



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Modelamiento hidrológico e hidráulico bidimensional para la
identificación de zonas inundables de la quebrada Cristalina El
Líbano, Amazonas, 2023.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniera Civil

AUTORA:

Luna Vasquez, Dalia (orcid.org/0000-0002-6881-3097)

ASESOR:

Dr. Vargas Chacaltana, Luis Alberto (orcid.org/0000-0002-4136-7189)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño De Obras Hidráulicas Y Saneamiento

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA

Desarrollo económico, empleo y emprendimiento

TRUJILLO – PERÚ

2023

DEDICATORIA

Mi tesis va dedicada de manera muy especial con mucho amor y cariño a mis padres, hermanos y a Dios, por haberme ayudado a concluir mi carrera profesional. Aunque mi padre ya no este junto a nosotros, pero sé que es un ángel que desde el cielo me cuida y me protege día a día para poder seguir adelante y lograra mis metas trazadas.

Igualmente dedico la tesis a mi esposo e hijo Dylam por todo su aprecio y esfuerzo de apoyarme día a día en esta etapa de desarrollo de la tesis, gracias por ser mi frente de motivación e inspiración para poder superarme cada día más y así poder luchar para que la vida nos depare un futuro mejor.

Dalia Lunas Vásquez

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a Dios por ser mi guía a diario y brindarme la sabiduría para desarrollar la tesis, así mismo quiero agradecer a la Universidad Cesar Vallejos y en especial a mi asesor por brindarme sus conocimientos y su orientación durante todo el desarrollo de la Tesis.

Dalia Luna Vásquez

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA.....	i
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	iv
ÍNDICE DE TABLAS.....	v
ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS.....	vii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT.....	x
I.- INTRODUCCIÓN.....	1
II.- MARCO TEÓRICO.....	6
III.- METODOLOGÍA.....	24
3.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	24
3.2. VARIABLES Y OPERACIONALIZACIÓN.....	25
3.3. POBLACIÓN, MUESTRA, MUESTREO, UNIDAD DE ANÁLISIS.....	26
3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	27
3.5. PROCEDIMIENTOS.....	28
3.6. MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS.....	30
3.7. ASPECTOS ÉTICOS.....	33
IV.- RESULTADOS.....	35
V.- DISCUSIÓN.....	71
VI.- CONCLUSIONES.....	78
VII.- RECOMENDACIONES.....	80
REFERENCIAS.....	81
ANEXOS.....	91

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1 CATEGORIZACIÓN DE UNA CUENCA HIDROGRÁFICA POR ÁREA.....	14
TABLA 2 CARACTERIZACIÓN DE UNA CUENCA CON RELACIÓN AL COEFICIENTE DE COMPACIDAD.....	16
TABLA 3 ZONAS INUNDABLES LOCALIDAD EL LÍBANO, INFRAESTRUCTURA AFECTADA.....	42
TABLA 4 CAUDALES MÁXIMOS PARA EVENTOS EXTREMOS CUENCA LÍBANO.....	43
TABLA 5 PARÁMETROS GEOMORFOLÓGICOS DE FORMA DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA LÍBANO.....	48
TABLA 6 PARÁMETROS GEOMORFOLÓGICOS DE RELIEVE DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA LÍBANO.....	48
TABLA 7 PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS DE LA RED HÍDRICA DE LA CUENCA LÍBANO.....	49
TABLA 8 CUENCAS HIDRÁULICAS CON SIMILITUD HIDRÁULICA.....	50
TABLA 9 ANÁLISIS DE DATOS DUDOSOS PRECIPITACIÓN MÁXIMA DIARIA ESTACIÓN JAZAN.....	50
TABLA 10 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE FRECUENCIA - AJUSTE DE BONDAD DE ESTACIÓN JAZAN.....	51
TABLA 11 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LAS INTENSIDADES LA CUENCA EL LÍBANO.....	53
TABLA 12 PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN 24 HORAS LOG-PEARSON TIPO III PARA LA ESTACIÓN JAZAN CUENCA SHIQUITE.....	53
TABLA 13 PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN 24 HORAS TRANSPUESTAS A LA CUENCA LÍBANO DESDE LA CUENCA SHIQUITE.....	54
TABLA 14 TIRANTES MÁXIMOS PARA UN FLUJO VARIADO.....	58
TABLA 15 COEFICIENTES DE RUGOSIDAD DE LA LOCALIDAD EL LÍBANO..	60

TABLA 16 MEDIDAS PRINCIPALES DE LOS ENROCADOS AGUAS ARRIBA Y AGUAS ABAJO DE LA LOCALIDAD EL LÍBANO64
TABLA 17 DIÁMETRO MEDIO DE ROCA AGUAS ARRIBA Y AGUAS ABAJO...	66
TABLA 18 LÍMITES DE GRADACIÓN DE LAS ROCAS PARA EL ENROCADO.	67

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1	CARACTERIZACIÓN ESQUEMÁTICA DE LA EROSIÓN DE UNA CUENCA FLUVIAL.....	17
FIGURA 2	MAPA DE PROCEDIMIENTOS DEL MODELO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO.....	30
FIGURA 3	HIDROGRAMAS DE ESCORRENTÍA DIRECTA MÁXIMAS AVENIDAS.....	35
FIGURA 4	MODELO PRECIPITACIÓN – ESCORRENTÍA.....	36
FIGURA 5	ZONAS INUNDABLES DE UNA AVENIDA MÁXIMA EN LA LOCALIDAD EL LÍBANO PARA TR= DE 100 AÑOS.....	37
FIGURA 6	ZONAS INUNDABLES DE UNA AVENIDA MÁXIMA EN LA LOCALIDAD EL LÍBANO PARA TR= DE 200 AÑOS.....	38
FIGURA 7	ZONAS INUNDABLES DE UNA AVENIDA MÁXIMA EN LA LOCALIDAD EL LÍBANO PARA TR= 500 AÑOS.....	39
FIGURA 8	TIRANTES MÁXIMOS PARA AVENIDAS EXTREMAS.....	40
FIGURA 9	DESBORDAMIENTO DEL CAUCE DE LA QUEBRADA CRISTALINA.....	41
FIGURA 10	HIDROGRAMAS DE ESCORRENTÍA DIRECTA MÁXIMAS AVENIDAS DE TR= 2 A 25.....	44
FIGURA 11	HIDROGRAMAS DE ESCORRENTÍA DIRECTA MÁXIMAS AVENIDAS DE TR= 50 A 500.....	45
FIGURA 12	HIDROGRAMA DE PRECIPITACIÓN DE DISEÑO PARA TR= 2 A 25 AÑOS.....	46
FIGURA 13	HIDROGRAMA DE PRECIPITACIÓN DE DISEÑO PARA TR= 50 A 500 AÑOS.....	47
FIGURA 14	CURVA HIPSOMÉTRICA DE LA CUENCA LÍBANO.....	49
FIGURA 15	GRÁFICO DE DISTRIBUCIÓN DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA DIARIA ESTACIÓN JAZAN.....	51

FIGURA 16 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE DISTRIBUCIÓN LOG-PEARSON TIPO III.....	52
FIGURA 17 ANÁLISIS ESTADÍSTICOS DE LOS DATOS DE PRECIPITACIÓN DE DISEÑO CON EL TIEMPO DE RETORNO.....	55
FIGURA 18 ANÁLISIS ESTADÍSTICOS DE LOS DATOS DE CAUDAL DE DISEÑO CON EL TIEMPO DE RETORNO.....	55
FIGURA 19 ZONAS DE INUNDACIONES PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 200 AÑOS.....	56
FIGURA 20 SECCIÓN AGUAS ARRIBA DE NIVELES DE FLUJO DE AVENIDAS MÁXIMAS.....	57
FIGURA 21 SECCIÓN DEL MODELAMIENTO HIDRÁULICO.....	57
FIGURA 22 PERFIL DEL FLUJO DE LA QUEBRADA CRISTALINA PARA UNA MÁXIMA AVENIDA.....	58
FIGURA 23 MAPA DE VELOCIDAD PARA EL MODELAMIENTO HIDRÁULICO.....	59
FIGURA 24 MAPA DE RUGOSIDAD DE LA LOCALIDAD EL LÍBANO.....	61
FIGURA 25 SECCIÓN TÍPICA DE ENROCADO AGUAS ARRIBA.....	62
FIGURA 26 SECCIÓN TÍPICA DE ENROCADO AGUAS ABAJO.....	63
FIGURA 27 MODELAMIENTO HIDRÁULICO CON ENROCADOS DISEÑADOS PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 200 AÑOS.....	65
FIGURA 28 GRADACIÓN DE LOS ENROCADOS.....	67
FIGURA 29 MAPA DE UBICACIÓN DE LOS ENROCADOS EN LA LOCALIDAD EL LÍBANO.....	69
FIGURA 30 CURVAS DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO.....	70

RESUMEN

El objetivo de la investigación es realizar un modelamiento hidrológico e hidráulico bidimensional para determinar las zonas inundables de la quebrada Cristalina en la localidad El Líbano, Amazonas. La metodología de la investigación es del tipo aplicada, con un diseño experimental puro, y un enfoque cuantitativo. La técnica de recopilación de información, corresponde a la observación no participante. La población constituye toda la franja con riesgo a inundaciones del cauce de la quebrada Cristalina, y la muestra abarca el sector de la quebrada a lo largo de la localidad el Líbano, en una Longitud de un 1.00 Km. El modelamiento hidrológico e hidráulico, nos permitió determinar las zonas inundables de la quebrada Cristalina en la localidad El Líbano; elaborándose mapas de inundaciones para periodos de retorno de 200, 100 y 500 años. Para un periodo de retorno de 200 años, se obtuvo un área inundable de 10.77 ha, 49 viviendas, 4.36 ha de tierras agrícolas, la infraestructura educativa, campo deportivo afectados, 1.83 km de vía y la red de alcantarillado afectadas. Para un periodo de retorno de 100 años, se obtuvo un área inundable de 8.59 ha, 29 viviendas y 3.83 ha de tierras agrícolas, la infraestructura educativa, campo deportivo, 1.00 km de vía y la red de alcantarillado afectadas. Para un periodo de retorno de 500 años, se obtuvo un área inundable de 11.64 ha, 50 viviendas, 6.78 ha de tierras agrícolas, la infraestructura educativa, campo deportivo, 2.00 km de la vía y la red de alcantarillado afectadas.

Palabras clave: Inundación, hidrograma, hietograma, enrocado, modelamiento hidráulico bidimensional

ABSTRACT

The objective of the research is to carry out a two-dimensional hydrological and hydraulic modeling to determine the flood zones of the Cristalina stream in the town of El Líbano, Amazonas. The research methodology is of the applied type, with a pure experimental design and a quantitative approach. The data collection technique was non-participant observation. The population constitutes the entire flood-risk strip of the Cristalina stream bed, and the sample covers the stream sector along the town of El Líbano, in a length of 1.00 km. The hydrological and hydraulic modeling allowed us to determine the flood zones of the Cristalina Creek in the town of El Líbano, preparing flood maps for return periods of 200, 100 and 500 years. For a 200-year return period, we obtained a floodable area of 10.77 ha, 49 houses, 4.36 ha of agricultural land, educational infrastructure, sports field affected, 1.83 km of road and sewage network affected. For a return period of 100 years, a floodable area of 8.59 ha, 29 houses and 3.83 ha of agricultural land, educational infrastructure, sports field, 1.00 km of road and sewerage network affected. For a 500-year return period, a floodable area of 11.64 ha, 50 houses, 6.78 ha of agricultural land, educational infrastructure, sports field, 2.00 km of road and sewerage network were affected.

Keywords: Flood, hydrograph, hydrograph, hyetogram, hydrologic modeling, two-dimensional hydraulic modeling.

I.- INTRODUCCIÓN

La realidad problemática constituye el desbordamiento de los ríos, fenómeno que se ha constituido en uno de los grandes problemas que viene afectando a la población en el presente siglo, generando que los fenómenos hidrológicos sean más recurrentes en diversas regiones del planeta, causando grandes inundaciones, con impactos de gran magnitud y perjudiciales a la sociedad (Sardon et al., 2022, p. 7). Estos fenómenos han hecho que las inundaciones, se intensifiquen en la última década en todo el planeta y en nuestro país; aumentando de forma alarmante en los últimos 20 años, con un incremento del 134% en relación a los últimos 50 años, originando gran cantidad de víctimas en el mundo. El 79% de las catástrofes naturales fueron consecuencia de eventos extraordinarios hidrológicos, causado por el desbordamiento de ríos, con un total de 1,600 millones de personas afectadas y 86.00% de perjuicios financieros de gran relevancia a lo largo de los últimos años. En el año 2020 estos fenómenos se incrementaron en un 23%, y causó un 18% más de muertes que el promedio anual de los años anteriores (García, 2019).

En estos últimos años las inundaciones se han intensificado en el Perú, la falta de medidas de mitigación ante avenidas máximas ha generado que, en el 2023 el desbordamiento de los ríos Tumbes y La Leche afecte a más de 500 casas en la localidad de Bellavista y más de 100 familias en la localidad Angolo I Mórrope respectivamente; así como diversas áreas agrícolas, inundaciones de plazas; localidades incomunicadas (Giraldo, 2023). Los fenómenos meteorológicos en la región Amazonas se ubican en el primer lugar con 787 eventos por año, en relación a otros fenómenos. Consecuencia de las características fisiográficas propias de la región, en los últimos años ha sido escenario de eventos destructivos por lluvias intensas, de mayor magnitud en los primeros meses del año, generándose huaycos, deslizamientos, derrumbes, inundaciones, afectando varios sectores de la población, sus vías de comunicación y las zonas de producción (Gobierno Regional Amazonas, 2020, p. 6). En el 2021, el desbordamiento del río Utcubamba, afectó a los distritos de Jamalca y Cajaruro, destruyendo 80 edificaciones en Jamalca y 61 viviendas en Cajaruro; afectando más de 100 hectáreas de zonas

agrícolas. En el 2022, a consecuencia de las temporadas de lluvias, en la provincia de Rodríguez de Mendoza, se generó el desbordamiento del río Shocol, afectando a los ciudadanos de las localidades de Milpuc, Chirimoto, Limabamba, Cochamal y Totorá, dejando inhabitable más de 45 viviendas con más de 1,000 pobladores damnificados (COEN, 2022).

Las construcciones clandestinas en las áreas ribereñas de los ríos, la degradación de los suelos en las cuencas altas, el vertimiento indiscriminado a los cauces, relleno de los drenajes naturales, represan e interrumpen la escorrentía; conjuntamente con la intensificación y magnitud de los fenómenos hidrometeorológicos, ha provocado que el desbordamiento de los ríos hayan generado grandes perjuicios y daños a la región Amazonas; principalmente a la localidad El Líbano, que no cuenta con un plan de mitigación y defensa ante estos desastres naturales; sin conocerse las áreas altamente inundables, ha ocasionado que cada año en la temporada de lluvias se constituya en un peligro latente para la salud de las personas, sus residencias, infraestructura vial, instituciones públicas y las zonas agrícolas (Núñez, 2017, p. 1).

La problemática expuesta, conlleva a la necesidad de evaluar y gestionar estos desastres naturales con el objeto de disminuir su impacto sobre la sociedad civil. Una forma de gestionar, prevenir y controlar estos fenómenos naturales es delimitando las áreas inundables en la localidad El Líbano, que permitan la elaboración de planes preventivos para mitigar y preparar a la población ante estos eventos extraordinarios. En tal sentido las simulaciones hidráulicas bidimensionales de los cauces, son una alternativa para delimitar las áreas inundables, ya que nos permiten elaborar un modelo hidráulico más realista de las condiciones del flujo a lo largo del cauce; obteniendo resultados más confiables que nos garantizan que las propuestas de mitigación reduzcan en gran medida el impacto de los fenómenos extraordinarios, ayudándonos a optar por mejores estrategias de gestión de las inundaciones.

Al finalizar la investigación se identificó las zonas vulnerables a inundaciones ante una avenida máxima de la quebrada Cristalina, mediante una simulación hidrológica e hidráulica utilizando los softwares HEC-HMS para el modelo

hidrológico, Iber y los SIG como el ArcGIS para el modelo hidráulico, para diversas probabilidades de ocurrencias de 100, 200 y 500 años, mediante una simulación de un caudal bidimensional, que permite que las condiciones de flujo varíen en dos dimensiones en lugar de una, tiene menos simplificaciones internas, requiriendo un número significativamente menor de suposiciones por parte del modelo. La simulación hidráulica representa un evento real, nos permitió determinar las superficies que fueron afectadas por un evento extraordinario hidrológico (García, 2019, p. 40).

De lo expuesto, con los mapas de inundaciones de todas las superficies afectadas por el desbordamiento del cauce, se advertirá y dispondrá la investigación a las autoridades para que así se pueda tomar medidas de prevención, concientización de la población, se diseñó estructuras hidráulicas que mitiguen los efectos de los fenómenos hidrológicos en la localidad El Líbano.

De lo expuesto, con la investigación se resolverá el problema general el cual se detalla en la pregunta, ¿Como el modelamiento hidrológico e hidráulico bidimensional nos permite determinar las zonas inundables de la quebrada Cristalina en la localidad El Líbano, Amazonas?; en tanto del problema principal se plantean los siguientes problemas específicos: ¿El modelamiento hidrológico precipitación - escorrentía, nos permite diseñar los hidrogramas de las máximas avenidas de la quebrada Cristalina, El Líbano, Amazonas?; ¿El modelamiento hidráulico bidimensional de un flujo no permanente nos permitirá determinar las áreas inundables de la quebrada Cristalina, El Líbano, Amazonas? y ¿Las medidas estructurales de enrocados permiten mitigar los efectos del desbordamiento de las zonas inundables de la quebrada Cristalina, El Líbano, Amazonas?.

La investigación está justificada teóricamente, ya que en el estudio se ejecutó un modelamiento hidrológico e hidráulico bidimensional con Iber, simulando un flujo no permanente en dos dimensiones, esto ayudó a tener un mejor conocimiento sobre los modelos hidráulicos bidimensionales para flujos complejos que representan los cauces, con mayor aplicación en estudios que nos permitan tener resultados más confiables, teniendo presente que en nuestro país, los modelos hidráulicos unidimensionales son los más aplicados para la gestión de inundaciones. Las

simulaciones bidimensionales de los cauces nos proporcionaron resultados más precisos de la distribución del agua, las velocidades y los calados del flujo; ayudándonos a delimitar las áreas inundables, a través de los SIG se elaboró mapas de inundaciones, se cuantificó las casas, terrenos agrícolas, infraestructura vial y pública que fueron afectadas por estos fenómenos.

Con el modelamiento hidráulico y los mapas de inundaciones, se elaboró propuestas de mitigación tales como defensas ribereñas que permiten el normal escurrimiento del flujo en el cauce y reduce la magnitud de los desbordamientos de la quebrada Cristalina.

La investigación está justificada socialmente, por el hecho que en la localidad El Líbano, en el año 2018 sufrió inundaciones por el desborde de la quebrada Cristalina, afectando a más de 23 viviendas, 90 pobladores y toda la institución educativa; causando perjuicios económicos, sin que esto genere que las autoridades hayan implementado medidas o planes que permitan prevenir estos desastres naturales; como la construcción de defensas ribereñas, elaboración de mapas de inundaciones que muestren las zonas inundables, así los habitantes de la localidad puedan identificar estas zonas y se evite construcciones en estas áreas; mitigando los efectos de estos fenómenos que se han constituido en los últimos años en un problema latente para la comunidad.

La investigación se justifica económicamente por el hecho que se abarcó resolver un problema real y recurrente en la localidad El Líbano; con la investigación se obtuvo mapas de inundaciones de toda la localidad para eventos extraordinarios para diversos periodos de retorno; dicha información permitió a la población tener conocimiento del peligro que representa estos fenómenos. Se propuso defensas ribereñas con enrocado, para que las autoridades puedan implementar estas medidas de mitigación para reducir los daños materiales y económicos a la infraestructura pública.

Desde el punto ambiental, la investigación está justificada; puesto que, durante el desarrollo del estudio como primera etapa para la elaboración del modelo hidrológico, se ejecutó un análisis de la cuenca hidrográfica, conociéndose los diversos parámetros geomorfológicos y el estado actual de la cuenca, esto ayudará

en la gestión de la cuenca, disminuyendo la degradación del suelo y la pérdida de la cubierta vegetal, disminuyendo la contaminación del flujo de agua que abastece a la localidad El Líbano.

De los problemas descritos anteriormente se plantean los siguientes objetivos para desarrollar en la investigación, objetivo general: Realizar un modelamiento hidrológico e hidráulico bidimensional para determinar las zonas inundables de la quebrada Cristalina en la localidad El Líbano, Amazonas; y los objetivos específicos son: Desarrollar un modelamiento hidrológico precipitación - escorrentía, que nos permita diseñar los hidrogramas de las máximas avenidas de la quebrada Cristalina, El Líbano, Amazonas; desarrollar un modelamiento hidráulico bidimensional de un flujo no permanente para determinar las áreas inundables de la quebrada Cristalina, El Líbano, Amazonas y plantear medidas estructurales de enrocados que permitan mitigar los efectos del desbordamiento de las zonas inundables de la quebrada cristalina El Líbano, Amazonas.

De los objetivos de la investigación se plantea como hipótesis general: El modelamiento hidrológico e hidráulico bidimensional nos permite determinar las zonas inundables de la quebrada Cristalina en la localidad El Líbano, Amazonas. Como hipótesis específicas se plantea que: El desarrollo de un modelamiento hidrológico precipitación - escorrentía, nos permitió diseñar los hidrogramas de las máximas avenidas de la quebrada Cristalina, El Líbano, Amazonas. Con un modelamiento hidráulico bidimensional de un flujo no permanente determinamos las áreas inundables de la quebrada Cristalina, El Líbano, Amazonas; y las medidas estructurales de enrocados mitigan en gran medida los efectos del desbordamiento de las zonas inundables de la quebrada Cristalina El Líbano, Amazonas.

II.- MARCO TEÓRICO

Cartaya y Mantuano-Eduarte (2016), en su artículo de investigación titulada, *Identificación de zonas en riesgo de inundación mediante una simulación hidráulica en un segmento del Río Pescadillo, Manabí, Ecuador*, cuyo objetivo general fue determinar los bordes inundables en la cuenca hidrográfica baja del cauce Pescadillo, a través de un modelamiento de eventos extraordinarios anuales, de un sector agrario, de la provincia de Manabi, Ecuador; empleando el software HEC-RAS y HECGeoRAS; en donde se modelaron 28 áreas hidráulicas con una equidistancia de 800.00 m, un flujo de 61.40 m³/s; y una gradiente del cauce de 0.0025, determinando un área afectada de 18.72 Km², y las zonas agrícolas que están en alto riesgo. Los investigadores concluyeron, que los resultados obtenidos permiten determinar datos sobre áreas, calados y ubicación de los bordes del desbordamiento del agua, con gran exactitud, aun cuando no se tiene datos meteorológicos, los resultados podrán ser corroborados en la zona de estudio. Así mismo señalan que el modelamiento con el software HEC-GeoRAS, constituye una herramienta de gran ayuda, pues ayuda a simplificar la exportación de la información geométrica al HEC-RAS, simplificando la simulación hidráulica, con la obtención de mapas temáticos que detallan las áreas con riesgo a ser inundadas. También concluyen que resulta necesario que, en las escuelas relacionadas al estudio ambiental y terrestre, se implemente las capacitaciones sobre estos softwares; así mismo recomiendan que los modelos deben ser ajustados y calibrados in situ, con el objeto de obtener datos de gran precisión, que permitan diseñar estructuras hidráulicas para mitigar los efectos del desborde del cauce.

Hernández-Uribe et al. (2017), en su investigación denominada *Análisis de riesgo por inundación: Metodología y aplicación a la cuenca Atemajac*, cuyo objetivo principal es elaborar y adaptar un método de evaluación del peligro ante avenidas extraordinarias de una cuenca hidrográfica poblada, y con los datos obtenidos se pueda gestionar proyectos de amortiguamiento y descenso de los daños ocasionados por estos fenómenos. Este estudio se desarrolló en todas las zonas con población del cauce Atemajac, que cada año está expuesta a desbordamientos del cauce principal, generando grandes perjuicios a la población, determinaron

áreas altamente inundables por tramos del río; del modelamiento hidráulico, elaboraron mapas de inundaciones para probabilidades de ocurrencias de un evento extraordinario de 50 a 100 años, clasificando estas áreas por la magnitud del riesgo, desde una magnitud alta a moderada, en la ribera del cauce del río. Con la investigación se concluyó que el modelo es aplicable a cuencas hidrográficas pobladas, la cual se complementa con el modelo determinista y paramétrico; con el método determinista se generaron mapas de inundaciones, donde se evidencia los perjuicios relacionados a los eventos extraordinarios por áreas y años de ocurrencia; y con el método paramétrico se determinó la vulnerabilidad en relación a lo social, económico, físico y ambiental. Con la investigación determinaron que el ramal T2, reúne todos los escenarios para que se constituya una zona de alto riesgo a fenómenos de desbordamiento del cauce, este ramal T2 representa el más perjudicado económicamente; teniendo este una alta vulnerabilidad en relación a los social, económico y físico.

