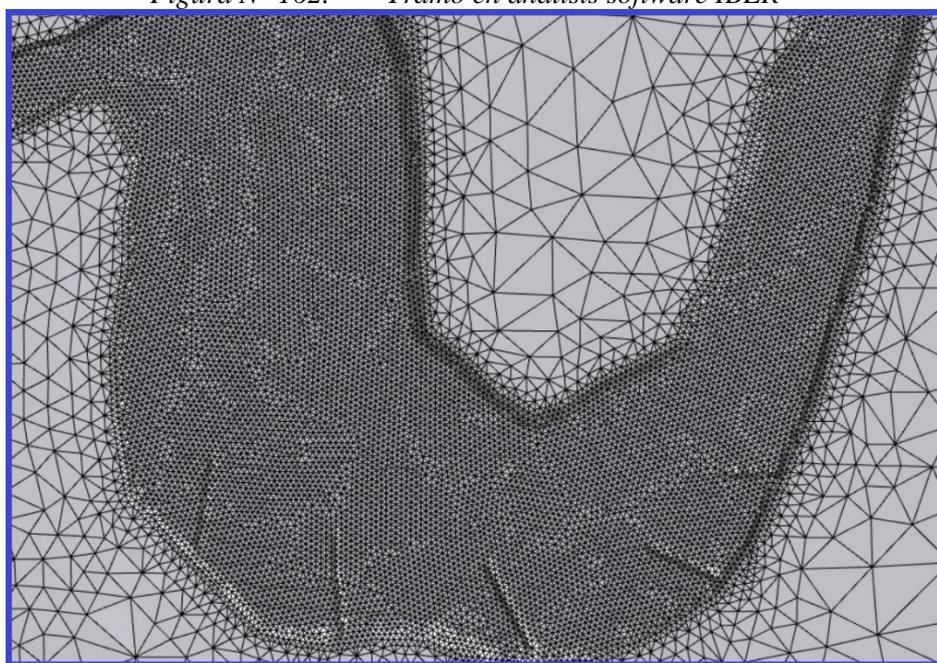
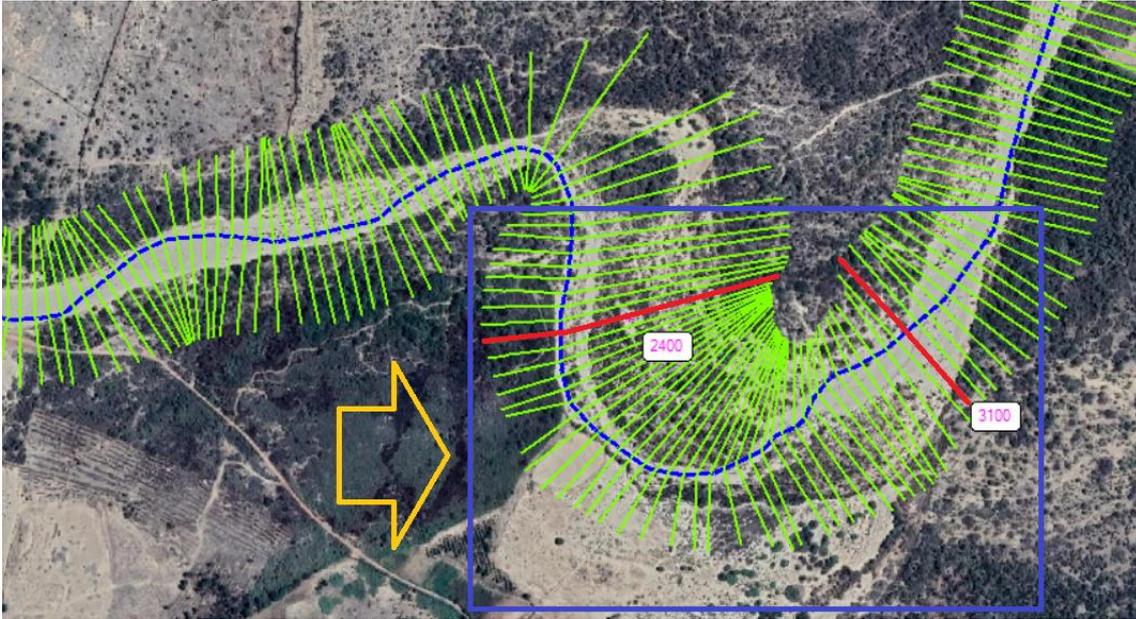


Figura N° 163. Tramo en análisis software HEC-RAS 5.0.4



### CÁLCULO DEL TIRANTE

**MÉTODO DE MANNING - STRICKLER (B > 30 M) ----->**  $t = ((Q / (Ks * B * S^{1/2}))^{3/5}$

Valores para Ks para Cauces Naturales (Inversa de n)

Descripción	Ks
Cauces de Río con fuerte transporte de acarreo = 28	28

Caudal de Diseño

Q = 703.90 m<sup>3</sup>/s

Ancho Estable

B = 100.00 m

Pendiente del Tramo de estudio

S = 0.00045 m/m



Tirante de agua Calculado

t = 4.41 m

Tirante de agua software IBER

t = 4.48 m

Tirante de agua software HEC-RAS

t = 4.48 m

----> Obtenido de estación 2420

Este valor de tirante de agua es obtenido por el mayor valor de las secciones comprendidas entre 960-2000

<b>Tirante de agua a usar:</b>	
t =	4.48 m

Figura N° 164. Tirante de agua software IBER en zona de Abrojal.

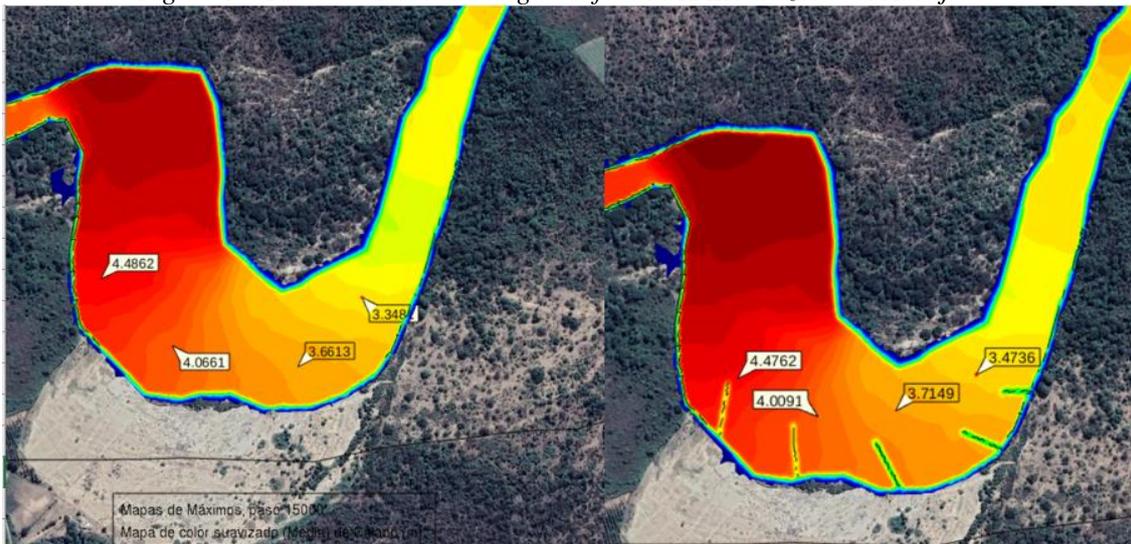
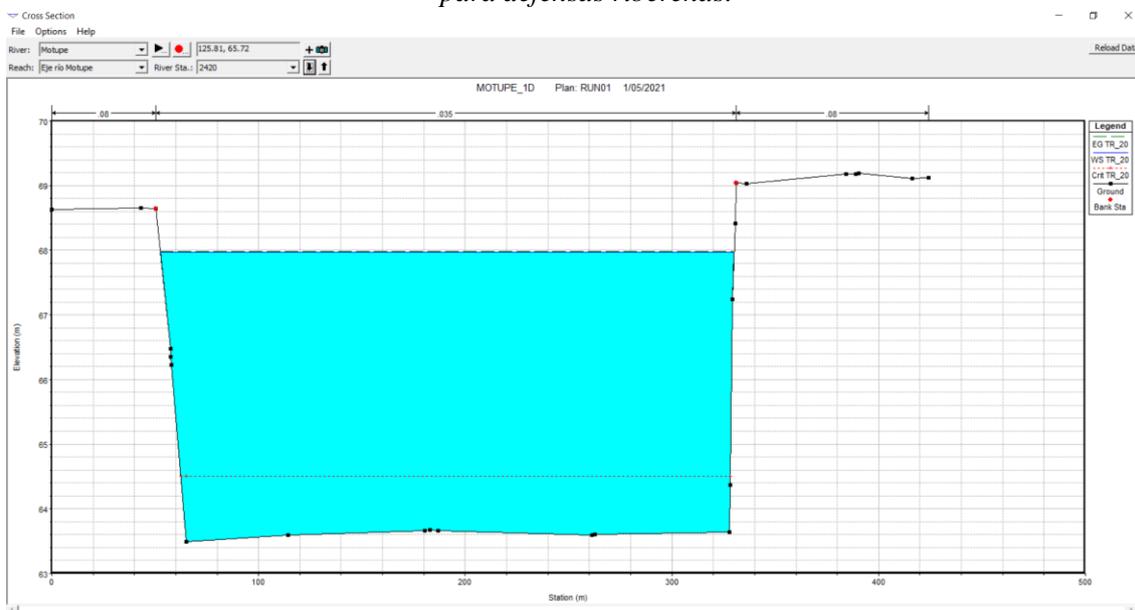


Figura N° 165. Tirante de agua software HEC-RAS - Terreno natural nivelado para defensas ribereñas.



Formula de Manning : Velocidad Media (m/s) >>>>  $V = R^{2/3} * S^{1/2} / n$

Tirante medio	y =	4.48	m
Talud de Borde (Z)	Z =	2	
Ancho de Equilibrio (B)	B =	100.00	m
Área (m <sup>2</sup> )	A =	407.86	m <sup>2</sup>
Perímetro (m)	P =	102.12	m
Radio Hidráulico >>>>	$R = A / P =$	3.99	
Pendiente de Fondo	S =	0.00045	m/m

**Coefficiente de Rugosidad de Manning**

Descripción	n
Cauces de Río con fuerte transporte de acarreo = 0.035	0.035

Velocidad Calculada:

$V = 1.52 \text{ m/s}$

Velocidad Software IBER:

$V = 2.50 \text{ m/s}$

<u>Velocidad media a usar:</u>	
$V =$	<b>2.50 m/s</b>

Velocidad Software HEC-RAS:

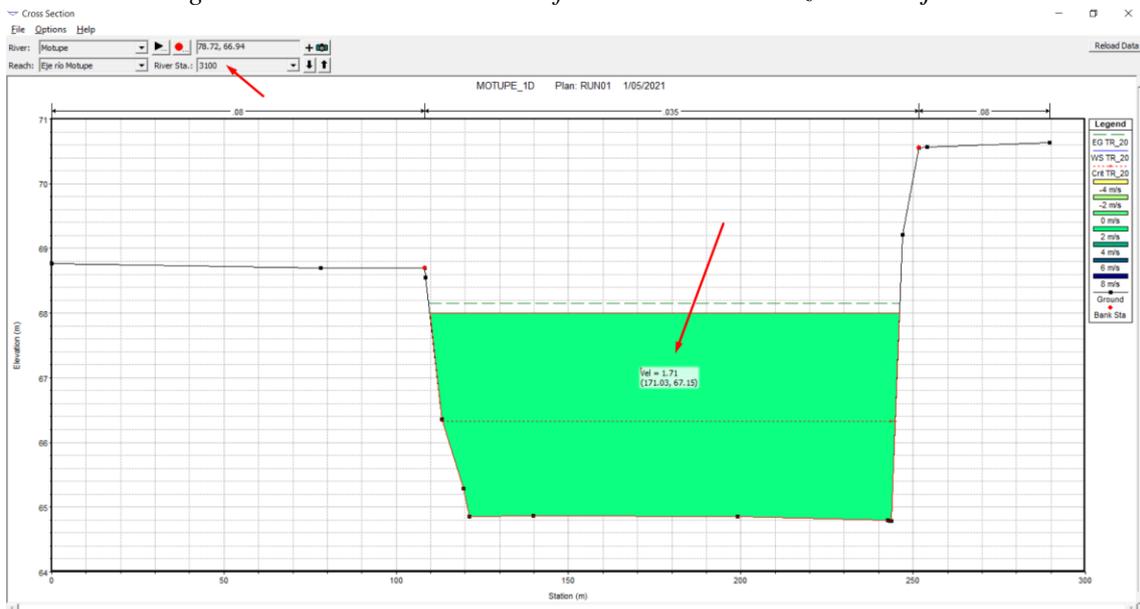
$V = 1.71 \text{ m/s}$

----> Obtenido de estación 3100

Figura N° 166. Velocidad Software IBER con y sin espigones en zona de Abrojal.



Figura N° 167. Velocidad Software HEC-RAS en zona Abrojal.



Numero de Froude :  $F = V / (g * y)^{1/2}$

Velocidad media de la corriente

$$V = 2.50 \text{ m/s}$$

Aceleración de la Gravedad

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

Profundidad Hidráulica Media = Área Mojada/Ancho Superficial:

$$y = A/B \gg y = 4.08 \text{ m}$$

Froude(F) = **0.40**

>>>>>>

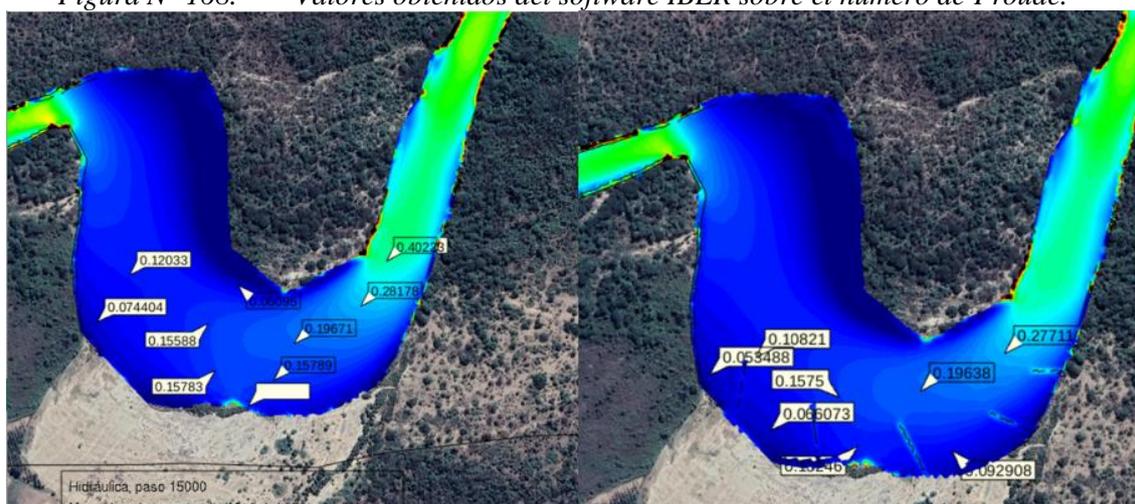
Tipo de Flujo : **FLUJO SUBCRÍTICO**

Froude software IBER = **0.40**

Froude software HEC-RAS = **0.31**

----> Máximo valor obtenido de estación 3100

Figura N° 168. Valores obtenidos del software IBER sobre el número de Froude.



Cálculo de la Altura de Dique >>>>

$$H_M = y + BL$$

Bordo Libre (BL) = $\phi e$					Tirante de diseño (y)
Caudal máximo m <sup>3</sup> /s		$\phi$	$e = V^2/2g$	BL	
3000.00	4000.00	2	1.2	0.32	4.48
2000.00	3000.00	1.7			
1000.00	2000.00	1.4			
500.00	1000.00	1.2			
100.00	500.00	1.1			
Caudal de Diseño (m <sup>3</sup> /s) :		703.90			

Altura de muro >>>>

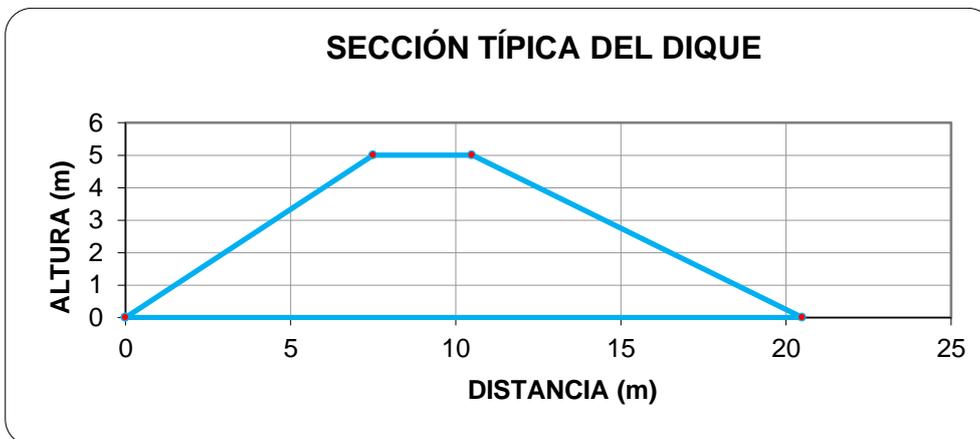
$$H_M = 4.86 \text{ m}$$

Por Procesos Constructivos

$$H_M = 5.00 \text{ m}$$

**Características Geométricas del dique a construir son :**

ALTURA PROMEDIO DE DIQUE =	5.00 m
ALTURA PROMEDIO DE ENROCADO =	5.00 m
ANCHO DE CORONA =	3.00 m
TALUD :	H V
Cara Húmeda	2 : 1
Cara seca	1.5 : 1
ÁREA (m <sup>2</sup> ) =	51.25 m <sup>2</sup>



**CÁLCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACIÓN (H<sub>s</sub>)**

METODO DE Lischvan-Levediev

<b>Suelos Granulares - No Cohesivos</b>	<b>Suelos Cohesivos</b>
$t_s = ((\alpha t^{5/3}) / (0.68 D_m^{0.28} \beta))^{1/(x+1)} \dots\dots(1)$	$t_s = ((\alpha t^{5/3}) / (0.60 \gamma_s^{1.18} \beta))^{1/(x+1)} \dots\dots(2)$

Donde:

$t_s$  = Tirante después de producirse la socavación (m)

$t$  = Tirante sin socavación  
 $t = 4.48$  m

$D_m$  = Diámetro Medio de las partículas  
 $D_m = 0.2511$  mm

$\gamma_s$  = Peso Especifico suelo (Kg/m<sup>3</sup>)

$t_m$  = Tirante medio = A/B  
 $t_m = 4.08$

Q = Q (Caudal de Diseño)  
 $Q = 703.90$  m<sup>3</sup>/s

$\mu$  = Coeficiente de Contracción ( $\mu$ )  
 $\mu = 1.00$  Para cálculos de socavación general de un río sin pilares en los extremos se considera 1.00

B = Ancho Estable  
 $B = 195.00$  m

$\alpha$  = Coeficiente  
 $\alpha = Q / (t_m^{5/3} B \mu)$   
 $\alpha = 0.35$



**PROFUNDIDAD DE SOCAVACIÓN PARA SUELOS NO COHESIVOS .....(1) :**

X : Exponente que depende de :  $D_m$  para suelos Granulares No Cohesivos y  $\gamma_s$  para suelos cohesivos. >>>>> TABLA N° 03  
 X (Tabla N° 03)

$X = 0.4171$   
 $1/(X + 1) = 0.71$

Coefficiente por Tiempo de Retorno :  $\beta$  (Tabla N° 04) = 0.94

**TIRANTE DE SOCAVACIÓN SUELOS GRANULARES - NO COHESIVOS**

$t_s = ((\alpha t^{5/3}) / (0.68 D_m^{0.28} \beta))^{1/(x+1)}$   
 $t_s = 4.98 \text{ m}$

Profundidad de Socavación Calculada ( $H_s$ )

$H_s = t_s - t$   
 $H_s = 0.50 \text{ m}$

Profundidad de Socavación IBER

$H_s = 0.52 \text{ m}$

Profundidad de Socavación HEC-HMS

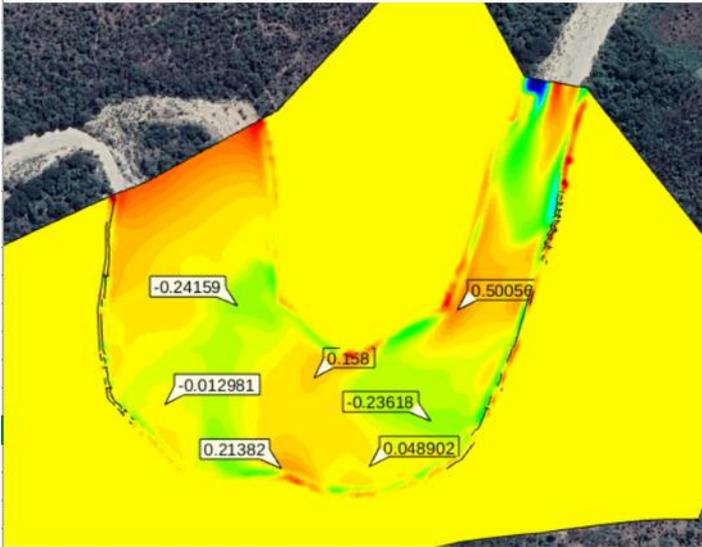
$H_s = 0.01 \text{ m}$

Valor máximo obtenido de la estación 2780

**Profundidad de Socavación a usar ( $H_s$ )**  
 $H_s = 0.52 \text{ m}$

**Profundidad de Socavación IBER**

Figura N° 169. Erosión sin espigones.



Valores (+) indican agradación o sedimentación y valores (-) indican erosión

Figura N° 170. Socavación con espigones.