Navas et al. (2022), en su artículo de investigación denominada *Evaluación de modelos hidráulicos unidimensionales y bidimensionales para la generación de mapas de inundaciones en un río de montaña*, desarrollaron un estudio de comparación entre una simulación hidráulica unidimensional y bidimensional, con el software HEC-RAS e Iber respectivamente, en el cauce Tarqui, área de Guzho. Se planteó como objetivo principal estimar cuales de las simulaciones hidráulicas se establece como una mejor opción en relación a la otra. En la investigación se ha concluido que el comportamiento del flujo en ambos modelos es semejante; las áreas inundables con el modelo bidimensional son de mayor extensión en relación al modelo unidimensional, para una probabilidad de ocurrencia de cincuenta y cien años. Los resultados de las velocidades en el modelo bidimensional son superiores al unidimensional. Por otro lado, han determinado que el modelamiento bidimensional constituye un mejor modelo para la simulación de cauces; puesto que este modelo representa una mejor representación de las áreas de inundación respecto al modelo unidimensional, representando el flujo del cauce de una manera más realista, con resultados más confiables en relación a los tirantes de agua, velocidades y áreas expuestas al desbordamiento, dando confiabilidad en la gestión de mitigación de inundaciones. Con los softwares utilizados en la investigación, se

determina que los mapas generados con IBER, son superiores a los generados con HEC-RAS, por el hecho que Iber simula el flujo en diversas direcciones; los datos de calados, caudales del HEC-RAS se pueden exportar a través de hojas del software; los tiempos del proceso de modelación para ambos modelos son semejantes.

Basile et al. (2016), para la UNESCO desarrollaron una investigación titulada *Modelación hidrodinámica bidimensional del río Paraná inferior*, cuyo objetivo principal fue implementar un modelo matemático en dos dimensiones para simular una franja del río Paraná entre las progresivas km 452 y km 410. Para elaborar el modelo hidráulico utilizaron imágenes satelitales, para un flujo permanente e impermanente, obteniendo caudales con variaciones de 11,640 a 28,600 m³/s, con resultados confiables en relación al nivel de agua, velocidades y la distribución del flujo. Se concluyó que los datos obtenidos de la investigación han sido corroborados con aforos del flujo con ADCP y los calados con medidas registradas en dos hidrómetros de la zona. La simulación ha representado de forma correcta el comportamiento del caudal en las progresivas simuladas para el flujo permanente e impermanente; respecto a los calados hídricos, gradientes del flujo, niveles, la dinámica de la velocidad y los caudales en las áreas hidráulicas. También concluyeron que, para el modelamiento hidráulico de un flujo permanente, se determinó un error de 0.12% entre los resultados del modelo y los aforados; los errores relativos promedio para el flujo bajo, medio y alto esta entre 0.59%, 0.20 % y 1.00% respectivamente; mientras que para el modelo hidráulico de flujo impermanente los resultados obtenidos representan de forma real a los datos aforados, por lo que este régimen es el más recomendado.

Gutiérrez et al. (2022), en México desarrollaron la investigación titulada *Modelación hidráulica en Iber para prevención de inundaciones en la cuenca Tesechoacán*, donde se planteó como principal objetivo proyectar y diseñar obras hidráulicas para mitigar o disminuir los efectos provocados por el desbordamiento del cauce ante eventos extremos; así como segundo objetivo es la gestión de las medidas preventivas ante el desbordamiento de los cauces con la planificación, organización e implementación de capacitaciones de defensa civil que logren mitigar los efectos de los fenómenos hidrológicos. Para cumplir con los objetivos desarrollaron un

modelo hidráulico bidimensional con el Software Iber, con hidrogramas presentados durante el fenómeno de la tormenta Matthew, obteniendo un área propensa a inundaciones de 29,027.24 ha, con niveles máximos de agua de 7.45 m. Del modelamiento hidráulico con Iber se elaboraron mapas de las áreas inundables, determinándose 33 centros poblados con riesgo a inundaciones, con un 56.90% de zonas con riesgo extremo. A través del modelamiento hidráulico bidimensional se proyectaron mapas de las áreas inundables, evidenciándose diversos tirantes de agua a lo largo del cauce, con calados máximos de 7.45m en gradientes menores a 3%. Por otro lado, se efectuó una reformación del cauce, en la información Gis del software Iber, por el hecho que cuando se modeló el huracán Matthew, se redujo el 71% de las zonas inundables. En la investigación se determinó que las zonas inundables tienen una similitud del 84.69% con los mapas referenciales; dando evidencia que la información satelital constituye una alternativa favorable para tener referencias de las zonas inundables, cuando no se puede ejecutar modelos hidráulicos. Los investigadores recomiendan que durante el modelo hidráulico se debe tener en cuenta la reforestación y la adecuada gestión de las cabeceras de las cuencas hidrográficas, como una solución de mitigación de estos fenómenos.

Hurtado (2018), desarrolló la tesis titulada *Modelamiento hidráulico bidimensional del río Rímac en el sector Huachipa, tramo km. 27+450 al km. 28+525*, planteando como objetivo de la investigación el desarrollo de una simulación hidráulica en dos dimensiones para un sector del río Rímac, a través de los softwares Hec-Ras y Iber, determinando las áreas con riesgo a inundaciones. La simulación hidráulica se ejecutó en una longitud de 1,075.00 Km; mediante un modelo bidimensional con IBER y HEC-RAS, identificando superficies sensibles ante desbordamientos del río, donde se concluyó que las zonas inundables por el desbordamiento del flujo del río Rímac comprende 3.94 hectáreas. Aplicando los softwares Hec-Ras y Iber, se evidenció una disparidad del 10% de los resultados entre ambos modelos, determinándose que el cauce izquierdo es más vulnerable a inundaciones desde el tramo km 0+600 aguas abajo, desbordándose en la zona de la localidad “Asociación Huáscar” en 2.00 hectáreas. Por otro lado, se evidenció que los sectores altamente vulnerables a inundaciones se ubican entre el km 0+637.34 hasta la 0+957.13, con presencia de sectores con altas velocidades y calados, con longitudes inundables

de 198.91 m en la ribera izquierda, y en la ribera derecha estos alcanzan longitudes de 74.74 m. Del estudio se ha determinado que un modelo hidráulico ejecutado con los softwares Hec-Ras y Iber, representan en gran medida el cauce del río estudiado, con resultados similares y una tendencia pareja, las variaciones en algunos datos se deben al tipo de procesamiento de la información geométrica, el desarrollo de las fórmulas matemáticas que representan el flujo en dos direcciones, la susceptibilidad de los modelos ante las alteraciones características del lecho fluvial del río cuando se procesa el modelo, arrojando mayores calados con el software HEC-RAS 2D, con una discrepancia del 10% en relación al software IBER.

Arriola et al. (2022), en su artículo de investigación denominado *Evaluación del riesgo de inundación empleando un sistema de información geográfica y modelamiento hidráulico aplicados al río la Leche Lambayeque*, plantearon como objetivo determinar el nivel de riesgo del desbordamiento del río la Leche; utilizando SIG y simulaciones hidráulicas, para mitigar efectos a corto plazo. Estudiaron un sector de 18,200 m aguas abajo en la cuenca, con secciones equidistantes cada 500 m, determinándose que esta zona es altamente inundable, para simulaciones con periodos de retorno de 200 y 500 años, obteniendo velocidades máximas de 4.56 m/s, con calados 4.55 m y caudales de 999.34 m³/s; velocidades de 4.91 m/s, con calados de 4.96 m y caudales de 1,869.49 m³/s respectivamente; concluyendo que para mitigar los efectos de las inundaciones se deben construir defensas ribereñas en ambos márgenes en 18.20 km, protegiendo 07 localidades en Lambayeque. Las llanuras de inundación obtenidas en sectores inundables abarcaron desde 1,000 m hasta los 1,500 m.

Alcántara y Castro (2021), en su artículo de investigación denominado *Determinación de zonas inundables con HEC-RAS en zonas de la Cordillera Central de los Andes. Microcuenca del río Saraus-río La Llanga. Celendín*, plantearon como objetivo es identificar las áreas inundables, y su extensión en los cauces primarios de las cordilleras de los andes; por lluvias extremas. En la investigación, evaluaron la microcuenca Saraus, ubicada en Celendín; mediante la simulación hidráulica en el HEC-RAS, identificaron las superficies más vulnerables a inundaciones, cuyas zonas corresponden a la parte alta de la cuenca; se identificaron tres sectores con mayor riesgo de inundación, en estas zonas los

calados máximos alcanzan alturas de 10.00 m, con llanuras de inundación de hasta 140.00 m. Se simularon 26 secciones con equidistancias de 300 m del cauce para periodos de retorno de 30, 50 y 100 años, obteniéndose las mismas áreas inundables; consecuencia de la orografía plana del cauce. Para un periodo de retorno de 100 años, el caudal máximo corresponde a 3.60 m³/s. De la identificación de las zonas inundables, estas áreas son generalmente agrícolas, lo que evidencia la afectación de cultivos y un impacto en la parte económica de la población.

Aparicio (2021), desarrolló la tesis denominada *Identificación de áreas inundables por máximas avenidas del río Quínuas en el centro poblado La Quispa*, cuyo objetivo general constituye la determinación de los sectores con riesgo a inundaciones, para eventos extraordinarios del río Quínuas, que afectan a la localidad La Quispa. A través de una modelación hidrológica e hidráulica, se determinó los sectores de mayor riesgo a inundaciones utilizando el software Iber, elaborando un modelamiento hidráulico para una probabilidad de ocurrencia de 15, 25 y 40 años. Para la simulación hidrológica se utilizó HidroEsta 2, con el método estadístico de Log Gumbel, se calculó la tormenta máxima para diversas probabilidades de ocurrencia, para calcular la lluvia en la zona de estudio se aplicó el factor de corrección de 0.89 a la precipitación de diseño. En la investigación se concluyó que, la simulación hidrológica se ejecutó para un tiempo de concentración de 152 minutos, para la obtención del caudal se utilizó el método Temez modificado, con un CN igual a 92.10, obteniendo volúmenes de agua de 110.753 m³/s, 123.860 m³/s y 136.844 m³/s, con probabilidades de ocurrencia a 15, 25 y 40 años respectivamente. Así mismo del modelo hidráulico con Iber, se determinó un total de 1.405 hectáreas de zonas inundadas, de las cuales 0.75 hectáreas son áreas agrícolas, 0.5 hectáreas de zonas urbanas, 0.24 hectáreas de zonas boscosas, 0.04 hectáreas de infraestructura vial y 0.32 hectáreas del cauce del río. El investigador ha recomendado a las autoridades donde se ejecutó el estudio, realicen la gestión de estas inundaciones con el objeto de mitigar sus efectos, se instalen señalización en las áreas inundables, y prevenir a los habitantes de las comunidades de futuros eventos extremos.

Chapoñan (2019), desarrollo la tesis denominada *Modelamiento hidráulico para el diseño de defensa ribereña en el río Rímac, sector Batasol, distrito de Lurigancho-Chosica, Lima, 2019*, cuyo objetivo principal es plantear estructuras hidráulicas para reducir los daños del desbordamiento del cauce, a través de un modelo hidráulico en el sector Batasol del lecho fluvial del Rímac. Para la investigación se ejecutó la simulación hidráulica con el Software Hec-Ras 4.1; para el cálculo del caudal de diseño se utilizó información hidrométrica, de la estación ubicada a una distancia de 2.00 km del punto de análisis, utilizando el método estadístico Log-Pearson Tipo III se obtuvo el flujo máximo de diseño. En la investigación se concluye que la construcción de defensas ribereñas con enrocado y muros de contención, logran disminuir significativamente el riesgo ante el desbordamiento del cauce. Para el modelamiento hidráulico se utilizó un flujo máximo de diseño con una probabilidad de ocurrencia a 200 años, correspondiente a 538.21 m³/s, el cual fue estimado mediante métodos estadísticos de Log Pearson Tipo III; del modelamiento se ha planteado estructuras hidráulicas de 5.00 m de altura; para determinar la socavación de las estructuras hidráulicas se ha utilizado una crecida de diseño de 634.55 m³/s con una probabilidad de ocurrencia a 500 años. Las características hidráulicas obtenidas de la simulación del flujo son, coeficiente de Manning de 0.04, el calado fue de 3.89 m, con la cual se determinó la altura máxima de la estructura por encima del flujo de agua de 5.00 m; la velocidad fue de 4.71 m/s, y la socavación para un flujo de 634.55 m³/s alcanza una profundidad de 2.50 m. Del estudio de suelos se ha determinado la capacidad portante en 2.50 kg/cm²; y del análisis estructural de las estructuras de concreto armado se ha determinado, que estas cumplen con los parámetros de seguridad en tal sentido se deslinda que son estables; para las estructuras de enrocado se ha determinado que el diámetro medio de la piedra es de 0.80 m, con una uña de 2.50 m.

Núñez (2017), realizo una investigación denominada *Identificación de zonas urbanas propensas a riesgos por inundación ante máximas avenidas del río Utcubamba en el centro poblado Naranjitos, Amazonas*, donde planteó como objetivo principal determinar los sectores inundables ante eventos extremos del afluente Utcubamba en el tramo de la localidad Naranjitos y realizar su cuantificación. Para determinar el caudal a utilizar en el modelo hidráulico se utilizó

un modelo Lluvia – caudal. Del estudio se concluyó que la simulación hidrológica arrojó un flujo máximo de 1,499.71 m³/s, con una probabilidad de ocurrencia a 200 años, utilizando el hidrograma unitario sintético de Snyder. Así mismo del modelamiento hidráulico se determinó que la zona más afectada corresponde al lecho izquierdo del río, donde se alcanzan calados máximos de 1.50 m, que provocarían el derrumbamiento de las casas ubicadas en su orilla. De la cuantificación se ha determinado que el desbordamiento del cauce afectaría a 372 pobladores, 62 casas, 360.44m de infraestructura vial, 18.59 hectáreas de zonas con sembríos. Se obtuvieron precipitaciones de diseño igual a 92.91 milímetros y 101.67 milímetros para una probabilidad de ocurrencia de cien y doscientos años respectivamente. Del modelo hidráulico bidimensional para flujo variable en el tiempo, desarrollado en el modelo Hec-Ras, se determinó un factor de peso de 0.73 y un paso de tiempo de simulación de 0.50 s, para la estabilización del modelo. Se simuló el flujo para una longitud del tramo del río de 890.00 m; determinándose que el desbordamiento del río afectó superficies edificadas de 5,922.78 m², 360.44 m de infraestructura vial, 195.00 m de una estructura de riego, 17.00 hectáreas de zonas de sembrío, cuya cuantificación económica de los perjuicios han alcanzado los S/. 4, 510,912.15. como medidas de prevención el investigador ha propuesto la proyección de muros en una extensión de 255.00 m, con una elevación de 10.50 m; proyección de gaviones en una extensión de 105.m sobre las estructuras construidas; enrocados en una extensión de 130 m, con una elevación de 10.50 m, con una cuantificación económica de S/. 7'000,000.00, adicionalmente a la proyección de estructuras hidráulicas de mitigación se sugiera ejecutar una descolmatación del lecho fluvial en toda la zona de estudio.

Los sistemas de información geográfica (SIG) son banco de datos de información espacial; que nos permite gestionar y modelar problemas del espacio terrestre, particularmente en dirección de análisis, manejo de cuencas hidrográficas y las fuentes hídricas (Santos, 2020).

La cuenca fluvial constituye un área terrestre, en el que el flujo de las precipitaciones discurre por los diversos cauces hacia un solo sistema de drenaje en un punto de desfogue; los flujos tributarios constituyen los escurrimientos superficiales, así mismo como los flujos de agua subterránea que discurre después

de una lluvia y se incorporan al cauce principal, en el sitio de análisis o estudio de la cuenca hidrográfica. Las partes de una cuenca hidrográfica son la parte alta de la cuenca, parte media de la cuenca y la parte baja de la cuenca (Aparicio, 1992, p. 19).

Los parámetros geomorfológicos de una cuenca proporcionan una descripción de las propiedades propias del área hidrográfica en su estructura y características del flujo ante una lluvia, determina su comportamiento ante una tormenta, estableciendo la cantidad de la corriente fluvial y el tiempo de respuesta, permitiendo la comparación entre cuencas (Vásconez et al., 2019, p. 27).

La superficie de la cuenca hidrográfica es la proyección horizontal circunscrita entre su divisoria de aguas; posee influencia directa en el flujo de agua que discurre. La superficie es el elemento primordial para determinar otras características físicas y geomorfológicas de una cuenca (Gaspari et al., 2013, p. 51).

El contorno o perímetro de la cuenca hidrográfica es la longitud de la línea límite; conjuntamente con la superficie pueden determinar las características de la forma de una cuenca hidrográfica (Villon, 2011, p. 32).

Tabla 1

Categorización de una cuenca hidrográfica por área.

Extensión de la cuenca (ha)	Descripción
<= 2500	Microcuenca
2500 a 25000	Pequeña
25000 a 50000	Intermedia pequeña
50000 a 250000	Intermedia grande
250000 a 500000	Grande
500000 <	Muy Grande

Nota: La tabla muestra la clasificación de una cuenca por área, esto nos permite determinar qué modelo hidrológico es aplicable a la cuenca. Adaptado de Guerra y Gonzales (2002).

La extensión del río principal, está definida por la extensión de la mayor longitud del cauce de una cuenca hidrográfica, o la longitud que discurre el flujo desde el origen en la cuenca alta hasta donde desemboca o el punto de análisis, prosiguiendo todas las ondulaciones que sufre el cauce, se consigna como una unidad de distancia (Fattorelli y Fernández, 2011, p. 211).

Camino et al. (2018), define que el ancho medio de la cuenca fluvial es el promedio obtenido de la correlación entre la superficie y la extensión del río de la cuenca hidrográfica.

El coeficiente de compacidad, es un parámetro adimensional obtenido de la correlación entre el contorno de la cuenca y el contorno de un círculo de semejante superficie al de la cuenca fluvial; nos describe su característica geométrica; tiene una estrecha relación con el tiempo de respuesta ante una tormenta (tiempo de concentración), con una influencia directa sobre las características del hidrograma de respuesta ante una tormenta de diseño; con este coeficiente se puede describir la forma geométrica de la cuenca hidrográfica (Campos et al., 2016, p. 186).

$$C_g = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}} \quad (1)$$

Los parámetros utilizados para determinar el índice de compacidad se definen como el P el contorno de la cuenca fluvial expresado en Km; y A representa la superficie de la cuenca fluvial expresado en Km² (Cañibano, 2016).

El índice de factor forma, se define como la correlación entre la superficie de la cuenca hidrográfica y la potencia cuadrada de la extensión del flujo principal, consignada entre la zona de análisis hasta la cuenca alta en una línea recta. El factor tiene una relación directa con la respuesta hidrológica ante una tormenta de diseño (Mejía, 2006, p. 47).

$$F_f = \frac{A}{L^2} \quad (2)$$

Los parámetros para expresar el factor forman son, A expresa la superficie y L representa la distancia del cauce principal de la cuenca hidrográfica (Mejía, 2006).

Tabla 2

Caracterización de una cuenca con relación al coeficiente de compacidad.

Índice Cg	Forma de la cuenca	Características de la Cuenca
> 1.25	Compacta o redonda a oval redonda.	Cuenca torrencial peligrosa.
1.25 - 1.50	Oval redonda a oval oblonga.	Presenta peligros torrenciales, pero no iguales a la anterior.
1.50 - 1.75	Oval oblonga a rectangular oblonga.	Son las cuencas que tienen menos torrencialidad.
> 1.75	Rectangular	Cuenca con menos torrencialidad.

Nota: La tabla muestra las características geométricas de una cuenca por su área; mostrando la forma de estas. Adaptado de Cañibano, (2016).

Los parámetros de relieve de la cuenca hidrográfica tienen una influencia directa sobre la forma del hidrograma de respuesta sobre una tormenta; dado que la pendiente influye directamente en el tiempo de concentración del flujo de los cauces afluentes y el cauce principal (Ray et al., 1977, p. 350).

La curva hipsométrica, representa la caracterización esquemática de la superficie de una cuenca hidrográfica; consigna la diversificación de la superficie del flujo con relación a la variación con la altitud de la cuenca hidrográfica, nos permite definir las características fisiográficas y la etapa de equilibrio dinámico de la cuenca hidrográfica (Gutiérrez, 2014, p. 54).

En la figura 1, desprende que la fase (a) describe a una cuenca hidrográfica altamente erosiva, es decir una cuenca Joven. La curva (b), representa una cuenca hidrográfica en equilibrio, con cauces maduros, y la curva (c) representa una cuenca hidrográfica erosionada, constituye una cuenca sedimentaria (Caicedo et al., 2021).

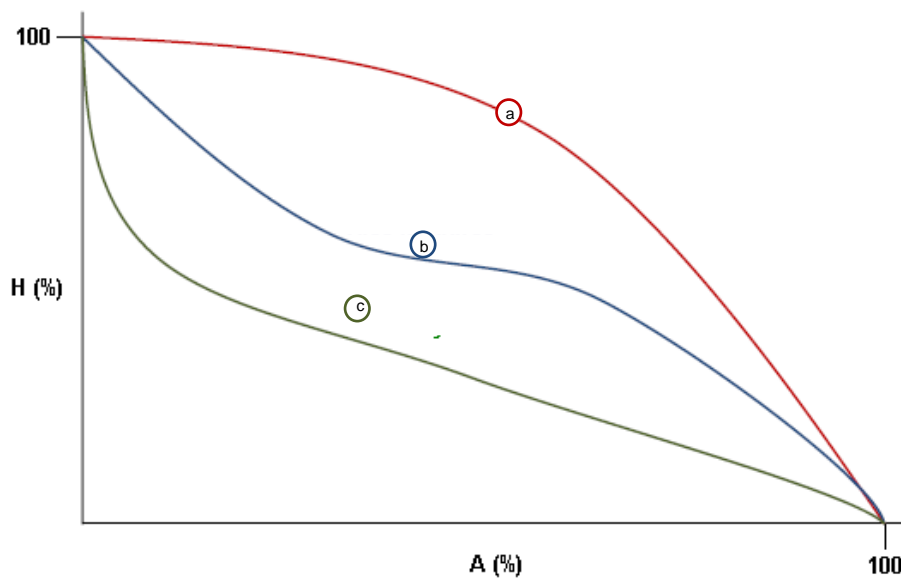
La elevación media es una variable que expresa los elementos genéricos del ciclo hidrológico, con una influencia directa sobre estos, así mismo es un indicador de

las magnitudes de las lluvias; nos permite identificar y definir áreas climatológicas y ecológicas diferentes dentro de la propia cuenca hidrográfica. Los parámetros utilizados para calcular la elevación media de la cuenca hidrográfica son, A_i representa una subárea dentro de la equidistancia de dos contornos de nivel y A representa el área total de la cuenca hidrográfica (Gámez, 2010, p. 37).

$$E_m = \frac{\sum h_i \cdot A_i}{A} \quad (3)$$

Figura 1

Caracterización esquemática de la erosión de una cuenca fluvial.



Nota: La curva hipsométrica muestra el estado o el tipo de cuenca en estudio. Adaptado de Caicedo et al. (2021).

El parámetro de índice de pendiente de una cuenca hidrográfica simboliza la gradiente promedio de las superficies significativas de la cuenca; influye directamente en las características del flujo e hidrograma ante una tormenta, tiene incidencia directa en el tiempo de concentración. El índice de pendiente permite identificar las características granulométricas que conforman el cauce del río. En la ecuación del índice de pendiente, n representa la cantidad de curvas de nivel dentro del rectángulo equivalente, α_i representa las elevaciones de cada curva de nivel consideradas, β_i representa la parte de la superficie global de la cuenca hidrográfica

dentro de las elevaciones $\alpha_i - \alpha_{i-1}$ y L_m representa la distancia de la parte mayor del rectángulo equivalente (Campos, 1998, p. 2-10).

$$I_P = \sum_{i=2}^n \sqrt{\beta_i (\alpha_i - \alpha_{i-1})} \times \frac{1}{\sqrt{L_m}} \quad (4)$$

$$\beta_i = \frac{A_i}{A_T} \quad (5)$$

El coeficiente de Fournier o coeficiente de masividad, influye directamente con la socavación de la cuenca hidrográfica, con valores elevados para cuencas montañosas y valores bajos en cuencas llanas. Donde E_m es la elevación promedio de la cuenca en metros y A representa el área de la cuenca hidrográfica expresada en km^2 (Smichowski y Contreras, 2023, p. 304).

$$T = \frac{E_m}{A} \quad (6)$$

La pendiente promedio de la cuenca hidrográfica, tiene una relación directa con las características hidráulicas del cauce del río principal, con una correlación directa en los hidrogramas de máximas avenidas, influye en la forma del hidrograma. La gradiente media de la cuenca nos ayuda a caracterizar su relieve del área hidrográfica (Breña y Jacobo, 2006, p. 35).

La red de drenaje está formada por el cauce principal y sus afluentes, las ramificaciones del sistema de drenaje, tienen influencia directa en la celeridad con la que el flujo abandona la cuenca (Swami Y Arthur, 1975, p. 5).

El número de orden de la cuenca fluvial determina el grado de bifurcación del sistema de drenaje; tiene influencia con el potencial erosivo de la cuenca; a mayor grado de ramificación, mayor erosión, mayor transporte de sedimentos, con una rápida velocidad de respuesta ante una lluvia o un evento extremo, con un menor tiempo de concentración (Farfán et al., 2010, p. 13).

Para determinar la clasificación del cauce una de las metodologías más conocidas y utilizadas es el sistema de Strahler, en el cual todos los cauces de la cuenca son tributarios, la clasificación del cauce principal está dada por la mayor jerarquía de

orden del arroyo principal, el cálculo se inicia desde los cauces que no tienen afluentes en la cuenca alta hacia la zona de control (Guzmán, 2021).

El parámetro densidad de drenaje tiene relación directa con la magnitud de la lluvia, las características del relieve y el nivel de degradación del suelo de una cuenca hidrográfica con relación a los componentes físicos, geodésicos, ecológico y de tipo de superficie terrestre (García et al., 2021, p. 242).

La densidad de drenaje cuantitativamente se formula con la correlación de la extensión de los cauces de flujo de la cuenca hidrográfica y la superficie. Los parámetros para determinar la densidad de drenaje son, L_t que representa el total de la longitud de los cauces tributarios (incluye el cauce principal) y A representa el área de la cuenca hidrográfica (Gonzales, 2004).

$$D_d = \frac{L_t}{A} \left(\frac{\text{km}}{\text{km}^2} \right) \quad (7)$$

La pendiente media del río tiene relación directa en la velocidad de flujo y forma de los hidrogramas de las avenidas; tiene correlación con el tiempo de concentración, nos permite conocer algunas características mecánicas, químicas y biológicas del flujo del cauce (Ramírez-Granados et al., 2021, p. 153).

El análisis pluviométrico es una parte fundamental de un estudio hidrológico, donde la precipitación es un mecanismo fundamental del ciclo hidrológico que se ha considerado como el inicio del análisis de dichas componentes. La conformación de la lluvia se genera por el cambio de la forma gaseosa a líquida del agua ubicado en las masas de aire, de tal modo que se enfría y parte de su humedad cae a la superficie terrestre (Chow et al., 1994, p. 65).

En nuestro país hay diversas estaciones hidrometeorológicas, donde la mayoría son estaciones pluviométricas, con registro de precipitaciones pluviales diarias, muchas veces de forma escasa e inconclusa. De lo expuesto, ante la falta de datos, se genera la necesidad de determinar la información faltante de precipitaciones, con el objeto de poseer una data completa, consistente y permanente; dentro de los métodos más usados tenemos el ajuste lineal, razones promedio y regresiones múltiples (Núñez, 2017).

El período de retorno es una representación, para estimar en un cierto tiempo que existe una probabilidad de ocurrencia, donde un evento extraordinario o máxima avenida se presenta con un determinado caudal o este es excedido. Es decir que una cierta tormenta que se presenta en un día para un periodo de retorno, es igual o excedida, durante el tiempo considerado (Resolución Directoral N° 20-2011-MTC/14).

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2011) define:

$$R = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^n \quad (8)$$

Para el cálculo del riesgo (R) se utiliza los parámetros, donde T expresa el periodo de retorno y n representa los periodos consecutivos.

En los estudios hidrológicos el análisis de frecuencia establece una relación entre el valor de los fenómenos máximos con la probabilidad que pueden ocurrir, prediciendo el valor de una precipitación, intensidad o caudales máximos, mediante modelos probabilísticos, a través de registros históricos para diversos períodos de retorno (Chereque, 2010, p. 159).

Estadísticamente existen un sin número de funciones de probabilidad acumuladas teóricas comúnmente utilizadas en el modelamiento hidrológico, donde las más comunes son la distribución de Gauss, distribución normal logarítmicas 2 y 3 parámetros, la distribución de probabilidad continua gamma y distribución de Gumbel (Aliaga, 1985).

La bondad de ajuste de los modelos estadísticos, son pruebas estadísticas para evaluar si la data en evaluación de una muestra aleatoria sigue con un nivel de significancia una función de probabilidad teórica seleccionada (Villon, 2011, p. 23).

Las precipitaciones que caen en la superficie de una cuenca son variables en esta, en correlación a sus factores fisiográficos, el viento, relieve y otros componentes; lo que representa un problema para identificar o conocer la lluvia en toda la cuenca, y conocer los hidrogramas producto de esta; esto conlleva a la necesidad de conocer la precipitación promedio distribuido en toda la cuenca (Íñiguez, et al., 2011, p. 58).

Los parámetros geomorfológicos que rigen la similitud entre cuencas hidrográficas en base a los fenómenos lluvia-escorrentía, son el índice de Gravelius, relación de confluencias y coeficiente orográfico, que garantizan la similitud geométrica, cinemática y dinámica, permitiendo la transferencia de información hidrometeorológica entre cuencas (Ortiz, 2015).

$$P_d = \left(\frac{H_d}{H_o}\right) \left(\frac{t_o}{t_d}\right) P_o = H_e * t_e^{-1} P_o \quad (9)$$

Donde P_o lluvia máxima en 24 horas de la cuenca origen, P_d lluvia transpuesta máxima en 24 horas en la cuenca hidrográfica destino, H_e escala de altitudes entre ambas cuencas y t_e escala de tiempo. En cuencas con la misma duración de precipitaciones la escala de tiempo corresponde a 1 (Ortiz, 2015).

La tormenta de diseño es un evento hipotético de una lluvia que nos permite analizar un modelo hidrológico, se encuentra directamente asociado con los hietogramas de eventos extremos, representando la distribución temporal de la precipitación que cae durante un evento extraordinario (Monsalve, 1999).

El tiempo de concentración, mide la respuesta de una cuenca hidrográfica ante una tormenta; constituye el tiempo acontecido que le toma en viajar a la última partícula de una lluvia desde el sitio hidráulicamente más remoto de la cuenca hidrográfica hacia la zona de control o punto de análisis; a partir del cual el flujo de escorrentía es continuo, y toda la cuenca ha contribuido con el caudal de salida; así mismo el TC está directamente relacionado con la estructura, relieve, superficie, las tipologías geológicas y el tipo de cobertura de flora de la cuenca hidrográfica (Castillo, 2021, p. 51).

Para el cálculo del tiempo de concentración se recomienda utilizar la expresión que dentro de su estructura se relacione con el mayor número de parámetros de la cuenca hidrográfica (Villon, 2011).

El hietograma de diseño se define como la variación en el tiempo de la intensidad alrededor de lo que dura una lluvia extraordinaria. Grafica la intensidad de una tormenta durante todo su tiempo de duración, muestra como suceden y evolucionan estas tormentas. Los hietogramas son parámetros esenciales y básicos para

obtener los volúmenes de agua en un evento extremo, se utilizan como información base para el modelamiento hidrológico en un modelo precipitación–escorrentía (Huamán y Rodríguez, 2019, p. 14).

En los modelos de flujo variado, se requiere de pronósticos confiables en relación a la intensidad de las tormentas para la obtención de caudales verdaderos que nos permitirán elaborar modelos hidráulicos reales (García, 2019).

El modelo del bloque alterno constituye una forma sencilla, y es uno de los métodos más usados para representar las tormentas de diseño en el tiempo, mediante el uso de expresiones matemáticas que relacionan la intensidad de una lluvia, su duración y su frecuencia. Este método está basado en los contornos de las curvas IDF; se opta por una curva intensidad – duración – frecuencia, para una probabilidad de ocurrencia de una lluvia extrema, para intervalos consiguientes de tiempo, hasta el total del tiempo de duración de la lluvia, obteniendo la intensidad y la profundidad de la lluvia, de la multiplicación de la intensidad por la duración. Se ordena las precipitaciones ubicando en el centro el valor mayor del ΔP , alternando el resto de izquierda a derecha; con el cual se obtiene un hietograma sintético base para el modelo precipitación - escorrentía (Chávez, 2018).

La precipitación total y efectiva es definida como parte de la precipitación que no es retenida en la superficie terrestre, vegetación o se infiltra en la corteza terrestre; transformándose en escorrentía o caudal producto de una tormenta, que fluye a través del área de la cuenca fluvial, hacia la zona de control o análisis (Villazón et al., 2021, p. 86).

El modelo precipitación – escorrentía, es uno de los métodos más usados en el Perú, debido a que en nuestro país generalmente no se tiene secciones de control de los cauces o de aforo, que proporcionen información del caudal de los cauces ante máximas avenidas. Al no contar con información de datos hidrométricos, se hace uso de modelos hidrológicos precipitación-escorrentía, para calcular los flujos de agua de diseño. Para determinar el modelo primeramente se debe conocer la tormenta efectiva, información base del modelo para la conversión de la precipitación en escorrentía o flujo de agua (Carvajal y Roldán, 2007).

Los modelos hidráulicos bidimensionales, son procedimientos matemáticos para modelar el flujo de un cauce, mediante el cual se predice los cambios en volumen, celeridad y estructura del flujo del cauce a lo largo del tiempo; así mismo nos permite determinar el comportamiento del flujo a lo largo de las superficies inundables. El modelo hidráulico nos permite determinar los niveles de agua y la velocidad en cualquier sección sobre el río que se está modelando, para lo cual es primordial contar con un hidrograma de un evento extraordinario (Bladé et al., 2014, p. 2).

Los modelos hidráulicos tienen una importancia fundamental en el estudio de inundaciones, por el hecho que nos permiten identificar los calados del flujo y las velocidades, predecir y evaluar los daños y perjuicios ante un evento extraordinario. El comportamiento del flujo en los cauces naturales son fenómenos muy complejos, donde generalmente tienen un comportamiento bidimensional y rige el flujo no permanente; es decir los parámetros del flujo varían en el tiempo, la celeridad y el calado del agua no es constante en el espacio; lo que está conllevando a la necesidad de utilizar modelamientos hidráulicos bidimensionales que tienen menos simplificaciones internas y requieren un número significativamente menor de suposiciones durante el proceso del modelamiento (Ramos, 2012).

Los modelos bidimensionales resuelven ecuaciones diferenciales, simulan la variación del caudal y nivel del flujo a lo largo del espacio bidimensional y el tiempo, incorpora la influencia de la perturbación y fricción superficial del flujo no permanente de un cauce en una superficie libre; representando la relación entre el flujo y el cauce (Bladé, 2005).

En el modelo bidimensional los parámetros del flujo varían en dos dimensiones en lugar que una sola dimensión. En el modelo bidimensional se desarrollan las ecuaciones diferenciales de St. Venant a través del método de volúmenes finitos, con el cual se representa el comportamiento del flujo, el mismo que tiene un compartimento bidimensional donde predomina la dimensión horizontal sobre la vertical (Álvarez, 2018).

III.- METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación:

Tipo:

La investigación se considera del tipo aplicada, ya que en los objetivos de esta se buscó resolver problemas reales, a partir de los conocimientos teóricos de la investigación básica (Nicomedes, 2018, p. 3).

Se considera una investigación del tipo aplicada, por la característica que se aplicaron los conocimientos obtenidos de las bases teóricas, y se extienden estos a nuevos conocimientos, luego de implementar la investigación (Vargas, 2009).

Según Lozada (2014), con una investigación aplicada buscamos conseguir nuevos conocimientos que nos permita resolver casos reales en la sociedad; en tal sentido en la investigación al haberse aplicado un modelo bidimensional, adquirimos un mayor conocimiento sobre estos modelos, los cuales nos ayudaron a determinar las áreas inundables de la localidad El Líbano y proponer soluciones de mitigación.

De lo expuesto se discierne que el estudio desarrollado es del tipo de investigación aplicada, teniendo en cuenta que se ha resuelto un problema real, concerniente a las inundaciones en la localidad El Líbano, proponiendo medidas de solución, a partir de los conocimientos teóricos de la investigación básica, como modelos hidrológicos e hidráulicos.

Diseño:

En la presente tesis se desarrolló una investigación con un diseño experimental puro, por el hecho que en el desarrollo de la investigación se manipuló las variables para obtener los resultados, y lograr los objetivos planteados (Kuehl, 2001).

Según las categorías del diseño de una investigación, el presente estudio se categoriza dentro de una investigación con un diseño experimental puro, por el hecho que, al manipular las variables independientes, se puede medir los efectos sobre la variable dependiente, con un control interno que nos permite verificar los

resultados obtenidos únicamente de la manipulación de la variable independiente (Creswell, 2009).

Según Bernal (2010), en un diseño experimental puro, el autor de la investigación conoce el objetivo del proyecto, donde se pretende determinar cuáles son los efectos de las variables independientes para probar la hipótesis.

Enfoque:

La investigación desarrollada tiene un enfoque cuantitativo, ya que para lograr la finalidad de la investigación se siguió una secuencia lógica de diversos procesos, desde la recolección de datos numéricos, los cuales fueron sometidos a mediciones numéricas y análisis estadísticos, que nos permitieron probar las hipótesis planteadas. La recopilación de información se inició en campo, desde la obtención de las diversas características morfológicas de la cuenca y datos de precipitación pluvial; estos datos fueron procesados mediante análisis estadísticos en los modelos hidrológicos e hidráulicos, logrando probar la hipótesis planteada a través de mediciones numéricas, las cuales nos ayudaron a determinar las áreas inundables (Ñaupas et al., 2018).

Según Sánchez (2019), señala que la investigación tiene un enfoque cuantitativo, porque medimos las características del fenómeno a estudiar, partiendo desde enunciados teóricos ya consolidados, utilizando métodos estadísticos.

Se puede concluir que la investigación es de enfoque cuantitativa, porque se analizó variables numéricas, siguiendo un orden secuencial que no puede ser alterado, obteniendo resultados mediante análisis estadísticos, los resultados son precisos, están respaldados por datos y la estadística (Baena, 2017).

3.2. Variables y Operacionalización:

Variable Cuantitativa 1

El modelamiento hidráulico bidimensional: Son procedimientos matemáticos para simular el flujo de un cauce, mediante el cual se predice los cambios en volumen, celeridad y estructura del flujo del cauce a lo largo del tiempo; así mismo

nos permite determinar el comportamiento del flujo a lo largo de las superficies inundables (García, 2019, p.41).

En el estudio se consideró esta variable, porque representa la causa eventual que nos permitió determinar las zonas inundables en la localidad el Líbano, resultados necesarios para elaborar una propuesta de mitigación.

Variable Cuantitativa 2

Las zonas Inundables: Son superficies adyacentes a las riberas de los ríos o quebradas que son cubiertas con agua por el desbordamiento del cauce para una máxima avenida, consecuencia de las precipitaciones intensas (Senamhi, 2018).

Esta variable se consideró como dependiente, porque representa la consecuencia que se obtiene del modelamiento hidráulico (Tamayo, 2010).

3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis:

Población:

Según Tamayo (2010), la población de una investigación es el total de los elementos concordantes con características análogas, en la cual se va a interferir para obtener resultados.

El grupo de objetos que tienen ciertas características susceptibles a los cuales se les va a investigar para obtener resultados o probar hipótesis, se le conoce como población de una investigación (Ventura-León, 2017).

En la presente investigación se ha considerado como la población en estudio, a toda la franja con riesgo a inundaciones del cauce de la quebrada Cristalina.

Muestra:

Se define como el subconjunto de objetos representativos de una población en estudio, las cuales serán intervenidas para realizar la investigación, serán sometidas a diversos procedimientos para poder medir y observar el comportamiento de las variables (Arias, 2012, p. 83).

En la presente investigación la muestra se ha considerado el sector de la quebrada Cristalina a lo largo de la localidad el Líbano, en una Longitud de 1.00 KM.

Muestreo:

El muestreo de la investigación es por conveniencia debido a que el investigador seleccionará las muestras según su necesidad (Baena, 2017).

Unidad de análisis:

Son los principales objetos cuyas características se van a analizar y medir durante la investigación (Lerma, 2009, p. 90).

En la investigación la unidad de análisis es el comportamiento del flujo en dos direcciones del cauce para una avenida extraordinaria (Núñez, 2017) .

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos:

Técnica:

La observación no participante es una técnica donde se recolecta datos de los fenómenos en estudio, sin tener inferencia directa en la actuación de las variables que se está investigando, obteniendo resultados más objetivos, sin que el investigador altere algún resultado para su beneficio (Yuni y Ariel, 2014).

Ynoub (2015), señala que el investigador es un ser pasivo, recolectando datos de forma distante del fenómeno, sin tener injerencia alguna en el desarrollo de lo que se está investigando.

La técnica de recopilación de información de la investigación, corresponde a la observación no participante, por el hecho que en la investigación se ejecutaron modelamientos hidrológicos e hidráulicos, donde se observó el comportamiento del flujo del cauce para un evento extraordinario, sin que el investigador pueda intervenir en su comportamiento natural, y modifique dicho fenómeno (Hernández et al., 2014).

Instrumento:

Las fichas de observación son instrumentos para la recolección de datos de los fenómenos estudiados. En estas fichas se recaba la información que se va obteniendo durante el proceso de la investigación (Cardenas, 2013).

Estas constituyen instrumentos que permiten obtener información del objeto de la investigación, dichos instrumentos se pueden utilizar para una investigación cualitativa o cuantitativa. Los instrumentos utilizados en el presente estudio son las fichas de observación, mediante las cuales se recolectó datos del estado actual del cauce, parámetros hidráulicos necesarios para el modelo, así como el uso de softwares para el procesamiento de los modelos hidrológicos e hidráulicos (Arias, 2020).

3.5. Procedimientos:

Paso 1: Se solicitó mediante documentos, información pluviométrica al Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú, datos de precipitaciones máximas en 24 horas. Desde el Instituto Geográfico Nacional, se descargó las cartas nacionales en las cuales se encuentra la cuenca en estudio.

Paso 2: Con las Cartas nacionales en formato shp, utilizando softwares SIG, con el ArcGis 10, se delimitó la cuenca hidrográfica; con ayuda del Microsoft Excel se obtuvo los parámetros geomorfológicos de la cuenca hidrográfica, con los cuales caracterizamos la cuenca, dichos parámetros nos ayudaron a tener una idea del comportamiento de los hidrogramas.

Paso 3: Con la información de precipitaciones máximas en 24 horas, con una data de 27 años, se realizó el análisis de datos dudosos o análisis de Outlier. Para poder calcular la precipitación media en la cuenca Líbano, se determinó la similitud hidráulica entre la cuenca Shiquite y Líbano, determinando los parámetros geomorfológicos como el índice de Gravelius, relación confluencias y coeficiente orográfico. Con los modelos probabilísticos de distribución se determinó la precipitación de diseño. Con la tormenta de diseño, mediante un modelo precipitación escorrentía, utilizando el software HEC-HMS se determinó el caudal

máximo o caudal de diseño, mediante el método del hidrograma unitario sintético triangular del SCS, y el método de pérdida del SCS para abstracciones, para periodos de retorno de 100, 200 y 500 años.

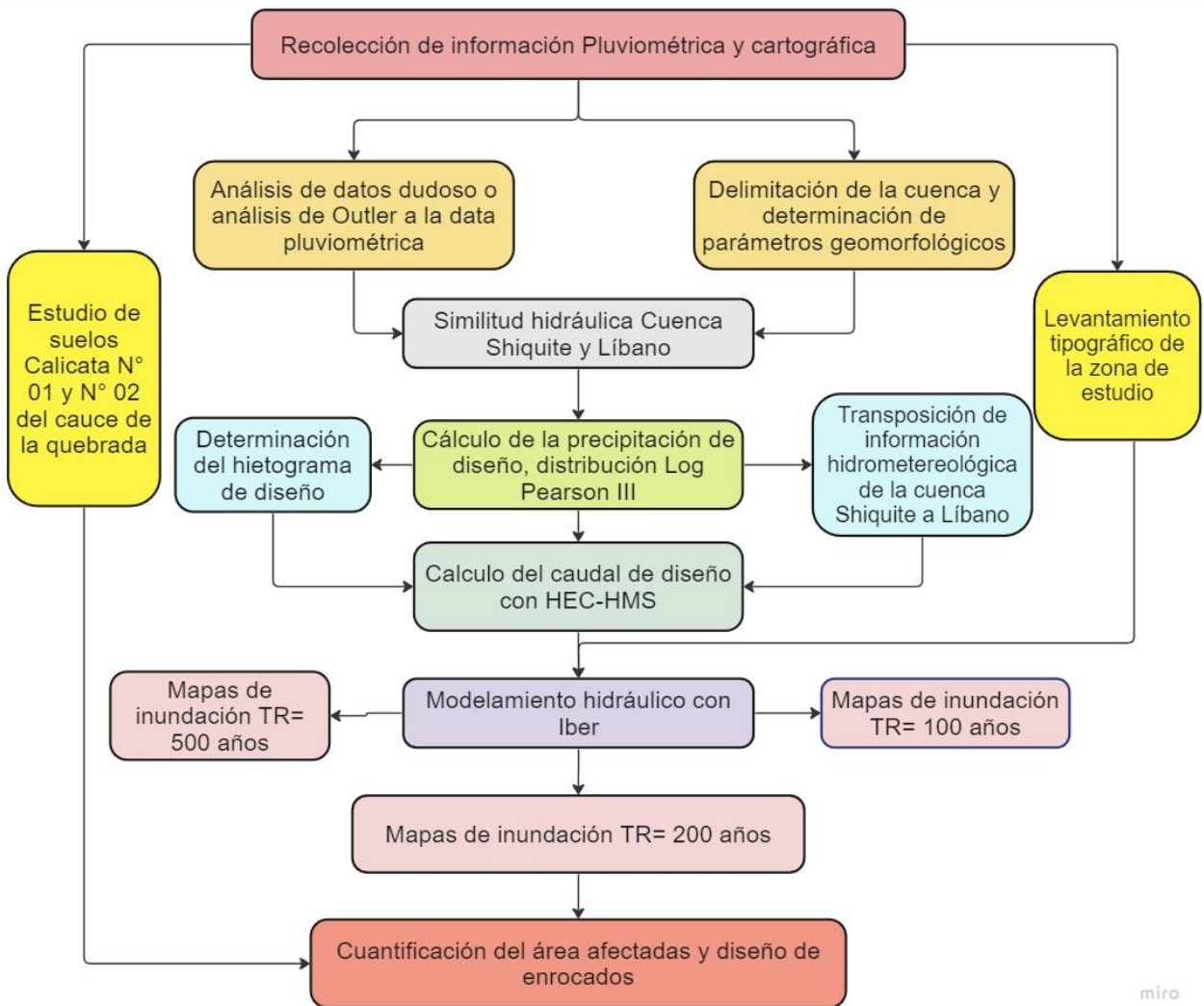
Paso 4: Se realizó un levantamiento topográfico de la zona de estudio, donde se abarco la localidad el Líbano, y el cauce de la quebrada Cristalina en una longitud de 1.00 km, con 0.50 km aguas arriba de la zona de entrada a la localidad y 0.50 km aguas abajo, obteniendo planos de la localidad el Líbano con curvas de nivel con equidistancia de 1.00 m.

Paso 5: Con la información geométrica del cauce, se ejecutó el modelamiento hidráulico bidimensional, utilizando el software IBER, con el cual se modelo el flujo en dos dimensiones. Con la información obtenida del modelo hidráulico, se elabora mapas de inundaciones, donde se identifica las áreas, la infraestructura pública, infraestructura vial y las áreas agrícolas que son afectadas por el desbordamiento del río.

Paso 6: Una vez cuantificado los perjuicios por las inundaciones, se diseña la propuesta de mitigación, para el cual se realiza estudios de suelos para obtener los parámetros necesarios para el diseño de los enrocados.