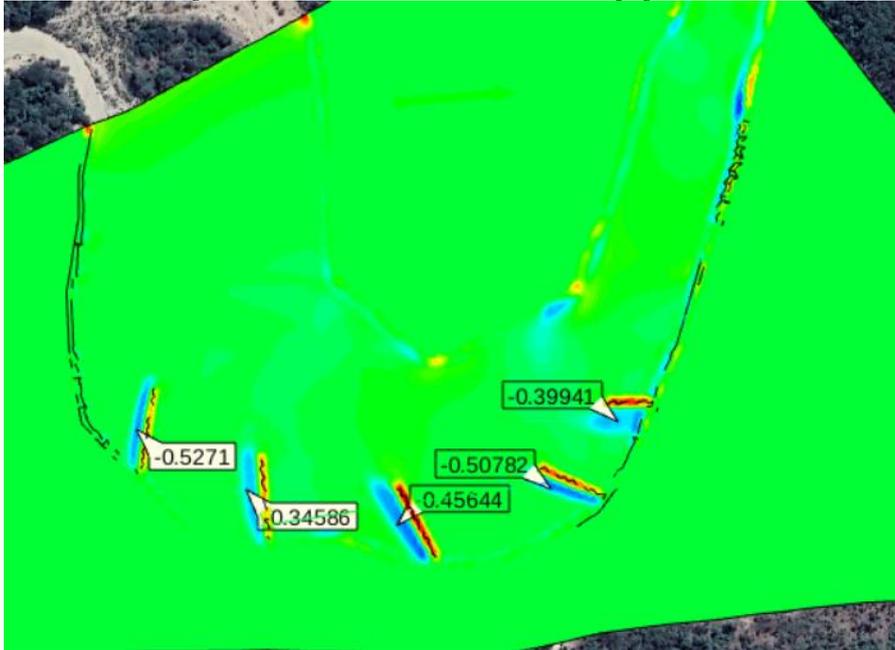
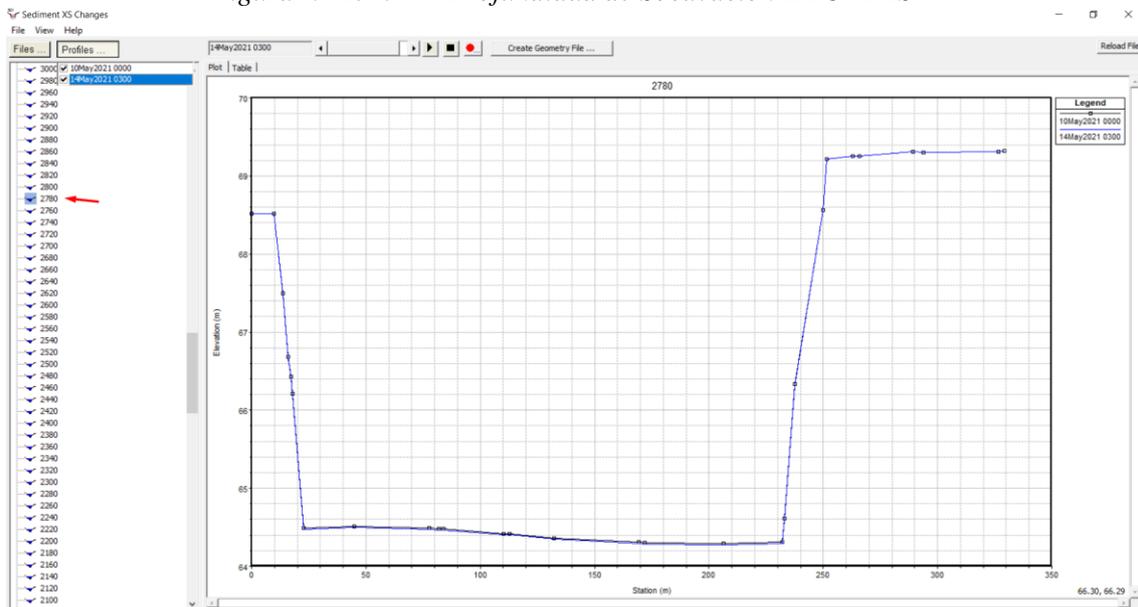


Figura N° 171. Profundidad de Socavación HEC-HMS



## PROFUNDIDAD DE CIMENTACIÓN DE LA UÑA EN TRAMO CURVO

### Método de Altunin

$$D_{max} = e \cdot dr$$

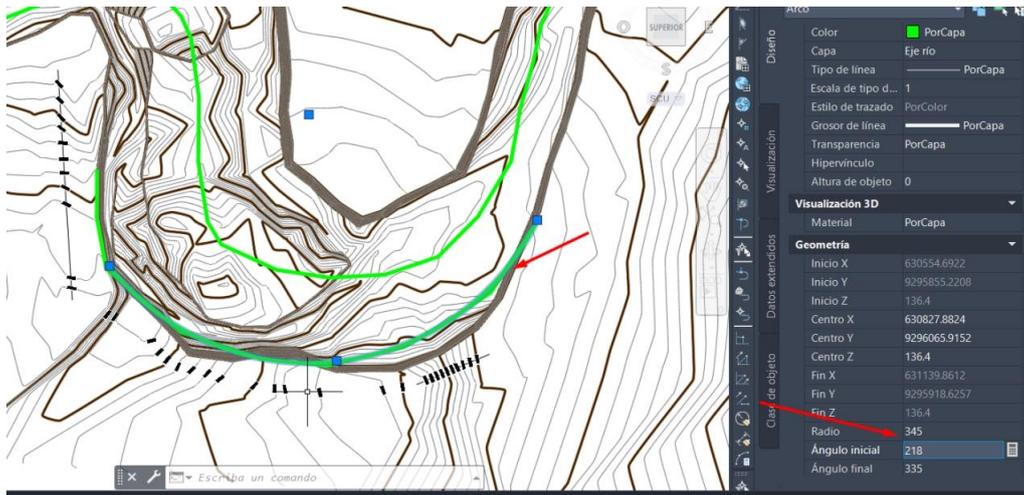
donde :

$D_{max}$  : Profundidad máxima de agua

$dr$  : Profundidad en el tramo recto situado aguas arriba de la curva

$R$  : Radio de curvatura

$R$  : 345.00 m



B : Ancho superficial

B : 195.00 m

R / B : 1.77 Valor de Ingreso a la Tabla =====>

Valores Coeficiente "e"

R/B	e
Infinito	1.27
6.00	1.48
5.00	1.84
4.00	2.20
3.00	2.57
2.00	3.00

Seleccionamos

e = 3.000

dr = 0.52

Dmax = 1.56

Hs = 1.04 m

Profundidad de Uña en Tramo curvo será:

**P<sub>UÑA</sub> (tramo curvo) = 1.50 m**

### CALCULO ESTRUCTURAL: Profundidad de Uña

Profundidad de Socavación ( $H_s$ ) = 1.50 m

Profundidad de Uña ( $P_{UÑA}$ ) = FS \*  $H_s$

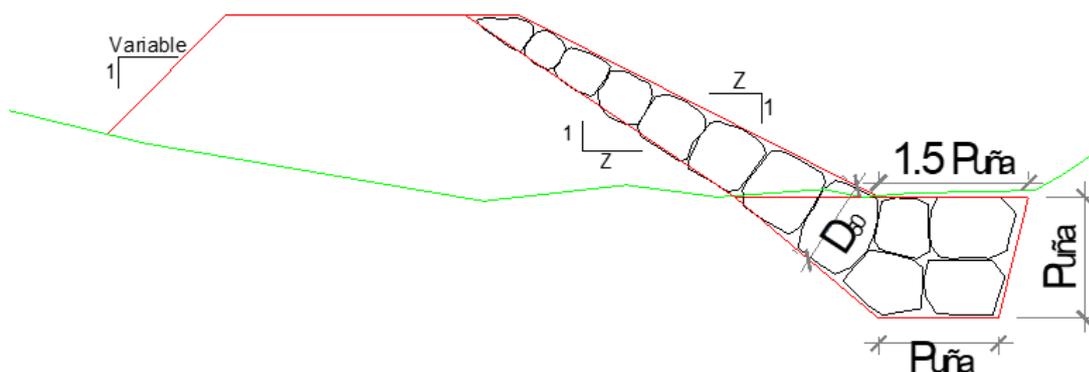
Por lo Tanto, Seleccionamos :

FS = 1.3

$P_{UÑA}$  = 1.95 m

**$P_{UÑA}$  = 2.00 m**

Figura N° 172. Protección del pie de talud en zona de Abrojal.



## CALCULO ESTRUCTURAL

### 1. ESTABILIDAD

1.1. Fuerza Resistente (Kg/m):  $R = W \cdot \text{Tag } \emptyset$

W = Peso del Terraplen

Area Dique = 51.25 m<sup>2</sup>

Peso Especifico del material de río = 1621.30 Kg/m<sup>3</sup>

Valor obtenido del EMS

W = 83092 Kg/m

Ángulo de fricción interna (tipo de material de río)  $\emptyset = 33.5^\circ$

Ángulo de calicata 8

Tag  $\emptyset = 0.66$

**R = 54997 Kg/m<sup>2</sup>**

1.2. Presion del Agua (Kg/m<sup>2</sup>):

**P = P<sub>w</sub> \* t<sup>2</sup> / 2**

P<sub>w</sub> = 1000 Kg/m<sup>3</sup>

t<sub>(tirante agua)</sub> = 4.48 m

**P = 10035 Kg/m<sup>2</sup>**

**ANALISIS DE ESTABILIDAD : R > P =====> EL DIQUE ES ESTABLE A LA PRESION DEL AGUA**

2. PROBABILIDAD DE MOVIMIENTO DE LA ROCA  $F_{roca (D50)} = 0.56 \cdot (V^2/2g) \cdot (1/D_{50}) \cdot (1/\Delta)$

2.1. Velocidad caudal de diseño (V)

Velocidad = 2.500 m/s

2.2.  $\Delta = \frac{\gamma_s - \gamma_a}{\gamma_a}$

Peso especifico de la roca (cantera)  $\gamma_s = 2640$  Kg/m<sup>3</sup>

Peso especifico del agua  $\gamma_a = 1000$  Kg/m<sup>3</sup>

$\Delta = 1.64$

2.3. Diametro medio de la roca ( $D_{50}$ ) = 0.70 m

**F<sub>roca</sub> (%) = 0.16**

### 3. ESTABILIDAD DEL REVESTIMIENTO DEL ENROCADO

#### 3.1. ESFUERZO MAXIMO CORTANTE

$$\tau_a = \gamma_a * t * S$$

Peso específico del agua  $\gamma_a = 1000 \text{ Kg/m}^3$

$t_{\text{(Tirante agua)}} = 4.48 \text{ m}$

$S = 0.00045 \text{ m/m}$

$\tau_a = 2.02 \text{ kgf/m}^2$

Esfuerzo cortante que me genera la corriente en el fondo

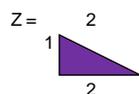
#### 3.2. ESFUERZO CORTANTE CRITICOS

$$\tau_c = C * (\gamma_s - \gamma_a) * D_{50} * K$$

Peso específico del agua  $\gamma_a = 1000 \text{ Kg/m}^3$

Peso específico de la roca (cantera)  $\gamma_s = 2640 \text{ Kg/m}^3$

$$\text{Factor de Talud (K)} \quad K = \sqrt{1 - \frac{\text{sen}^2 \alpha}{\text{sen}^2 \varphi}}$$



Angulo del Talud ( $\alpha$ ) =  $26.57^\circ$

Angulo de fricción interna del material (Enrocado) ( $\Phi$ ) =  $40.00^\circ$

Factor de Talud (K) =  $0.72$

Coefficiente de Shields C =  $0.10$

$\tau_c = 82.43 \text{ Kgf/m}^2$

Verificación ==> Si:  $\tau_a < \tau_c$  **EL REVESTIMIENTO DEL ENROCADO ES ESTABLE**

### 4. CALCULO PARA DETERMINAR EL USO DE FILTROS

#### 4.1. Determinación de Velocidad en el espacio entre el enrocado y material base :

$V_a$  = velocidad del agua entre el enrocado y el fondo.

$$V_a = (D_{50} / 2)^{2/3} * S^{1/2} / n_f$$

$n_f$  = Rugosidad del fondo

Condicion	$n_f$
Si hay filtro de grava	0.025

$S = 0.00045 \text{ m/m}$

$D_{50} = 0.70 \text{ m}$

$V_a = 0.421 \text{ m/s}$

#### 4.2. Determinación de velocidad que puede soportar el suelo sin ser erosionado ( $V_e$ )

$V_e$  = velocidad que puede soportar el suelo sin ser erosionado

$$V_e = 16.1 * (D_m)^{1/2}$$

$D_m$  = diámetro de partículas del suelo base (m)

$D_m = 0.0002511 \text{ m}$

$V_e = 0.255 \text{ m/s}$

Verificación : Como  $V_a > V_e$  : Habrá Erosión ==> SE RECOMIENDA UTILIZAR UN FILTRO DE GEOTEXTIL O UN FILTRO DE GRAVA

#### 4.3. Determinación del tipo de filtro

ASUMIENDO UN FILTRO DE GEOTEXTIL : Se tiene ==>

$$V_{a1} = V_a / 4$$

$$V_{a1} = 0.105 \text{ m/s}$$

Se debe verificar que se cumpla que :  $V_{a1} > V_e$

Verificación :

Como  $V_{a1} < V_e$  : ==> USAR FILTRO DE GRAVA

### CÁLCULO DEL DIÁMETRO DE ROCA RIO MOTUPE

#### CALCULO DEL DIAMETRO DE ROCA RIO MOTUPE

##### FORMULA DE MAYNORD

$$\text{Caudal : } Q = 703.9 \text{ m}^3/\text{seg}$$

Sección Hidráulica = Rio MOTUPE

Altura Hidráulica =	4.48 m	
Velocidad en el Centro del Cauce =	2.50 m/s	
Coefficiente $C_1$ =	0.32	En función al talud del dique
Coefficiente por Ubicación de roca $C_2$ =	1.25	
$F = C_2 V / (g y)^{0.5} =$	0.47	
$d_{50} = t C_1 F^3 =$	0.15 m	

$D_{50}$	=	0.15 m
$D_{100}$	=	0.30 m

#### CALCULO DEL DIAMETRO DE ROCA RIO MOTUPE FÓRMULA DE FORMULA DE R. A. LOPARDO-ESTELLÉ

$$W = \frac{0.011314 * \frac{\gamma_s}{\gamma} * V^6}{\left(\frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma}\right) * \text{SENO}^3(\phi - \theta)}$$

$\gamma_s$  = Peso específico de la roca, Kg/cm<sup>3</sup>, Tn/m<sup>3</sup>  
 $\gamma$  = Peso específico del fluido, Kg/cm<sup>3</sup>, Tn/m<sup>3</sup>  
 $V$  = Velocidad media, m/s  
 $\phi$  = Angulo de reposo del material  
 $\theta$  = Ángulo del talud respecto a la horizontal  
 $W$  = Peso, Kg

$$D_s = \left(\frac{6 * W}{\pi * \lambda_s}\right)^{1/3}$$

$D_s$  = Diámetro de volumen esférico equivalente, ft  
 $W$  = Peso de roca, lb  
 $\lambda_s$  = Peso específico de la roca, lb / ft<sup>3</sup>

1.7032

Sección Hidráulica = Rio Motupe

$\gamma_s$ =	2.64 Tn/m <sup>3</sup>
$\gamma$ =	1.00 Tn/m <sup>3</sup>
Velocidad Media =	2.50 m/s
$\phi$ =	40 °
Talud Z =	2
$\theta$ =	26.57 °

W (Peso)		
Kg	Tn	Lb
354.9	0.3549	782.42

$\gamma_s$	$D_s$	$D_s$
pcf	ft (Pies)	(m)
164.81	2.09	0.64

$D_{\text{calculado}}$	=	0.64	m
------------------------	---	------	---

### CALCULO DEL DIAMETRO DE ROCA RIO MOTUPE FÓRMULA DE LA CALIFORNIA DIVISIÓN OF HIGHWAYS

$$d_{50} = \frac{b}{\Delta} * \frac{V^2}{2g} * \frac{1}{f}$$

**b** factor para condiciones de mucha turbulencia, piedras redondas, y sin que permita movimiento de piedra, se adopta un valor  $b = 1.4$   
 **$\Delta$**  Densidad Relativa del material ==>  $\Delta = \frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma}$   
 **$\gamma_s$**  Densidad de la roca  
 **$\gamma$**  Densidad del agua  
**V** Velocidad media, m/s  
**g** Aceleracion Gravedad : 9.81

$$f = \sqrt{1 - \frac{\text{sen}^2 \theta}{\text{sen}^2 \phi}}$$

**f** = Factor de talud  
 **$\theta$**  = Angulo del Talud  
 **$\phi$**  = Angulo de Friccion Interna del material.

Sección Hidráulica =	Rio Motupe
$\gamma_s$ =	2.64 Tn/m <sup>3</sup>
$\gamma$ =	1.00 Tn/m <sup>3</sup>
Velocidad Media =	2.50 m/s
$\phi$ =	40 °
Talud Z =	2
$\theta$ =	26.57 °
$\Delta$ =	1.64
<b>f</b> =	<b>0.72</b>
<b>d<sub>50</sub></b> =	<b>0.38 m</b>

<b>D<sub>50</sub></b>	=	<b>0.38</b>	m
-----------------------	---	-------------	---

### METODO DEL U.S. DEPARTMENT OF TRANSPORTATION

$$d'_{50} = \frac{0.001V^3}{y^{0.5}K_1^{1.5}}, \text{ en sistema inglés}$$

$$K_1 = \left[ 1 - \left( \frac{\text{sen}^2 \theta}{\text{sen}^2 \phi} \right) \right]^{0.5}$$

$$C = C_{sg} C_{sf}$$

$$C_{sg} = \frac{2.12}{(\gamma_s - 1)^{1.5}}$$

$$C_{sf} = \left( \frac{FS}{1.2} \right)^{1.5}$$

$$d_{50} = C d'_{50}$$

Donde:

$d_{50}$	: Diámetro medio de las rocas
V	: Velocidad media del flujo.
y	: Profundidad de flujo
$K_1$	: Factor de corrección
$\theta$	: Ángulo de inclinación del talud
$\phi$	: Ángulo de reposo del material del enrocado.
C	: Factor de corrección
$\gamma_s$	: Peso específico del material del enrocado
FS	: Factor de seguridad

TABLA N° 30: 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

V =	2.50 m/s	8.20 ft/s
y =	4.48 m	14.70 ft
$\phi$ =	40 °	
$\theta$ =	26.57 °	

$$K_1 = 0.718$$

$$C_{sg} = 1.009$$

$$FS = 1.60$$

$$C_{sf} = 1.54$$

$$d'_{50} = 0.24 \text{ ft}$$

$$C = 1.55$$

$$d_{50} = 0.37 \text{ ft}$$

$$d_{50} = 0.11 \text{ m}$$

Por lo tanto, el tamaño de roca a usar tendrá un **D<sub>50</sub> de 0.60 m**

### 4.5.2.2. Espigones de Roca

#### CÁLCULO ESTRUCTURAL DE ESPIGONES

Tipo	Características
Totalmente Sumergibles	Son los más efectivos, Causan mayores profundidades en los fenómenos de socavación local.

#### Dimecionamiento:

$$\text{Longitud : } L = L_A + L_T$$

$$\text{Longitud de Trabajo } \gggg \quad y < L_T < B/4$$

$$\text{Tirante medio (y) = 4.48 m}$$

$$\text{Ancho medio del cauce (B) = 290.00 m}$$

$$4.48 < L_T < 72.5$$

$$\text{Seleccionamos } \implies L_T = 72.50 \text{ m}$$

$$\text{Orientación } \gggg \quad \text{Aguas Abajo}$$

$$\text{Ángulos de Inclinación } (\alpha) \gggg \quad 60^\circ$$

$$\text{Longitud de Anclaje } \gggg \quad L_A = 0.1 \text{ a } 0.25 L_T$$

$$L_A = 0.00 \text{ m}$$

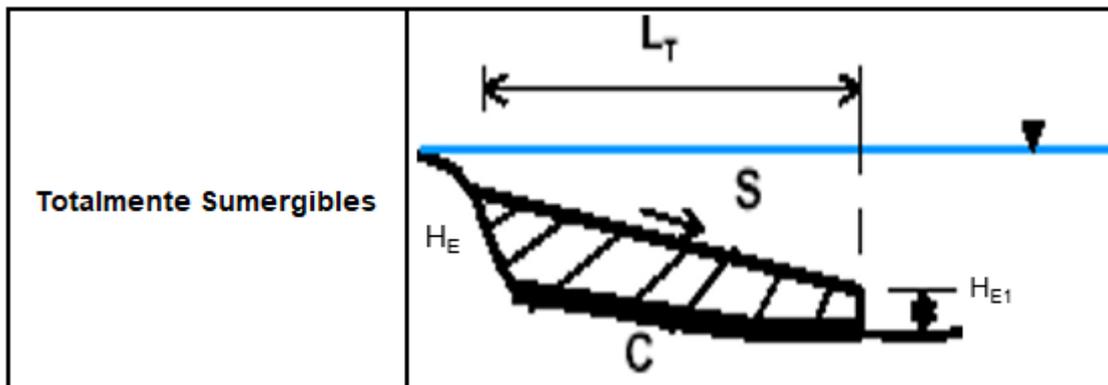
$$\text{Longitud de Espigon } \gggg \quad L = L_A + L_T$$

$$L = 72.50 \text{ m}$$

$$\text{Progresivas 0+000 } \gggg \text{ Longitud de Trabajo (m) Corregida por el } \alpha : 62.79 \text{ m}$$

Será empotrado al Dique enrocado

#### Cálculo de la altura y pendiente:



Pendiente de la Cresta : S

$$S = 0.00 \text{ m/m}$$

Altura de espigón  $H_E = y + BL \implies H_E = H_{E1}$  :

$$y = 4.48 \text{ m}$$

Borde Libre : BL

$$BL = 0.00 \text{ m}$$

$$H_E = 2.00 \text{ m} = 2.00 \text{ m}$$

<b>Taludes Espalda</b>		<b>Vertical</b>		<b>Horizontal</b>
	$T_E =$	1		1.5
<b>Frente</b>				
	$T_F =$	1		1.5
<b>Corona de Espigón:</b>				
			$C =$	3

### SOCAVACIÓN EN ESPIGONES : MÉTODO DE ARTOMONOV

$$S_T = P_\alpha * P_q * P_k * d_o$$

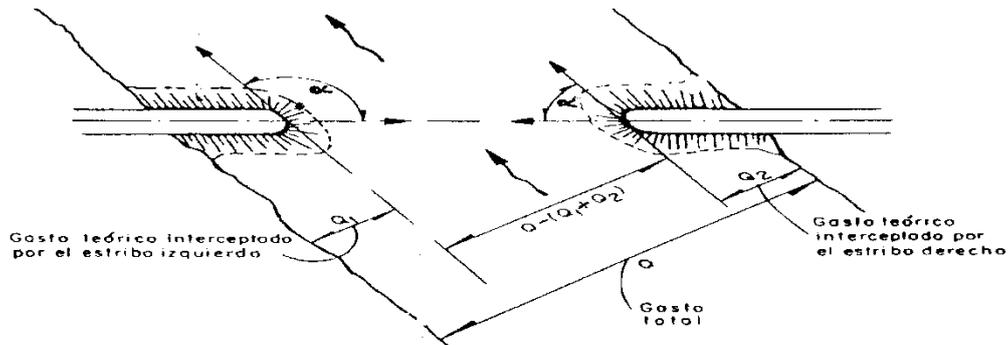
donde :

$S_T =$  Profundidad máxima de socavación

$P_\alpha =$		Coeficiente que depende del ángulo del espigón	
$\alpha$	$P_\alpha$	Inclinación : <b>AGUA ABAJO</b> respecto al eje del dique enrocado :  $\alpha = 60^\circ$ $P_\alpha = 0.94$	
30 °	0.84		
60 °	0.94		
90 °	1.00		
120 °	1.07		
150 °	1.19		

$P_q =$		Coeficiente que depende de los gastos	
$Q_1 / Q$	$P_q$	$Q_1 =$ Gasto teórico a través del estribo $Q =$ Gasto total del río  $Q_1 / Q = 0.1$ $P_q = 2.00$	
0.1	2.00		
0.2	2.65		
0.3	3.22		
0.4	3.45		
0.5	3.67		
0.6	3.87		
0.7	4.06		
0.9	4.20		

$P_k =$ Coeficiente que depende del talud la ladera		
$k$	$P_k$	$k = Z = 2.00$  $P_k = 0.61$
0	1.00	
0.5	0.91	
1	0.85	
1.5	0.83	
2	0.61	
3	0.50	



$d_0 =$  Tirante aguas arriba, sin socavación =  $t$

$d_0 = 4.48$  m

$S_T = 5.14$  m

LA SOCAVACIÓN LOCAL SERÁ :

$H_S = S_T - d_0$

$H_S = 0.66$  m

Profundidad de Uña en espigón :