Figura 2

Mapa de procedimientos del modelo hidrológico e hidráulico



Nota: La figura presenta el mapa de todos los procedimientos que se siguieron para la elaboración del modelo hidrológico e hidráulico, desde la recolección de datos hasta el diseño de los enrocados

3.6. Método de análisis de datos:

Son un numero de técnicas mediante las cuales el investigador, a la data no organizada, se encarga de organizar y modelar los datos, orientándola a desarrollar la investigación (Denman y Haro, 2000, p. 253).

La técnica de análisis de datos, es una práctica de manipular la información con el objeto de adquirir información valiosa, utilizando diversas técnicas, dentro de las cuales pueden ser técnicas cuantitativas y cualitativas; en el método cuantitativo

los datos se expresan de forma numérica y pueden simbolizarse a través de tablas o gráficos (Peersman, 2014, p. 1).

Se puede definir la técnica de análisis de información como el procedimiento de definir la trascendencia de los datos, estructurar y representar estos a través de esquematizaciones gráficas y tablas, mediante métodos estadísticos y lógicos (Denzin y Lincoln, 2015).

En concordancia con los objetivos planteados en la investigación, el método de análisis propuesto corresponde a un modelamiento hidrológico precipitación – escorrentía, de donde se obtuvieron los hidrogramas de diseño.

Para el modelamiento hidrológico, como primer paso, se realizó una visita y recorrido del cauce a lo largo de la franja de influencia de la localidad El Líbano, realizando un estudio topográfico detallado del cauce y de las zonas pobladas, información básica para ejecutar el modelamiento hidráulico; el levantamiento topográfico fue realizado con una estación total. La información topográfica fue procesada con el software de diseño Civil 3D, determinando planos representativos del cauce con equidistancia entre curvas de nivel de 1.00 m.

Con las cartas cartográficas nacionales de la cuenca en análisis, obtenidas del Instituto Geográfico Nacional, utilizando herramientas SIG como el ArcGIS, se definió y delimitó la cuenca de influencia en el cauce de la quebrada Cristalina. Con ayuda del Microsoft Excel se determinó las propiedades geomorfológicas de la cuenca hidrográfica, información base e importante que nos brindó un alcance sobre el comportamiento de la cuenca ante una máxima avenida extraordinaria.

Con la recopilación de datos pluviométricos de las estaciones cercanas a la zona de estudio actualizada obtenida de Senamhi, lluvias máximas diarias, se realizó un análisis de datos dudosos de la data pluviométrica, para verificar si los datos son confiables y consistentes. Estos cálculos se realizaron con ayuda del Microsoft Excel. Con el objeto de poder determinar la precipitación media en la cuenca Líbano, se determinó la similitud hidráulica entre la cuenca Shiquite y Líbano, determinando los parámetros geomorfológicos como el índice de Gravelius, relación confluencias y coeficiente orográfico.

Para calcular la lluvia máxima de diseño a utilizar en el modelo lluvia-escorrentía, se utilizó el modelo probabilístico análisis de frecuencia, utilizando el software HidroEsta 2, se determinó a que función estadística de distribución se ajustan la data de lluvias máximas diarias, con la cual se obtuvo la precipitación máxima para un evento extremo para diferentes probabilidades de ocurrencia.

Con la información señalada en el párrafo precedente, se aplicó un coeficiente de corrección por intervalo de observación. Seguidamente, se transpuso la información hidrometeorológica de la cuenca Shiquite a la Cuenca Líbano, llevando la precipitación máxima de diseño para cada periodo de retorno; para determinar la correlación que se adecúe entre la estación y el área de análisis, se utilizó métodos estadísticos de correlación con la ayuda de Microsoft Excel.

Con el software HEC-HMS, se determinó los hidrogramas de eventos extremos, mediante el método del hidrograma unitario sintético triangular del SCS, y el método de pérdida del SCS para abstracciones, para periodos de retorno de 100, 200 y 500 años.

Para el modelamiento hidráulico bidimensional, con los hidrogramas obtenidos con el modelo precipitación escorrentía, se procedió a realizar la simulación hidráulica bidimensional, para el cual se utilizó el software Iber; con la forma geométrica del cauce de la quebrada y las propiedades físicas de las franjas inundables en ambos márgenes del cauce, se procedió a iniciar la elaboración de la simulación hidráulica en dos dimensiones en un régimen de flujo variable. Durante el modelamiento se tuvo que simular en reiteradas iteraciones para lograr determinar los criterios más acertados que establezcan el modelo, y la simulación nos arroje datos del comportamiento real del flujo del cauce.

Con el modelo hidráulico estable, se realizó la simulación para diversos estimativos de probabilidad de ocurrencia, 100, 200 y 500 años, con dichas simulaciones se elaboraron mapas de las zonas inundables con simulaciones de estos periodos, donde se puede evidenciar las viviendas, las vías afectadas e infraestructura pública afectadas.

Con los mapas de inundaciones, se cuantificó los perjuicios materiales de todas las áreas afectadas, por las inundaciones ante una máxima avenida.

De los mapas de inundación y la cuantificación del perjuicio de los fenómenos meteorológicos, se elaboró propuestas de mitigación, proponiendo medidas estructurales de defensas ribereñas. De la visita a campo, se ha visualizado el cauce de la quebrada Cristalina, de lo cual se determinó que la propuesta de mitigación corresponde a enrocado, por la gran cantidad de roca presente en el cauce, lo cual reduciría los costos de ejecución ante otra solución técnica.

3.7. Aspectos éticos:

La tesis se realizó respetando la serie de normas que regulan las buenas prácticas y los lineamientos éticos profesionales, con la integridad y compromiso, respetando el derecho intelectual de los autores de toda la bibliografía que fue parte de la presente investigación. Para la investigación, se ha aplicado y cumplido con los objetivos del Código De Ética de la casa de estudios, por lo que la investigación se encuentra dentro de los lineamientos científicos, desarrollando una investigación cuantitativa con un diseño experimental puro (Resolución de Consejo Universitario N° 0126-2017/UCV, 2017).

Para la recolección de información de la investigación, se ha requerido la participación de terceros, a los cuales se ha dado un trato idéntico sin distinción alguna, teniendo presente siempre la honestidad durante el desarrollo de la investigación, sin intervenir o alterar ningún resultado, con el objeto que estos puedan ser corroborados, respetando siempre el derecho intelectual de los autores.

Por otro lado, debemos señalar que la investigación ha seguido los lineamientos del método científico, con una investigación aplicada y un diseño experimental puro, obteniendo resultados confiables y reales, los cuales tienen un estricto proceso de interpretación de datos, dejando evidencia del desarrollo de una investigación científica; así mismo antes de publicar e interpretar los resultados, se ha ejecutado una revisión minuciosa de los mismos, con el objeto de verificar que estos datos logren representar en la forma más real al fenómeno estudiado. Para lograr seguir los lineamientos del método científico, el investigador se ha preparado

adecuadamente con la revisión de diversa literatura, se ha actualizado profesionalmente y científicamente, cumpliendo con las exigencias éticas, legales y de seguridad, siguiendo estrictamente los requisitos y condiciones para un proyecto de investigación.

Al finalizar la investigación, se dará libre consentimiento para que se difunda los resultados obtenidos. Así al finalizar el investigador cumplirá con desarrollar un artículo, el cual cumplirá con las normas internacionales y la política de la editorial, comprometiéndose a mantenerse actualizado profesionalmente para lograr adecuarse a los estándares de las normativas de las publicaciones vigentes.

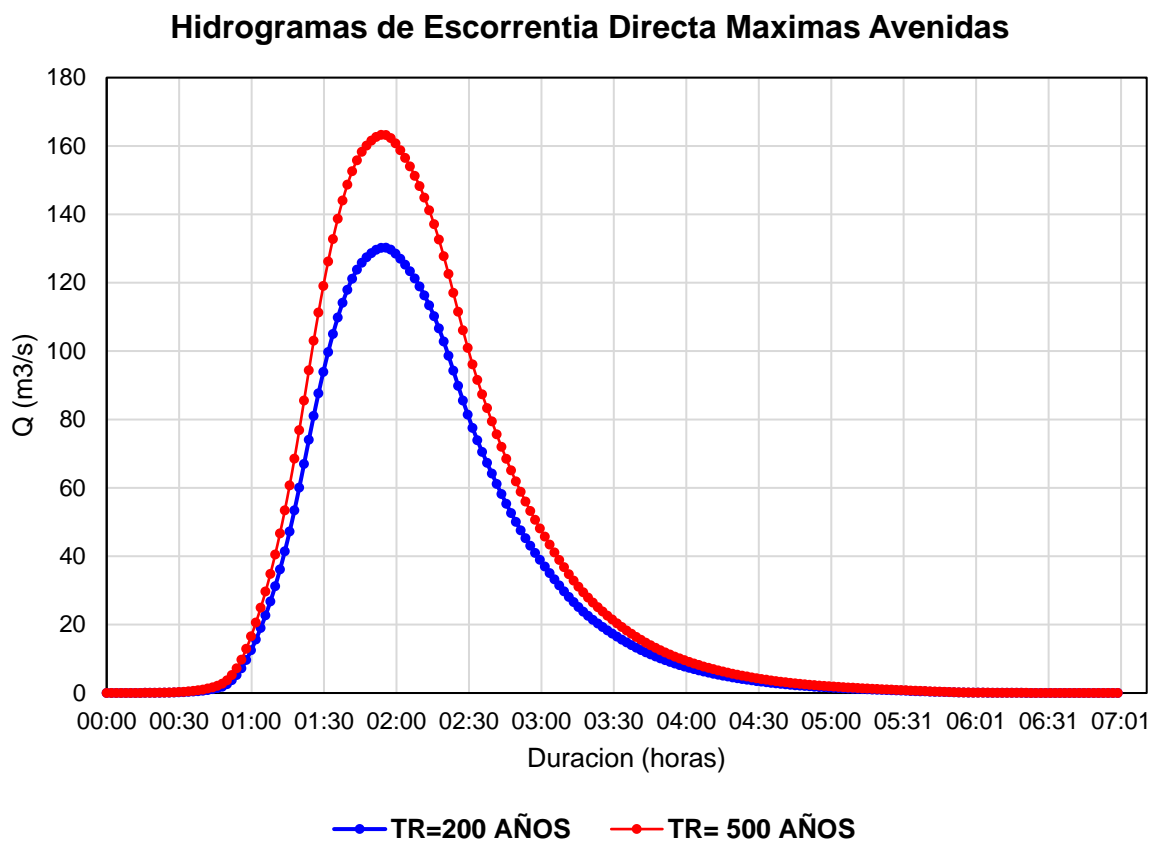
En la investigación, se ha evitado cometer plagio, realizando un parafraseo de los párrafos, cuales fueron citados y referenciados según la norma APA séptima edición. Todos los estudios realizados en la presente investigación fue autoría del suscrito, dando veracidad a la investigación señalada, lo cual se evidencia en el porcentaje de antiplagio obtenido en el programa de evaluación de trabajos de plagio de investigación - Turnitin; así mismo se debe concluir que el investigador queda bajo juramento a asumir la responsabilidad ante cualquier infracción al Código de Conducta de la Universidad Cesar vallejos.

IV.- RESULTADOS

El modelamiento hidrológico e hidráulico bidimensional nos permitió determinar las zonas inundables de la quebrada Cristalina en la localidad El Líbano, Amazonas.

Figura 3

Hidrogramas de escorrentía directa máximas avenidas

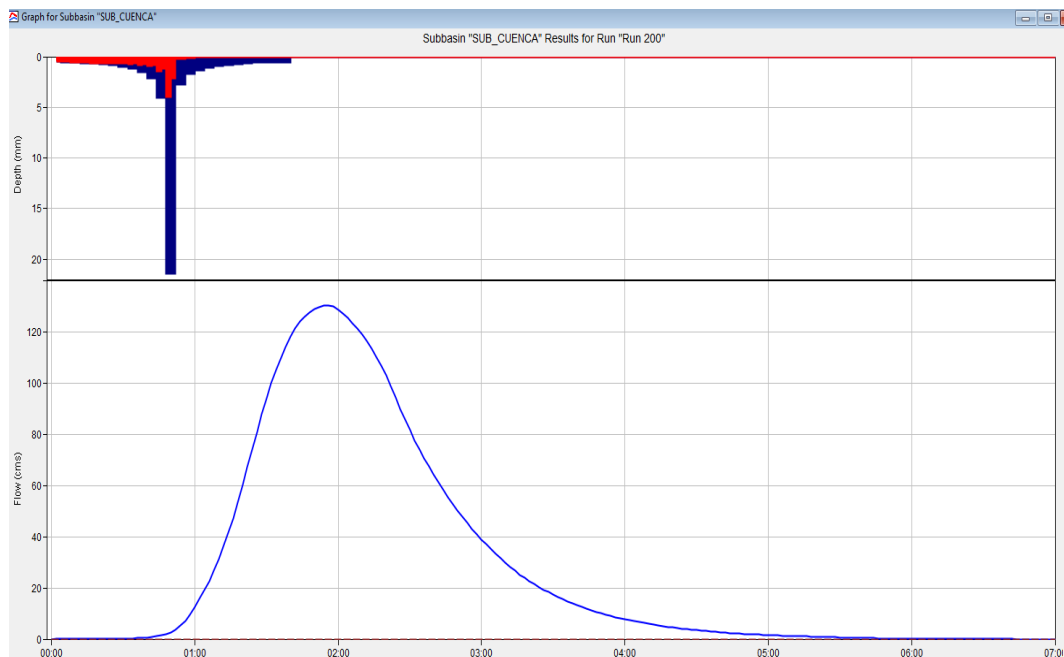


Nota: El grafico muestra los hidrogramas de las máximas avenidas de la quebrada Cristalina para periodos de retorno de 200 y 500 años.

En la Figura 3, se muestra los hidrogramas para una avenida máxima obtenidos de un modelo precipitación – escorrentía de la quebrada Cristalina en la localidad El Líbano, con un caudal máximo de 130.26 m³/s y 163.25 m³/s, para un periodo de retorno de 200 y 500 años, con un tiempo de simulación de 7 horas, para un flujo de caudal de cada 2 minutos.

Figura 4

Modelo Precipitación – escorrentía



Nota: La figura muestra el proceso del modelo precipitación – escorrentía, para la obtención de hidrogramas de máximas avenidas para un tiempo de retorno de 200 años.

La figura 4, muestra el proceso del modelo precipitación - escorrentía en el software HEC-HMS. Con los hietogramas de las tormentas de diseño se obtienen los hidrogramas de máximas avenidas para diversos periodos de retorno. Se modeló los hidrogramas para un tiempo de 7 horas, con una salida de flujo cada 2 minutos; con una lluvia de duración de 100 minutos.

La figura 5, 6 y 7, muestra los mapas de inundaciones para una lluvia extrema. La identificación de las áreas inundables se realizó a través de un modelamiento hidráulico bidimensional para un flujo variado no permanente, con los hidrogramas obtenidos del modelo precipitación – escorrentía para un TR= 100, 200 y 500 años respectivamente. En los mapas se evidencia que para un periodo de retorno de 100 años solo se afecta las riberas cercanas a la quebrada, sin embargo, para un periodo de retorno de 200 y 500 años, se afecta la localidad del Líbano y toda la institución educativa, infraestructura vial y gran cantidad de las viviendas de la localidad.

Figura 5

Zonas inundables de una avenida máxima en la localidad El Líbano para un periodo de retorno de 100 años

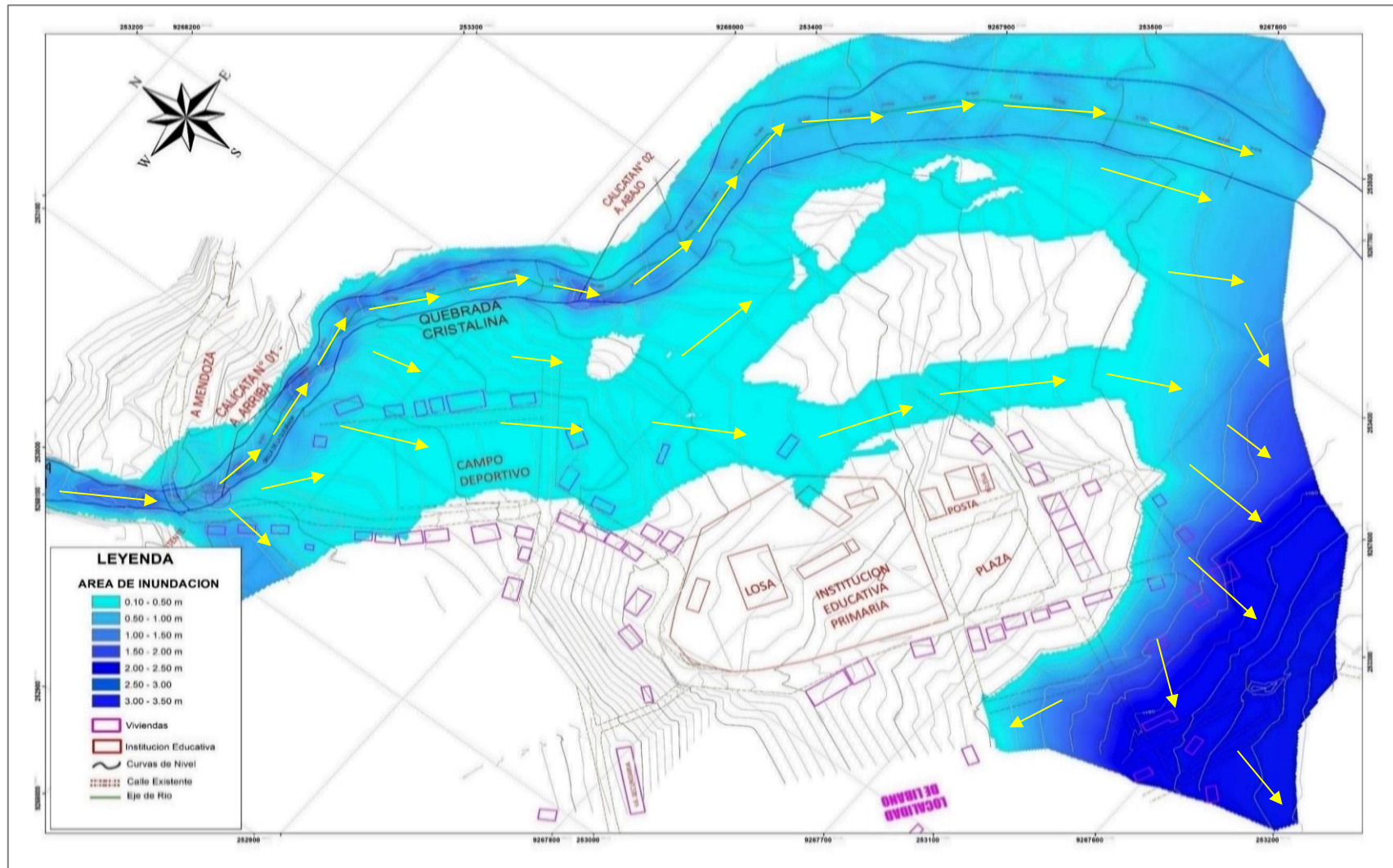


Figura 6

Zonas inundables de una avenida máxima en la localidad El Líbano para TR= de 200 años.

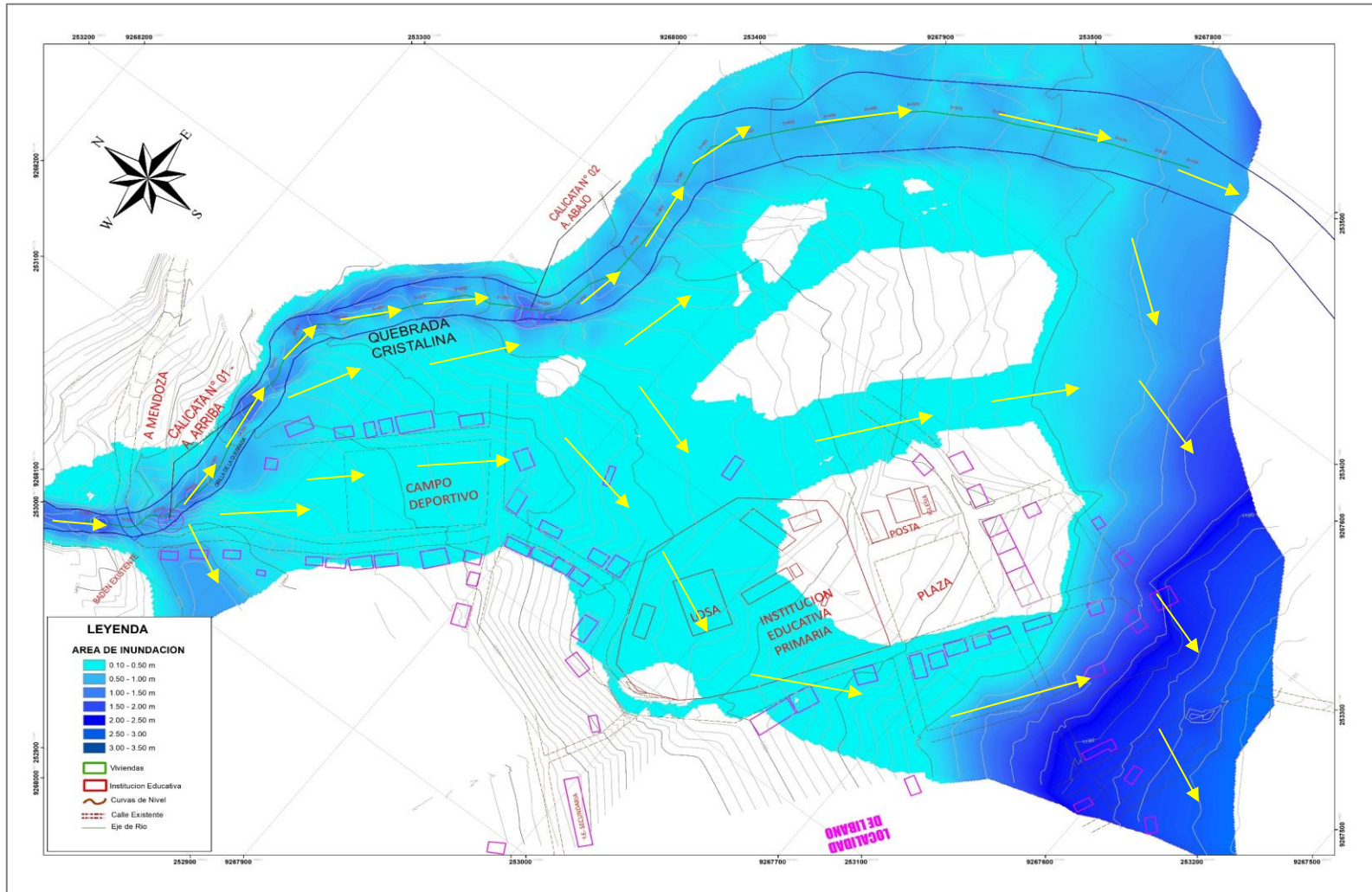


Figura 7

Zonas de inundables de una avenida máxima en la localidad El Líbano para TR= 500 años.

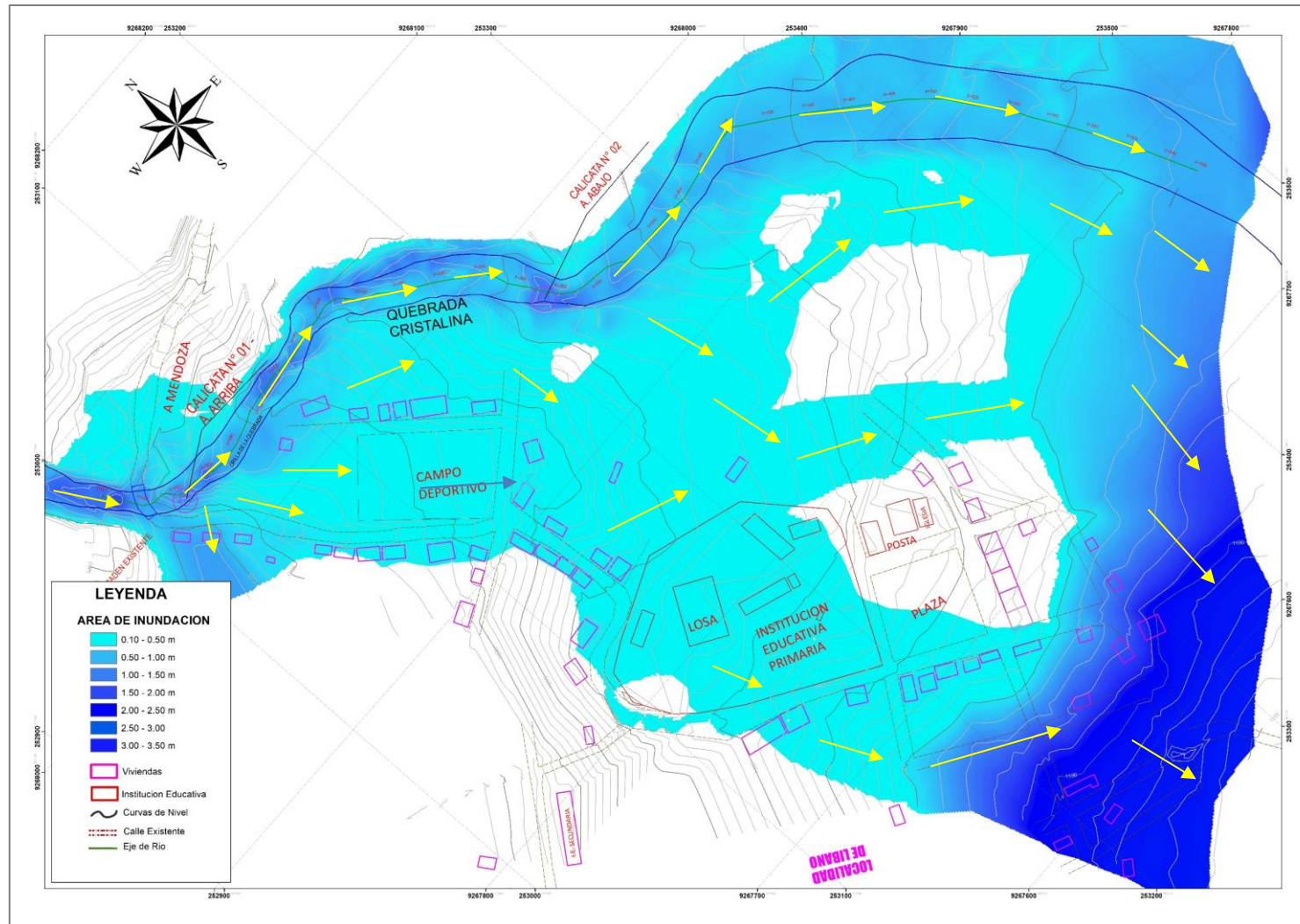
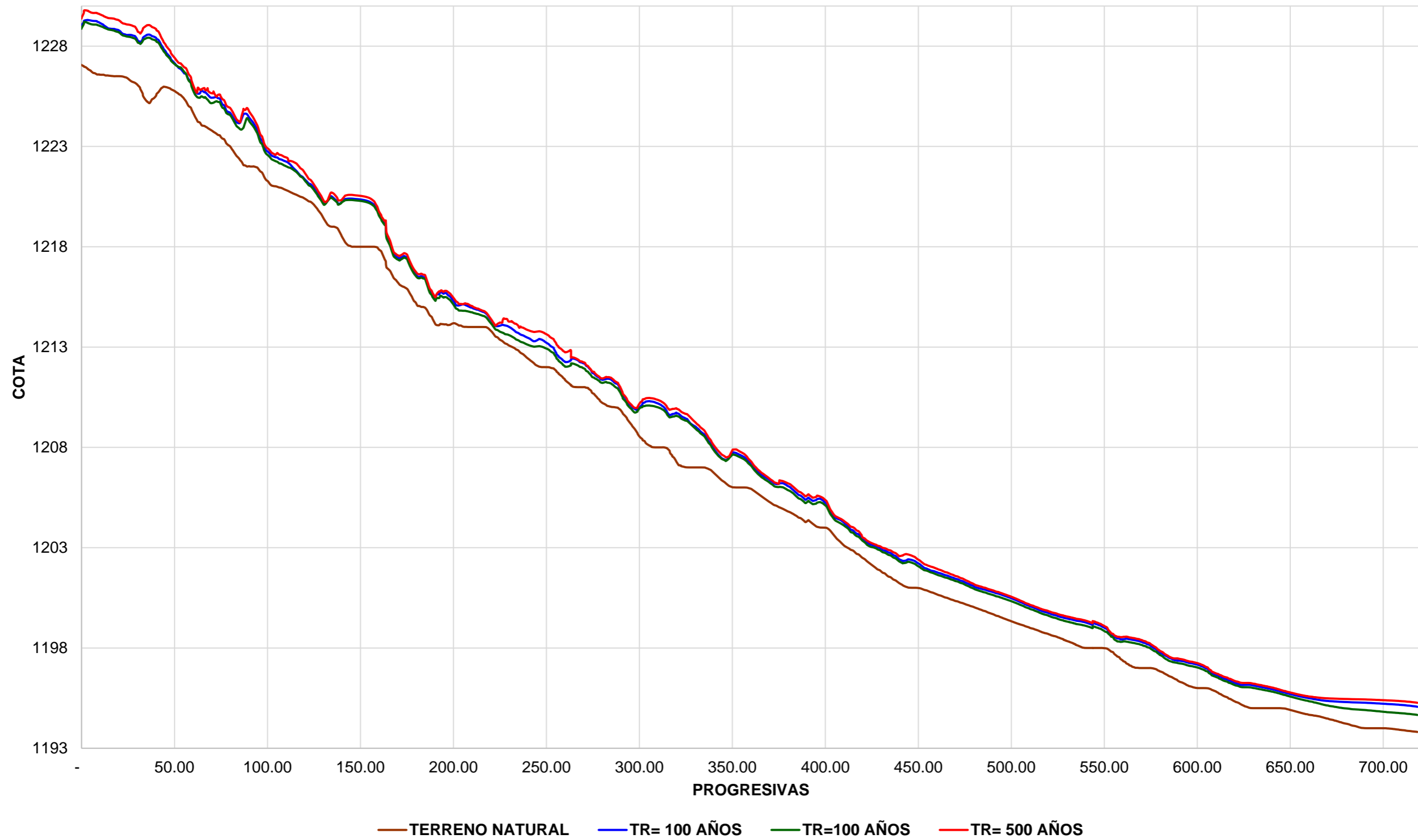


Figura 8

Tirantes máximos para avenidas extremas



Nota: El grafico muestra los tirantes del flujo de agua para el modelamiento hidráulico de máximas avenidas para periodos de retorno de 100 años, 200 y 500 años

La figura 8, muestra los calados máximos obtenidos del modelamiento hidráulico de una avenida máxima para periodos de retorno de 100, 200 y 500 años, mostrando que aguas arriba los tirantes son mayores a los de aguas abajo, guardando correlación con el cauce, puesto que aguas arriba la pendiente del cauce es menor a la pendiente aguas abajo.

Figura 9

Desbordamiento del cauce de la quebrada Cristalina



Nota: Las fotos muestran el desbordamiento de la quebrada Cristalina en el año 2018, afectación del centro educativo y campo deportivo.

La figura 9, muestra el desbordamiento del flujo de la quebrada Cristalina en el año 2018, donde afectó gran parte de las viviendas familiares, la infraestructura pública como centro educativo, la vía, campo deportivo, sistema de agua y alcantarillado. En la figura señalada se muestra que el flujo del agua afectó el campo deportivo cubriéndolo en su totalidad con lodo, dejándolo inservible; así mismo se evidencia que el flujo afectó al centro educativo y la infraestructura vial; deteriorando la capa de afirmado, generando que la vía sea intransitable, y la localidad El Líbano se quede incomunicada.

Tabla 3*Zonas inundables localidad El Líbano, infraestructura afectada.*

Zona en riesgo de inundación	Nº Elementos afectados	Áreas afectadas TR= 100 años	Áreas afectadas TR= 200 años	Áreas afectadas TR= 500 años
Área inundable		8.59 ha	10.77 ha	11.64 ha
Área inundable por calados	0 a 0.50 m	4.60	5.970 ha	6.53
	0.50 a 1.00 m	1.23	1.40 ha	1.46
	1.00 a 1.50 m	0.81	0.92 ha	1.06
	1.50 a 2.00 m	0.50	0.46 ha	0.88
	2.00 a 2.50 m	0.44	0.26 ha	0.55
	2.50 a 3.00 m	0.45	0.17 ha	0.45
	3.00 a 3.50 m	0.56	1.60 ha	0.73
Viviendas		29 1,500.38 m2	49 2,936.96 m2	50 3,031.37 m2
Vías accesos		995.64 m	1,828.651 m	2,021.53 m
Campo deportivo		2, 914.06 m2	2, 914.06 m2	2, 914.06 m2
Plaza de armas		-	-	2,033.27 m2
Áreas agrícolas		3.83 ha	4.36 ha	6.78 ha
Institución educativa	Área IE	-	9,880.16 m2	9,880.16 m2
	Infraestructura	222.61 m2	531.86 m2	644.33 m2
	Losa deportiva	-	599.15 m2	599.15 m2
Red de alcantarillado	1.00	1.00	1.00	1.00

Nota: La tabla detalla la cuantificación de las áreas afectadas por el desbordamiento de la quebrada, las viviendas e infraestructura pública comprometida.

La tabla 3, muestra la infraestructura civil y pública afectada, a consecuencia del desbordamiento de la quebrada Cristalina ante un evento extremo, observándose que la margen derecha es la más afectada, afectando en su totalidad la infraestructura vial.

El modelamiento hidrológico precipitación - escorrentía, nos permitió diseñar los hidrogramas de las máximas avenidas de la quebrada Cristalina, El Líbano, Amazonas.

Tabla 4

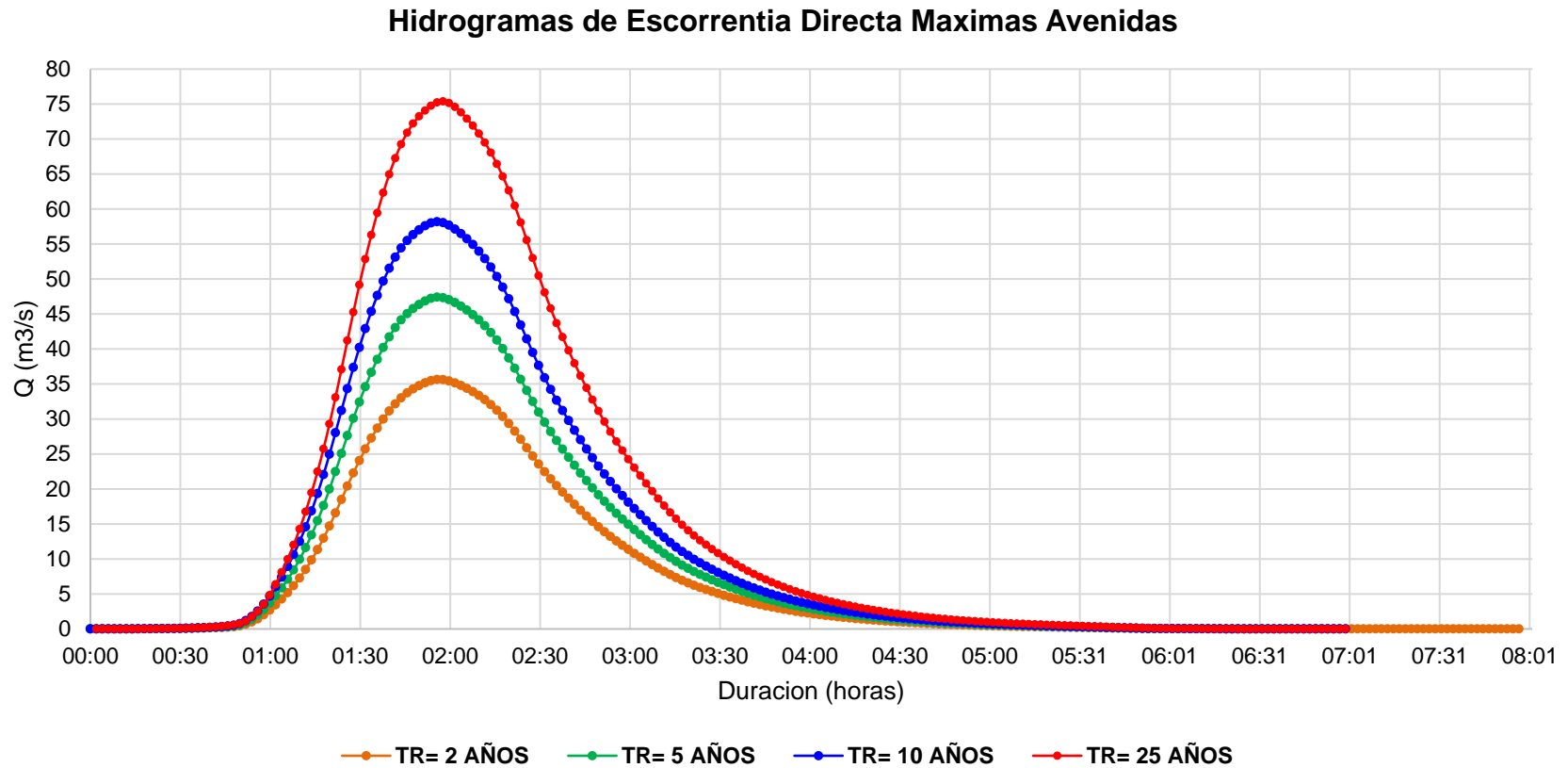
Caudales máximos para eventos extremos cuenca Líbano

<i>Tiempo de Retorno</i>	<i>Caudal máximas avenidas</i>
<i>AÑOS</i>	<i>m³/S</i>
2	35.64
5	47.40
10	58.18
25	75.37
50	90.97
100	109.13
200	130.26
500	163.25

Según la tabla 4, figuras 10 y 11, se muestra los caudales máximos para eventos de lluvias extremas para diversos periodos de retorno. En las figuras 10 y 11 se muestra los hidrogramas de las máximas avenidas de la quebrada Cristalina, el cual se obtuvo con un modelo precipitación – escorrentía utilizando el software HEC-HMS, a través del método del hidrograma unitario sintético triangular del SCS, y el método de pérdida del SCS para abstracciones, procedimientos establecidos en el Manual De Hidrología y Drenaje del MTC. Los hidrogramas muestran que el tiempo pico o tiempo del caudal máximo, se da a 1.82 horas, el cual guarda relación con el tamaño de la cuenca. De igual modo se evidencia que la duración del hidrograma corresponde a 5 horas, después de ese tiempo el flujo es 0; para el modelamiento hidrológico no se ha considerado el flujo base, puesto que este no tiene influencia en el hidrograma para la máxima avenida, al ser un flujo con un caudal mínimo.

Figura 10

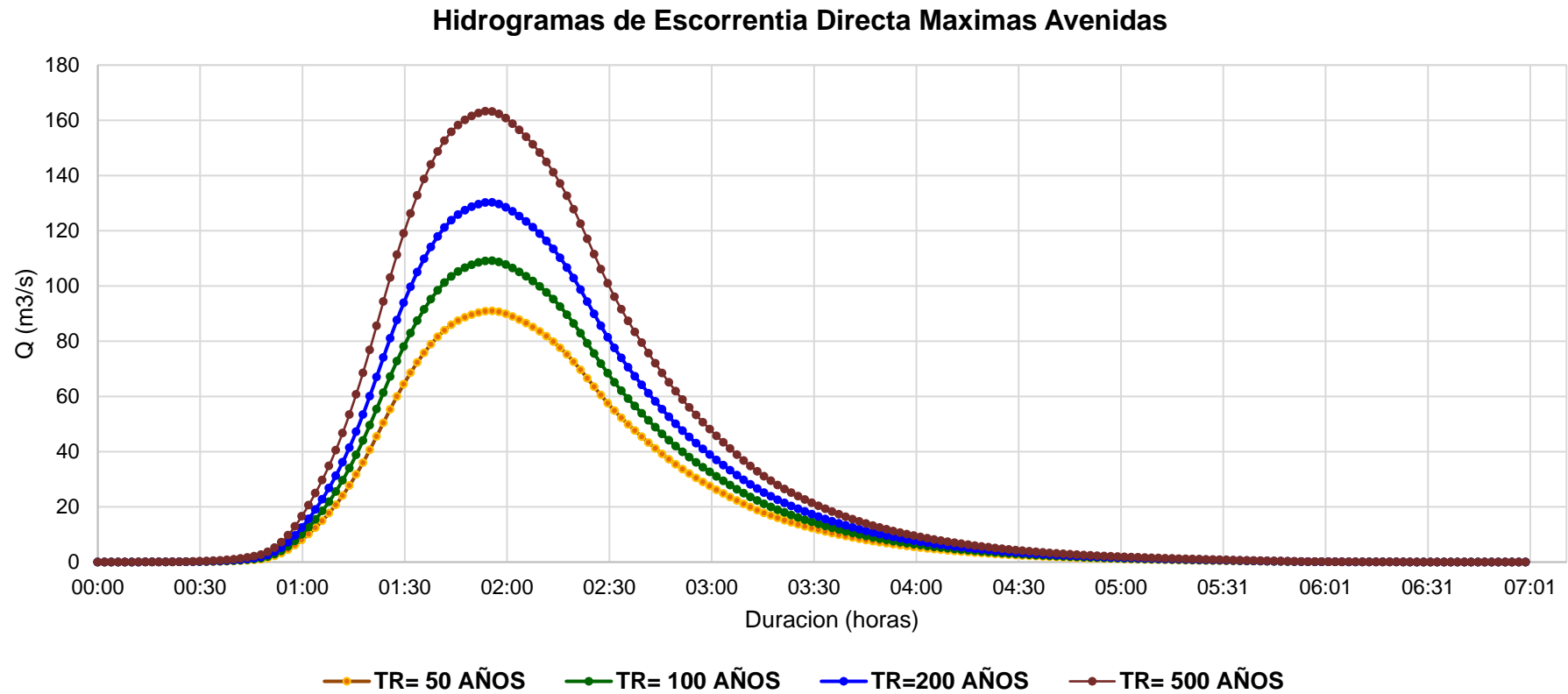
Hidrogramas de escorrentía directa máximas avenidas de TR= 2 a 25



Nota: El grafico muestra los hidrogramas de las máximas avenidas de la quebrada Cristalina para periodos de retorno de 2, 5, 10 y 25 años.

Figura 11

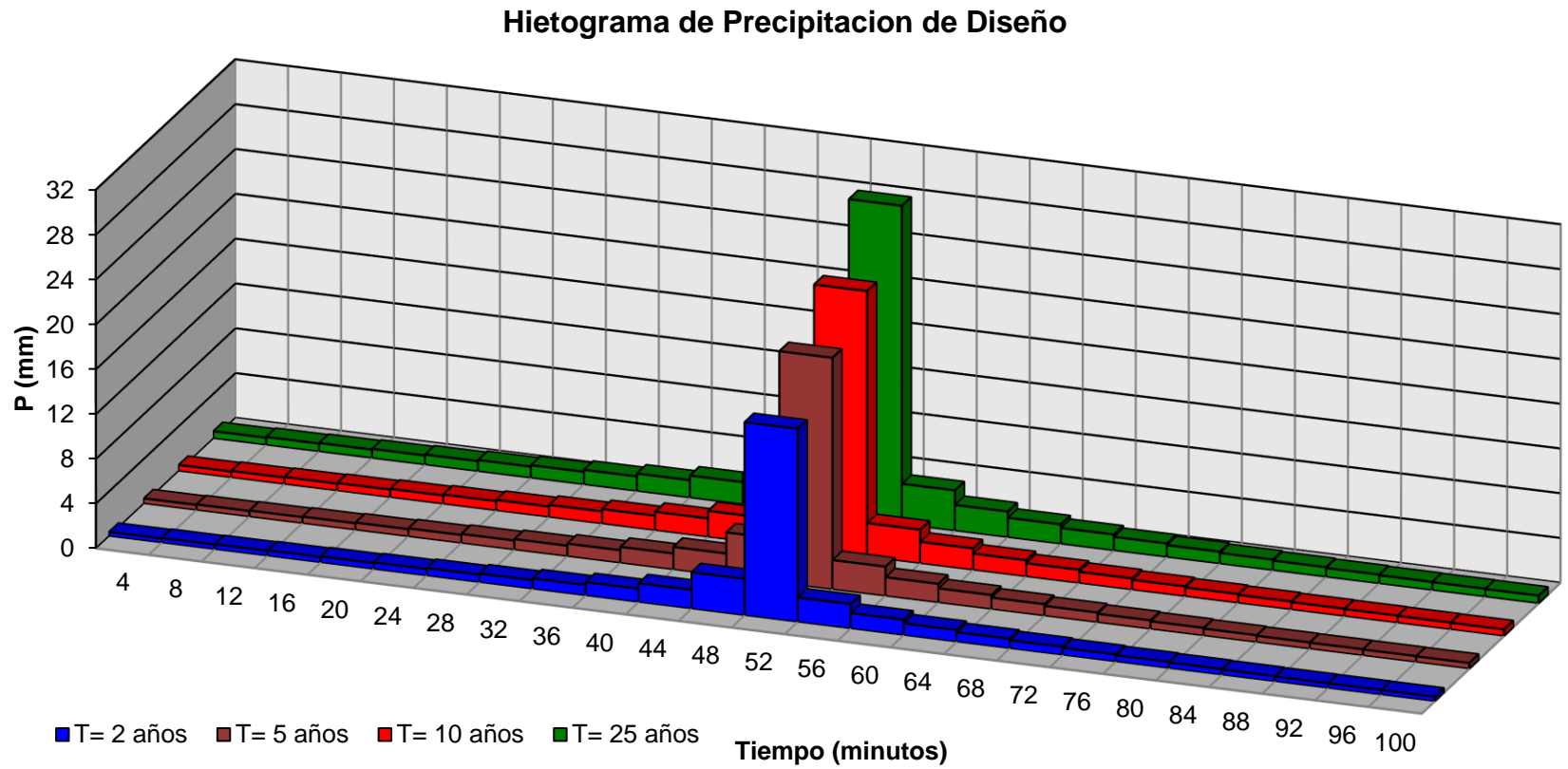
Hidrogramas de escorrentía directa máximas avenidas de TR= 50 a 500



Nota: El gráfico muestra los hidrogramas de las máximas avenidas de la quebrada Cristalina para periodos de retorno de 50, 100, 200 y 500 años.

Figura 12

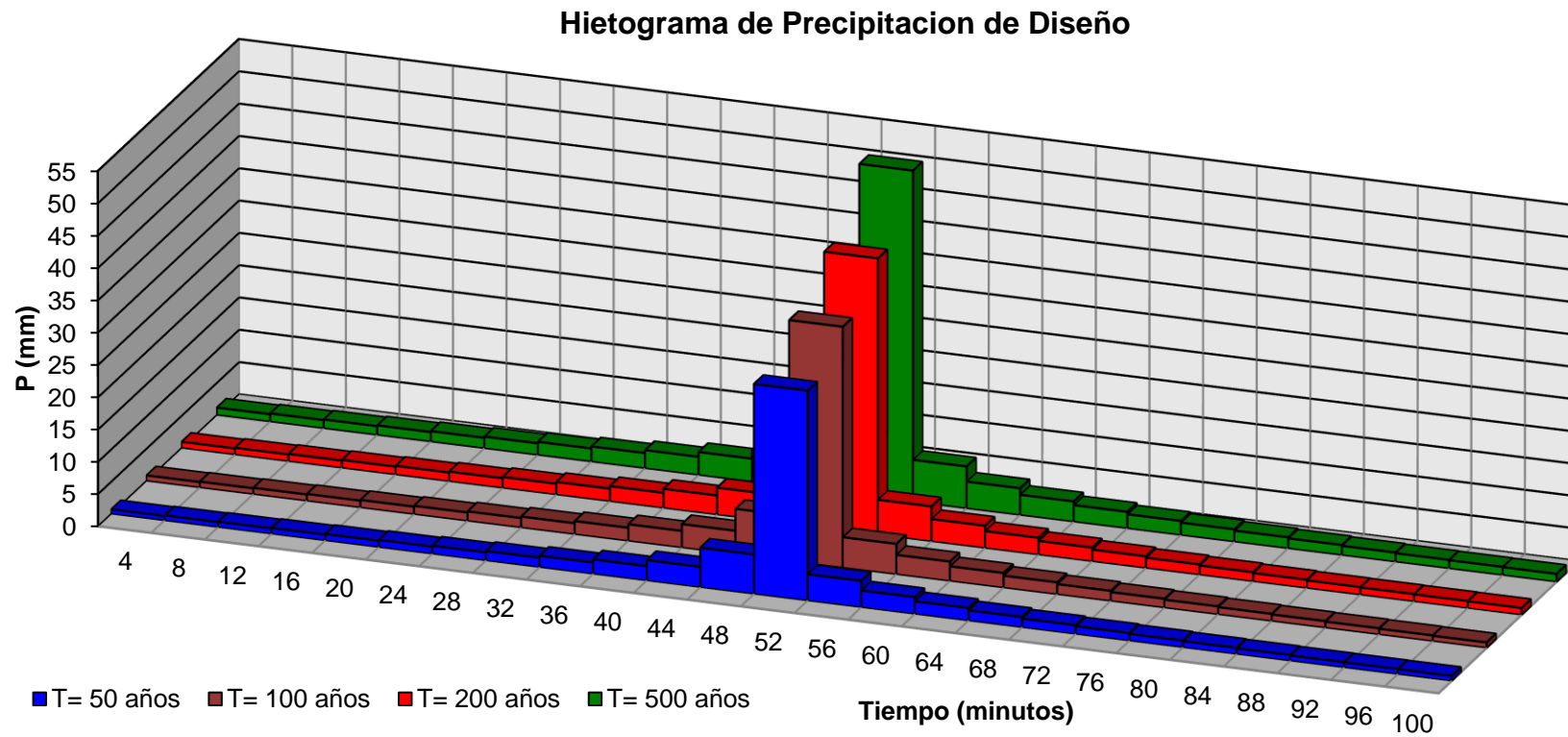
Hietograma de precipitación de diseño para TR= 2 a 25 años



Nota: El grafico representa los hietogramas de precipitación máximas de la cuenca Líbano para periodos de retorno de 2 a 25 años.