$P_{uña\_espigón} = 1.00$  m

### Separación entre espigones:

$S_p < C_0 y^{1.33} / (2gn^2)$

$C_0 = 0.6$

$y = 4.48$  m

$g = 9.81$

$n = 0.035$

$S_p = 183.45$  m

### Recomendaciones para separación entre espigones

$S_p < 4 L_T$  a  $4.5 L_T$  -----> **Sp entre 290m a 326.25m**

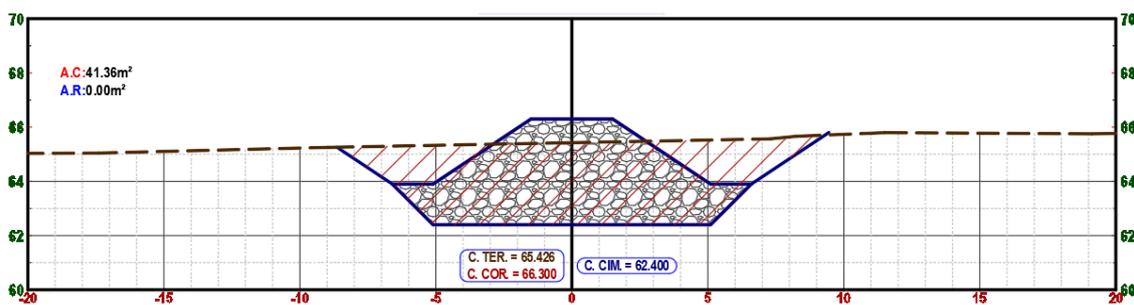
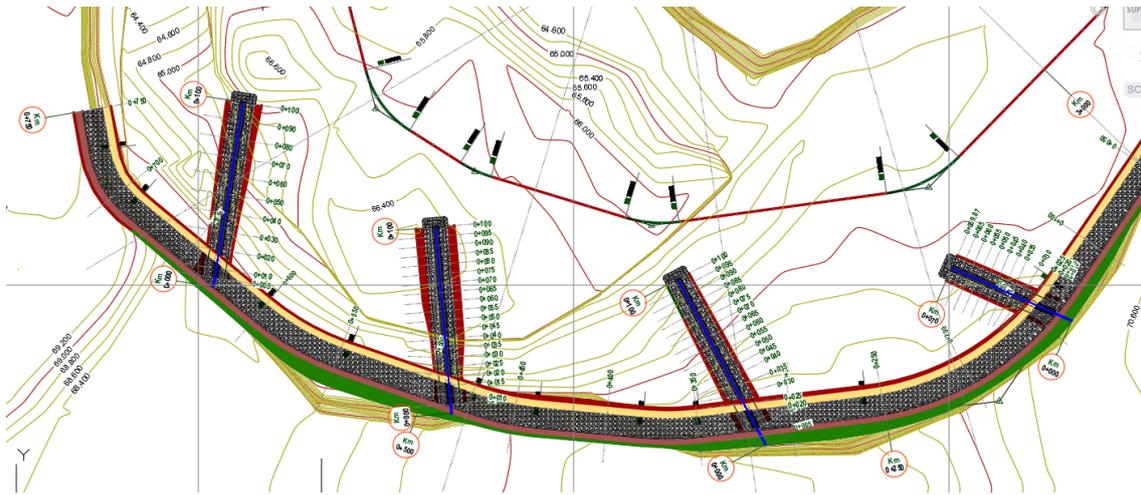
$S_p < B$  a  $2B$  -----> **Sp entre 290m a 580m**

ÁNGULO -----> **60°**

$5 L_T$  A  $L - 6L_T$  -----> **Sp entre 362.5m a 435m**

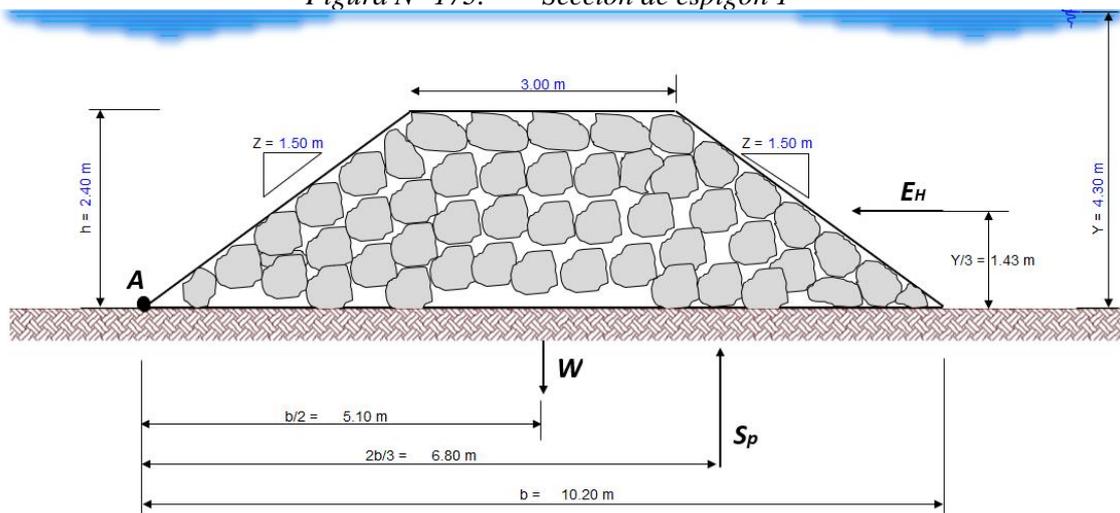
### Resumen:

Cantidad de espigones:	4.00 m	
Long. Espigones:	Primer espigón de 70 m y los restantes 3 de 90 m	
Separación entre espigones:	185.00 m	
Corona del espigón:	3.00 m	
Altura de espigones:		
	1° espigón :	2.40 Cota
	2° espigón :	2.40 67.4
	3° espigón :	2.40 67.1
	4° espigón :	2.40 66.9



**ESTABILIDAD DE ESPIGÓN DE ROCA**

Figura N° 173. Sección de espigón 1



**1. Estabilidad al vuelco (EV):**

Para que el espigón no sufra un vuelco accionado por la fuerza hidráulica que actúa sobre él, se debe cumplir la siguiente relación:

$$Ev = \frac{Mr}{Mv} > 1.30$$

Donde:

Ev = Estabilidad al vuelco  
Mr = Momento Resistente  
Mv = Momento Volcador

Cálculo del Mv:

$$Mv = EH \left( \frac{Y}{3} \right) + Sp \left( \frac{2b}{3} \right)$$

$$EH = \frac{1}{2} (\gamma a) (Y)^2$$

$$\gamma_a = 1 \text{ Tn/m}^3$$

$$EH = 9.25 \text{ Tn}$$

$$Sp = \frac{1}{2} (\gamma a) (Yxb)$$

$$Sp = 21.9 \text{ Tn}$$

Luego:

$$Mv = 162.38 \text{ Tn-m}$$

Cálculo del Mr:

$$Mr = W \left( \frac{b}{2} \right)$$

Nota: Se recomienda un porcentaje de vacío similar a: 15%

$$W = A(\gamma_r)$$

$$\gamma_r = 2.64 \text{ Tn/m}^3 \quad \text{Peso específico de la roca}$$

Obtenido del Ensayo de materiales. Ver Estudio de Mecánica de suelos

Nota: Roca tipo sedimentaria extraída de la Cantera "-----"

$$A = 15.8 \text{ m}^2$$

$$W = 41.8 \text{ Tn}$$

Luego:

$$Mr = 213.27 \text{ Tn-m}$$

Factor de seguridad

$$Mr = 213.27 \text{ Tn-m}$$

$$Mv = 162.38 \text{ Tn-m}$$

$$Ev = 1.31 > 1.3$$

Conclusión:

El espigón es estable al volcamiento

## 2. Estabilidad al deslizamiento (Ed):

Para que el espigón no se deslice, debe cumplir la siguiente relación:

$$Ed = \frac{\sum Vx \tan \phi}{\sum H} > 1.30$$

$\phi$  = Ángulo de fricción interna de la roca

$\phi = 40^\circ$  (Roca ígnea - Ensayo de materiales. Ver estudio Mecánica de suelos).

Cálculo de fuerzas verticales:

$$\sum Ev = W - Sp = 41.8 - 21.9 = 19.9 \text{ Tn}$$

Cálculo de fuerzas horizontales:

$$\sum H = EH = 9.25 \text{ Tn}$$

Luego:

$$Ed = 1.81 > 1.3$$

Conclusión:

El espigón es estable al Deslizamiento

## 3. Capacidad de soporte del suelo ( $\sigma$ ):

Se calcula la capacidad de carga transmitida por la estructura al suelo de fundación y ésta debe ser menor que la capacidad admisible del suelo (tensión de trabajo).

$$\sigma = \frac{\sum V}{b} \left( 1 \pm \frac{6e}{b} \right)$$

$$e = \frac{Mr - Mv}{\sum V}$$

$$e = 2.56$$

Por lo tanto:

$$\sigma_1 = 0.49 \text{ Kg/cm}^2 < ss = 0.96 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\sigma_2 = 0.10 \text{ Kg/cm}^2 < ss = 0.96 \text{ Kg/cm}^2$$

Conclusión:

El espigón no estará expuesto al efecto del punzonamiento o hundimiento

## 4. Cálculo del Tamaño de Roca para el núcleo de los espigones:

El tamaño de la roca, lo calculamos en función al diámetro, para lo cual utilizamos la siguiente relación:

$$F = \sqrt{\frac{1 - \sin^2 \alpha}{\sin^2 \phi}}$$

Dónde:

$\alpha$  = ángulo de talud de espigón

$\phi$  = ángulo de fricción del material o roca

$$\begin{aligned} z &= 1.50 \text{ m} \\ \alpha &= 33.69^\circ \\ \phi &= 40^\circ \text{ Estudio de mecánica de suelos y rocas} \end{aligned}$$

Reemplazando valores:

$$F = 1.04$$

Luego calculamos la densidad relativa de la roca:

$$\Delta = \frac{Y_r - Y_a}{Y_a} \quad \Delta = 1.64 \text{ Tn/m}^3$$

Luego, calculamos el diámetro medio del material (roca).

$$D_{50} = \frac{b}{\Delta} \times \frac{V^2}{2g} \times \frac{1}{F}$$

\* Donde  $b = 1.4$  ---> Factor para condiciones de mucha turbulencia y sin que permita el movimiento de la roca en época de creciente  
 $V = 2.50$  m/s (Ver velocidad en software iber para tramo en análisis)

Reemplazando valores:

$$D_{50} = 0.26 \text{ m}$$

Luego, calculamos la probabilidad de que se mueva una roca con el diámetro medio obtenido, para lo cual utilizamos la fórmula para el cálculo de Estabilidad:

$$n = 0.56 \left( \frac{V^2}{2g \times \Delta \times D_{50}} \right) \quad \text{Reemplazando valores:} \quad n = 0.42$$

Luego debe cumplirse :

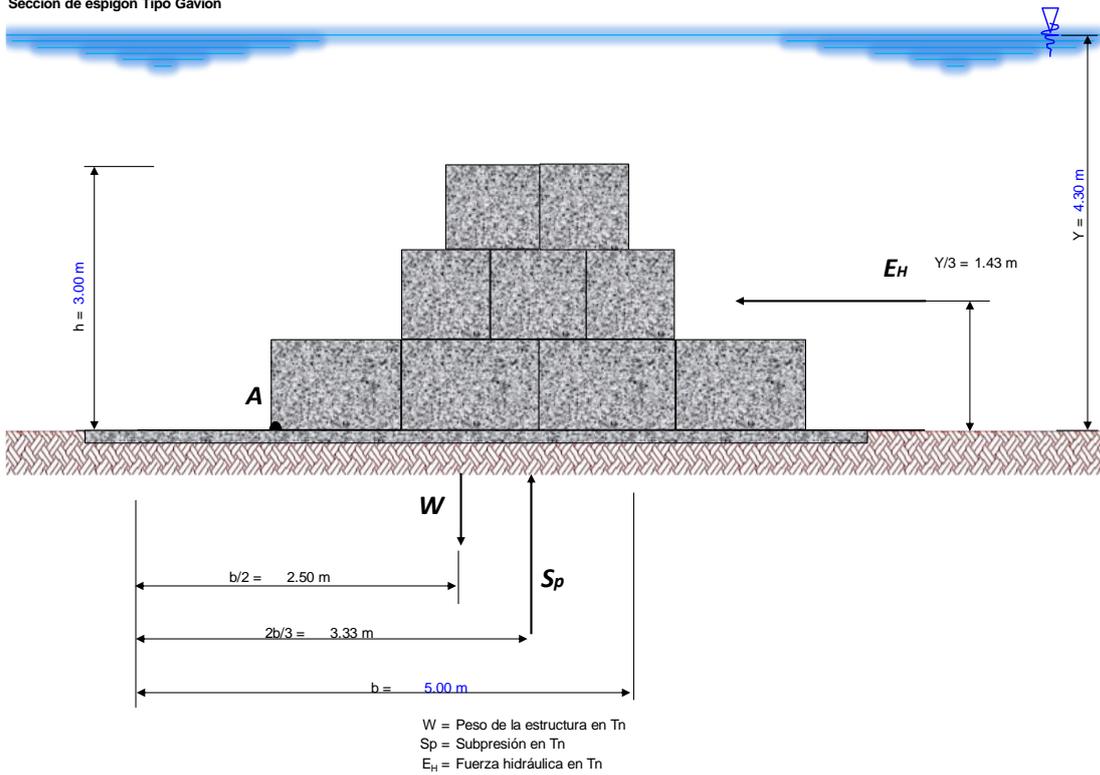
$$\frac{\tau_c}{\tau} = \frac{1}{n} > 0.99$$

$$\frac{\tau_c}{\tau} = \frac{1}{n} = 2.41 > 0.99$$

### 4.5.2.3. Espigones de Gaviones

#### Verificación de la estabilidad del espigón durante la avenida de diseño.

Sección de espigón Tipo Gavión



#### 1. Estabilidad al vuelco (EV):

Para que el espigón no sufra un vuelco accionado por la fuerza hidráulica que actúa sobre él, se debe cumplir la siguiente relación:

$$Ev = \frac{Mr}{Mv} > 1.30$$

Donde:

- Ev = Estabilidad al vuelco
- Mr = Momento Resistente
- Mv = Momento Volcador

Cálculo del Mv:

$$Mv = EH \left( \frac{Y}{3} \right) + Sp \left( \frac{2b}{3} \right)$$

$$EH = \frac{1}{2} (\gamma_a) (Y)^2$$

$$\gamma_a = 1 \text{ Tn/m}^3$$

$$EH = 9.25 \text{ Tn}$$

$$Sp = \frac{1}{2} (\gamma_a) (Y \times b)$$

$$Sp = 10.8 \text{ Tn}$$

Luego:

$$Mv = 49.08 \text{ Tn-m}$$

Cálculo del Mr:

$$Mr = W \left( \frac{b}{2} \right)$$

$$W = A(\gamma_r)$$

$$\gamma_r = 2.6 \text{ Tn/m}^3$$

Peso específico de la roca

Obtenido del Ensayo de materiales. Ver Estudio de Mecánica de suelos  
 Nota: Roca tipo sedimentaria extraída de la Cantera "-----"

$$A = 11 \text{ m}^2$$

$$W = 28.6 \text{ Tn}$$

Luego:

$$Mr = 71.50 \text{ Tn-m}$$

Factor de seguridad

$$Mr = 71.50 \text{ Tn-m}$$

$$Mv = 49.08 \text{ Tn-m}$$

$$Ev = 1.46 > 1.3$$

Conclusión:

El espigón es estable al volcamiento

## 2. Estabilidad al deslizamiento (Ed):

Para que el espigón no se deslice, debe cumplir la siguiente relación:

$$Ed = \frac{\sum V}{\sum H} > 1.30$$

Cálculo de fuerzas verticales:

$$\sum Ev = W - Sp = 28.6 - 10.8 = 17.9 \text{ Tn}$$

Cálculo de fuerzas horizontales:

$$\sum H = EH = 9.25 \text{ Tn}$$

Luego:

$$Ed = 1.93 > 1.3$$

Conclusión:

El espigón es estable al Deslizamiento

## 3. Capacidad de soporte del suelo ( $\sigma$ ):

Se calcula la capacidad de carga transmitida por la estructura al suelo de fundación y ésta debe ser menor que la capacidad admisible del suelo (tensión de trabajo).

$$\sigma = \frac{\sum V}{b} \left( 1 \pm \frac{6e}{b} \right)$$

$$e = \frac{Mr - Mv}{\sum V}$$

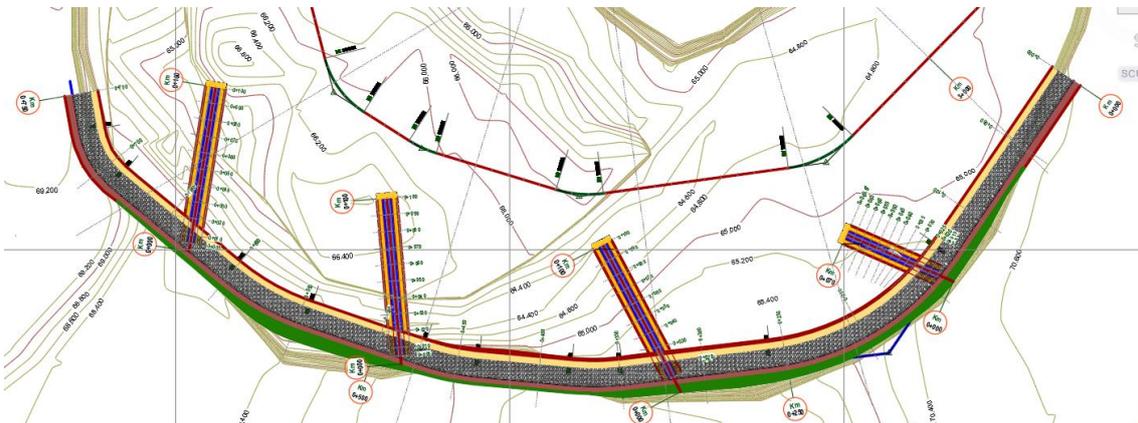
$$e = 1.26$$

Por lo tanto:

$$\begin{array}{l} \sigma_1 = 0.89 \text{ Kg/cm}^2 < \text{ss} = 0.96 \text{ Kg/cm}^2 \\ \sigma_2 = 0.18 \text{ Kg/cm}^2 < \text{ss} = 0.96 \text{ Kg/cm}^2 \end{array}$$

Conclusión:

El espigón no estará expuesto al efecto del punzonamiento o hundimiento



### 4.5.3. Diseño en zona de C. P. Cahuide

El diseño de defensas de protección en esta zona no es porque se desborda; ya que la variación de altura del río con la orilla es de 7 m ; si no que se realiza principalmente por la erosión en el tramo curvo que está teniendo debido al paso del agua y que actualmente viene perjudicando a los pobladores del C.P. Cahuide.

#### 4.5.3.1. Gaviones

##### DATOS PARA EL DISEÑO:

- Peso del terreno	:	$\gamma_s = 1.70 \text{ tn/m}^3$
- Peso de la piedra	:	$\gamma_r = 2.60 \text{ tn/m}^3$
- Ángulo de fricción	:	$\phi = 30.00^\circ$
- Ángulo que forma el relleno	:	$\beta = 0.00^\circ$
- Capacidad portante	:	$\sigma_s = 0.96 \text{ kg/cm}^2$

##### DATOS PARA GEOMETRÍA DEL MURO:

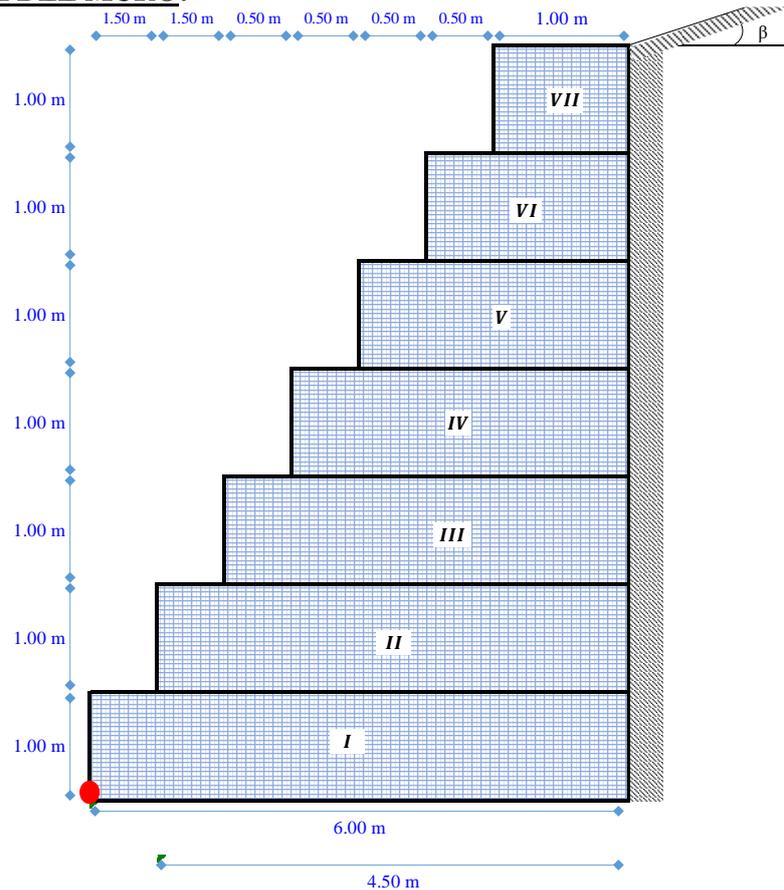
Altura total del muro :  $H_T = 7.00 \text{ m}$

Predimensionado de la base:  $B = \frac{1}{2}(1 + H_T)$

Dimensión de la base :  $A_B = 4.00 \text{ m}$

Adoptamos una base de :  $B = 6.00 \text{ m}$  OK

##### GEOMETRÍA DEL MURO:



**CÁLCULO DEL EMPUJE ACTIVO:**

**- EMPUJE ACTIVO:**

Coefficiente de empuje activo:

$$K_a = \cos \beta * \left( \frac{\cos \beta - \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \phi}}{\cos \beta + \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \phi}} \right)$$

$K_a = 0.333333333$

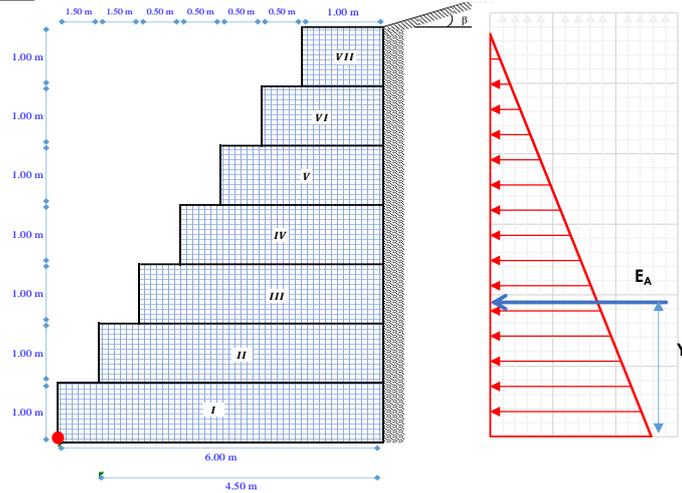
Cálculo del empuje activo:

$$E_A = \frac{1}{2} * K_a * \gamma_s * H_T^2$$

$E_A = 13.9095 \text{ tn}$

Altura de aplicación del empuje activo:

$$Y = \frac{H_T}{3} = 2.333 \text{ m}$$



**ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD:**

**CÁLCULO DEL PESO TOTAL Y MOMENTO RESISTENTE:**

FIG.	TIPO	BASE (m)	ALTURA (m)	ÁREA (m²)	PESO UNITARIO	PESO PARCIAL	BRAZO X (m)	MOMENTO (tn-m)
I	Gavión	6.00 m	1.00 m	6.000	2.60 tn/m³	15.60 tn/m	2.250	35.1000
II	Gavión	4.50 m	1.00 m	4.500	2.60 tn/m³	11.70 tn/m	2.250	26.3250
III	Gavión	3.00 m	1.00 m	3.000	2.60 tn/m³	7.80 tn/m	4.500	35.1000
IV	Gavión	2.50 m	1.00 m	2.500	2.60 tn/m³	6.50 tn/m	4.750	30.8750
V	Gavión	2.00 m	1.00 m	2.000	2.60 tn/m³	5.20 tn/m	5.000	26.0000
VI	Gavión	1.50 m	1.00 m	1.500	2.60 tn/m³	3.90 tn/m	5.250	20.4750
VII	Gavión	1.00 m	1.00 m	1.000	2.60 tn/m³	2.60 tn/m	5.500	14.3000
					Σ =	53.30 tn/m	Σ =	188.175

$P = 53.30 \text{ tn}$

$M_r = 188.2 \text{ tn-m}$

**CÁLCULO DE LAS FUERZAS ACTUANTES EN EL MURO DE CONTENCIÓN:**

Momento producido por el empuje activo :

$$M_A = E_A * Y$$

$M_A = 13.909 \text{ tn} \times 2.333 \text{ m}$

$M_A = 32.455 \text{ tn-m}$

**VERIFICACIÓN POR DESLIZAMIENTO:**

FSD = 1.50

$$\frac{f * P}{E_A} \geq FSD \quad ; \quad \text{donde:} \quad f = tg\phi \leq 0.60$$

$$f = 0.577$$

FSD = 2.21 > 1.50

... Conforme

**VERIFICACIÓN POR VOLTEO:**

FSD = 2.00

$$\frac{M_r}{M_A} \geq FSV$$

FSV = 5.80 > 2.00

... Conforme

**VERIFICACIÓN DE PRESIONES SOBRE EL TERRENO:**

*Punto de aplicación de la fuerza resultante:*

$$X_0 = \frac{M_r - M_A}{P} = 2.92 \text{ m}$$

*Excentricidad de la fuerza resultante:*

$$e = \frac{B}{2} - X_0 = 0.0784 \text{ m}$$

Se debe cumplir que:  $e < \frac{B}{6} = 1.00 \text{ m}$  ... **Ok: cae dentro del tercio central**

*Verificamos las presiones de contacto entre el suelo y el muro:*

$$\sigma = \frac{P}{B} \left[ 1 \pm \frac{6 * e}{B} \right]$$

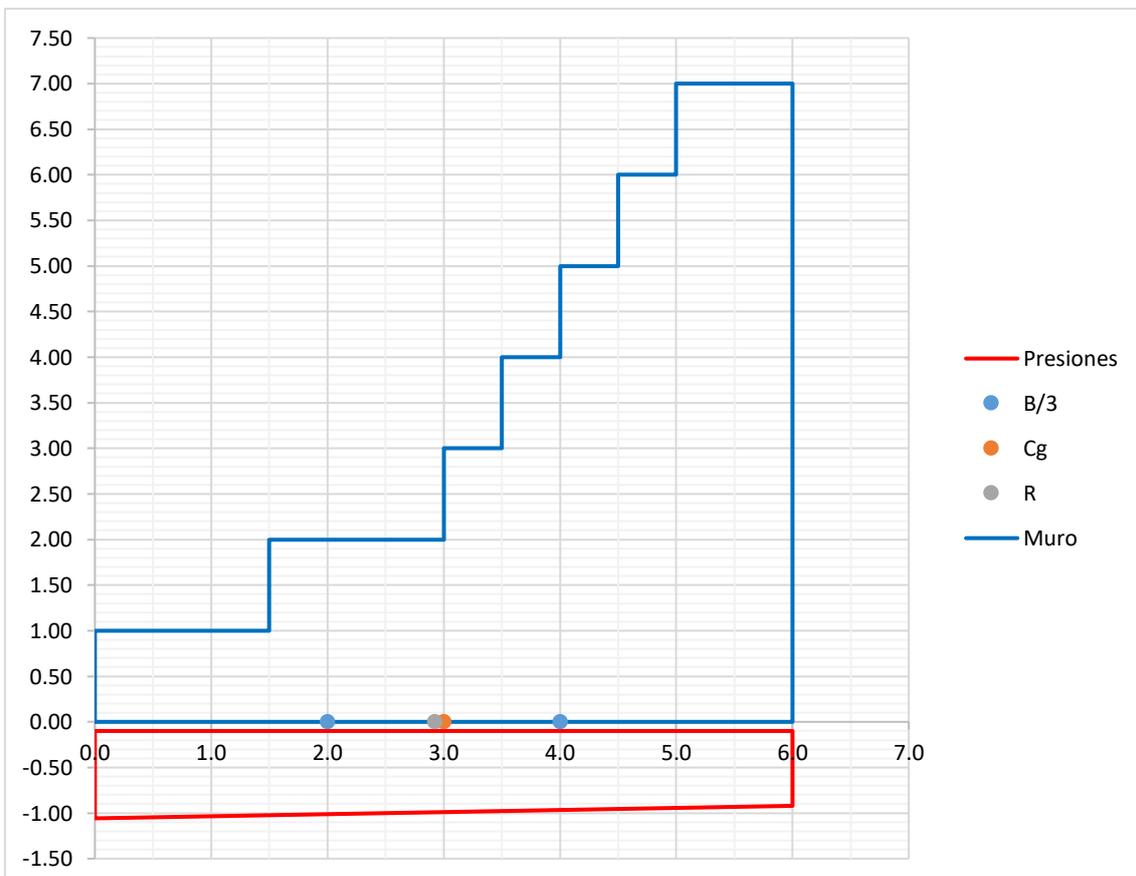


$$\sigma_1 = 0.96 \text{ kg/cm}^2 < \sigma_s = 0.96 \text{ kg/cm}^2$$

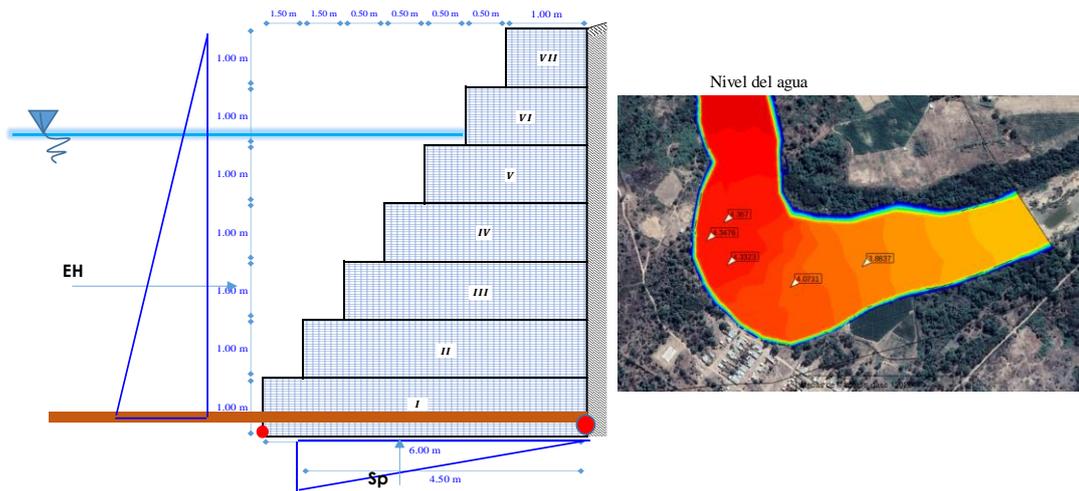
... **Conforme**

$$\sigma_2 = 0.82 \text{ kg/cm}^2 < \sigma_s = 0.96 \text{ kg/cm}^2$$

... **Conforme**

**ESQUEMA DE PRESIONES:**

**VERIFICACIÓN DE LA SUBPRESIÓN ACTUANTE**



**Fuerza del agua**

$$EH = \frac{1}{2}(\gamma a)(Y)^2$$

Altura de agua = 4.40 m  
**EH = 9.68 Tnf**  
 Distancia = 1.47 m

**Fuerza de Subpresión**

$$Sp = \frac{1}{2}(\gamma a)(Yxb)$$

**Sp = 9.90 Tnf**  
 Distancia = 3 m

**Estabilidad al vuelco por subpresión**

$$Ev = \frac{Mr}{Mv} > 1.30$$

**Cálculo del  $Mv$ :**

$$Mv = EH \left( \frac{Y}{3} \right) + Sp \left( \frac{2b}{3} \right)$$

Donde:

Ev = Estabilidad al vuelco  
 Mr = Momento Resistente  
 Mv = Momento Volcador

Mv = 43.897 Tnf

**Cálculo del  $Mr$ :**

FIG.	TIPO	BASE (m)	ALTURA (m)	ÁREA (m <sup>2</sup> )	PESO UNITARIO	PESO PARCIAL	BRAZO X (m)	MOMENTO (tn-m)
I	Gavión	6.00 m	1.00 m	6.000	2.60 tn/m <sup>3</sup>	15.60 tn/m	3.000	46.8000
II	Gavión	4.50 m	1.00 m	4.500	2.60 tn/m <sup>3</sup>	11.70 tn/m	2.250	26.3250
III	Gavión	3.00 m	1.00 m	3.000	2.60 tn/m <sup>3</sup>	7.80 tn/m	1.500	11.7000
IV	Gavión	2.50 m	1.00 m	2.500	2.60 tn/m <sup>3</sup>	6.50 tn/m	1.250	8.1250
V	Gavión	2.00 m	1.00 m	2.000	2.60 tn/m <sup>3</sup>	5.20 tn/m	1.000	5.2000
VI	Gavión	1.50 m	1.00 m	1.500	2.60 tn/m <sup>3</sup>	3.90 tn/m	0.750	2.9250
VII	Gavión	1.00 m	1.00 m	1.000	2.60 tn/m <sup>3</sup>	2.60 tn/m	0.500	1.3000
					$\Sigma =$	53.30 tn/m	$\Sigma =$	102.375

P = 53.30 tn

Mr = 102.4 tn-m

**Factor de seguridad**

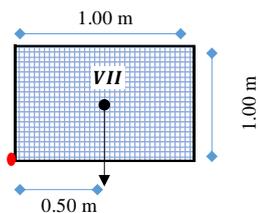
**Mr = 102.38 Tn-m**

**Mv = 43.90 Tn-m**

**Ev = 2.33 > 1.3**

**Conclusión:**

El gavión es estable al volcamiento

**VERIFICACIÓN ENTRE BLOQUE Y BLOQUE:****- SEPTIMO BLOQUE****Fuerzas estabilizantes :**

$$\text{Peso (VI)} = 1.00 \times 1.00 \times 2.60 = 2.60000 \text{ tn}$$

$$\text{Momento (VI)} = 2.60 \text{ tn} \times 0.50 = 1.30000 \text{ tn-m}$$

**Fuerzas desestabilizantes :**

$$\text{Empuje} = E_A = \frac{1}{2} * K_a * \gamma_S * H_T^2 = 0.2839 \text{ tn}$$

$$\text{Momento} = M_A = E_A * Y = 0.09462 \text{ tn-m}$$

**Verificación por deslizamiento :** FSD = 1.50

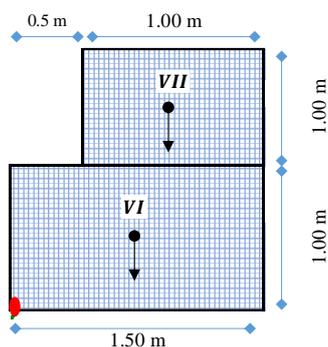
$$\frac{f * P}{E_A} \geq FSD \quad f = 0.577$$

$$\text{FSD} = 5.29 > 1.50 \text{ ... Conforme}$$

**Verificación por volteo :** FSV = 2.00

$$\frac{M_r}{M_A} \geq FSV$$

$$\text{FSV} = 13.74 > 2.00 \text{ ... Conforme}$$

**- SEXTO BLOQUE****Fuerzas estabilizantes :**

$$\text{Peso (VI)} = 1.00 \times 1.00 \times 2.60 = 2.60000 \text{ tn}$$

$$\text{Peso (V)} = 1.00 \times 1.50 \times 2.60 = 3.90000 \text{ tn}$$

$$\Sigma = 6.50000 \text{ tn}$$

$$\text{Momento (VI)} = 2.60 \text{ tn} \times 1.00 \text{ m} = 2.60000 \text{ tn-m}$$

$$\text{Momento (V)} = 3.90 \text{ tn} \times 0.75 \text{ m} = 2.92500 \text{ tn-m}$$

$$\Sigma = 5.5250 \text{ tn-m}$$

**Fuerzas desestabilizantes :**

$$\text{Empuje} = E_A = \frac{1}{2} * K_a * \gamma_S * H_T^2 = 1.1355 \text{ tn}$$

$$\text{Momento} = M_A = E_A * Y = 0.75698 \text{ tn-m}$$

**Verificación por deslizamiento :** FSD = 1.50

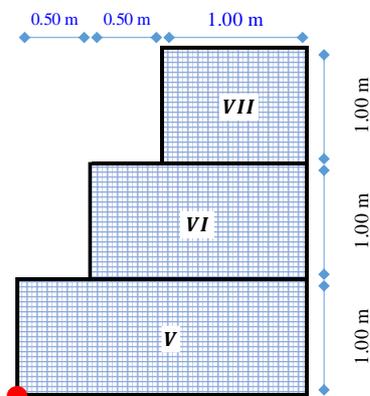
$$\frac{f * P}{E_A} \geq FSD \quad f = 0.577$$

$$\text{FSD} = 3.31 > 1.50 \text{ ... Conforme}$$

**Verificación por volteo :** FSV = 2.00

$$\frac{M_r}{M_A} \geq FSV$$

$$\text{FSV} = 7.30 > 2.00 \text{ ... Conforme}$$

**- QUINTO BLOQUE****Fuerzas estabilizantes :**

$$\text{Peso (VI)} = 1.00 \times 1.00 \times 2.60 = 2.60000 \text{ tn}$$

$$\text{Peso (V)} = 1.50 \times 1.00 \times 2.60 = 3.90000 \text{ tn}$$

$$\text{Peso (IV)} = 2.00 \times 1.00 \times 2.60 = 5.20000 \text{ tn}$$

$$\Sigma = 11.70000 \text{ tn}$$

$$\text{Momento (VI)} = 2.60 \text{ tn} \times 1.50 \text{ m} = 3.90000 \text{ tn-m}$$

$$\text{Momento (V)} = 3.90 \text{ tn} \times 1.25 \text{ m} = 4.87500 \text{ tn-m}$$

$$\text{Momento (IV)} = 5.20 \text{ tn} \times 1.00 \text{ m} = 5.20000 \text{ tn-m}$$

$$\Sigma = 13.9750 \text{ tn-m}$$

**Fuerzas desestabilizantes :**

$$\text{Empuje} = E_A = \frac{1}{2} * K_a * \gamma_S * H_T^2 = 2.5548 \text{ tn}$$

$$\text{Momento} = M_A = E_A * Y = 2.55480 \text{ tn-m}$$

**Verificación por deslizamiento :** FSD = 1.50

$$\frac{f * P}{E_A} \geq FSD \quad f = 0.577$$

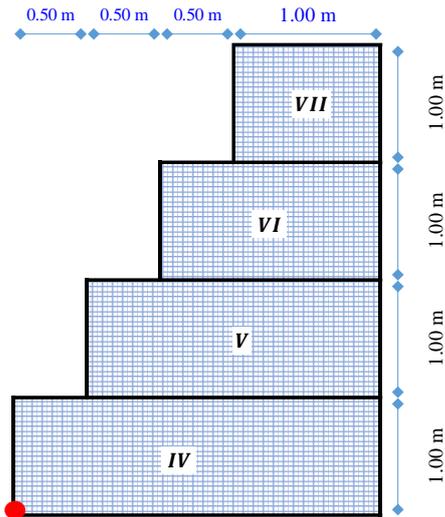
$$\text{FSD} = 2.64 > 1.50 \text{ ... Conforme}$$

**Verificación por volteo :** FSV = 2.00

$$\frac{M_r}{M_A} \geq FSV$$

$$\text{FSV} = 5.47 > 2.00 \text{ ... Conforme}$$

**- CUARTO BLOQUE**



**Verificación por deslizamiento:** FSD = 1.50

$$\frac{f * P}{E_A} \geq FSD \quad f = 0.577$$

FSD = 2.31 > 1.50 ... Conforme

**Fuerzas estabilizantes:**

Peso (VI) = 1.00 x 1.00 x 2.60 = 2.60000 tn  
 Peso (V) = 1.50 x 1.00 x 2.60 = 3.90000 tn  
 Peso (IV) = 2.00 x 1.00 x 2.60 = 5.20000 tn  
 Peso (III) = 2.50 x 1.00 x 2.60 = 6.50000 tn  
 $\Sigma = 18.20000$  tn

Momento (VI) = 2.60 tn x 2.00 m = 5.20000 tn-m  
 Momento (V) = 3.90 tn x 1.75 m = 6.82500 tn-m  
 Momento (IV) = 5.20 tn x 1.50 m = 7.80000 tn-m  
 Momento (III) = 6.50 tn x 1.25 m = 8.12500 tn-m  
 $\Sigma = 27.9500$  tn-m

**Fuerzas desestabilizantes:**

Empuje =  $E_A = \frac{1}{2} * K_a * \gamma_s * H_T^2 = 4.5419$  tn

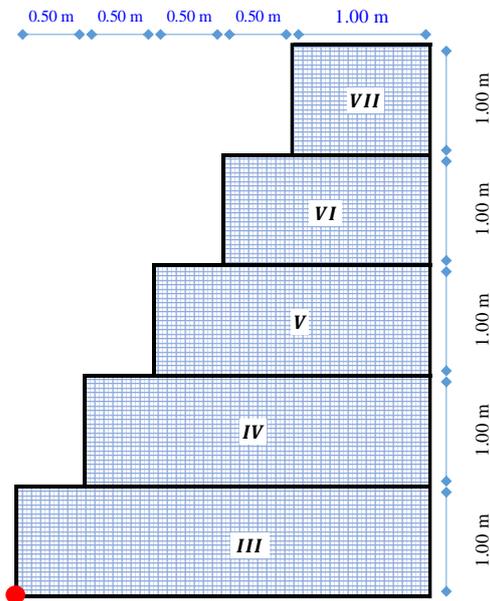
Momento =  $M_A = E_A * Y = 6.05582$  tn-m

**Verificación por volteo:** FSV = 2.00

$$\frac{M_r}{M_A} \geq FSV$$

FSV = 4.62 > 2.00 ... Conforme

**- TERCER BLOQUE**



**Verificación por deslizamiento:** FSD = 1.50

$$\frac{f * P}{E_A} \geq FSD \quad f = 0.577$$

FSD = 2.12 > 1.50 ... Conforme

**Fuerzas estabilizantes:**

Peso (VI) = 1.00 x 1.00 x 2.60 = 2.60000 tn  
 Peso (V) = 1.50 x 1.00 x 2.60 = 3.90000 tn  
 Peso (IV) = 2.00 x 1.00 x 2.60 = 5.20000 tn  
 Peso (III) = 2.50 x 1.00 x 2.60 = 6.50000 tn  
 Peso (II) = 3.00 x 1.00 x 2.60 = 7.80000 tn  
 $\Sigma = 26.00000$  tn

Momento (VI) = 2.60 tn x 2.50 m = 6.50000 tn-m  
 Momento (V) = 3.90 tn x 2.25 m = 8.77500 tn-m  
 Momento (IV) = 5.20 tn x 2.00 m = 10.40000 tn-m  
 Momento (III) = 6.50 tn x 1.75 m = 11.37500 tn-m  
 Momento (II) = 7.80 tn x 1.50 m = 11.70000 tn-m  
 $\Sigma = 48.7500$  tn-m

**Fuerzas desestabilizantes:**

Empuje =  $E_A = \frac{1}{2} * K_a * \gamma_s * H_T^2 = 7.0967$  tn

Momento =  $M_A = E_A * Y = 11.82778$  tn-m

**Verificación por volteo:** FSV = 2.00

$$\frac{M_r}{M_A} \geq FSV$$

FSV = 4.12 > 2.00 ... Conforme

Figura N° 174. Vista en planta de la colocación de gaviones en zona de Cahuide.

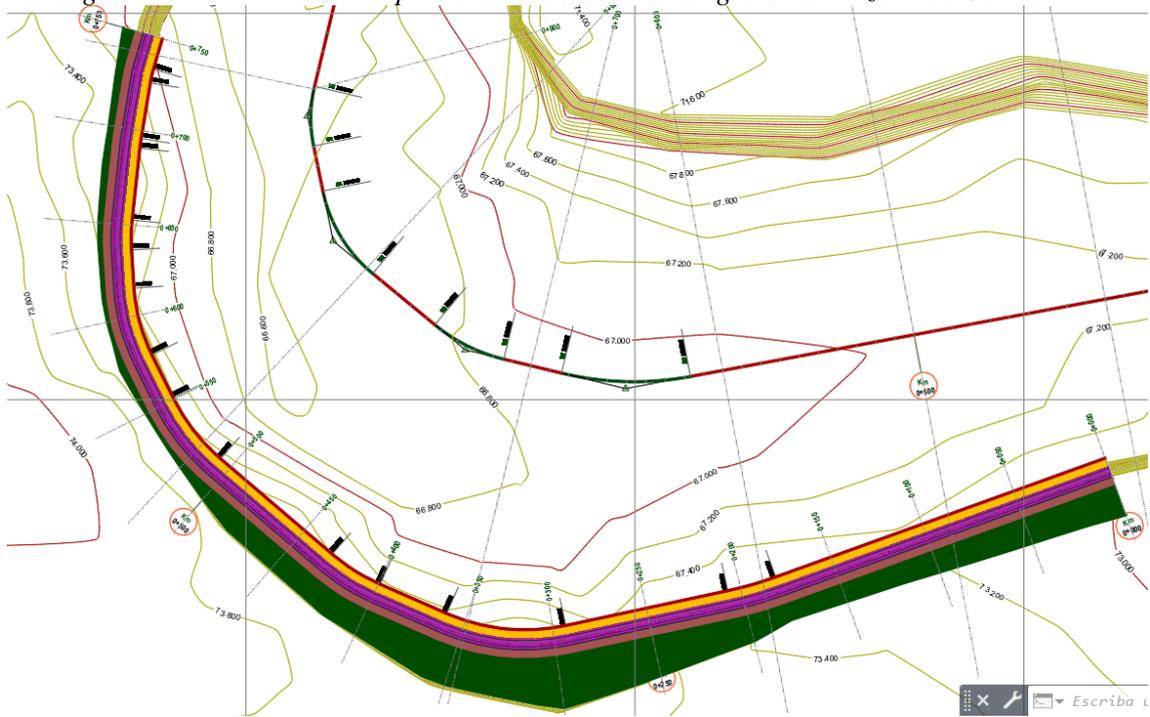
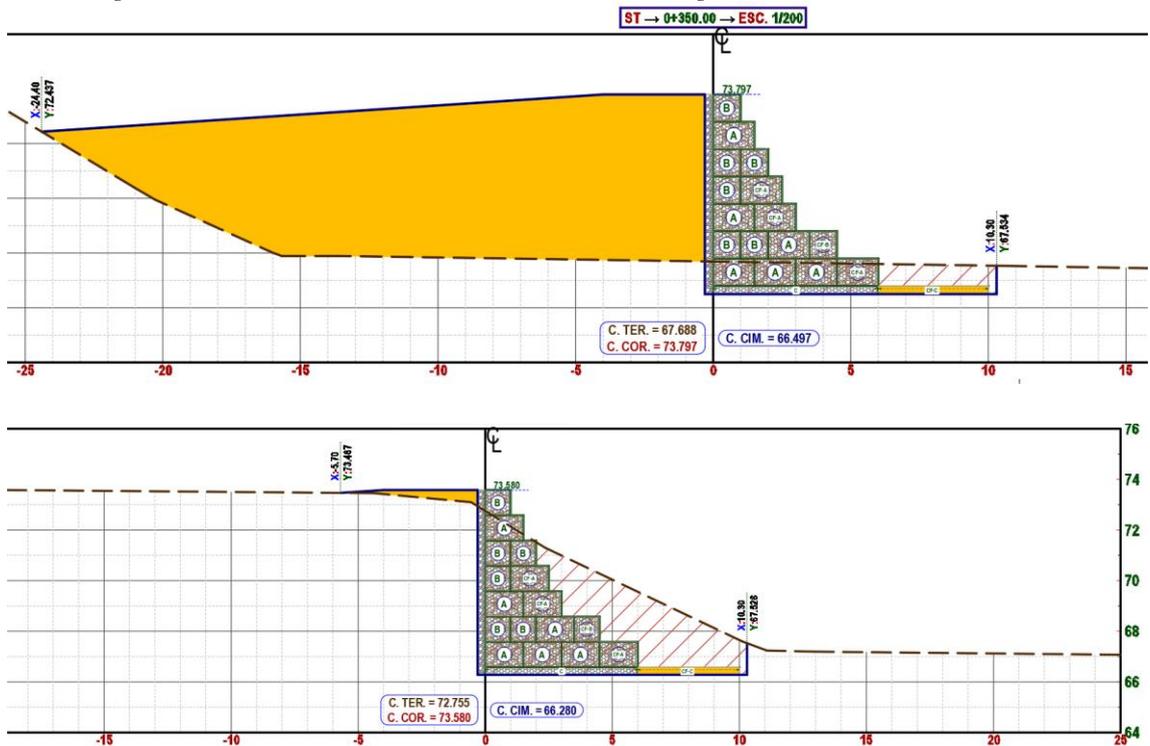


Figura N° 175. Secciones Transversales de los gaviones en zona de Cahuide



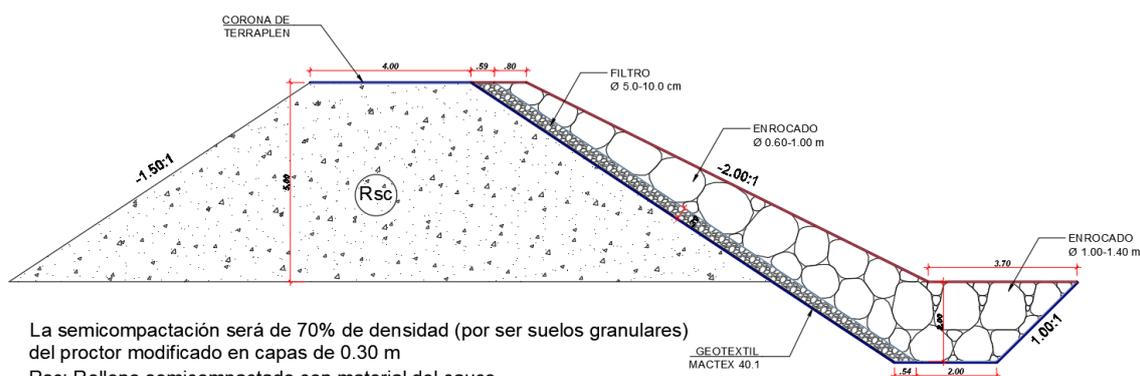
#### 4.5.4. Propuestas de diseño de defensas ribereñas



Fuente: elaboración propia.