Figura 13

Hietograma de precipitación de diseño para TR= 50 a 500 años



Nota: El grafico representa los hietogramas de precipitación máximas de la cuenca Líbano para periodos de retorno de 50, 100, 200 y 500 años.

En la figura 12 y 13 se muestra los hietogramas obtenidos de las curvas IDF, a través del Modelo de Dick Peschke, el cual relaciona las lluvias máximas diarias con la duración. Aplicando el método de los bloques alternos, se obtuvo los hietogramas de las tormentas, con una duración de lluvia de 100 minutos; la duración de la lluvia corresponde al tiempo de concentración por ser una cuenca pequeña.

Tabla 5

Parámetros geomorfológicos de forma de la cuenca hidrográfica Líbano

Parámetro de forma de la cuenca	
Área de una cuenca(A):	9.72 Km ²
Perímetro de la cuenca (P):	14.58 Km
Longitud del cauce principal (L):	5.59 Km
Ancho de cuenca (Ap):	1.74 KM
Índice de compacidad (coeficiente de Gravelius):	1.31
Factor de forma de una cuenca:	0.31
Relación de elongación (R):	0.63
Centroide de la cuenca:	
Coordenada este:	250,447.00
Coordenada norte:	9,269,940.00

Tabla 6

Parámetros geomorfológicos de relieve de la cuenca hidrográfica Líbano

Parámetros de relieve		
Elevación media:		1807.81 msnm
Rectángulo equivalente:		
	Lm:	5.54 KM
	l:	1.76 KM
Índice de pendiente:		0.460
Pendiente media de la cuenca:		20.10%
Coeficiente orográfico (C ₀)		0.34
Coeficiente de Fournier o coeficiente de masividad		186

Tabla 7

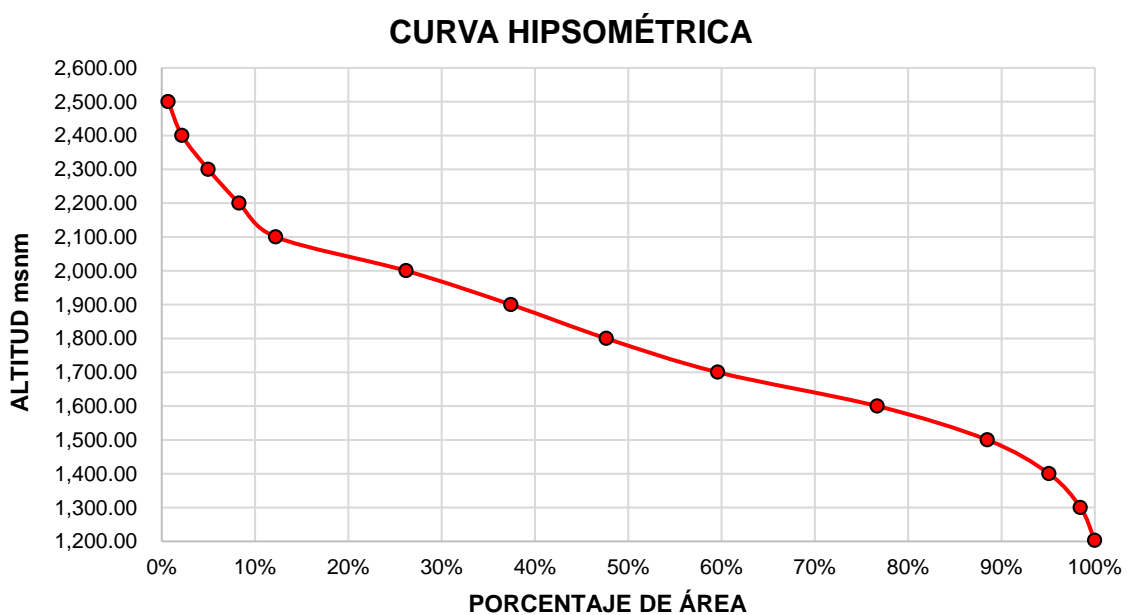
Parámetros morfométricos de la red hídrica de la cuenca Líbano

Parámetros relativos a la red hidrográfica	
Numero de orden de un cauce:	3
Densidad de drenaje:	1.29
Pendiente media del cauce principal:	10.86%

Los parámetros geomorfológicos de la cuenca Líbano se describen en la tabla 05, 06 y 07, esto nos permite conocer a detalle las características propias de la cuenca hidrográfica en su estructura y características físicas, así mismo nos proporcionó información del comportamiento de esta ante una lluvia extrema, evidenciándonos como se comportará ante este fenómeno, y nos proporciona información de la forma del hidrograma ante una avenida máxima.

Figura 14

Curva hipsométrica de la cuenca Líbano.



En la figura 14 se muestra la curva hipsométrica, detallando la característica fisiográfica de la cuenca, definiendo el ciclo erosivo y la etapa en la que se encuentra. En la parte alta de la cuenca las pendientes son elevadas, lo que evidencia un poder erosivo en esta área, se estabiliza en la parte media, y vuelve a hacer pronunciada en la parte baja.

Tabla 8*Cuencas hidráulicas con similitud hidráulica*

Microcuenca	Área (km ²)	Perímetro (km)	Altitud H(msnm)	Numero de orden	Coef. Gravelius K _c	Relación de Confluencias R _c	Coef. orográfico C _o
Cuenca Líbano	9.72	14.58	1,807.81	3	1.31	3	0.34
Cuenca Shiquite	11.44	16.35	1,963.31	3	1.35	3	0.34

Nota: La tabla detalla el cálculo de los parámetros para la determinación de la similitud hidráulica entre dos cuencas

La tabla 8 muestra la existencia de similitud hidráulica entre las dos cuencas, por lo que será factible la transferencia de información hidrometeorológica desde la cuenca Shiquite a la Cuenca Líbano.

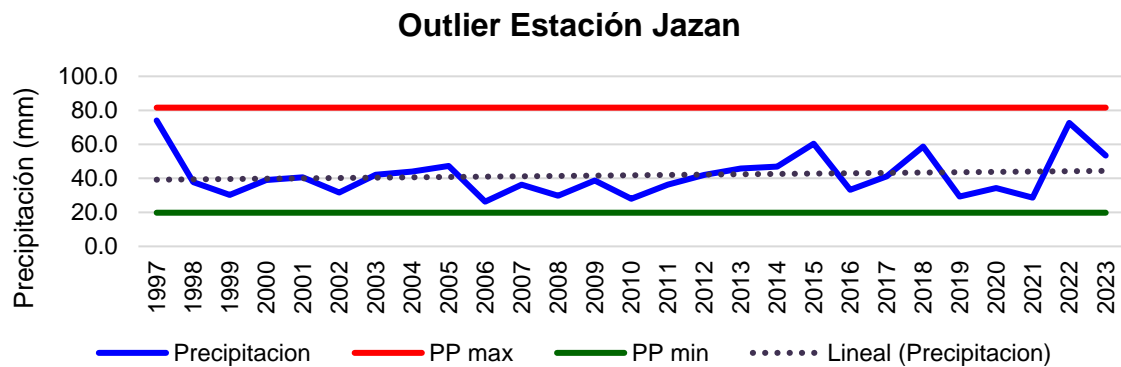
Tabla 9*Análisis de datos dudosos precipitación máxima diaria estación Jazan*

Parámetros estadísticos	P24hr	Log(P24hr)
Número de datos (N)	27.00	27.000
Sumatoria	1128.82	43.311
Valor máximo	74.03	1.869
Valor mínimo	26.30	1.420
Media:	41.81	1.604
Varianza:	161.21	0.015
Desviación estándar:	12.70	0.121
Coeficiente variación:	0.30	0.076
Coeficiente de sesgo:	1.21	0.6127
Se considera:	Detectar datos dudosos altos	
Precipitación máxima aceptada	81.25 mm	
Datos dudosos	No existen datos dudosos alto de la muestra	

Nota: La tabla detalla los cálculos de los valores atípicos de la data de la estación Jazan, mostrándonos si algún dato se aparta significativamente de la tendencia que lleva la data.

Figura 15

Gráfico de distribución de precipitación máxima diaria estación Jazan



Nota: La grafica muestra los valores máximos y mínimos que se aceptan en la data, y la tendencia de los datos de precipitación máxima diaria por años.

En la tabla 9 y figura 15, se determinó el análisis de datos dudosos para las precipitaciones máximas en 24 horas de la estación Jazan, donde se identificó si existe datos atípicos que se apartan de la tendencia de los datos restantes, esto se desarrolló mediante un logaritmo simulado Log-Pearson Tipo III.

Tabla 10

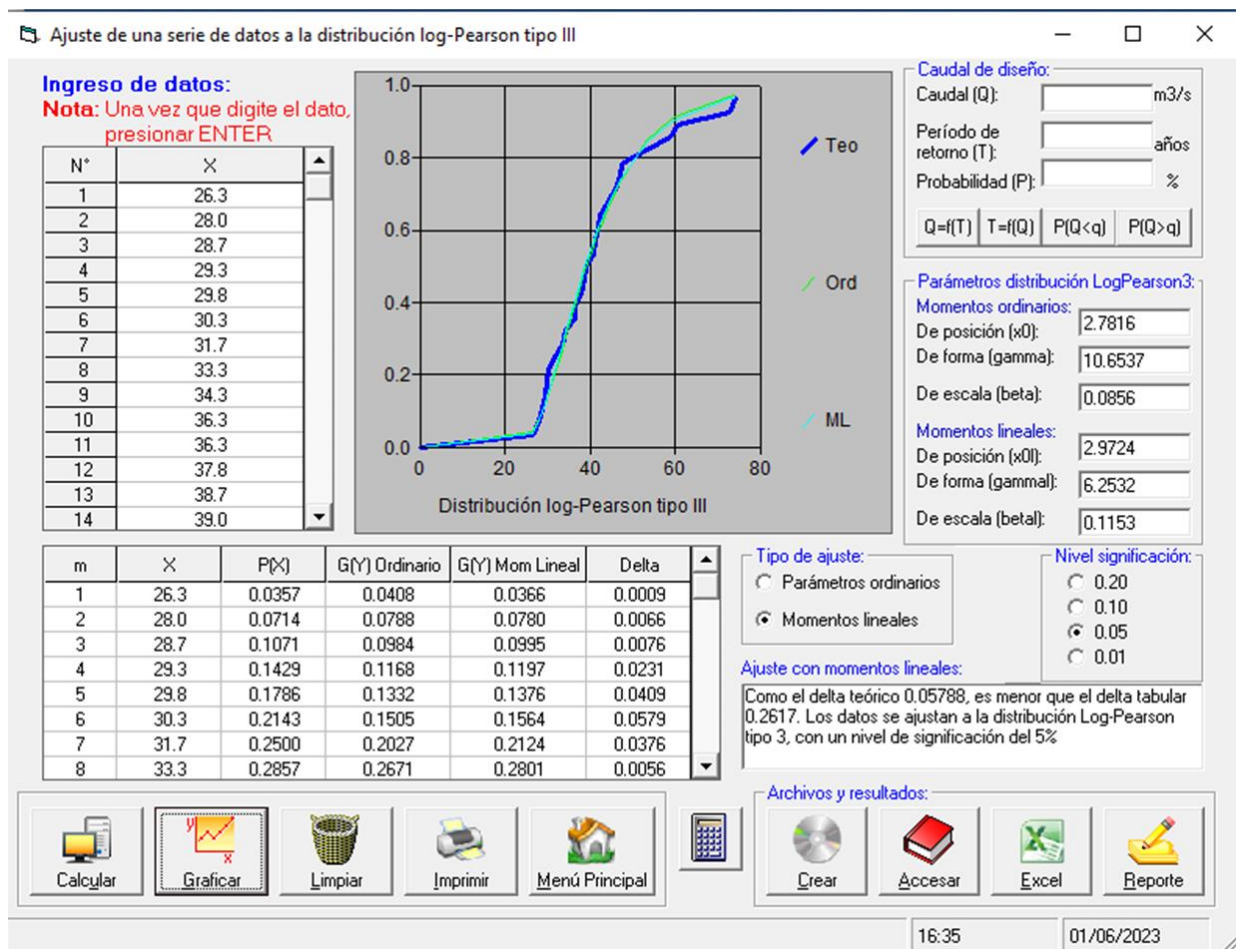
Análisis estadístico de frecuencia - Ajuste de bondad de estación Jazan

Distribución de frecuencia	Kolmogorov-Smirnov test		Δ_0 critico	$\alpha=5\%$
	Momentos ordinarios	Momentos lineales		
Normal		0.1334	< 0.2617	D. ACCEPT
Log N2	0.0769		< 0.2617	D. ACCEPT
Log N3	0.0724		< 0.2617	D. ACCEPT
Gamma 2	0.0958		< 0.2617	D. ACCEPT
Gamma 3	0.0605		< 0.2617	D. ACCEPT
Log-Pearson tipo III		0.0579	< 0.2617	D. ACCEPT
Gumbel	0.0631		< 0.2617	D. ACCEPT
Log Gumbel		0.0671	< 0.2617	D. ACCEPT
Diferencia delta min		0.0579	Log-Pearson tipo III	

Nota: La tabla muestra el análisis estadístico de frecuencia de los datos de la estación Jazan, así como el ajuste de bondad mediante el método Kolmogorov-Smirnov.

Figura 16

Analís estadístico de distribución Log-Pearson Tipo III



Nota: La figura muestra el análisis estadístico de frecuencia de la distribución con ajuste a los datos de la estación Jazan, utilizando el software Hidroesta2.

La tabla 10 y figura 16, muestra los resultados del análisis de frecuencia para la data de la estación Jazan, evidencia que para todas las distribuciones los datos se ajustan y cumplen con el delta crítico; sin embargo, los datos de la estación tienen un mejor ajuste con la distribución Log-Pearson tipo III; por lo que se usará esta función de distribución para el cálculo de las precipitaciones máximas para cada periodo de retorno.

Tabla 11*Análisis estadístico de las Intensidades la cuenca El Líbano*

Estadísticas de la regresión		
Coeficiente de correlación múltiple	0.999592401	$I = \frac{639.500 \times T^{0.197}}{D^{0.750}}$
Coeficiente de determinación R ²	0.999184968	
R ² ajustado	0.999179743	
Error típico	0.016344912	
Observaciones	315	
Análisis de varianza	Coeficientes	Error típico
Intercepción	2.805840619	0.00358771
Variable X 1	-0.75	0.00127035
Variable X 2	0.197000192	0.00106936

Nota: La tabla muestra el análisis estadístico de los datos de intensidad para determinar la ecuación característica de Intensidad de la cuenca Líbano.

La tabla 11, detalla la fórmula de la intensidad para la cuenca Líbano, con esta expresión se podrá determinar la intensidad para cualquier duración y tiempo de retorno, información base para determinar los hietogramas y caudales máximos de diseño.

Tabla 12*Precipitaciones máximas en 24 horas Log-Pearson tipo III para la estación Jazan cuenca Shiquite*

Periodo de retorno	PP max mm	Probabilidad de ocurrencia
2	38.69	0.500
10	59.08	0.900
25	71.39	0.960
50	81.5	0.980
100	92.44	0.990
200	104.29	0.995
500	121.5	0.998

La tabla 12, muestra las precipitaciones máximas que se obtuvo con la distribución estadística Log-Pearson tipo III, función con un delta menor, y mayor ajuste a los datos. En la tabla se evidencia que a mayor periodo de retorno las precipitaciones probabilísticas son mayores; dichos datos de lluvias fueron transpuestos a la cuenca Líbano.

Tabla 13

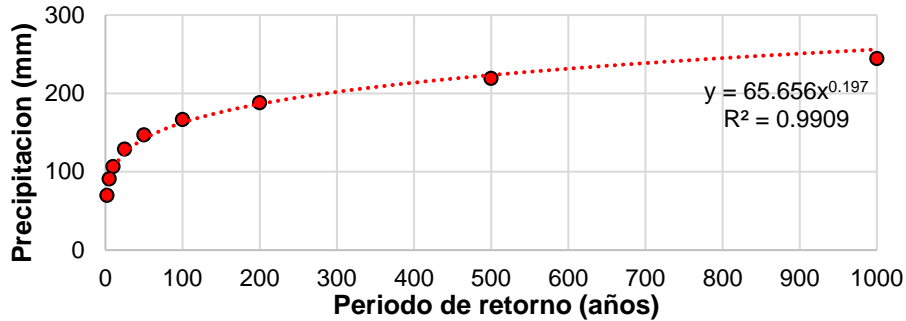
Precipitaciones máximas en 24 horas transpuestas a la cuenca Líbano desde la cuenca Shiquite

Periodo retorno	Precipitación máxima 24 horas Estación Jazan Cuenca Shiquite	Precipitación máxima 24 horas estación Jazan Cuenca Shiquite corregido por factor de corrección por intervalo fijo de observación	Precipitación diseño máxima 24 horas transpuesta cuenca Líbano	Precipitación máxima 24 horas corregida
Años	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
2	38.69	43.72	58.61	69.74
5	50.33	56.87	76.24	90.72
10	59.08	66.76	89.49	106.49
25	71.39	80.67	108.14	128.68
50	81.5	92.10	123.45	146.91
100	92.44	104.46	140.02	166.63
200	104.29	117.85	157.97	187.99
500	121.50	137.30	184.04	219.01
1000	135.62	153.25	205.43	244.46

La tabla 13 muestra los datos de precipitaciones máximas en 24 horas para la cuenca Líbano, corregida por coeficientes de observación y coeficiente de simultaneidad o factor reductor, según lo establecido en el Manual de Hidrología y Drenaje del MTC. Así mismo se evidencia las lluvias transpuestas desde la cuenca Shiquite a la del Líbano; con la cual se obtuvieron los hietogramas de las tormentas de diseño.

Figura 17

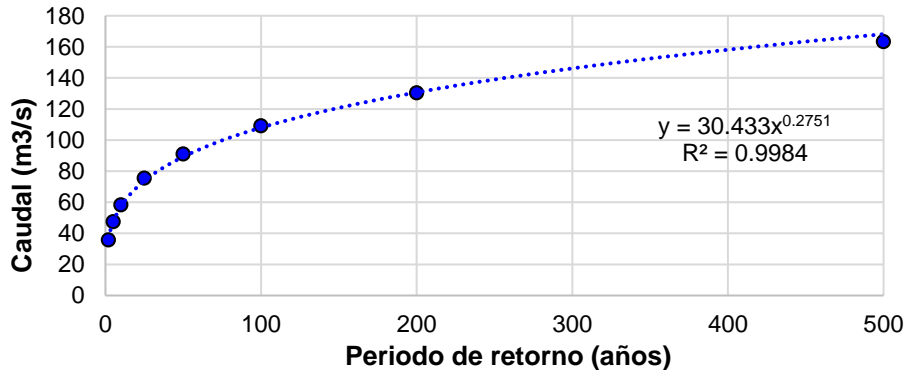
Análisis estadísticos de los datos de precipitación de diseño con el tiempo de retorno



Nota: El gráfico muestra la línea de tendencia de los datos de precipitación en relación con el periodo de retorno, mostrando un coeficiente de determinación de 0.9929, evidenciando que los datos se ajustan a una regresión potencial.

Figura 18

Análisis estadísticos de los datos de caudal de diseño con el tiempo de retorno



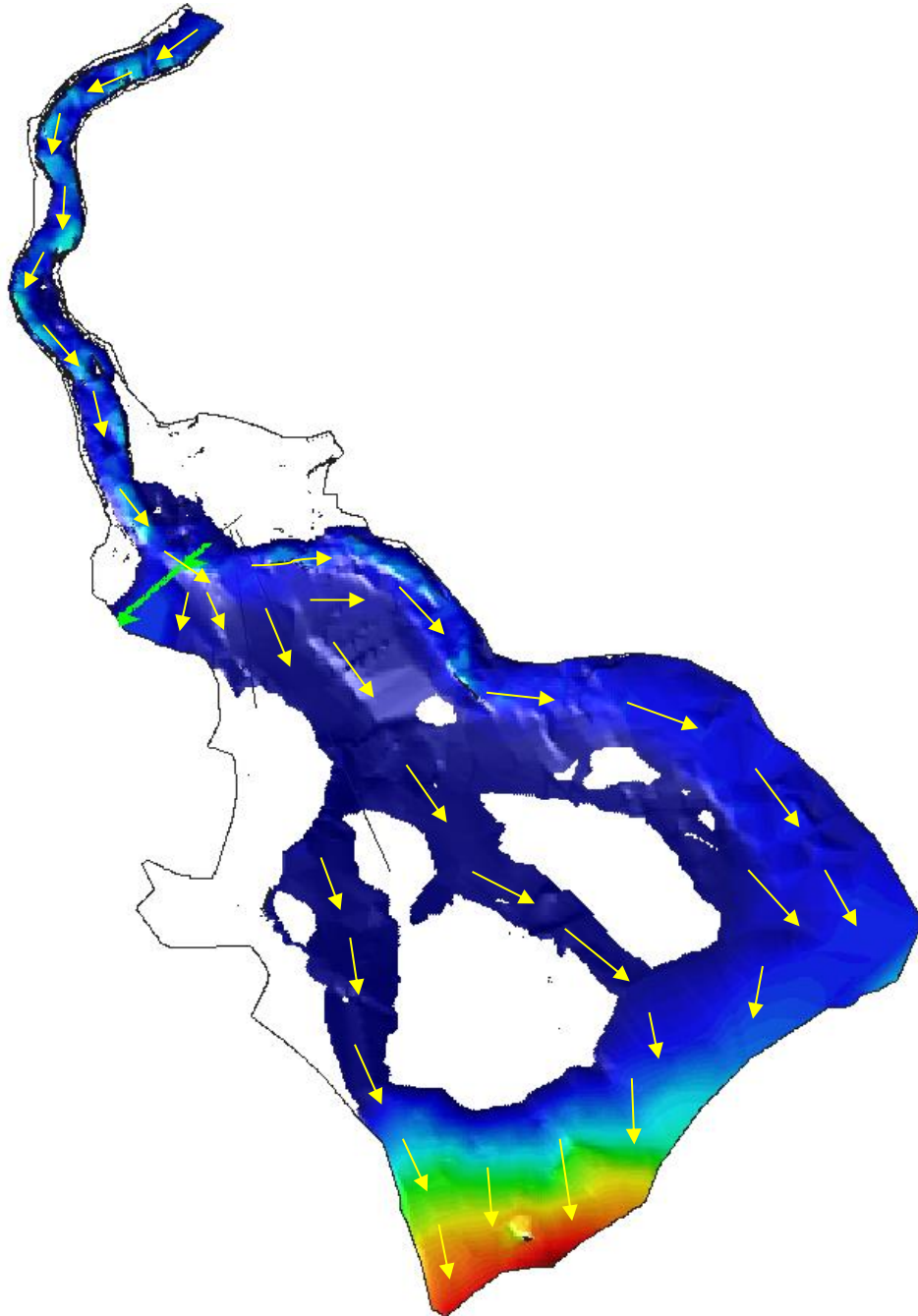
Nota: El gráfico muestra la línea de tendencia de los datos de caudal en relación con el periodo de retorno, mostrando un coeficiente de determinación de 0.9983, evidenciando que los datos se ajustan a una regresión potencial.