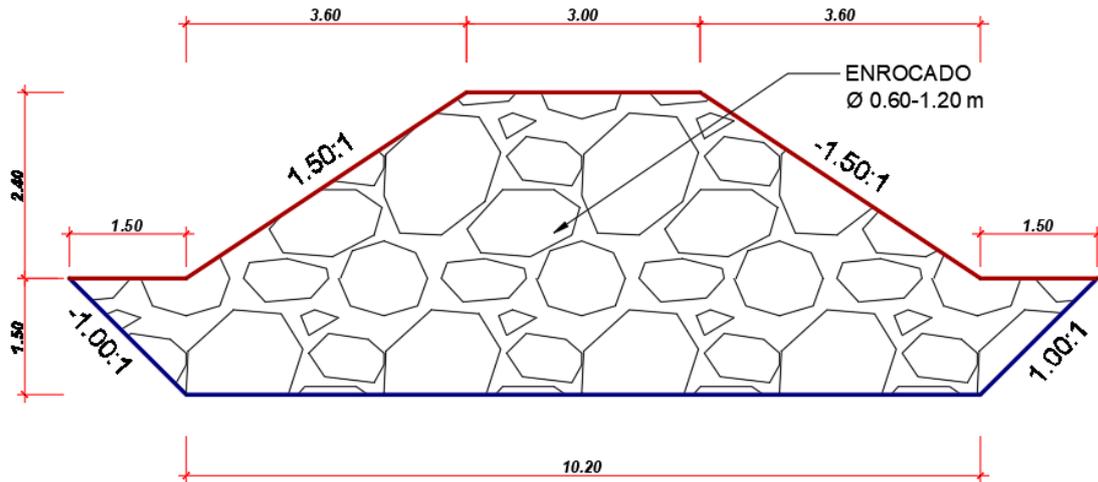
##### Opción 1:

En zona de **Pampa de Lino**, Dique longitudinal en ambas márgenes de 950 m con material de relleno propio del cauce protegido con enrocado con un diámetro medio de 0.60 m y con una altura de 5 m más una cimentación de 2 m, con una cama de apoyo de grava con diámetros de 5 a 10 cm y un filtro de geotextil que servirá como protección contra la infiltración. (ver en anexo 25.5).



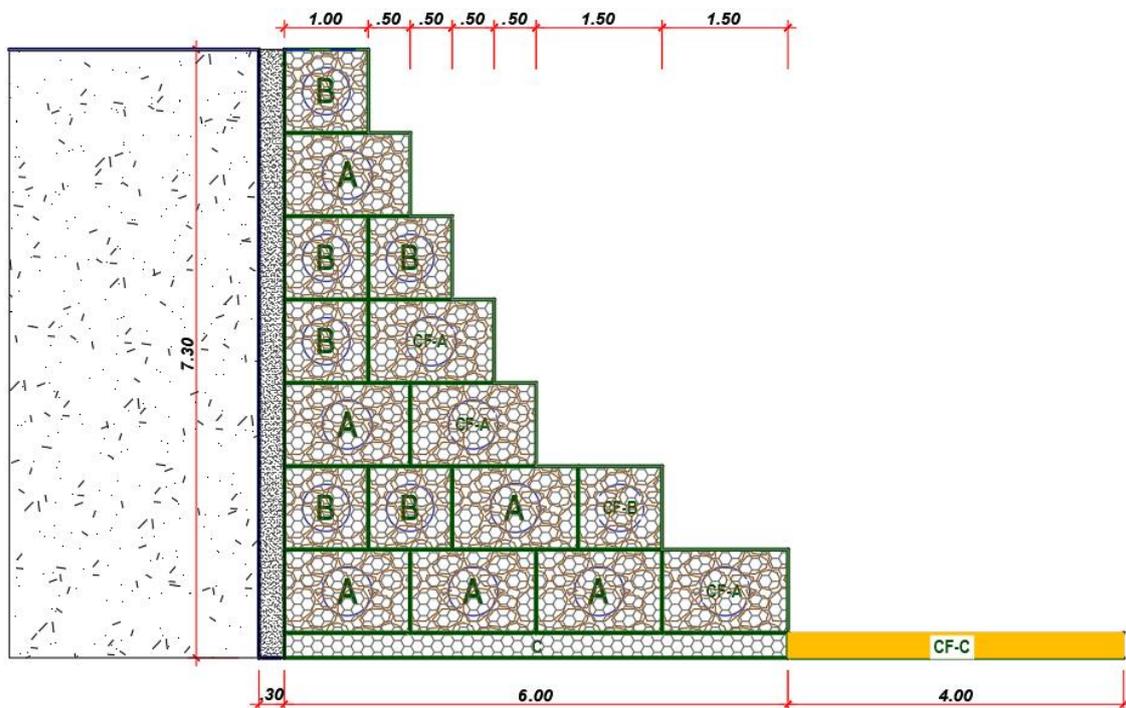
Fuente: elaboración propia.

En zona de **Abrojal**, Dique longitudinal en la margen izquierda de 750 m, proyectado con un radio curvatura de 345 m, con material de relleno propio del cauce con enrocado con un diámetro medio de 0.60 m y con una altura de 5 m más una cimentación de 2 m, con una cama de apoyo de grava con diámetros de 5 a 10 cm y un filtro de geotextil que servirá como protección contra la infiltración. Adicionalmente, 4 espigones con ángulo de inclinación en planta de 60° respecto al eje del cauce con una altura de 2.4 m de altura y cuna cimentación de 1.5 m compuesto por roca con diámetro medio de 0.6 m, longitud del primer espigón de 70 m, longitud de 2do a 4to espigón de 100 m. (ver en anexo 25.5).



Fuente: elaboración propia.

En zona de **C.P. Cahuide**, Protección con gaviones de 750 m de longitud en la margen izquierda de 7 m de altura, con una cama de apoyo de grava con diámetros de 5 a 10 cm y un filtro de geotextil que servirá como protección contra la infiltración. (ver en anexo 25.5)

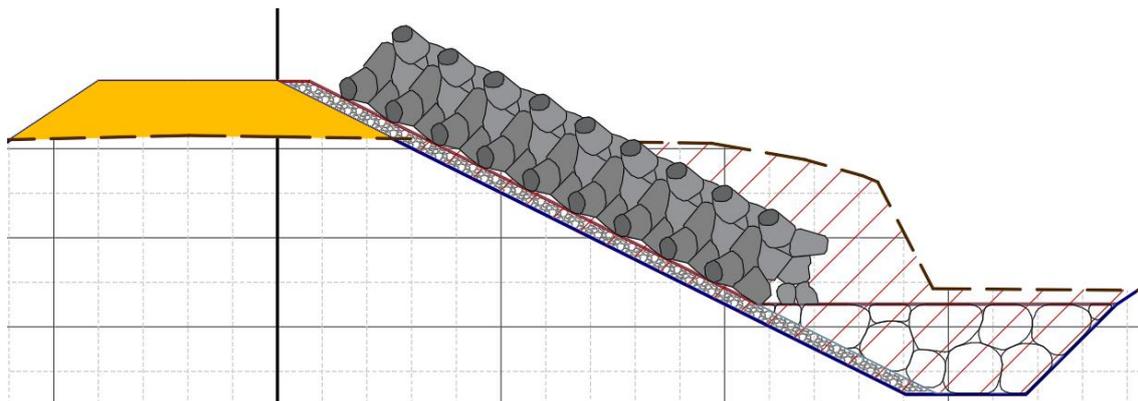


Fuente: elaboración propia.

### Opción 2:

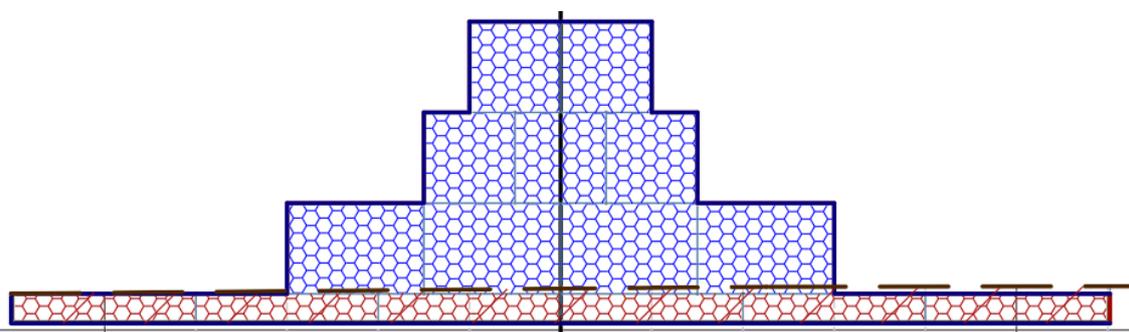
En zona de **Pampa de Lino**, Dique longitudinal en ambas márgenes de 950 m con material de relleno propio del cauce protegido con tetrápodos de concreto armado a 2 capas de 1.50 m de altura de cada material prefabricado abarcando una altura de defensa de 5 m más una cimentación de 2 m con material de roca, con una cama de apoyo de

grava con diámetros de 5 a 10 cm y un filtro de geotextil que servirá como protección contra la infiltración. (ver en anexo 25.7).



Fuente: elaboración propia.

En zona de **Abrojal**, Dique longitudinal en la margen izquierda de 750 m, proyectado con un radio curvatura de 345 m, con material de relleno propio del cauce con enrocado con un diámetro medio de 0.60 m y con una altura de 5 m más una cimentación de 2 m, con una cama de apoyo de grava con diámetros de 5 a 10 cm y un filtro de geotextil que servirá como protección contra la infiltración. Adicionalmente, 4 espigones con ángulo de inclinación en planta de  $60^\circ$  respecto al eje del cauce con una altura de 3.0 m de altura compuesto por cajas de gaviones más una cimentación de colchones reno de 0.30 m de altura, longitud del primer espigón de 70 m, longitud de 2do a 4to espigón de 100 m. (ver en anexo 25.7).



Fuente: elaboración propia.

En zona de **C.P. Cahuide**, Protección con gaviones de 750 m de longitud en la margen izquierda de 7 m de altura, con una cama de apoyo de grava con diámetros de 5 a 10 cm y un filtro de geotextil que servirá como protección contra la infiltración. (ver en anexo 25.7).

## 4.6 Análisis Técnico – Económico

### 4.6.1. Análisis Técnico

La evaluación técnica de las alternativas se realizó en función a los cálculos hidráulicos, tanto analíticos como de dos softwares (HEC-RAS e IBER), evaluando el tirante de agua, la velocidad de flujo, la erosión o socavación general, agradación o sedimentación, se ha visto conveniente considerar una solución apropiada a cada tramo a proteger.

#### Consideraciones iniciales del uso de filtro de grava y geotextil

Debido a que la velocidad presente en la ladera del enrocado es mayor a la máxima velocidad que puede tener terreno natural sin ser erosionado, se vio por conveniente usar un **filtro de grava con canto rodado de entre 5 a 10 cm**; sin embargo, como se ha considerado usar el material de río como terraplén, y este son arenas fácilmente erosionables; esta al estar en contacto con el agua, puede generar infiltración, produciendo deslizamientos internos en el terraplén, haciendo que se genere cavidades, produciendo el reacomodo de la roca y generando inestabilidad en la protección. Por lo que, es recomendable además usar adicionalmente un **filtro de geotextil** para generar velocidades nulas y generar un efecto de compactación en las arenas al no contar con velocidades erosivas. El uso del filtro de grava funciona como protección geotextil y la roca, al o dejar que estos estén en contacto; ya que la roca puede romper el geotextil al momento de su colocación.

#### Zona de Pampa de Lino

Enrocados	Tetrápodos
<ul style="list-style-type: none"> <li>✚ Son flexibles.</li> <li>✚ Facilidad de reparación.</li> <li>✚ Soportan velocidades elevadas.</li> <li>✚ Protegen de la erosión en riberas.</li> <li>✚ La rugosidad de su superficie ofrece mayor resistencia al flujo por lo que reduce su energía.</li> <li>✚ Roca de cantera, dura y compacta (EMR).</li> <li>✚ Recomienda usar rocas ígneas: granito, granodiorita, diorita, basalto, riolita; con densidad mayor a 2.</li> <li>✚ Son más estables en pendientes ligeras.</li> <li>✚ Construcción es económica cuando se tienen materiales cercanos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✚ Son flexibles</li> <li>✚ Facilidad de reparación</li> <li>✚ Beneficiosos cuando la capacidad erosiva, las velocidades y pendientes son elevadas.</li> <li>✚ Protegen de erosión a las riberas del río.</li> <li>✚ Los espacios entre cada tetrápodo hacen que la energía disminuya, reduciendo la capacidad erosiva.</li> <li>✚ Se adaptan a cualquier geometría.</li> <li>✚ Tiempo de fabricación lento.</li> <li>✚ Fácil colocación.</li> <li>✚ Costo de construcción es elevado.</li> </ul>

Técnicamente en la zona, ambas alternativas son beneficiosas; teniendo en cuenta que existen pendientes bajas, la velocidad y la erosión generada afecta generalmente a los márgenes y no a la cimentación, sin embargo, se tendrá que realizar una comparación en cuanto a precios de construcción para escoger la que tenga un menor costo.

### Zona de Abrojal

Se diseñó enrocados como protección en la margen izquierda, adicionalmente, debido a la presencia de velocidades mayores a 3 m/s se incorporó el diseño de espigones, verificando en el modelo hidráulico una disminución importante de velocidades entre espigones; por lo que la comparación será para los espigones; un espigón de roca y otro espigón con cajas de gaviones, debido a que la pendiente es de 0.00123 (baja) dando a la posibilidad de usar una diversidad de materiales.

Espigones de roca	Espigones de gaviones
<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Son flexibles.</li> <li>+ Recomendable en ríos de poca profundidad y moderado material suspendido.</li> <li>+ Facilidad de reparación.</li> <li>+ Disminuyen velocidades entre espigones, recuperando el cauce erosionado.</li> <li>+ Protegen de la erosión en riberas.</li> <li>+ Tiempo de construcción menor.</li> <li>+ Construcción es económica cuando se tienen materiales cercanos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Son flexibles</li> <li>+ Recomendable en ríos de poca profundidad y poco material suspendido.</li> <li>+ Reparación cuidadosa.</li> <li>+ Disminuyen velocidades entre espigones, recuperando el cauce erosionado.</li> <li>+ Protegen de la erosión en riberas.</li> <li>+ No funcionales cuando hay arrastre de escombros.</li> <li>+ Tiempo y costo de construcción mayor.</li> </ul>

Técnicamente, los dos tipos de espigones funcionan en la zona de estudio; sin embargo, debido a la presencia de material arbustivo; al ser transportado por el agua, este puede ubicarse como una ancla en el espigón de gavión generando roturas de las mallas; por lo que la mejor opción técnica es el **uso de espigones de roca**.

### Zona de Cahuide

Se desarrolló el diseño de **gaviones** como única alternativa, debido a que las condiciones del tipo de suelo y geometría hace que sea la mejor opción disponible.

La ubicación de la defensa en esa zona colinda con el centro poblado Cahuide, la erosión producida en ese lugar ha generado que se lleve a mitad de la calle aledaña al río, por lo que la población se encuentra en peligro ante una nueva avenida máxima. El desnivel

entre el río y la población es de 7 m con un talud vertical; en la otra margen el desnivel es de 5 m; el tipo de suelo son arenas con cohesión nula.

Se decidió usar gaviones debido a su facilidad de colocación y armado; conveniente para protecciones con alturas elevadas (7 m), la base del gavión (6) no ocupa mucho espacio en el río favoreciendo su colocación en taludes verticales. A diferencia de la colocación de un dique enrocado; ya que no es recomendable la colocación en alturas muy elevadas considerando el tipo de material de río, se tendría que usar una pendiente mayor a 2 para generar estabilidad lo que provoca una disminución del cauce, lo que a su vez generaría un incremento del tirante y una posible inundación a la otra margen del río (zona donde existe abundancia de terrenos de cultivos).

Las velocidades del río en esa zona no supera los 2.5 m/s, por lo que el uso de gaviones funciona, la cimentación requerida no es profunda por el uso de colchones reno y en el análisis de estabilidad se comprobó que el suelo es capaz de resistir el peso del gavión; además, el costo de mantenimiento es bajo, ya que en algún imprevisto no es necesaria del uso de maquinaria pesada.

#### **4.6.2. Análisis Económico**

##### **Justificación del tipo de análisis económico realizado**

Este tipo de obras de protección en riberas son realizadas de emergencia por el estado peruano, en prevención de posibles desastres por inundaciones, por lo que no es posible calcular un beneficio costo, ya que su principal función es salvar vidas humanas, es por eso que se construyen al costo que sea. Más si son zonas potencialmente inundables como se ha podido corroborar con esta investigación para los centros poblados de Pampa de Lino y el C.P. Cahuide; es decir que este tipo de proyectos no son para el estado peruano proyectos de inversión, si no que entran en la clasificación de proyectos sociales o proyectos de contingencia.

Tras tener dos tipos de defensas ribereñas para cada tramo erosionable e inundable, se procederá a comparar mediante costos y tiempo de construcción de ambas propuestas, por la cual, se verificó cuál de las 2 opciones es menos costosa y más rápida en cuanto a su ejecución.

A continuación, se mostrará resúmenes comparativos entre las dos propuestas descritas anteriormente y se escogerá la solución más viable.

## Presupuesto y cronograma de opción 1

Tabla 43: Resumen de metrados de opción 1.

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
<b>01</b>	<b>OBRAS PROVISIONALES</b>				
<b>01.01</b>	<b>OBRAS PROVISIONALES</b>				
01.01.01	CARTEL DE OBRA DE 7.20 x 3.60	Glb	1.00	800.00	S/ 800.00
01.01.02	SEÑALIZACION DE SEGURIDAD, PROTECCION E INFORMATIVA DE OBRA	Glb	1.00	67500.00	S/ 67,500.00
<b>01.02</b>	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>				
01.02.01	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE MAQUINARIA	Glb	1.00	41975.00	S/ 41,975.00
01.02.02	FLETE TERRESTRE DE MATERIALES LAMBAYEQUE - JAYANCA	Glb	1.00	500.00	S/ 500.00
01.02.03	TRANSPORTE DE GAVION CAJA 10x12 X 2.40mm G+PVC 5.00x1.00x1.00 A LA ZONA DE LA OBRA (DESDE LIMA)	Ton	25.34	560.00	S/ 14,191.80
01.02.04	TRANSPORTE DE GAVION CAJA 10x12 X 2.40mm G+PVC 5.00x1.50x1.00 A LA ZONA DE LA OBRA (DESDE LIMA)	Ton	41.70	560.00	S/ 23,350.32
01.02.05	TRANSPORTE DE GAVION TIPO COLCHON RENO 10x12 X 2.40 mm G+PVC 5.00x2.00x0.30 A LA ZONA DE LA OBRA (DESDE LIMA)	Ton	16.03	560.00	S/ 8,976.24
01.02.06	TRANSPORTE DE GAVION CAJA FUERTE 10x12 X 2.70mm G+PVC 5.00x1.00x1.0 A LA ZONA DE LA OBRA (DESDE LIMA)	Ton	19.80	560.00	S/ 11,088.00
01.02.07	TRANSPORTE DE GAVIONCAJA FUERTE 10x12 X 2.70mm G+PVC 5.00x1.50x1.00 A LA ZONA DE LA OBRA (DESDE LIMA)	Ton	7.77	560.00	S/ 4,351.20
01.02.08	TRANSPORTE DE GAVION TIPO COLCHON RENO FUERTE 10x12 X 2.70 mm G+PVC 5.00x2.00x0.30 ZONA DE OBRA (DESDE LIMA)	Ton	13.42	560.00	S/ 7,514.64
01.02.09	TRANSPORTE DE FILTRO GEOTEXTIL MACTEX N40.1 ZONA DE OBRA (DESDE LIMA)	Ton	2.79	560.00	S/ 1,562.40
01.02.10	CAMPAMENTO Y ALMACEN DE OBRA	Glb	1.00	3500.00	S/ 3,500.00
01.02.12	REPLANTEO FINAL DE LA OBRA CON EST. TOTAL.	km	3.44	321.59	S/ 1,106.28
<b>02</b>	<b>DIQUE LONGITUDINAL CON MATERIAL DE RELLENO PROPIO</b>				
<b>02.01</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				
02.01.01	LIMPIEZA Y DESBROCE - DEFENSA RIBERENA	ha	72.54	377.93	S/ 27,415.07
02.01.02	EXCAVACION DE TERRENO NATURAL C/MAQUINARIA PARA ESTRUCTURAS DE DEFENSA	m3	395663.30	1.64	S/ 649,380.90
02.01.03	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO	m3	43326.68	3.24	S/ 140,163.58
02.01.04	ELIMINACION DE DESMONTE R < 1KM CON MAQUINARIA	m3	355701.63	1.87	S/ 665,569.88
<b>03</b>	<b>GAVIONES Y GEOSINTÉTICOS</b>				
<b>03.01</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				
03.01.01	TRAZO Y REPLANTEO EN GAVIONES CON EQUIPO	km	0.75	2535.61	S/ 1,901.71
<b>03.02</b>	<b>TRANSPORTE</b>				
03.02.01	TRANSPORTE DE MATERIAL DE OVER PARA GAVIÓN	m3	13200.00	14.87	S/ 196,282.42
03.02.02	TRANSPORTE DE FILTRO DE ROCA DE DIÁMETRO DE 5-10 cm CANTERA MOTUPE	m3	1314.00	31.27	S/ 41,088.62
<b>03.03</b>	<b>GAVIONES</b>				
03.03.01	GAVION CAJA 10x12 φ 2.40mm G+PVC 5.00x1.00x1.00	und	750.00	806.11	S/ 604,581.76
03.03.02	GAVION CAJA 10x12 φ 2.40mm G+PVC 5.00x1.50x1.00	und	900.00	1086.63	S/ 977,963.64
03.03.03	GAVION TIPO COLCHON RENO 10x12 φ 2.40 mm G+PVC 5.00x2.00x0.30	und	450.00	656.58	S/ 295,462.41
03.03.04	GAVION CAJA FUERTE 10x12 φ 2.70mm G+PVC 5.00x1.00x1.00	und	450.00	848.77	S/ 381,946.06
03.03.05	GAVION CAJA FUERTE 10x12 φ 2.70mm G+PVC 5.00x1.50x1.00	und	150.00	1119.28	S/ 167,891.44
03.03.06	GAVION TIPO COLCHON RENO FUERTE 10x12 φ 2.70 mm G+PVC 5.00x2.00x0.30	und	300.00	725.73	S/ 217,719.94
<b>03.04</b>	<b>GEOSINTÉTICOS</b>				
03.04.01	INSTALACION DE FILTRO GEOTEXTIL MACTEX N°40.1	m2	13950.00	8.12	S/ 113,324.96
03.04.02	ACOMODO DE FILTRO DE ROCA DE DIÁMETRO DE 5-10 cm EN TALUD DE GAVIÓN	m3	1642.50	17.91	S/ 29,414.57
<b>04</b>	<b>ENROCADO Y ESPIGONES DE ROCA</b>				
<b>04.01</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				
04.01.01	TRAZO Y REPLANTEO EN ENROCADO CON EQUIPO	km	2.69	2535.61	S/ 6,820.80
04.01.02	TRAZO Y REPLANTEO EN ESPIGONES DE ROCA CON EQUIPO	km	0.37	2535.61	S/ 938.18
04.01.03	CONFORMACION Y SEMICOMPACTACION DE DIQUE SECO	m3	38560.49	2.10	S/ 80,825.95
04.01.04	PERFILADO Y ACABADO DE TALUD DE DIQUE	m2	30960.00	1.43	S/ 44,355.55
04.01.05	EXCAVACION DE UÑA PARA CIMENTACION DE ENROCADO	m3	35432.00	2.24	S/ 79,316.35
04.01.06	EXCAVACION DE UÑA PARA ESPIGONES	m3	6493.50	2.24	S/ 14,536.03
<b>04.02</b>	<b>ENROCADO DE PROTECCIÓN</b>				
04.02.01	EXTRACCION DE ROCAS CON EXPLOSIVOS	m3	31898.02	8.13	S/ 259,436.74
04.02.02	SELECCION Y ACOPIO DE ROCA	m3	31898.02	3.56	S/ 113,703.66
04.02.03	CARGUIO Y TRANSPORTE DE ROCA DE CANTERA PAMPA VERNILLA	m3	31898.02	37.52	S/ 1,196,917.18
04.02.04	CARGUIO Y TRANSPORTE DE ROCA DE CANTERA MOTUPE	m3	13670.58	37.67	S/ 514,992.70
04.02.05	TRANSPORTE DE FILTRO DE ROCA DE DIÁMETRO DE 5-10 cm CANTERA MOTUPE	m3	9651.18	31.27	S/ 301,791.31
04.02.06	INSTALACION DE FILTRO GEOTEXTIL MACTEX N°40.1	m2	48420.00	8.12	S/ 393,347.29
04.02.07	ACOMODO DE FILTRO DE ROCA DE DIÁMETRO DE 5-10 cm EN TALUD DE DIQUE	m3	9651.18	7.16	S/ 69,134.93
04.02.08	ACOMODO DE ROCA EN UÑA DE DIQUE	m3	21304.80	7.16	S/ 152,614.05
04.02.09	ACOMODO DE DE ROCA EN TALUD DE DIQUE	m3	24263.80	11.94	S/ 289,684.07
<b>04.03</b>	<b>ESPIGONES DE ROCA</b>				
04.03.01	EXTRACCION DE ROCAS CON EXPLOSIVOS	m3	10871.78	8.13	S/ 88,423.68
04.03.02	SELECCION Y ACOPIO DE ROCA	m3	10871.78	3.56	S/ 38,753.55
04.03.03	CARGUIO Y TRANSPORTE DE ROCA DE CANTERA PAMPA VERNILLA	m3	10871.78	37.52	S/ 407,944.60
04.03.04	ACOMODO DE ROCA EN ESPIGÓN	m3	10871.78	8.95	S/ 97,348.19
<b>05</b>	<b>MITIGACION DE IMPACTO AMBIENTAL</b>				
<b>05.01</b>	<b>PLANIFICACIÓN</b>				
05.01.01	EDUCACIÓN VIAL A LA POBLACIÓN	Tall	3.00	500.00	S/ 1,500.00
<b>05.02</b>	<b>CONSTRUCCIONES</b>				
05.02.01	ARBORIZACION DE DEFENSA RIBERENA	m	3420.00	6.90	S/ 23,608.51
05.02.02	RESTAURACION DE LAS AREAS	m	3420.00	9.67	S/ 33,074.71
05.02.03	CONTENEDORES DE RESIDUOS SÓLIDOS	und	9.00	503.54	S/ 4,531.86
05.02.04	REGIO - AGUA PERMANENTE EN OBRA	mes	6.00	1605.22	S/ 9,631.31

Costo directo asciende a **S/ 8,919,754.04**, del cuadro anterior se observa a las partidas cuyo mayor costo conlleva en cuanto a enrocado es la extracción y transporte de la roca; y para gaviones es el costo del material y el costo que conlleva su instalación. La partida que genera el mayor costo del total del proyecto es carguío y transporte de roca de cantera Pampa Vernilla cuyo costo es de **S/ 1,196,917.18**. (ver en anexo 12).

Tabla 44: Resumen de presupuesto para la opción 1.

<b>COSTO DIRECTO</b>		<b>S/ 8,919,754.04</b>
GASTOS GENERALES	7.09%	S/ 632,365.96
UTILIDAD	6.00%	S/ 535,185.24
<b>SUB TOTAL</b>		<b>S/ 10,087,305.24</b>
IMPUESTO GENERAL A LAS VENTAS	18.00%	S/ 1,815,714.94
<b>COSTO DE OBRA</b>		<b>S/ 11,903,020.19</b>
SUPERVISIÓN Y LIQUIDACIÓN DE OBRAS	6.00% C_O	S/ 714,181.21
<b>PRESUPUESTO TOTAL</b>		<b>S/ 12,617,201.40</b>

### Cronograma

Para realizar el proceso de elaboración del cronograma fue necesario la obtención de algunos datos preliminares.

Se muestra, a continuación, el porcentaje de mano de obra, materiales, equipos y/o herramientas para el total del costo directo del proyecto de la opción 1.

Tabla 45: Porcentaje de recursos con respecto al costo directo para la opción 1.

**PORCENTAJE DE MANO DE OBRA, MATERIALES, EQUIPOS Y HERRAMIENTAS DEL COSTO DIRECTO**

N°	DESCRIPCIÓN	PORCENTAJE	COSTO
1	MANO DE OBRA	15.98%	S/ 1,425,696.16
2	MATERIALES	32.11%	S/ 2,864,514.69
3	EQUIPOS Y HERRAMIENTAS	51.90%	S/ 4,629,543.19
<b>COSTO DIRECTO</b>			<b>S/ 8,919,754.04</b>

Fuente: Elaboración propia.

Costo de cada hora hombre para cada personal y su costo por cada hora hombre trabajada a mayo de 2021, brindado por el Régimen Laboral de Construcción Civil.

Tabla 46: Total de horas hombre y costo respectivo de la opción 1.

**HORAS HOMBRE**

N°	DESCRIPCIÓN	HH	COSTO/HH	PARCIAL
1	AYUDANTE DE PERFORISTA	2281.06	S/ 13.76	S/ 31,386.42
2	OFICIAL	18960.33	S/ 15.22	S/ 288,561.11
3	OPERADOR DE EQUIPO PESADO	2990.19	S/ 20.39	S/ 60,974.25
4	OPERARIO	6232.29	S/ 19.24	S/ 119,891.78
5	OPERARIO TOPOGRÁFICO	179.92	S/ 20.20	S/ 3,634.21
6	PEÓN	62169.44	S/ 13.76	S/ 855,426.68
7	PERFORISTA	2281.06	S/ 19.24	S/ 43,881.13
8	DINAMITERO	1140.53	S/ 19.24	S/ 21,940.57
<b>TOTAL</b>		<b>96234.82</b>		<b>S/ 1,425,696.16</b>

Fuente: Elaboración propia.

Se presentan también las cantidades de horas máquina para cada equipo y su respectivo costo actualizado a mayo del 2021.



## Presupuesto y cronograma de opción 2

Tabla 49: Resumen de metrados de opción 2.

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
<b>01</b>	<b>OBRAS PROVISIONALES</b>				
<b>01.01</b>	<b>OBRAS PROVISIONALES</b>				
01.01.01	CARTEL DE OBRA DE 7.20 x 3.60	Glb	1.00	800.00	S/ 800.00
01.01.02	SEÑALIZACIÓN DE SEGURIDAD, PROTECCION E INFORMATVA DE OBRA	Glb	1.00	67500.00	S/ 67 500.00
<b>01.02</b>	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>				
01.02.01	MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN DE MAQUINARIA	Glb	1.00	36750.00	S/ 36,750.00
01.02.02	FLETE TERRESTRE DE MATERIALES LAMBAYEQUE - JAYANCA	Glb	1.00	500.00	S/ 500.00
01.02.03	TRANSPORTE DE GAVION CAJA 10x12 X 2.40mm G+PVC 5.00x1.00x1.00 A LA ZONA DE LA OBRA (DESDE LIMA)	Ton	25.34	240.00	S/ 6,082.20
01.02.04	TRANSPORTE DE GAVION CAJA 10x12 X 2.40mm G+PVC 5.00x1.50x1.00 A LA ZONA DE LA OBRA (DESDE LIMA)	Ton	41.70	200.00	S/ 8,339.40
01.02.05	TRANSPORTE DE GAVION TIPO COLCHON RENO 10x12 X 2.40 mm G+PVC 5.00x2.00x0.30 A LA ZONA DE LA OBRA (DESDE LIMA)	Ton	16.03	200.00	S/ 3,205.80
01.02.06	TRANSPORTE DE GAVION CAJA FUERTE 10x12 X 2.70mm G+PVC 5.00x1.00x1.0 A LA ZONA DE LA OBRA (DESDE LIMA)	Ton	19.80	200.00	S/ 3,960.00
01.02.07	TRANSPORTE DE GAVIONCAJA FUERTE 10x12 X 2.70mm G+PVC 5.00x1.50x1.00 A LA ZONA DE LA OBRA (DESDE LIMA)	Ton	7.77	200.00	S/ 1,554.00
01.02.08	TRANSPORTE DE GAVION TIPO COLCHON RENO FUERTE 10x12 X 2.70 mm G+PVC 5.00x2.00x0.30 ZONA DE OBRA (DESDE LIMA)	Ton	13.42	200.00	S/ 2,683.80
01.02.09	TRANSPORTE DE FILTRO GEOTEXTIL MACTEX N40.1 ZONA DE OBRA (DESDE LIMA)	Ton	3.68	200.00	S/ 735.41
01.02.10	CAMPAMENTO Y ALMACEN DE OBRA	Glb	1	3500.00	S/ 3,500.00
01.02.12	REPLANTEO FINAL DE LA OBRA CON EST. TOTAL	km	3.44	321.59	S/ 1,106.28
<b>02</b>	<b>DIQUE LONGITUDINAL CON MATERIAL DE RELLENO PROPIO</b>				
<b>02.01</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				
02.01.01	LIMPIEZA Y DESBROCE - DEFENSA RIBERENA	ha	72.54	377.93	S/ 27,415.07
02.01.02	EXCAVACION DE TERRENO NATURAL C/MAQUINARIA PARA ESTRUCTURAS DE DEFENSA	m3	388,828.44	1.64	S/ 638,163.20
02.01.03	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO	m3	43,326.68	3.24	S/ 140,163.58
02.01.04	ELIMINACION DE DESMONTE R < 1KM CON MAQUINARIA	m3	341,657.77	1.87	S/ 639,291.75
<b>03</b>	<b>GAVIONES Y GEOSINTETICOS</b>				
<b>03.01</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				
03.01.01	TRAZO Y REPLANTEO EN GAVIONES CON EQUIPO	km	0.75	2535.61	S/ 1,901.71
<b>03.02</b>	<b>TRANSPORTE</b>				
03.02.01	TRANSPORTE DE MATERIAL DE OVER PARA GAVIÓN	m3	13200	14.87	S/ 196,282.42
03.02.02	TRANSPORTE DE FILTRO DE ROCA DE DIÁMETRO DE 5-10 cm CANTERA MOTUPE	m3	1314	34.87	S/ 45,819.02
<b>03.03</b>	<b>GAVIONES</b>				
03.03.01	GAVION CAJA 10x12 φ 2.40mm G+PVC 5.00x1.00x1.00	und	750.00	838.51	S/ 628,881.76
03.03.02	GAVION CAJA 10x12 φ 2.40mm G+PVC 5.00x1.50x1.00	und	900.00	1135.23	S/ 1,021,703.64
03.03.03	GAVION TIPO COLCHON RENO 10x12 φ 2.40 mm G+PVC 5.00x2.00x0.30	und	450.00	676.02	S/ 304,210.41
03.03.04	GAVION CAJA FUERTE 10x12 φ 2.70mm G+PVC 5.00x1.00x1.00	und	450.00	881.17	S/ 396,526.06
03.03.05	GAVION CAJA FUERTE 10x12 φ 2.70mm G+PVC 5.00x1.50x1.00	und	150.00	1167.88	S/ 175,181.44
03.03.06	GAVION TIPO COLCHON RENO FUERTE 10x12 φ 2.70 mm G+PVC 5.00x2.00x0.30	und	300.00	745.17	S/ 223,551.94
<b>03.04</b>	<b>GEOSINTETICOS</b>				
03.04.01	INSTALACION DE FILTRO GEOTEXTIL MACTEX N°40.1	m2	18,385.20	8.12	S/ 149,354.99
03.04.02	ACOMODO DE FILRO DE ROCA DE DIÁMETRO DE 5-10 cm EN TALUD DE GAVIÓN	m3	1,642.50	17.91	S/ 29,414.57
<b>04</b>	<b>ENROCADO Y ESPIGONES DE ROCA</b>				
<b>04.01</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				
04.01.01	TRAZO Y REPLANTEO EN ENROCADO CON EQUIPO	km	2.69	2535.61	S/ 6,820.80
04.01.02	TRAZO Y REPLANTEO EN ESPIGONES DE GAVIONES CON EQUIPO	km	0.37	2535.61	S/ 938.18
04.01.03	CONFORMACION Y SEMICOMPACTACION DE DIQUE SECO	m3	40,607.99	2.10	S/ 85,117.68
04.01.04	PERFILADO Y ACABADO DE TALUD DE DIQUE	m2	35,189.20	1.43	S/ 50,414.61
04.01.05	EXCAVACION DE UÑA PARA CIMENTACION DE ENROCADO	m3	35,432.00	2.24	S/ 79,316.35
04.01.06	EXCAVACION DE UÑA PARA ESPIGONES	m3	1,332.00	2.24	S/ 2,981.75
<b>04.02</b>	<b>ENROCADO DE PROTECCIÓN</b>				
04.02.01	EXTRACCION DE ROCAS CON EXPLOSIVOS	m3	8,893.50	8.13	S/ 72,333.66
04.02.02	SELECCION Y ACOPIO DE ROCA	m3	8,893.50	3.56	S/ 31,701.76
04.02.03	CARGUIO Y TRANSPORTE DE ROCA DE CANTERA PAMPA VERNILLA	m3	8,893.50	37.52	S/ 333,712.97
04.02.04	CARGUIO Y TRANSPORTE DE ROCA DE CANTERA MOTUPE	m3	3,811.50	40.37	S/ 153,876.37
04.02.05	TRANSPORTE DE FILTRO DE ROCA DE DIÁMETRO DE 5-10 cm CANTERA MOTUPE	m3	11,608.45	34.87	S/ 404,785.19
04.02.06	INSTALACION DE FILTRO GEOTEXTIL MACTEX N°40.1	m2	54,694.35	8.12	S/ 444,317.92
04.02.07	ACOMODO DE FILRO DE ROCA DE DIÁMETRO DE 5-10 cm EN TALUD DE DIQUE	m3	11,608.45	7.16	S/ 83,155.54
04.02.08	ACOMODO DE ROCA EN UÑA DE DIQUE	m3	5,940.00	7.16	S/ 42,550.38
04.02.09	ACOMODO DE DE ROCA EN TALUD DE DIQUE	m3	6,765.00	11.94	S/ 80,766.93
<b>04.03</b>	<b>ESPIGONES DE TIPO GAVION</b>				
04.03.01	TRANSPORTE DE MATERIAL DE OVER PARA ESPIGÓN DE GAVIÓN	m3	4,111.36	14.87	S/ 61,135.43
04.03.02	INSTALACION DE FILTRO GEOTEXTIL MACTEX N°40.1	m2	4,435.20	8.12	S/ 36,030.03
04.03.03	GAVION CAJA 10x12 φ 2.40mm G+PVC 5.00x1.00x1.00	und	68.00	838.51	S/ 57,018.61
04.03.04	GAVION CAJA 10x12 φ 2.40mm G+PVC 5.00x1.50x1.00	und	136.00	1135.23	S/ 154,390.77
04.03.05	GAVION CAJA FUERTE 10x12 φ 2.70mm G+PVC 5.00x1.00x1.00	und	272.00	881.17	S/ 239,677.97
04.03.06	GAVION CAJA FUERTE 10x12 φ 2.70mm G+PVC 5.00x1.50x1.00	und	136.00	1167.88	S/ 158,831.17
04.03.07	GAVION TIPO COLCHON RENO 10x12 φ 2.40 mm G+PVC 5.00x2.00x0.30	und	136.00	676.02	S/ 91,939.15
04.03.08	GAVION TIPO COLCHON RENO FUERTE 10x12 φ 2.70 mm G+PVC 5.00x2.00x0.30	und	272.00	745.17	S/ 202,687.09
04.03.09	GAVION TIPO COLCHON RENO FUERTE 10x12 φ 2.70 mm G+PVC 3.00x2.00x0.30	und	24.00	529.18	S/ 12,700.38
<b>04.04</b>	<b>TETRAPODOS</b>				
04.04.01	COSTO DE FABRICACIÓN DE MOLDES DE TETRAPODOS	und	530.00	500.00	S/ 265,000.00
04.04.02	TRANSPORTE DE MOLDES DE TETRAPODOS	Glb	1.00	5000.00	S/ 5,000.00
04.04.03	TRANSPORTE DE ARENA GRUESA DE RÍO MOTUPE	m3	13,109.82	14.87	S/ 194,941.39
04.04.04	TRANORTE DE PIEDRA CHANCADA 1/2" CANTERA TRES TOMAS - FERRENAFE	m3	13,317.91	26.67	S/ 355,158.05
04.04.05	TETRAPODOS CONCRETO $f_c = 210$ kg/cm <sup>2</sup>	m3	22,135.68	264.52	S/ 5,855,415.17
04.04.06	TETRAPODOS ACERO $f_y = 4200$ kg/cm <sup>2</sup>	kg	512,458.49	3.52	S/ 1,806,210.30
04.04.07	MOLDAJE Y DESMOLDAJE DE TETRAPODOS	und	23,424.00	31.65	S/ 741,426.31
04.04.08	COLOCACIÓN DE TETRAPODOS	und	23,424.00	2.41	S/ 56,455.46
<b>05</b>	<b>MITIGACION DE IMPACTO AMBIENTAL</b>				
<b>05.01</b>	<b>PLANIFICACION</b>				
05.01.01	EDUCACIÓN VAL A LA POBLACIÓN	Tall	3	500.00	S/ 1,500.00
<b>05.02</b>	<b>CONSTRUCCIONES</b>				
05.02.01	ARBORIZACION DE DEFENSA RIBERENA	m	3420	6.90	S/ 23,608.51
05.02.02	RESTAURACION DE LAS AREAS	m	3420	9.67	S/ 33,074.71
05.02.03	CONTENEDORES DE RESIDUOS SÓLIDOS	und	9	503.54	S/ 4,531.86
05.02.04	RIEGO - AGUA PERMANENTE EN OBRA	mes	7	1605.22	S/ 11,236.53

Costo directo asciende a S/ 16,995,337.46, del cuadro anterior se observa a las partidas cuyo mayor costo conlleva respecto a los tetrápodos, es la fabricación con concreto armado y su colocación; y para gaviones es el costo del material y el costo que conlleva su instalación. El costo de fabricación y colocado de los tetrápodos representa el 55% del costo directo de la obra. (ver en anexo 20).

Tabla 50: Resumen de presupuesto para la opción 2.

<b>COSTO DIRECTO</b>		<b>S/ 16,995,337.46</b>
GASTOS GENERALES	4.46%	S/ 757,635.15
UTILIDAD	6.00%	S/ 1,019,720.25
<b>SUB TOTAL</b>		<b>S/ 18,772,692.85</b>
IMPUESTO GENERAL A LAS VENTAS	18.00%	S/ 3,379,084.71
<b>COSTO DE OBRA</b>		<b>S/ 22,151,777.57</b>
SUPERVISIÓN DE OBRAS	6.00% C_O	S/ 1,329,106.65
<b>PRESUPUESTO TOTAL</b>		<b>S/ 23,480,884.22</b>

## Cronograma

Para realizar el proceso de elaboración del cronograma fue necesario la obtención de algunos datos preliminares.

Se muestra, a continuación, el porcentaje de mano de obra, materiales, equipos y/o herramientas para el total del costo directo del proyecto de la opción 2. Se puede verificar que en esta segunda opción el costo de materiales es muy superior llegando a ser del 57%, esto se debe al costo de cemento y agregados en la fabricación de concreto armado.

Tabla 51: Porcentaje de recursos con respecto al costo directo para la opción 2.

**PORCENTAJE DE MANO DE OBRA, MATERIALES, EQUIPOS Y HERRAMIENTAS DEL COSTO DIRECTO**

Nº	DESCRIPCIÓN	PORCENTAJE	COSTO
1	MANO DE OBRA	21.05%	S/ 3,576,716.27
2	MATERIALES	58.87%	S/ 10,005,497.01
3	EQUIPOS Y HERRAMIENTAS	20.08%	S/ 3,413,124.18
<b>COSTO DIRECTO</b>			<b>S/ 16,995,337.46</b>

Fuente: Elaboración propia.

Costo de cada hora hombre para cada personal y su costo por cada hora hombre trabajada a mayo de 2021, brindado por el Régimen Laboral de Construcción Civil.

Tabla 52: Total de horas hombre y costo respectivo de la opción 2.