Las figuras 17 y 18, muestran los análisis estadísticos de las precipitaciones y caudales en relación al periodo de retorno, mostrando las ecuaciones determinísticas, con un coeficiente de determinación aceptable, por lo que dichas ecuaciones permiten determinar el caudal y la lluvia para cualquier periodo de retorno en cualquier área de la cuenca Líbano.

Con el modelamiento hidráulico bidimensional de un flujo no permanente se determinó las áreas inundables de la quebrada Cristalina, El Líbano, Amazonas.

Figura 19

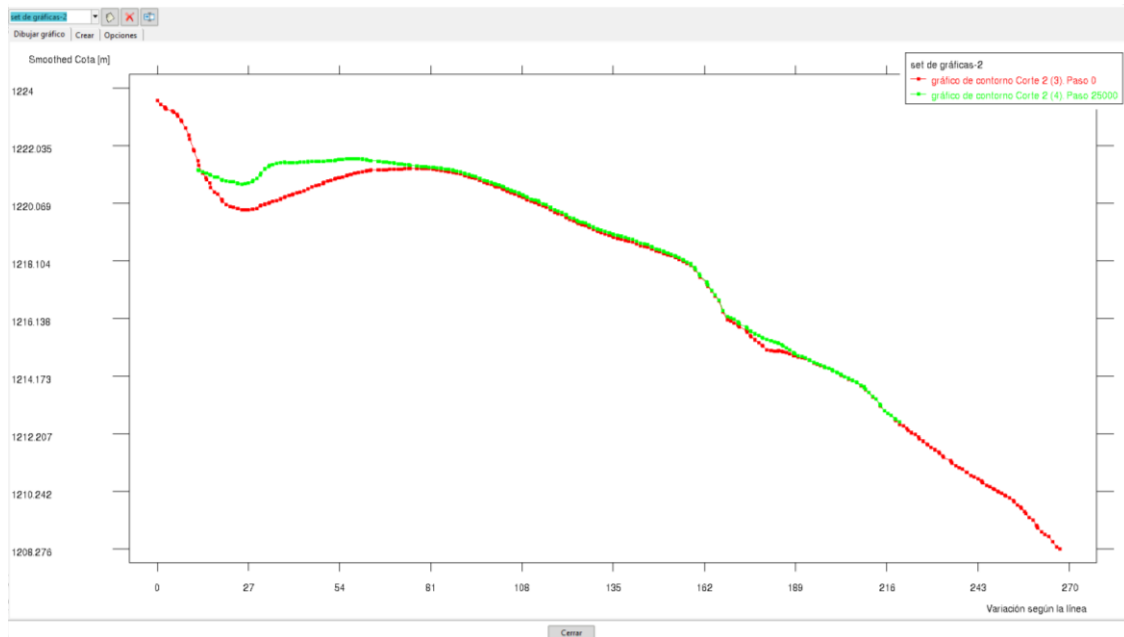
Zonas de inundaciones para un periodo de retorno de 200 años



Nota: La figura detalla el proceso de modelamiento hidráulico bidimensional para un TR= 200 años, mostrando las inundaciones en la localidad el Líbano.

Figura 20

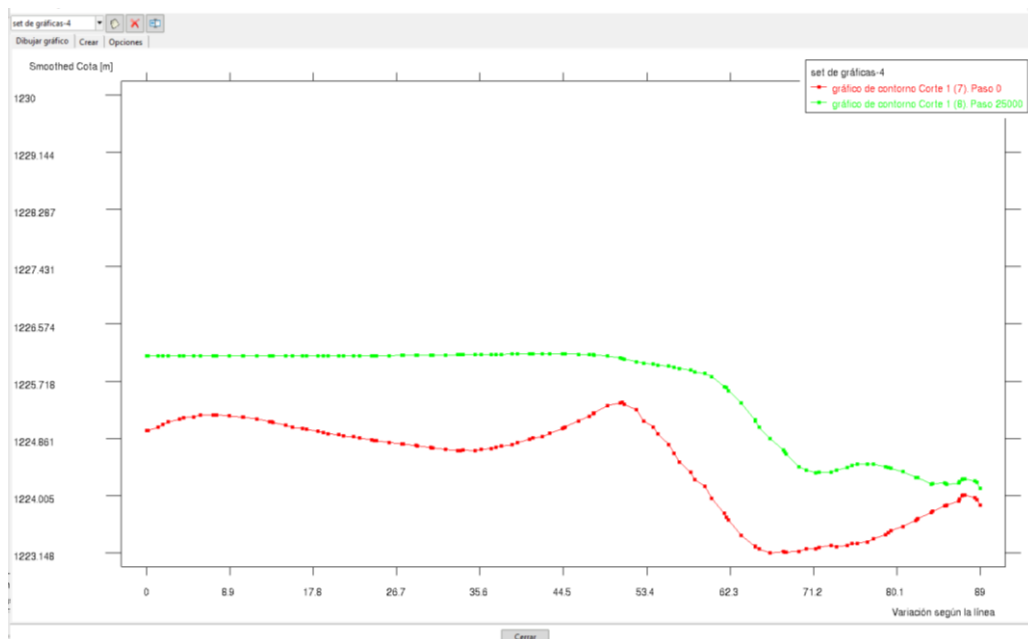
Sección aguas arriba de niveles de flujo de avenidas máximas



Nota: La imagen presenta los perfiles de inundación aguas arriba, donde evidencia el desbordamiento del agua hacia la localidad el Líbano.

Figura 21

Sección del modelamiento hidráulico

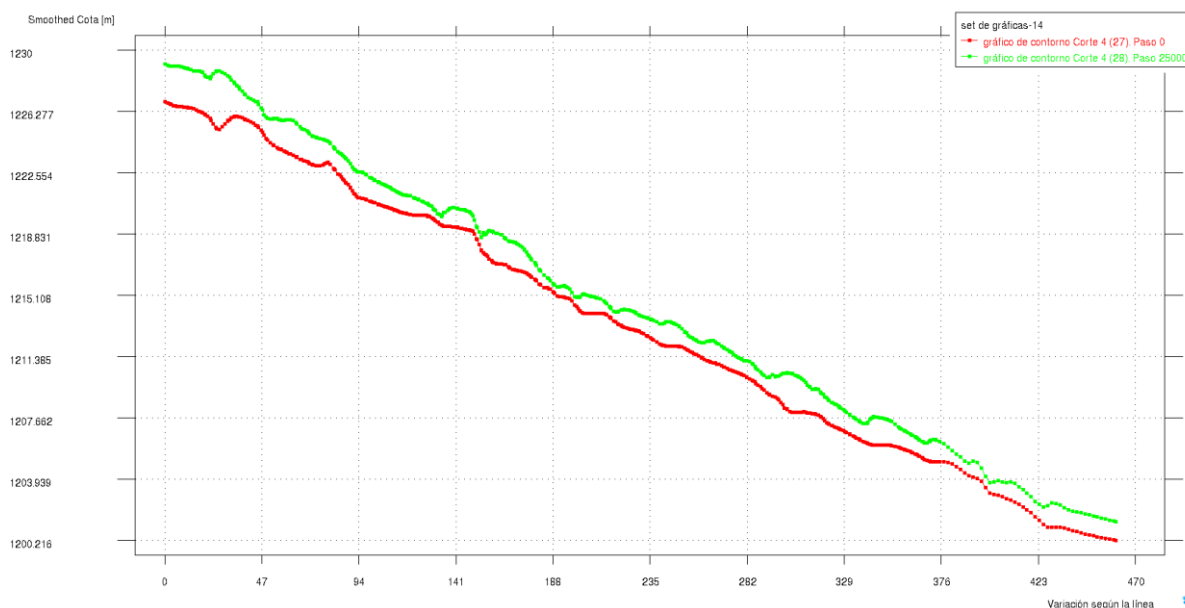


Nota: la figura muestra una sección aguas arriba, donde se evidencia el nivel del agua por encima del terreno, mostrando el desbordamiento del río.

En las figuras 19, 20 y 21, se muestra el modelamiento hidráulico bidimensional de un flujo no permanente, donde se evidencia el desbordamiento del flujo para una máxima avenida para un periodo de retorno de 200 años; en la figura 19 se muestra las áreas inundables, y el escurrimiento del flujo hacia la localidad El Líbano.

Figura 22

Perfil del flujo de la quebrada Cristalina para una máxima avenida



Nota: El grafico muestra el perfil del cauce de la quebrada, donde se evidencia el calado del agua para una máxima avenida, mostrando un flujo invariable.

Tabla 14

Tirantes máximos para un flujo variado

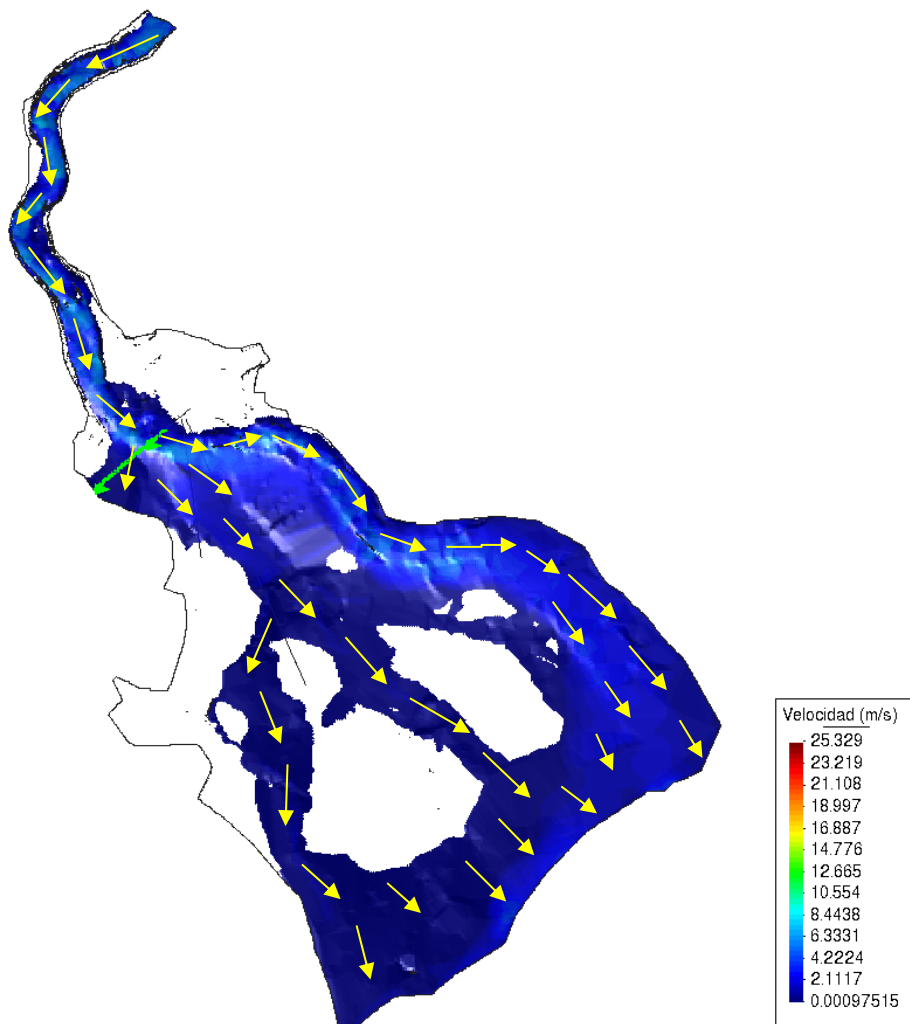
Descripción	TR= 100 años	TR= 200 años	TR= 500 años
Aguas arriba	2.40 m	2.61 m	2.91 m
Aguas Abajo	2.43 m	2.56 m	2.78 m

Nota: En la tabla se detalla los tirantes máximos de flujo obtenido del modelamiento hidráulico de la quebrada para periodos de retorno de 100, 200 y 500 años.

La figura 22 y tabla 14, muestra el perfil del cauce del río y el calado o el tirante máximo, donde se evidencia que aguas arriba los tirantes son elevados y aguas abajo los tirantes de agua disminuyen, guardando correlación con los tirantes obtenidos en el diseño de las estructuras de mitigación de enrocados. Los tirantes máximos aguas arriba según el modelamiento hidráulico para un periodo de retorno de 200 años es de 2.61 m; por la presencia de pendientes menores y por el estrecho del cauce en esta parte, sin embargo, aguas abajo los calados disminuyen de 0.90 a 2.56 m, en zonas con presencia de depresiones.

Figura 23

Mapa de velocidad para el modelamiento hidráulico



Nota: La figura detalla las velocidades obtenidas en el modelamiento hidráulico bidimensional de la quebrada, mostrando algunos puntos con velocidades sobre elevadas.

La figura 23, muestra el mapa de velocidades del modelamiento hidráulico bidimensional, donde se evidencia que las velocidades han alcanzado rangos de 8.44 m/s a 4.22 m/s en la parte alta del cauce, donde las pendientes son más pronunciadas y el cauce es estrecho; en la parte baja las velocidades varían de 4.22 m/s a 0.01 m/s; siendo las velocidades bajas menos a 2.00 m/s en la zona de desbordamiento en la localidad el Líbano, esto es concordante con la pendiente del terreno.

Tabla 15

Coefficientes de rugosidad de la localidad El Líbano

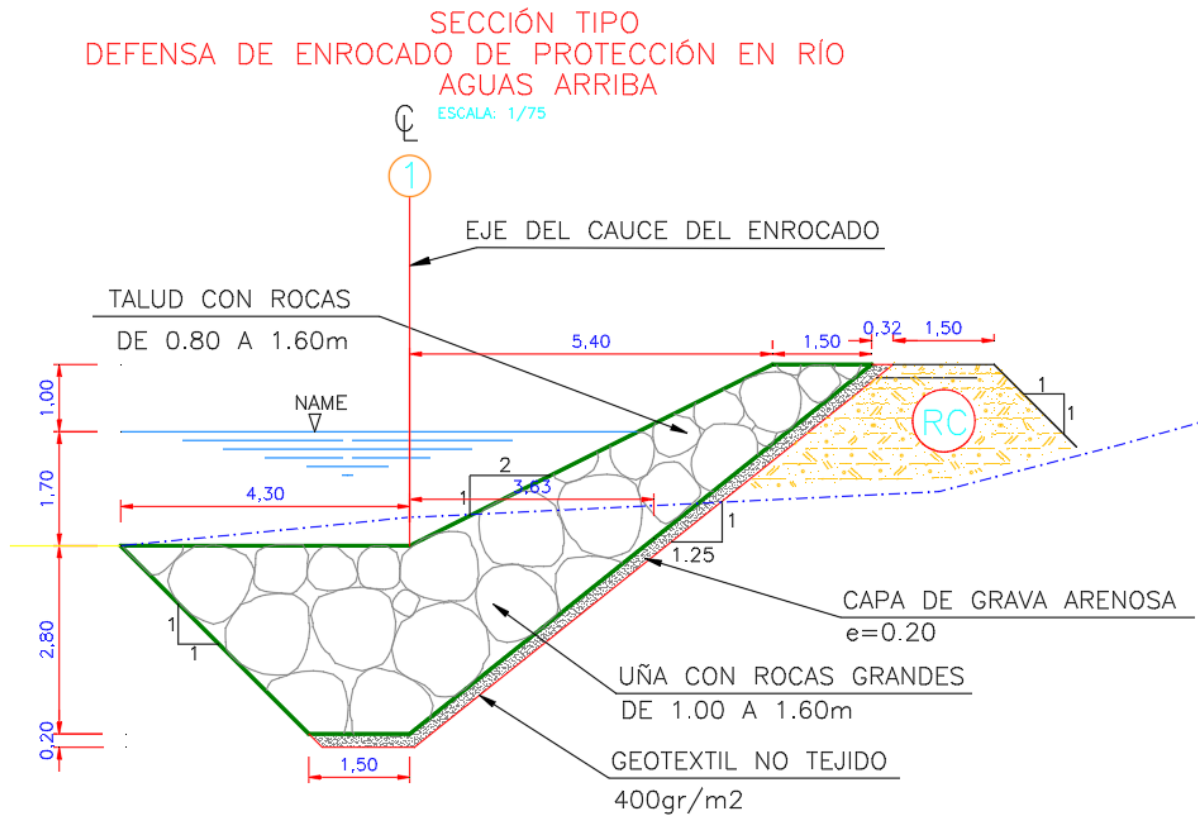
Numero	Descripción	Coef. rugosidad
1	Cauce del rio	0.073
2	Zonas urbanas	0.150
3	Riberas aguas arriba montañosa	0.050
4	Riberas aguas arriba con arbustos	0.100
5	Vías existentes trocha carrozable	0.075
6	Áreas con arbustos	0.050
7	Campo deportivo	0.030
8	Áreas agrícolas con cafés	0.035
9	Áreas con inverna	0.070
10	Áreas montañosas	0.060

Nota: En la tabla se detalla los coeficientes de resistencia del flujo en el cauce de la quebrada, estos valores se determinaron en concordancia al tipo de material y sinuosidades presentes en el cauce.

Las medidas estructurales de enrocados mitigaron los efectos del desbordamiento de las zonas inundables de la quebrada cristalina El Líbano, Amazonas.

Figura 25

Sección típica de enrocado aguas arriba



Nota: La figura muestra el diseño de las medidas estructurales de enrocados aguas arriba de la localidad El Líbano, para un modelamiento hidráulico de un periodo de retorno de 200 años .

Tabla 16

Medidas principales de los enrocados aguas arriba y aguas abajo de la localidad El Líbano.

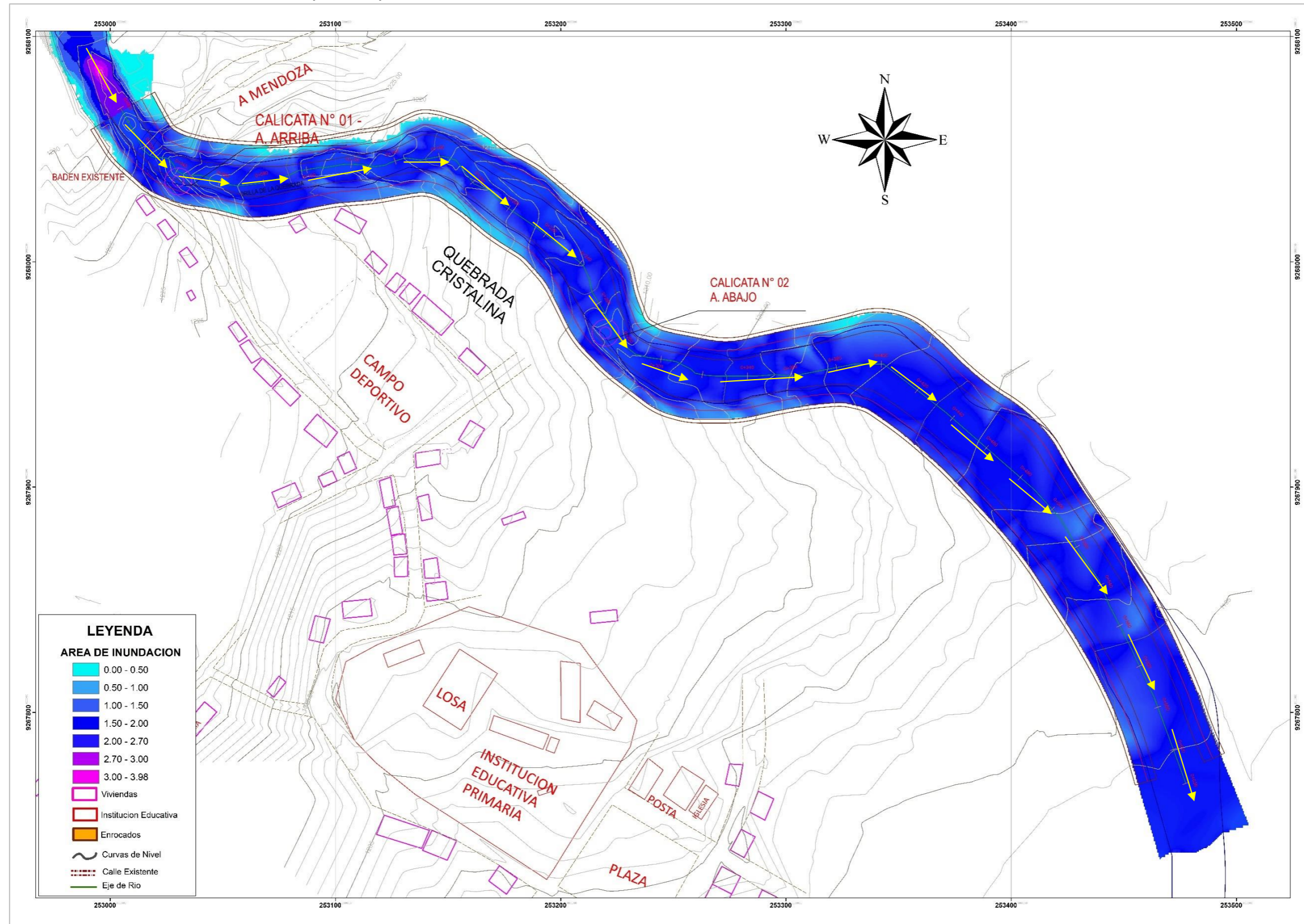
Descripción	Unidad	Aguas arriba	Aguas abajo
Altura del enrocado	m	2.70	2.60
Profundidad de uña	m	2.80	2.50
Longitud de corona de enrocado	m	1.50	1.20
D ₅₀ de roca	m	0.80	1.10
Área de terraplén	m ²	7.68	6.50
Ancho medio de equilibrio	m	20.00	25.00
Pendiente de diseño	m/m	0.035	0.067
Tirante de agua	m	1.70	1.25
Necesidad de utilizar filtro		Utilizar un filtro de geotextil	Utilizar un filtro de geotextil
Socavación	m	2.60	1.80

Nota: La tabla detalla las dimensiones de los enrocados aguas arriba y aguas abajo, para una máxima avenida para un periodo de retorno de 200 años.

En la tabla 16 se muestra las medidas de los enrocados aguas arriba y aguas abajo, donde se muestra que aguas arriba por el cauce propio de la quebrada Cristalina el ancho medio de roca es menor al considerado aguas abajo; así mismo por el tipo de suelo presente en ambas márgenes, la socavación aguas arriba es mucho mayor que aguas abajo y los tirantes de agua para ambas márgenes varían por la pendiente del terreno.

Figura 27

Modelamiento hidráulico con enrocados diseñados para un periodo de retorno de 200 años



Nota: El mapa detalla las medidas de mitigación, para enrocados ante una máxima avenida no se evidencia desbordamiento de la quebrada.

La figura 27 muestra el modelamiento hidráulico del flujo en Iber con la instalación de enrocados, donde se evidencia que las estructuras mitigan los efectos de las inundaciones, puesto que el cauce no sufre desbordamiento del flujo para un TR= 200 años.

Tabla 17

Diámetro medio de roca aguas arriba y aguas abajo

Método	Unidad	Diámetro aguas arriba	Diámetro aguas abajo
Formula de Maynard	m	0.75	1.02
Fórmula de la California División Of Highways	m	0.60	0.81
Formula de Isbash	m	0.81	1.11
Formula de Levi	m	0.19	0.39
Método de la División de Carreteras de California	m	0.77	1.05
Método del U. S. Department OF Transportation	m	0.41	0.41
Método de Masa Alvarez	m	0.41	0.63
D ₅₀	m	0.80	1.10
D _{max}	m	1.60	2.20

Nota: La tabla muestra el cálculo del diámetro medio de la roca para los enrocados aguas arriba y aguas abajo, el diámetro máximo de la roca aguas arriba es mucho mayor que el de aguas abajo.

La tabla 17, muestra el cálculo del diámetro de la roca por los diferentes métodos que recomienda el cuerpo de ingenieros de los Estados Unidos, y el manual de hidrología del MTC.