**HORAS HOMBRE**

Nº	DESCRIPCIÓN	HH	COSTO/HH	PARCIAL
1	AYUDANTE DE PERFORISTA	474.32	S/ 13.76	S/ 6,526.45
2	OFICIAL	39647.06	S/ 15.22	S/ 603,396.56
3	OPERADOR DE EQUIPO PESADO	2963.89	S/ 20.39	S/ 60,437.89
4	OPERARIO	37028.52	S/ 19.24	S/ 712,325.10
5	OPERARIO TOPOGRÁFICO	179.92	S/ 20.20	S/ 3,634.21
6	PEÓN	158195.67	S/ 13.76	S/ 2,176,709.16
7	PERFORISTA	474.32	S/ 19.24	S/ 9,124.59
8	DINAMITERO	237.16	S/ 19.24	S/ 4,562.29
<b>TOTAL</b>		<b>239200.86</b>		<b>S/ 3,576,716.27</b>

Fuente: Elaboración propia.

Se presentan también las cantidades de horas máquina para cada equipo y su respectivo costo actualizado a mayo del 2021.



**Comparación económica entre ambas opciones**

<b>OPCIÓN 1</b>	<b>OPCIÓN 2</b>
<p>En zona de <b>Pampa de Lino</b>, Dique longitudinal en ambas márgenes de 950 m con material de relleno propio del cauce protegido con enrocado con un diámetro medio de 0.60 m y con una altura de 5 m más una cimentación de 2 m, con una cama de apoyo de grava con diámetros de 5 a 10 cm y un filtro de geotextil que servirá como protección contra la infiltración.</p> <p>En zona de <b>Abrojal</b>, Dique longitudinal en la margen izquierda de 750 m, proyectado con un radio curvatura de 345 m, con material de relleno propio del cauce con enrocado con un diámetro medio de 0.60 m y con una altura de 5 m más una cimentación de 2 m, con una cama de apoyo de grava con diámetros de 5 a 10 cm y un filtro de geotextil que servirá como protección contra la infiltración. Adicionalmente, 4 espigones con ángulo de inclinación en planta de 60° respecto al eje del cauce con una altura de 2.4 m de altura y una cimentación de 1.5 m compuesto por roca con diámetro medio de 0.6 m, longitud del primer espigón de 70 m, longitud de 2do a 4to espigón de 100 m.</p> <p>En zona de <b>C.P. Cahuide</b>, Protección con gaviones de 750 m de longitud en la margen izquierda de 7 m de altura, con una cama de apoyo de grava con diámetros de 5 a 10 cm y un filtro de geotextil que servirá como protección contra la infiltración.</p>	<p>En zona de <b>Pampa de Lino</b>, Dique longitudinal en ambas márgenes de 950 m con material de relleno propio del cauce protegido con tetrápodos de concreto armado a 2 capas de 1.50 m de altura de cada material prefabricado abarcando una altura de defensa de 5 m más una cimentación de 2 m con material de roca, con una cama de apoyo de grava con diámetros de 5 a 10 cm y un filtro de geotextil que servirá como protección contra la infiltración.</p> <p>En zona de <b>Abrojal</b>, Dique longitudinal en la margen izquierda de 750 m, proyectado con un radio curvatura de 345 m, con material de relleno propio del cauce con enrocado con un diámetro medio de 0.60 m y con una altura de 5 m más una cimentación de 2 m, con una cama de apoyo de grava con diámetros de 5 a 10 cm y un filtro de geotextil que servirá como protección contra la infiltración. Adicionalmente, 4 espigones con ángulo de inclinación en planta de 60° respecto al eje del cauce con una altura de 3.0 m de altura compuesto por cajas de gaviones más una cimentación de colchones reno de 0.30 m de altura, longitud del primer espigón de 70 m, longitud de 2do a 4to espigón de 100 m.</p> <p>En zona de <b>C.P. Cahuide</b>, Protección con gaviones de 750 m de longitud en la margen izquierda de 7 m de altura, con una cama de apoyo de grava con diámetros de 5 a 10 cm y un filtro de geotextil que servirá como protección contra la infiltración.</p>
Costo total de obra: S/ 12,617,201.40	Costo total de obra: S/ 23,480,884.22
Tiempo de ejecución: 161 días calendarios (5 meses 11 días).	Tiempo de ejecución: 196 días calendarios (6 meses 16 días).

De acuerdo a esta comparación, la opción más viable a ejecutarse es la opción 1, mostrando a continuación, la evaluación de impacto ambiental realizada a esta opción.

#### 4.7 Evaluación de Impacto Ambiental

Los resultados de la EIA serán las medidas tomadas en el plan de mitigación ambiental para la propuesta 1, la que fue escogida como la que mejor se condiciona tanto técnica como económicamente a la zona: estas se resumen a continuación:

<b>Medidas de mitigación durante la etapa de construcción</b>	
Alteración de la calidad del aire, partículas y polvo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Barrera física que limite el área de trabajo con la población o entorno.</li> <li>➤ Accesos a obra y canteras deberán estar constantemente humedecidos.</li> <li>➤ Los volquetes deben contar con cobertores para evitar el escape del polvo cuando se estén transportando.</li> <li>➤ Las voladuras, deben estar dosificadas para evitar un incremento del polvo y un volumen elevado de material.</li> </ul>
Incremento de los niveles sonoros.	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Uso de protectores auditivos.</li> <li>➤ No tener turnos largos de exposición mayores a 10 horas.</li> <li>➤ Señalizar demarcaciones límites en zona de trabajo.</li> </ul>
Cambio micro-climático.	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Plantas aledañas a las riberas las encargadas de recubrir esas áreas desnudas en caso sea necesario retirar piedra de fuera del cauce del río.</li> <li>➤ Suelos movidos y las zonas de desmonte deberán recuperarse en un lapso de 1 a 5 años con especies naturales de la región.</li> </ul>
Cambio en la estructura paisajística.	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ De canteras en el río, se deberá tomar medidas para evitar la erosión.</li> <li>➤ Desmonte deberá tener una altura máxima de 1 m de relleno en las márgenes</li> </ul>
Destrucción directa del suelo	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Por la maquinaria pesada en los accesos a la obra y accesos a las canteras, para evitar eso se debe establecer medidas de reforestación y estabilización de los accesos creados en la obra.</li> </ul>
Alteración de la calidad edáfica	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ No alterar la estabilidad de suelos aledaños, los cuales se irán mitigando con ayuda de revegetación que es parte de este programa.</li> </ul>
Destrucción directa de flora	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Deberá ser repuesta después de generadas las actividades y además se establece no realizar corte de vegetación mayor a la requerida.</li> </ul>
Destrucción de hábitat	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Se regenere en su totalidad cuando vuelva a crecer la vegetación removida en zonas de corte y también en zonas de botaderos.</li> </ul>

Uso de espacios de terceros	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Se deberá pagar el costo por el alquiler de estas zonas.</li> <li>➤ Devolver una vez concluidas las obras con el menor impacto posible.</li> </ul>
Daño a estructuras existentes	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Trabajos deben ser coordinados a fin de no dañar estructuras como cruce de tuberías, limitaciones con viviendas.</li> </ul>
Interferencia a la accesibilidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Acceso a cantera y a obra deberá contar con señalización adecuada y de ser el caso usar personal destinado al control de tránsito.</li> <li>➤ Avisar sobre la programación del uso de explosivos en canteras.</li> </ul>
Movilización de maquinaria pesada.	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Mantenimiento cada 250 horas de trabajo.</li> <li>➤ Maquinas en reparaciones deben ser sacadas de obra y reemplazada por equipo en óptimas condiciones.</li> </ul>
Tratamiento de residuos y desechos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Depositados mediante coordinaciones con la municipalidad distrital de Jayanca.</li> </ul>
Prevención de derrames de contaminantes.	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Cambios de aceite y filtros deben ser cuidadosos, el aceite quemado debe ser retirado de la ciudad donde podrán ser reciclados.</li> <li>➤ En caso de derrames podrán contar con un plan de contingencias</li> </ul>
Uso de explosivos	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Deben efectuarse según lo estipulado en el manual ambiental para el diseño y construcción de vías del MTC</li> </ul>

#### **Medidas de mitigación durante la etapa post-construcción**

Mantenimiento de gaviones, espigones y diques enrocados.	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ El responsable del mantenimiento será la municipalidad provincial de Lambayeque</li> </ul>
--	---

*Tabla 55: Costo total de Mitigación de Impacto ambiental de la opción 1.*

ETAPA DEL PROYECTO	PROGRAMA	ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	TOTAL (S/.)
Planificación	Educación Vial a la población	Talleres participativos	Taller	3	S/ 1,500.00
Construcción	Arborización y ornamentación	Obtención de plantones	m	3420	S/ 24,129.00
		Acondicionamiento			
		Sembrado			
	Restauración de áreas	Botaderos	m	3420	S/ 45,704.41
		Taludes			
	Contenedores de residuos sólidos	Adquisición e instalación	Contenedor	9	S/ 4,531.86
	Riego permanente en obra	Riego	mes	6	S/ 9,693.79
<b>COSTO TOTAL</b>					<b>S/ 85,559.06</b>

## V. Discusión

La presente investigación tiene como primer objetivo determinar las propiedades mecánicas del cauce del río. En el informe de evaluación de riesgo por inundación pluvial en el C.P. Pampa de Lino, menciona que “el cauce del río Motupe tiene en su lecho arenas y limos poco compactados y sin estratificación” [64, p. 17], según los resultados del estudio de mecánica de suelos, se obtuvo que la composición del suelo a lo largo de su cauce es de arenas con plasticidad nula, arenas limosas de poca plasticidad y arenas arcillosas, tras haber realizado excavaciones de 3 m en 12 puntos de exploración estratégicamente ubicados; llegando a tener el mismo resultado del tipo de suelo que el informe de evaluación de riesgos realizado a la zona.

A partir de la topografía realizada al cauce del río Motupe, en la zona de estudio, se encontró que la pendiente del río es de 0.123 %, una pendiente muy baja, debido a su ubicación, el ancho del cauce es muy variado, estos van desde los 65 m hasta los 220 m en algunas zonas en curva donde se ha generado erosión producto de máximas avenidas, generando cauces de río sinuosos, estos hallazgos concuerdan con la investigación de [17], la que fue realizada antes al último fenómeno “El niño”, donde muestra una amplitud del cauce similar en todo el río en análisis, sin embargo, después del fenómeno “El niño” del 2017, el ancho del cauce en las curvas del río sufrió un gran cambio aumentando hasta el ancho presentado en los planos de topografía de esta investigación.

Tomando como base los datos de las cartas nacionales del Instituto Geofísico Nacional (IGN) se delimitó la cuenca del río Motupe hasta el punto de aforo y comparado con la información de delimitaciones de cuencas de todo el Perú de la Autoridad Nacional del Agua, se encontró que ambas delimitaciones coinciden, permitiendo así obtener parámetros de geomorfológicos confiables.

Con respecto al caudal de diseño obtenido en el estudio hidrológico; según registros históricos mencionados en la situación problemática de esta investigación se obtiene que el máximo caudal que pasó por la zona de análisis fue de  $600 \text{ m}^3/\text{s}$  en el año 1998, en el año de 2017 el caudal medido en la zona fue de  $500 \text{ m}^3/\text{s}$ ; para esta investigación en función a datos de precipitaciones obtenidos de 4 estaciones meteorológicas se ha determinado un caudal de  $703.9 \text{ m}^3/\text{s}$  para un periodo de retorno de 20 años, periodo que coincide con el tiempo de recurrencia del fenómeno “El niño”.

Las zonas de inundación generadas por los softwares IBER y HEC-RAS, muestran una llanura de inundación que llega hasta el C.P. Pampa de Lino; considerando así a esta zona como primer punto a proteger, este dato es similar a estudio realizado por el PSI y MINAGRI sobre el control de inundaciones y movimientos de masas realizado al todo el cauce del río Motupe; sin embargo, el estudio del PSI fue realizado con topografía obtenida mediante modelos de elevación digital y para un periodo de retorno de 100 años, determinando una llanura de inundación mucho más extensa, a diferencia de la evaluación realizada en este proyecto, que fue considerando una topografía levantada con estación total de los 6 km de cauce de río analizado y que muestra una inundación específica en donde se determina el riesgo de inundación para la zona de Pampa de Lino.

Al realizar la evaluación sobre las zonas vulnerables, en el que se determinaron 3 puntos específicos a proteger, el primero con protección en ambas márgenes y los otros 2 para proteger contra la erosión hacia una margen del río; el estudio realizado por el PSI y MINAGRI en el año 2017, a cargo por el consorcio hidráulico TAS concluyeron para la zona de estudio 2 tramos a proteger; en la zona de Cahuide y en Pampa de Lino, ambos coinciden con los resultados de esta investigación.

Referente a la realización del modelo hidráulico, en las recomendaciones que hace el consorcio hidráulico TAS referente a los tipos de defensas ribereñas menciona que se debe construir defensas del tipo diques en la zona de Pampa de Lino y en el centro poblado Cahuide el uso de enrocados; y en el informe de CENEPRED sobre el plan de prevención y reducción de riesgos de desastres para Lambayeque menciona que para el río ubicado en la zona de Jayanca se tiene la necesidad de colocar espigones para reducir el ancho del río provocado por la erosión. [65, p. 51]; sin embargo, en este trabajo se realizó el modelo hidráulico considerando diques enrocados en la zona de Pampa de Lino, enrocados con espigones en la zona de Abrojal y gaviones en la zona de Cahuide, logrando en los dos softwares que no se genere inundación para un caudal de  $703.9 \text{ m}^3/\text{s}$ .

En esta investigación, se identificó 3 puntos críticos: se optó por el uso de diques enrocados y diques con protección de tetrápodos en zona de Pampa de Lino. Espigones de roca y espigones de tipo gavión con enrocado en una margen en zona de Abrojal y gaviones en la zona de Cahuide; llegando así a abarcar todas las propuestas recomendados por estudios anteriores mencionados definiendo mediante un análisis técnico-económico la mejor opción para cada tramo, obteniendo de esa manera una propuesta sólida y la más

rentable para la construcción frente a la prevención de posibles desastres ante una eventual avenida máxima.

## **VI. Conclusiones y recomendaciones**

### **6.1. Conclusiones**

Del estudio topográfico se concluye que tras la realización del levantamiento topográfico con estación total se obtuvo una longitud de río de 6.00 km; se determinó el perfil longitudinal con una pendiente de todo el cauce de 0.123%; el resultado de las secciones y perfil longitudinal permitió un mejor trazo y ubicación de las defensas ribereñas. Después de este estudio se concluye que el río es sinuoso, se encuentra en algunas zonas colmatado por vegetación y acumulación de sedimentos, por lo que es necesario realizar la limpieza de ciertas zonas, en especial a los lugares donde se van a cimentar las defensas ribereñas.

Se determinó con el estudio de Mecánica de suelos, que el lecho del río Motupe, en la zona de estudio, está conformado por suelos tipo SP, SM y SC, compuestos generalmente por arenas de poca plasticidad, con una capacidad portante en promedio para cimentaciones de tipo defensas ribereñas de  $0.96 \text{ kg/cm}^2$ , con un  $D_{50}$  de 0.25 mm, un ángulo de fricción interna de  $30^\circ$  y un peso específico del material de  $1.7 \text{ Tn/m}^3$ . Así mismo, del estudio de los materiales realizados a 2 canteras se determinó que se puede usar el material para enrocado de la cantera del C.P. Pampa Vernilla, el material de over para gavión y el filtro de grava con tamaños de piedra entre 5 a 10 cm de la cantera Desmotadora en la ciudad de Motupe cuyos resultados del potencial de cada cantera resultó que cuenta con el material suficiente para dicha investigación.

Del análisis geomorfológico e hidrológico se concluyó que la cuenca Motupe en el punto de aforo y en función de registros de precipitaciones tiene un caudal de diseño de  $703.9 \text{ m}^3/\text{s}$  para un periodo de retorno de 20 años, dato usado en el modelo hidráulico y en el diseño de las defensas ribereñas.

Con la simulación hidráulica en los softwares HEC-RAS e IBER, se concluyó que con la topografía sin descolmatar y el caudal de diseño se genera una inundación en la que llega a abarcar a todo el C.P. Pampa de Lino, además de sobrepasar la altura del dique proyectado para cambio de curso de aguas en el año 1998 en la margen izquierda; sin embargo, después de haber realizado la simulación con un cauce descolmataado, la

inundación generada solo ocurre hacia la zona de Pampa de Lino en un menor grado de magnitud.

En la evaluación de las alternativas de diseño de diferentes tipos de defensas ribereñas se determinó la profundidad de socavación general llegando a ser de 1.5 m el valor máximo, además, se concluyó que no solamente se genera erosión, si no que debido a la baja pendiente y al ancho del cauce, en ciertas zonas se genera agradación; también, se determinó la altura de agua para cada zona crítica siendo el mayor de 4.5 m, la velocidad mayor de 2.5 m/s. con estos datos se concluyó que se puede plantear alternativas de diseño de defensas ribereñas en 3 tramos específicos: en la zona de Pampa de Lino, en la zona de abrojal y finalmente en la zona de Cahuide protegiendo de esa manera a 2 centros poblados de inundación y erosión, además de la protección de cultivos aledaños a la zona.

Con la realización del modelamiento hidráulico en 1D y 2D incluyendo las defensas ribereñas para tramo en estudio, se concluyó que con la implementación de diques de alturas de no más de 5 m y espigones en zona de abrojal, debido al ancho del río producto de la erosión, son necesarios para evitar el desborde y la erosión en los tramos críticos descritos en esta investigación.

Se realizó el diseño y la comparación técnica-económica para 2 tipos de defensas ribereña en tramos críticos, llegando a la conclusión de:

En la zona de pampa de Lino se comparó el uso de diques enrocados y el uso de diques con protección de tetrápodos, llegando a ser económicamente mejor el uso de enrocados debido a un menor costo constructivo.

En la zona de Abrojal se comparó el uso de espigones de roca y espigones de tipo gavión, ambos con protección en margen izquierda de dique enrocado, si bien económicamente el costo del espigón enrocado es tan solo un poco menor que el de gavión, sin embargo, en el análisis técnico, debido a que el río transporta material arbóreo en su lecho, este puede generar fallas en la malla de gavión en algún momento de su vida útil, es por eso que la mejor alternativa sería el uso de espigones de roca.

En la zona de Cahuide se planteó solamente una solución de defensa ribereña, ya que, tras evaluar la altura entre el río y la población adyacente, se determinó que técnicamente es mejor el uso de gaviones porque es más estable ya que esta es de

7 m y colindante con población, por lo que el uso de enrocado generaría una disminución de cauce por hacer uso de taludes muy inclinados, lo que incrementaría el tirante de agua y un aumento en la velocidad. En el diseño, se usaría el material del mismo río como terraplén en diques y gaviones para disminuir los costos de ejecución, ya que traer material de relleno incrementaría excesivamente el costo de obra, es por eso que se vio en la necesidad de usar un filtro de un geotextil debajo de la cama de apoyo con la finalidad de que al paso del agua, esta no genere movimiento de los finos del terraplén, provocando así cavidades que posteriormente generarían un reacomodo de las rocas, provocando inestabilidad, con esta medida se evita lo mencionado, dando mayor estabilidad a las defensas ribereñas.

En la evaluación de impacto ambiental se concluye que existe la generación de impactos ambientales negativos, principalmente con el cambio paisajístico, sin embargo, ni el equilibrio ambiental ni el de sus alrededores será afectado, ya que todas estas medidas de restauración de áreas y conservación fueron incluidas en el plan de manejo ambiental.

Se concluye que en el diseño de la propuesta de la opción 1 se usará diques enrocados con diámetros de piedra de 0.60 m hasta 1.40 m, un filtro de grava con piedra de río de 5-10 cm y un filtro de geotextil Mactex 40.1 para proteger del lavado de los materiales del terraplén; el uso de espigones con piedra de entre 60 cm hasta 1.20 m con longitudes especificadas en los planos de detalle y finalmente gaviones de 7 metros de altura en la zona de Cahuide con diámetros de rocas de entre 6 a 8 pulg y con una distribución detallada en los planos de detalle. Esta propuesta cuenta con planos detallados indicando cada tipo de material, lista de insumos, metrados, costos unitarios, fórmula polinómica, evaluación de impacto ambiental, presupuesto, cronograma y especificaciones técnicas detallando cada partida a realizar.

Se concluye que el presupuesto del proyecto para la opción 1, en el que se calculó gastos generales (7%), utilidades (6%) e IGV (18%) para la propuesta escogida, llegando a un total de costo de obra de S/ 12,617,201.40 al 05/06/2021, además de un detallado de partidas según las actividades a realizar en construcción considerándose en ellas el plan de manejo ambiental siendo este de un costo de S/ 85,000.00 y la elaboración de un cronograma con un tiempo de ejecución de 161 días calendarios.

## **6.2. Recomendaciones**

No es recomendable realizar levantamientos topográficos con Dron, ya que la cantidad de vegetación presente no permitiría tener una topografía al detalle de todo el cauce del río.

Se recomienda la implementación de más estaciones meteorológicas en la cuenca Motupe con la finalidad de poder realizar un modelamiento hidrológico mucho más confiable para obtener datos más precisos.

Se recomienda no usar los datos de estudios de suelos para otros proyectos ya que cada zona tiene características particulares, usar otros datos generarían variaciones significativas que podrían alterar las condiciones del proyecto.

Del estudio de canteras se recomienda no usar el material en forma de canto rodado en el enrocado, este debe ser quebrado de tal manera que tenga forma angulosa, generando mayor estabilidad en el terraplén.

Para tener un modelamiento hidráulico preciso se recomienda que para proyectos futuros se deba tener topografía de detalle, y conocer las propiedades del suelo a modelar, esto permitirá obtener parámetros de inundación y erosión confiables.

De los resultados obtenidos se identifican 2 puntos en peligro inminente, Pampa de Lino y C.P. Cahuide, por lo que se recomienda a los organismos encargados evaluar la construcción de estructuras de protección para estas dos zonas de manera inmediata y una completa descolmatación del cauce.

## VII. Bibliografía

- [1] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Obtenido de Entendiendo el impacto de sequía provocada por El Niño en el área, <http://www.fao.org>, 2015.
- [2] Redacción Correo, El Niño costero, el fenómeno más brutal que golpeó Lima, Available: <https://elcomercio.pe/lima/sucesos/nino-costero-fenomeno-brutal-golpeo-lima-noticia-482836-noticia/>.: [Último acceso: 24 Octubre 2019], 24 Diciembre 2017. [En línea].
- [3] M. y. M. Instituto Geológico, Evaluación geológica de las zonas afectadas por El Niño Costero 2017 en las regiones Lambayeque – Cajamarca, 2017.
- [4] RPP Noticias, Distritos inundados en lambayeque por desborde de rios tras lluvias, Jayanca, Lambayeque: <https://rpp.pe/peru/lambayeque/distritos-inundados-en-lambayeque-por-desborde-de-rios-tras-lluvias-noticia-1036821>, Marzo, 2017.
- [5] CENTRO NACIONAL DE ESTIMACION PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES, Informe de Evaluación de Riesgo por inundación fluvial en el Sector A Norte del Distrito de Jayanca, Provincia y, Jayanca, Lambayeque, 2018.
- [6] Sistema de Información para la Gestión del Riesgo de Desastres, Informe de evaluación de riesgo por inundación pluvial en el centro poblado de Pampa de Lino, distrito de Jayanca, provincia y departamento de Lambayeque, Jayanca, Lambayeque: <https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/documento/6576>, 2019.
- [7] Sistema de Información para la Gestión del Riesgo de Desastres, Informe de evaluación de riesgo por inundación pluvial en el centro poblado Cahuide, distrito de Jayanca, provincia y departamento Lambayeque, Jayanca, Lambayeque: <https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/documento/6431>, 2019.
- [8] A. F. Rocha, «EL MEGANIÑO 1982-83, “LA MADRE DE TODOS LOS NIÑOS”,» de *Conferencia dictada en el II Congreso Internacional “Obras de Saneamiento, Hidráulica, Hidrología y Medio Ambiente”*, Lima, 2007.
- [9] I. C. C. Sotomayor, «Métodos de protección y erosión en ríos,» Chiclayo, 2001.
- [10] P. E. Gonzales y R. R. Reyes, Capacidades requeridas de las municipalidades más pobres para el buen ejercicio de sus competencias y funciones en la Gestión del Riesgo de Desastres: Cuenca Motupe - La Leche, Lima: Nova Print S.A.C., 2017.
- [11] J. M. N. Granados, «Viviendas presentan alto grado de vulnerabilidad en Jayanca,» *La Industria*, p. 2, 30 Julio 2019.
- [12] Instituto Nacional de Defensa Civil, Plan de usos del suelo y medidas de mitigación ante desastres ciudad de Lambayeque, Chiclayo, 2004.

- [13] J. T. Olazabal, Interviewee, *Lambayeque: declaran en emergencia a puente Pampa de Lino*. [Entrevista]. 28 Octubre 2015.
- [14] INDECI, «LLUVIAS INTENSAS EN LA REGION AFECTAN EL DISTRITO DE JAYANCA,» Jayanca, 2017.
- [15] Diario el Correo, «diariocorreo.pe,» 14 Marzo 2017. [En línea]. Available: <https://diariocorreo.pe/edicion/lambayeque/lambayeque-lluvias-tambien-causan-desborde-del-rio-motupe-en-jayanca-video-y-fotos-737008/?ref=dcr>. [Último acceso: 4 Mayo 2020].
- [16] Ministerio del Interior, «www.mininter.gob.pe,» 15 Marzo 2017. [En línea]. Available: <https://www.mininter.gob.pe/content/pnp-rescat%C3%B3-70-personas-de-caser%C3%ADos-v%C3%ADctor-ra%C3%BAI-pampa-el-lino-y-cahuide-del-distrto-de>. [Último acceso: 6 Mayo 2020].
- [17] INGEMMET, «Análisis geológico y geomorfológico y de peligros en el sector Jayanca, Pacora e Íllimo, afectados por la inundación fluvial,» Lambayeque, 2017.
- [18] Proyecto Especial Olmos - Tinajones, «PLAN DE DESARROLLO HIDRAULICO DE LA REGIÓN LAMBAYEQUE,» Chiclayo, 2018.
- [19] Congresista Marvin Palma Mendoza, «Informe anual de gestión de los años,» Lima, 2017 – 2018.
- [20] Gobierno Regional de Lambayeque, «regionlambayeque.gob.pe,» 06 Mayo 2019. [En línea]. Available: <https://www.regionlambayeque.gob.pe/web/noticia/detalle/27589?pass=Mg==>. [Último acceso: 07 Mayo 2020].
- [21] Programa Sub Sectorial de Irrigaciones, «PSI-MINAGRI pone en marcha el Plan Integral para la cuenca del río Motupe en la región Lambayeque,» Chiclayo, 2019.
- [22] F. J. Rojas Montalvo, Bases de diseño hidráulico para los encauzamientos o canalizaciones de ríos, Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ingeniería, 2014.
- [23] O. O. Flores Apaza, Propuesta y análisis de diseño de defensas ribereñas en el río llave zona rural C.P. Santa Rosa de Huayllata-llave, Tesis para optar el Título de Ingeniera Civil. Universidad Nacional del Altiplano, 2016.
- [24] P. A. Farroñay Sánchez, Propuesta de diseño de muros mixtos de gaviones y de mampostería de piedra para la defensa ribereña del Río Rímac en los kilómetros 34-35 Lurigancho-Chosica, Tesis para optar el Título de Ingeniera Civil, Universidad de San Martín de Porres, Lima, 2017.
- [25] Y. A. T. Quispe, «MODELAMIENTO HIDRAULICO DEL RIO CAÑETE SECTOR PUENTE SOCSI - ALTURA PUENTE COLGANTE CON FINES DE DISEÑO DE DEFENSAS RIBEREÑAS,» Lima, 2017.

- [26] L. A. H. F. Luther Marcelo Kerimbey Álvaro Aguilar, «Diseño Hidráulico y Estructural de Defensa Ribereña del Río Chicama Tramo Puente Punta Moreno – Pampas de Jaguey aplicando el Programa River,» Trujillo, 2014.
- [27] J. D. G. Castillo, «Diseño de defensas ribereñas del Río Piura en el tramo Presa Los Ejidos - Puente Cáceres,» Pura, 2014.
- [28] A. F. M. Mays Farro y R. H. Torres Seclén, Análisis y diseño de la defensa ribereña del río Reque, tramo puente Reque–desembocadura en el océano Pacífico, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque, 2017, Tesis para optar el título de Ingeniero Civil Ambiental, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Chiclayo, 2018.
- [29] P. C. d. P. Arenas Villalobos, Análisis y diseño de la defensa ribereña del río Reque, tramo: centro poblado La Calera 2 – Bocatoma Monsefú-Reque, distrito de Reque, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque, 2017, Tesis para optar el título de Ingeniero Civil Ambiental, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, 2019.
- [30] R. R. Silva Chapoñan y M. A. Tuesta Vásquez, Análisis y diseño de defensa ribereña en el río Reque, tramo Bocatoma Monsefú - puente Reque, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque, 2016, Tesis para optar el título de Ingeniero Civil Ambiental, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, 2019.
- [31] L. R. V. Chavez, «Diseño de defensas ribereñas y su aplicación en el cauce del río la leche, distrito de Pacora – Lambayeque,» Chiclayo, 2018.
- [32] E. Benavides, Manual River: Diseño de Defensas Ribereñas - ANA, Lima: Autoridad Nacional del Agua, Ministerios de Agricultura, 2016.
- [33] G. Fracassi, Defensas ribereñas con gaviones y geosintéticos, Maccaferri, Ed., Ediciones de la U, 2019, p. 336.
- [34] A. Rocha, Introducción a la Hidráulica de Obras Viales, 3ra edición ed., Lima: Fondo editorial ICG, 2013.
- [35] J. Suárez Díaz, Control de erosión en zonas tropicales, Bucaramanga, Colombia: Instituto de Investigaciones sobre Erosión y Deslizamientos, 2001.
- [36] T. Velásquez Bejarano, Guía Metodológica para proyectos de protección y/o control de inundaciones en áreas agrícolas o urbanas., Lima: Ministerio de Economía y Finanzas, 2006.
- [37] Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje, Lima, Perú: Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, 2012.
- [38] Ministerio de Vivienda, Norma de Suelos Y Cimentaciones E.050, Perú, 2006.
- [39] G. Quincho, «Gestión de Inundación por Caudales Máximos de la subcuenca baja de la quebrada del río Huaycoloro - Río Rimac,» *ECIPERÚ*, vol. 11, nº 2, pp. 54-61, 2015.

- [40] M. Villón Bejar, Hidrología, Lima, Perú: Editorial MaxSoft, 2002.
- [41] C. Gutierrez Caiza, Hidrología básica y aplicada, Quito, Ecuador: Editorial Universitaria Abya-Yala, 2014.
- [42] D. R. M. y. L. W. M. Ven Te Chow, Hidrología Aplicada, Illinois: McGraw-Hill Education, 1994.
- [43] A. Rocha Felices, Introducción a la Hidráulica Fluvial, Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería, 1998.
- [44] Organización Meteorológica Mundial, Glosario Hidrológico Internacional, Suiza: World Meteorological Organization (WMO), 2012, p. 975.
- [45] Ven Te Chow, Hidráulica de Canales abiertos, Bogotá, Colombia: Editorial Nomos S.A., 2004.
- [46] L. Casanova Matera, Topografía Plana, Mérida: Taller de publicaciones de Ingeniería, ULA, 2002.
- [47] Equipo de colaboradores y profesionales de la revista ARQHYS, «Defensas ribereñas,» ARQHYS, vol. II, n° 12, p. 1, 2012.
- [48] A. Campos, «Hidráulica e Hidrología para ingenieros,» Moscú, 2016.
- [49] Comité Técnico Permanente de Geotecnia, Norma Técnica Peruana 339.127: 1998, SUELOS. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo, 1 ed. ed., Lima, Perú: Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales, 1998.
- [50] Comité Técnico Permanente de Geotecnia, Norma Técnica Peruana 339.128: 1999, SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico, 1 ed., Lima, Perú: Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales, 1999.
- [51] Comité Técnico Permanente de Geotecnia, Norma Técnica Peruana 339.129: 199, SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelo, 1 ed., Lima, Perú: Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales, 1999.
- [52] Comité Técnico Permanente de Geotecnia, Norma Técnica Peruana 339.129: 2002, SUELOS: Método de ensayo normalizado para el ensayo de corte directo en suelos bajo condiciones consolidadas no drenadas, Lima, Perú: Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales, 2002.
- [53] Comisión Técnico Permanente de Geotecnia, Norma Técnica Peruana 339.129: 2002, SUELOS. Método de ensayo normalizado para la determinación del contenido de sales solubles en suelos y agua subterránea, 1 ed., Lima, Perú: Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales, 2002.
- [54] A. d. P. d. C. -. A. AGREGADOS, Determinación de la resistencia al desgaste en agregados gruesos de tamaño pequeño por medio de la máquina de Los Ángeles, Tercera ed., Lima: Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales no Arancelarias - INDECOPI, 2014, p. 20.

- [55] Autoridad Nacional del Agua (ANA), Estudio de Máximas Avenidas en las Cuencas de la Vertiente del Pacífico-Cuenca de la Costa Norte, Chiclayo, 2010.
- [56] Autoridad Nacional del Agua (ANA), Demarcación y Delimitación de las Autoridades Administrativas del Agua, Lima, 2009.
- [57] INGEMMET, «cenepred,» Junio 2011. [En línea]. Available: [http://sigrid.cenepred.gob.pe/docs/PARA%20PUBLICAR/INGEMMET/Inspeccion%20de%20peligros%20geologicos%20Sector%20Virgen%20del%20Carmen%20de%20Ocopa.pdf#:~:text=Abanicos%20proluviales%20\(Ap\)%3A%20Conos,detritos%20cl%C3%A1sticos%20de%20tama%C3%B1os%20variados](http://sigrid.cenepred.gob.pe/docs/PARA%20PUBLICAR/INGEMMET/Inspeccion%20de%20peligros%20geologicos%20Sector%20Virgen%20del%20Carmen%20de%20Ocopa.pdf#:~:text=Abanicos%20proluviales%20(Ap)%3A%20Conos,detritos%20cl%C3%A1sticos%20de%20tama%C3%B1os%20variados). [Último acceso: 14 Setiembre 2020].
- [58] INGEMMET, «Prospección de Recursos de rocas y minerales industriales en la región Lambayeque,» 2017. [En línea]. Available: <https://www.calameo.com/books/00082012907c695a038a1>. [Último acceso: 14 Setiembre 2020].
- [59] MINAM, «Mapa Nacional de Cobertura Vegetal, Memoria descriptiva,» 12 Diciembre 2016. [En línea]. Available: <http://siar.minam.gob.pe/lambayeque/documentos/mapa-nacional-cobertura-vegetal-memoria-descriptiva>. [Último acceso: 14 Setiembre 2020].
- [60] Clasificación de Warren Thornthwaite, «SENAMHI,» [En línea]. Available: [https://ideseq.senamhi.gob.pe/portalideseq/ideseq\\_tema\\_caracterizacion\\_climatica.jsp](https://ideseq.senamhi.gob.pe/portalideseq/ideseq_tema_caracterizacion_climatica.jsp). [Último acceso: 26 mayo 2021].
- [61] V. N. Vallecános y O. V. Carnero, Diseño de diques verticales, España: Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, 2002.
- [62] Gobierno Regional de Lambayeque, «Estudios de Biodiversidad: componente flora,» 2013.
- [63] Gobierno Regional de Lambayeque, «Estrategia regional de la diversidad biológica de Lambayeque,» 2010.
- [64] CENEPRED, «Informe de evaluación de riesgos por Inundación pluvial en el centro poblado Pampa de Lino,» Lambayeque, 2019.
- [65] CENEPRED, «PLAN DE PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES DE LA PROVINCIA DE LAMBAYEQUE 2019-2021,» Lambayeque, 2019.

## VIII. Anexos

### ANEXO N° 1. DOCUMENTOS

Anexo 1.1: Autorización para desarrollo del proyecto y acceso a información.

Anexo 1.2: Constancia de no duplicidad de temas ni de actual desarrollo del proyecto de defensas ribereñas.

Anexo 1.3: Carta presentada a la Comisión de Regantes.

Anexo 1.4: Carta presentada a Defensa Civil.

Anexo 1.5: Carta presentada a la Autoridad Nacional del Agua.

Enlace para visualizar anexo 1
--------------------------------

<a href="https://drive.google.com/drive/folders/1NsWW47ZcAOtx4JH3cRoSRNnUYYPiZyWNB?usp=sharing">https://drive.google.com/drive/folders/1NsWW47ZcAOtx4JH3cRoSRNnUYYPiZyWNB?usp=sharing</a>
---

### ANEXO N° 2. FOTOGRAFÍAS

Anexo 2.1: Canal de regadío antes y después del desborde del río Motupe.

Anexo 2.2: Inundaciones de terrenos de cultivo.

Anexo 2.3: Recorrido por zonas afectadas.

Anexo 2.4: Centro recreacional las Pirkas en Jayanca Inundado por desborde de río Motupe.

Anexo 2.5: Bifurcación del río Motupe.

Anexo 2.6: Ingreso al centro poblado Pampa de Lino con presencia de agua en el río Motupe.

Anexo 2.7: Límite del río y el centro poblado Cahuide, cauce erosionado.

Enlace para visualizar anexo 2
--------------------------------

<a href="https://drive.google.com/drive/folders/1f03cZuGkge8-8Fq4OR5BMxHbSLB03dNI?usp=sharing">https://drive.google.com/drive/folders/1f03cZuGkge8-8Fq4OR5BMxHbSLB03dNI?usp=sharing</a>
---

### ANEXO N° 3. ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Enlace para visualizar anexo 3
--------------------------------

<a href="https://drive.google.com/drive/folders/1lpd4dXQcv9KUU35JbW4DiTG4Z49uG2ct?usp=sharing">https://drive.google.com/drive/folders/1lpd4dXQcv9KUU35JbW4DiTG4Z49uG2ct?usp=sharing</a>
---

#### **ANEXO N° 4. POTENCIAL EXTRACTIVO DE CANTERAS**

Anexo 4.1: Potencia de Cantera Desmotadora.

Anexo 4.2: Potencia de Cantera Pampa Vernilla.

Enlace para visualizar anexo 4

<https://drive.google.com/drive/folders/1UNDKIBnH3uinfrfT3ntPlpWXLq5Ibw5c?usp=sharing>

#### **ANEXO N° 5. ESTUDIO DE MECÁNICA DE ROCAS**

Anexo 5.1: Cantera Motupe.

Anexo 5.2: Cantera Pampa Vernilla.

Enlace para visualizar anexo 5

<https://drive.google.com/drive/folders/1UKEOzgU3etCbSjBuUS6HKTF-vhUfnNYQ?usp=sharing>

#### **ANEXO N° 6. DISEÑO DE MEZCLAS**

Enlace para visualizar anexo 6

[https://drive.google.com/drive/folders/IPNzAZ\\_9yQDTcKvu\\_k-urZz4qbpLJT4Kh?usp=sharing](https://drive.google.com/drive/folders/IPNzAZ_9yQDTcKvu_k-urZz4qbpLJT4Kh?usp=sharing)

#### **ANEXO N° 7. ESTUDIO GEOMORFOLÓGICO**

Anexo 7.1 - Perfil longitudinal de la cuenca Taylor.

Anexo 7.2 - Perfil longitudinal de la cuenca Taylor2.

Anexo 7.3 - Ubicación cuenca Motupe.

Anexo 7.4 - Mapa de ríos cuenca Motupe.

Anexo 7.5 - Mapa geomorfológico.

Anexo 7.6 - Mapa hidrográfico.

Anexo 7.7 - Mapa de vegetación.

Enlace para visualizar anexo 7

[https://drive.google.com/drive/folders/11VW\\_ZoGnROYtmjyV0UexjpU2CqKEJDjR?usp=sharing](https://drive.google.com/drive/folders/11VW_ZoGnROYtmjyV0UexjpU2CqKEJDjR?usp=sharing)

**ANEXO N° 8. ESTUDIO HIDROLÓGICO**

Anexo 8.1. Pendiente ríos Principales de subcuencas.

Anexo 8.2. Cálculo del Número de Curva (NC) para cada Subcuenca.

Anexo 8.3. Tiempo de Concentración de cada Subcuenca e influencia de estaciones.

Anexo 8.4. Gráfico de registros históricos de P24h.

Anexo 8.5. Registro de estaciones de P24h.

Anexo 8.6. Estación Cueva Blanca Análisis en Excel.

Anexo 8.7. Estación Cueva Blanca Análisis Hydrognomon.

Anexo 8.8. Estación Jayanca Análisis en Excel.

Anexo 8.9. Estación Jayanca Análisis Hydrognomon.

Anexo 8.10. Estación Olmos Análisis en Excel.

Anexo 8.11. Estación Olmos Análisis Hydrognomon.

Anexo 8.12. Estación Puchaca Análisis en Excel.

Anexo 8.13. Estación Puchaca Análisis Hydrognomon.

Anexo 8.14. Resumen de Hietogramas por estaciones y TR.

Anexo 8.15. Resultados Caudal HEC-HMS.

Enlace para visualizar anexo 8

<https://drive.google.com/drive/folders/1vlviLxnKrjNQbIWN2duRLY1Kl6r14NHR?usp=sharing>

**ANEXO N° 9. ESTUDIO HIDRÁULICO**

Anexo 9.1. Terreno Natural HEC-RAS.

Anexo 9.2. Terreno limpio con diques HEC-RAS.

Anexo 9.3. Sedimentos Terreno Natural HEC-RAS.

Anexo 9.4. Sedimentos Terreno con diques HEC-RAS.

Enlace para visualizar anexo 9

<https://drive.google.com/drive/folders/1gz9mJNLIusDxybIVwIN1JBPrkHpYAo4?usp=sharing>

**ANEXO N° 10. EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL**

Anexo 10.1: Área de terrenos de cultivo del EIA.

Anexo 10.2: Matriz de Leopold.

Enlace para visualizar anexo 10

[https://drive.google.com/drive/folders/1\\_PuI6sopzrmmKr3tUuXwHyskDX-p-dBC?usp=sharing](https://drive.google.com/drive/folders/1_PuI6sopzrmmKr3tUuXwHyskDX-p-dBC?usp=sharing)

**ANEXO N° 11. PLANILLA DE METRADOS DE OPCIÓN 1**

Enlace para visualizar anexo 11

<https://drive.google.com/drive/folders/1WSE8FSu3bQwoTBdhJLBEJ4IaunOH5ppq?usp=sharing>

**ANEXO N° 12. PRESUPUESTO DE OPCIÓN 1**

Enlace para visualizar anexo 12

<https://drive.google.com/drive/folders/17TA6xW--pCt4KdMrPzOnxZrcnWQVwP2i?usp=sharing>

**ANEXO N° 13. COSTOS UNITARIOS DE OPCIÓN 1**

Enlace para visualizar anexo 13

[https://drive.google.com/drive/folders/1LySHm4t\\_5Gupz16bEFm1UZz7Y3vK6-jr?usp=sharing](https://drive.google.com/drive/folders/1LySHm4t_5Gupz16bEFm1UZz7Y3vK6-jr?usp=sharing)

**ANEXO N° 14. LISTA DE INSUMOS OPCIÓN 1**

Enlace para visualizar anexo 14

[https://drive.google.com/drive/folders/1fvqdC\\_vRh1fx0rT0ufo6hGPEzci22XT4?usp=sharing](https://drive.google.com/drive/folders/1fvqdC_vRh1fx0rT0ufo6hGPEzci22XT4?usp=sharing)

**ANEXO N° 15. GASTOS GENERALES OPCIÓN 1**

Enlace para visualizar anexo 15

[https://drive.google.com/drive/folders/1\\_4lMcitpxGLFXLdTesEsY5LmiYnCo3fs?usp=sharing](https://drive.google.com/drive/folders/1_4lMcitpxGLFXLdTesEsY5LmiYnCo3fs?usp=sharing)

**ANEXO N° 16. CRONOGRAMA DE OPCIÓN 1**

Enlace para visualizar anexo 16

<https://drive.google.com/drive/folders/1pNCWQqWdgOhi-dxz9xCIkDYD-rov1BiC?usp=sharing>**ANEXO N° 17. FÓRMULA POLINÓMICA DE OPCIÓN 1**

Enlace para visualizar anexo 17

<https://drive.google.com/drive/folders/1DJzkw1PhxSveHQrXq4KtnIlyFuopHzE?usp=sharing>**ANEXO N° 18. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE OPCIÓN 1.**

Enlace para visualizar anexo 18

<https://drive.google.com/drive/folders/16nPUNQjQuEb5Bf8uFMCKIWysFV4HQouA?usp=sharing>**ANEXO N° 19. PLANILLA DE METRADOS DE OPCIÓN 2**

Enlace para visualizar anexo 19

<https://drive.google.com/drive/folders/1y6o3tKpTUfgNYzOm1DaWNjMcJpMR9Xt7?usp=sharing>**ANEXO N° 20. PRESUPUESTO DE OPCIÓN 2**

Enlace para visualizar anexo 20

<https://drive.google.com/drive/folders/1Y3DcHZRFu2zCvglwebClq3vGXXKDS4-Tf?usp=sharing>**ANEXO N° 21. COSTOS UNITARIOS DE OPCIÓN 2**

Enlace para visualizar anexo 21

<https://drive.google.com/drive/folders/1uDR3I8DOH-bdL4MvpusgPNmbUDNGJ9-R?usp=sharing>

**ANEXO N° 22. LISTA DE INSUMOS DE OPCIÓN 2**

Enlace para visualizar anexo 22
---------------------------------

<a href="https://drive.google.com/drive/folders/1BhzgEujqoLeMy5ci_tMoe5QSD4hJ6quH?usp=sharing">https://drive.google.com/drive/folders/1BhzgEujqoLeMy5ci_tMoe5QSD4hJ6quH?usp=sharing</a>
---

**ANEXO N° 23. GASTOS GENERALES DE OPCIÓN 2**

Enlace para visualizar anexo 23
---------------------------------

<a href="https://drive.google.com/drive/folders/1h1qOk5MqulCu4zp84gftKS1kePIySX8e?usp=sharing">https://drive.google.com/drive/folders/1h1qOk5MqulCu4zp84gftKS1kePIySX8e?usp=sharing</a>
---

**ANEXO N° 24. CRONOGRAMA DE OPCIÓN 2**

Enlace para visualizar anexo 24
---------------------------------

<a href="https://drive.google.com/drive/folders/1iIKIIG0-LLSMdAGHv8seRRt5du9f7uS3?usp=sharing">https://drive.google.com/drive/folders/1iIKIIG0-LLSMdAGHv8seRRt5du9f7uS3?usp=sharing</a>
---

**ANEXO N° 25. PLANOS**

Anexo 25.1: Plano de Ubicación.

Anexo 25.2: Plano de Canteras.

Anexo 25.3: Planos Topográficos.

Anexo 25.4: Planos de Descolmatación de cauce de opción 1.

Anexo 25.5: Planos de Detalles de diseño de Opción 1.

Anexo 25.6: Planos de Descolmatación de cauce de opción 2.

Anexo 25.7: Planos de Detalles de diseño de Opción 2.

Enlace para visualizar anexo 25
---------------------------------

<a href="https://drive.google.com/drive/folders/17m1QmhydrogV7NuotzPI0EMyHWAc7z73?usp=sharing">https://drive.google.com/drive/folders/17m1QmhydrogV7NuotzPI0EMyHWAc7z73?usp=sharing</a>
---