Tabla 18

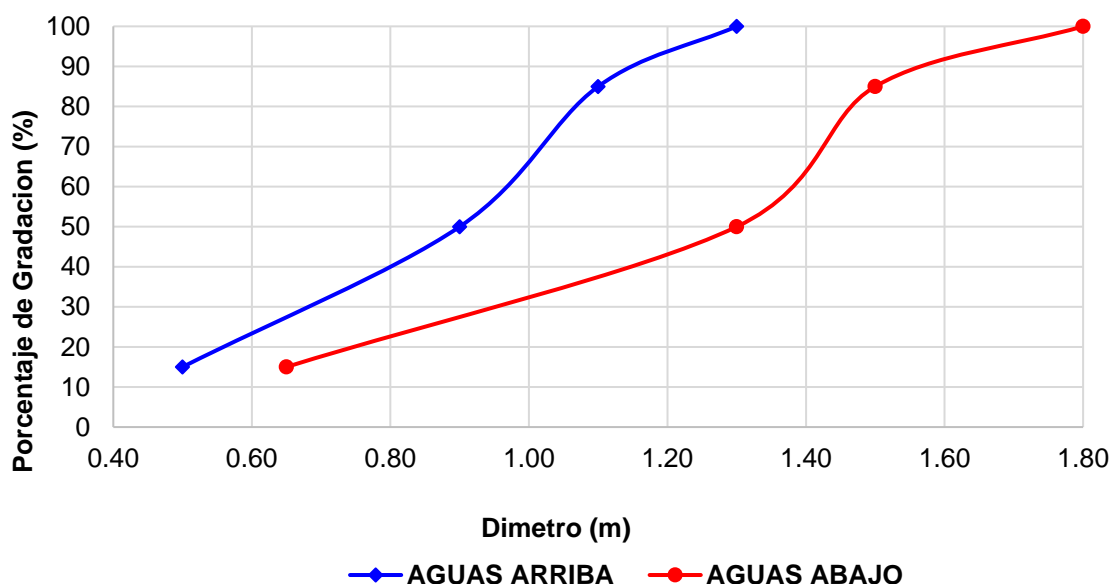
Límites de gradación de las rocas para el enrocado

Rango tamaño de roca Aguas arriba			Rango tamaño de roca Aguas abajo			Porcentaje de gradación
Mínimo	Máximo	Se opta	Mínimo	Máximo	Se opta	
1.20	1.36	1.30	1.65	1.87	1.80	< 100
0.96	1.12	1.10	1.32	1.54	1.50	< 85
0.80	0.96	0.90	1.10	1.32	1.30	< 50
0.32	0.48	0.50	0.44	0.66	0.65	< 15

Nota: La tabla muestra los diámetros de gradación de las rocas, proporcionando los porcentajes máximos de tamaño de roca para evitar la erosión de los taludes del cauce.

Figura 28

Gradación de los enrocados



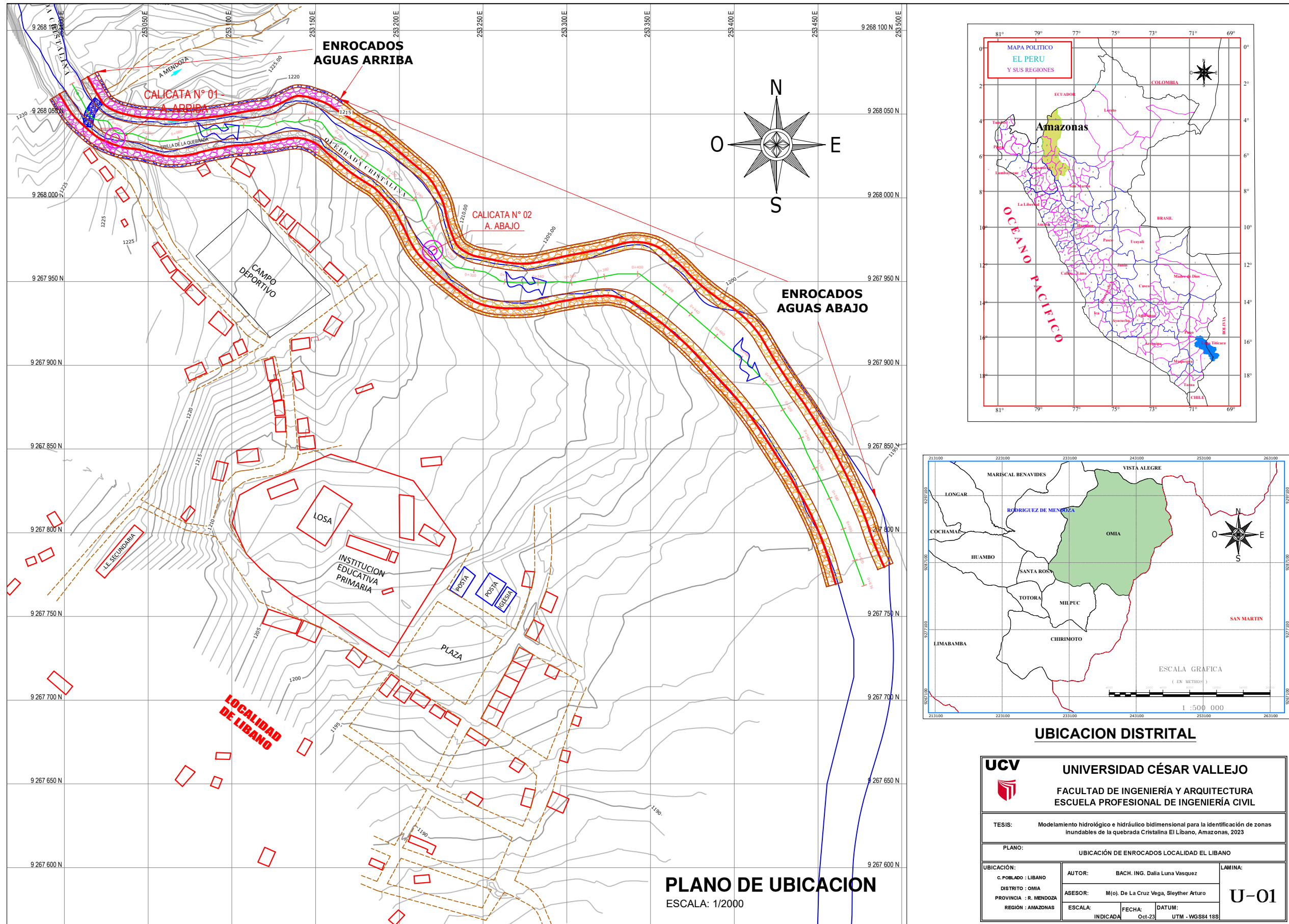
Nota: La grafica muestra las curvas de gradación para enrocados aguas arriba y aguas abajo de la localidad El Líbano

La tabla 18 y figura 28, muestra la gradación de las rocas para el enrocado aguas arriba y aguas abajo según las recomendaciones del Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos, donde se evidencia que para aguas abajo el diámetro de la roca es mucho mayor al diámetro considerado aguas arriba.

La figura 29, detalla la ubicación de los enrocados o la propuesta de mitigación, mostrando que es necesario la construcción de enrocados en ambas márgenes en una longitud de 620.0 m, con un ancho medio menor aguas arriba que aguas abajo.

La figura 25, muestra el análisis granulométrico por tamizado de las calicatas N° 01 aguas arriba y N° 02 aguas abajo, según la norma MTC E-107 / ASTM D-422, C-117 / AASHTO T-27, T-88, donde se muestra que aguas arriba el material es arenoso, aguas abajo el material es fino limoso y el material de relleno es un material granular que servirá para el relleno de los terraplenes y la arena que se pondrá sobre el geotextil.

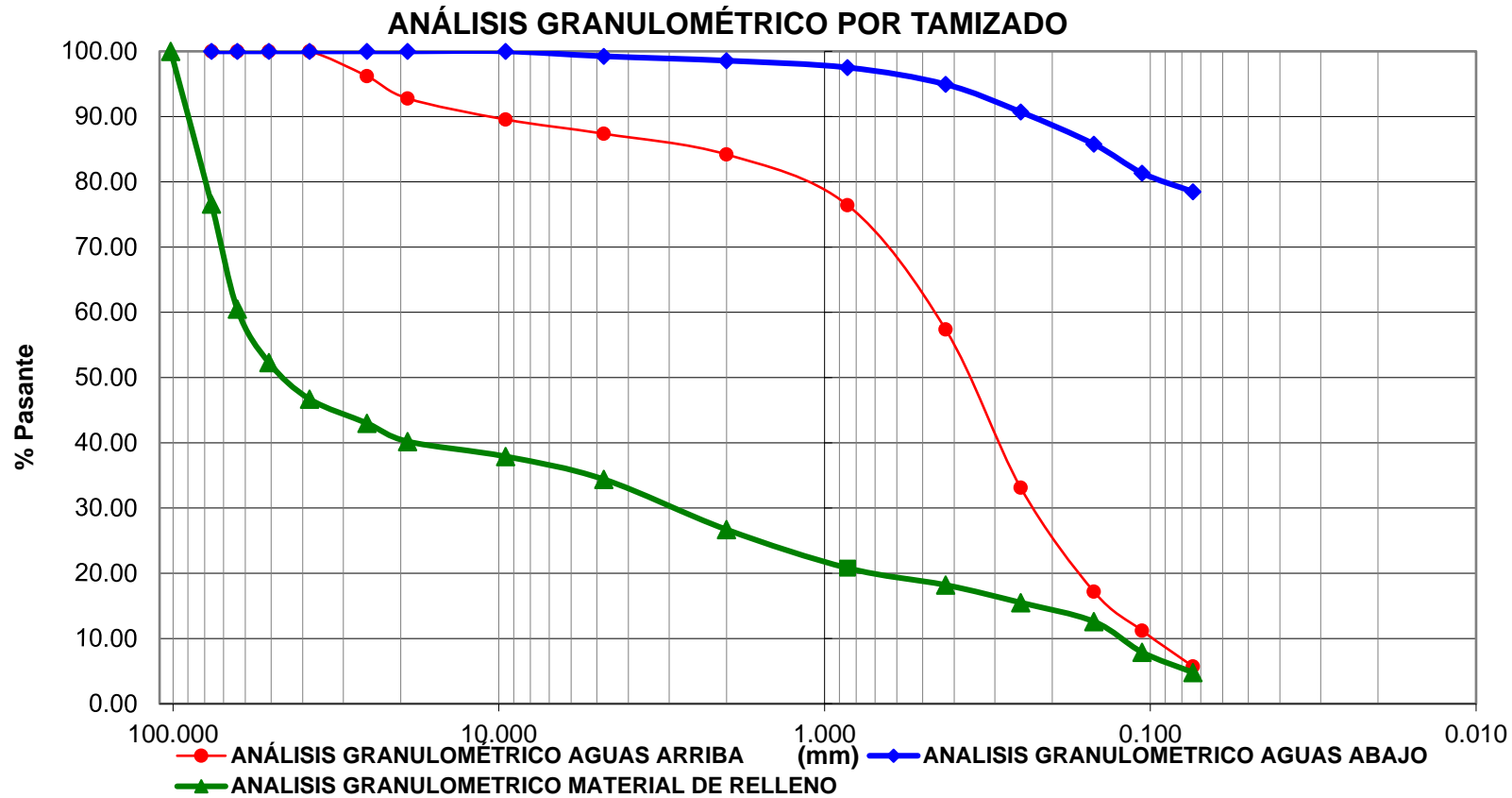
Figura 29
Mapa de ubicación de los enrocados en la localidad El Líbano



Nota: La figura muestra el mapa de ubicación de la propuesta de mitigación, enrocados en la localidad El Líbano aguas arriba y aguas abajo, mostrando que el ancho aguas arriba es menor a las de aguas abajo

Figura 30

Curvas de análisis granulométrico por tamizado.



Nota: La grafica muestra las curvas de análisis granulométrico por tamizado de las calicatas N° 01 y N° 02 y el material de relleno.

V.- DISCUSIÓN

1. De los resultados obtenidos se discierne que la hipótesis general se ha cumplido, puesto que con un modelo precipitación – escorrentía y un modelamiento hidráulico bidimensional de un flujo variado no permanente, se ha determinado las áreas inundables; en la figura 5, 6 y 7 se muestra las zonas inundables de la quebrada Cristalina en la localidad El Líbano; las mismas que son concordantes con las zonas afectadas por el desbordamiento de la quebrada Cristalina mostradas en la figura 9, lo que respalda el cumplimiento de la hipótesis planteada.

Todos los resultados obtenidos en la presente investigación, son concordantes con los obtenidos por Hurtado (2018), Aparicio (2021), Chapoñan (2019) y Núñez (2017), puesto que en sus estudios aplicaron modelamientos hidrológicos e hidráulicos bidimensionales, obteniendo e identificando las áreas inundables, con las cuales elaboraron mapas de las zonas en riesgo a inundaciones.

La figura 6, muestra las zonas en riesgo o zonas inundables de la localidad el Líbano para un periodo de retorno de 200 años, por el desbordamiento del cauce de la quebrada Cristalina, evidenciando que la margen derecha aguas abajo es la zona más afectada, donde los calados son de 0 a 0.50 m, inundando 49 viviendas, las mismas que son de construcción rustica de adobe y madera, que, ante la presencia constante de agua, pueden producir el colapso de estas. Así mismo, se evidencia que gran parte de la infraestructura educativa se ha visto afectada por el desbordamiento del cauce, la red vial se ha visto afectada en su totalidad, lo que genera que después de los eventos extremos, la localidad El Líbano este incomunicada. La tabla 3, muestra las áreas de la infraestructura afectada; los resultados descritos son concordantes con los resultados obtenidos por Núñez (2017), puesto que, con el modelamiento hidráulico bidimensional, determinó las zonas afectadas, infraestructura civil y publica afectada.

Según la tabla 3, se evidencia que para un periodo de retorno de 100 años, las zonas inundables son mucho menores a las de 200 años y 500 años; donde la infraestructura pública no se ve afectada; sin embargo para un modelamiento hidráulico bidimensional para un periodo de retorno de 200 años y 500 años, la infraestructura se ve afectada en su totalidad, la institución educativa es afectada al 100%, evidenciando el riesgo que representa un desbordamiento del cauce para los hidrogramas calculados. En la figura 8, se muestra los perfiles de los calados máximos alcanzados para una simulación del flujo para un periodo de retorno de 100, 200 y 500 años, mostrando que el flujo tiene un comportamiento similar, con algunas alteraciones en ciertos tramos. Los resultados son similares a los obtenidos por Núñez (2017), el cual determinó que para un periodo de retorno de 200 años se vieron afectadas 62 viviendas, 18.59 ha de áreas agrícolas y el calado máximo es de 1.50 en las zonas de desbordamiento.

2. Según la tabla 4, figuras 10 y 11, se muestra que con un modelo precipitación - escorrentía se obtuvo los hidrogramas de máximas avenidas para lluvias extremas para diversos periodos de retorno, obteniendo caudales máximos de 130.26 m³/s para un periodo de retorno de 200 años y un caudal máximo de 163.25 m³/s para un periodo de retorno de 500 años.

Los resultados obtenidos tienen una relación con los estudios realizado por Aparicio (2021) y Núñez (2017), donde se obtuvieron caudales máximos de 136.844 m³/s, para un periodo de retorno de 40 años y 1,499.71 m³/s para un periodo de retorno de 200 años, aplicando un modelo precipitación – escorrentía. Los datos muestran que a mayor área de la cuenca el caudal es mucho más elevado.

En la tabla 5, la cuenca Líbano según su área se clasifica como una cuenca muy pequeña o microcuenca, que tendrá una influencia directa sobre el caudal y el tiempo de concentración, que serán relativamente pequeños; igualmente el cauce principal de la cuenca se enmarca dentro de un rango de longitud corta, lo que genera que los tiempos de concentración sean menores. El coeficiente

de Gravelius es de 1.31, lo que muestra que la cuenca se clasifica como una cuenca oval redonda a oval oblonga, con tiempos de concentración menores, con una torrencialidad moderada y repentinas crecidas ante eventos extremos. Del factor forma de la cuenca se determina que es ligeramente alargada. El coeficiente de elongación es de 0.63, lo que muestra que la cuenca presenta una variedad de climas y geologías; presentando fuertes relieves en toda la cuenca.

En la tabla 6 para los parámetros de relieve, se muestra que la pendiente media de la cuenca es de 20.10%, mostrando que esta es una cuenca fuertemente accidentada con posibles problemas de erosión, que podría generar desbordamiento del cauce en la localidad El Líbano generando inundaciones. El coeficiente orográfico corresponde a 0.34, que muestra que el cauce tiene un potencial de erosión baja, por lo que las uñas de enrocado no serán muy profundas. Por otro lado, el coeficiente de masividad muestra una cuenca moderadamente montañosa, características necesarias para la determinación del número de curva (CN).

En la tabla 7 parámetros relativos a la red hidrográfica, se tiene una cuenca con un numero de orden de 3, clasificado dentro de un orden medio, con una densidad de drenaje de 1.29, que se clasifica dentro de una categoría baja, siendo este indicativo de una cuenca pobremente drenada.

Los parámetros geomorfológicos de la cuenca, describen el tipo de cuenca y su comportamiento de esta ante un evento extremo, los cuales tienen una relación con los resultados obtenidos en el estudio de Núñez (2017), puesto que en sus conclusiones 2, detalla el comportamiento de la cuenca en relación a los parámetros geomorfológicos calculados.

En la tabla 8 se muestra la existencia de similitud hidráulicas entre las dos microcuencas Líbano y Shiquite, puesto que como se aprecia, existe similitud geométrica, con coeficientes de Gravelius aproximados, con una variación de 0.04, por debajo del límite que establece que una cuenca es similar geométricamente si tiene una variación del índice de Gravelius de 0.05. Por

otro lado, se evidencia que existe semejanza cinemática por tener la misma relación de confluencias; y se tiene que ambas cuencas tienen semejanza dinámica por tener un coeficiente igual. En tal sentido se concluye que existe similitud hidráulica entre ambos sistemas hidrológicos, esto permitió que se haga la transferencia de las precipitaciones de la cuenca Shiquite a la cuenca Líbano, con un coeficiente de altitudes de 1.34. Los resultados obtenidos en la investigación guardan cierta relación con los resultados obtenidos por Aparicio (2021), el cual determinó que existe una similitud hidráulica entre la cuenca río Quinuas con una altitud de 3437 m.s.n.m, y la cuenca destino de la estación La Encañada con una altitud de 2980 m.s.n.m., con un coeficiente de altitudes de 0.88.

En la tabla 9 y figura 15 se determinó que en la data de precipitaciones máximas en 24 horas, no existe datos dudosos que puedan afectar o alteren los cálculos hidrológicos, se tuvo una asimetría de 0.6127, por lo que se realizó un análisis para comprobar si existen datos dudosos altos, determinándose que la precipitación máxima aceptada es de 81.59 mm, y la precipitación máxima registrada corresponde a 74.03 mm, esto muestra que no existen datos dudosos altos de la muestra, por lo que la información de precipitaciones máximas en 24 horas es confiable. Estos resultados son concordantes con los obtenidos en la investigación de Aparicio (2021), donde las precipitaciones máximas en 24 horas de la data corresponden a 43.80 mm, y el máximo aceptado es de 49.19 mm, entendiendo que en las estaciones pluviométricas los datos tomados son aceptables y correctos.

En la tabla 10, se muestra el análisis de frecuencia para los datos de precipitaciones máximas diarias, y como se observa se realizó para las distribuciones estadísticas más conocidas con HIDROESTA 2, y a través de la prueba de bondad de ajuste se determinó que los datos se ajustan a todas las distribuciones dentro de los límites establecidos, sin embargo, los datos tienen un mayor ajuste a la distribución estadística Log-Pearson tipo III, con la cual se obtuvo las precipitaciones máximas en 24 horas para diversos periodos de retorno, como se muestra en la tabla 9. Estos resultados son similares a los

obtenidos en el estudio desarrollado por Núñez (2017), puesto que para la estación Jazan, este concluyó que esta se ajusta a la distribución estadística Log-Pearson tipo III.

La tabla 13, muestra los datos obtenidos de las precipitaciones transpuestas desde la estación Jazan a la cuenca Líbano, por el hecho de tener una similitud hidráulica entre ambas cuencas, las cuales corresponden a la precipitación media de la cuenca, estas fueron corregidas por observación; así mismo las precipitaciones en la cuenca Líbano son mucho mayores a las obtenidas en la estación de Jazan por tener una altitud media mucho mayor.

3. En las figuras 19, 20 y 21, se muestra que, con un modelamiento hidráulico bidimensional de un flujo no permanente, se determinó las áreas inundables de la quebrada Cristalina, El Líbano, Amazonas, para un hidrograma de una máxima avenida. Los perfiles muestran el desbordamiento del agua en el punto máximo, evidenciando que ante una máxima avenida la localidad está en riesgo de inundación.

Los resultados obtenidos con el modelamiento hidráulico bidimensional guardan relación con los resultados obtenidos por Gutiérrez et al. (2022) y Navas et al. (2022), quienes con un modelamiento hidráulico bidimensional en Iber determinaron las áreas en riesgo de inundación y los calados de las máximas avenidas, esto les permitió elaborar mapas de las áreas inundables.

En la figura 23, se muestra las velocidades obtenidas en el modelamiento hidráulico bidimensional, donde se muestra que estas velocidades tienen una correlación con la pendiente del terreno, en la parte alta de la localidad El Líbano, las pendientes son mayores y en la parte baja estas disminuyen, obteniéndose velocidades de 2.00 m/s y en algunas zonas las velocidades alcanzan los 0.01 m/s. Estos resultados son concordantes con los obtenidos en la investigación desarrollada por Hurtado (2018), quien determinó que en la parte baja de su modelamiento las velocidades varían entre 2.58 m/s a 0.47 m/s, y en la parte alta de mayores pendientes del terreno, las velocidades alcanzadas son de 6.61 m/s.

La figura 24, muestra los coeficientes de rugosidad del cauce, riberas de inundación y las áreas de la localidad el Líbano, donde se ha obtenido un coeficiente de Manning para el cauce de 0.073 por la presencia de vegetación, rocas, y el cambio brusco de curvatura, los valores de rugosidad tienen cierta similitud con los coeficientes determinados por Núñez (2017), quien determinó un coeficiente de 0.053 para el cauce y 0.050 para las riberas con presencia de árboles y arbustos.

4. En las figuras 25 y 26 se muestra las medidas estructurales planteadas de enrocados, las cuales se diseñaron a partir de los resultados obtenidos del modelamiento hidrológico e hidráulico, para un caudal de 130.26 m³/s, para un periodo de retorno de 200 años, con el cual se obtuvo un calado máximo de 1.70 m, para un ancho estable del cauce de 20.00 m; considerando un borde libre de 1.00 m, evidenciando que las medidas estructurales planteadas aguas arriba y aguas abajo permiten mitigar los efectos del desbordamiento del cauce. Para un caudal de 130.26 m³/s es necesario una altura de enrocado de 1.70, sin embargo se ha considerado un borde libre de 1.00 m, lo que evidencia que ante una crecida o máximas avenidas, el cauce del río no sufrirá desbordamiento; así mismo la altura máxima del talud de enrocado es de 2.70 m, altura que sobrepasa el tirante máximo alcanzado para un flujo no permanente en algunos tramos aguas arriba cuyo valor es de 2.61m ; lo que determina que el cauce no sufrirá desbordamiento ante una máxima avenida. En la figura 27 se muestra el modelamiento hidráulico con enrocados, donde se evidencia que las propuestas estructurales ayudan a mitigar los efectos de las avenidas máximas, puesto que el desbordamiento no afecta a las áreas adyacentes.

Las propuestas planteadas y los resultados obtenidos guardan correlación con lo indicado por Aparicio (2021), donde plantean como medidas de mitigación ejecutar 10.43 km de medidas estructurales de enrocados en los sectores donde hay desbordamiento del caudal del cauce, concluyendo que las medidas estructurales de enrocados ayudan a mitigar los efectos del desbordamiento de los cauces ante una máxima avenida.

En la tabla 16, se muestra las principales medidas para los enrocados aguas arriba y aguas abajo, donde se evidencia que aguas arriba la altura del dique es mucho mayor que aguas abajo, así mismo la socavación aguas arriba es mucho mayor que aguas abajo, por la pendiente del terreno, y el tipo de suelo presente en ambas márgenes. Estos resultados guardan relación con los obtenidos por Chapoñan (2019), el cual obtuvo resultados para las estructuras de enrocado determinando que el diámetro medio de la piedra es de 0.80 m, con una uña de 2.50 m.

En la tabla 17, se muestra el cálculo de los diámetros de roca según los diversos métodos establecidos en el Manual De Hidrología Y Drenaje del MTC, se evidencia que el diámetro aguas arriba por el tipo de terreno, es menor al de aguas abajo, existiendo una diferencia mínima, estos resultados guardan relación con los obtenidos por Chapoñan (2019), el cual determinó un diámetro medio de roca de 0.80 m, para un periodo de retorno de 200 años.

En la tabla 18, se muestra los límites de gradación de las rocas para los enrocados, según las recomendaciones establecidas por Simons - Senturk y el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de EEUU, donde muestra el tamaño máximo que debe estar por debajo de los porcentajes señalados, para tener una estructura estable ante una máxima avenida extraordinaria. Estos resultados guardan similitud con los obtenidos por Chapoñan (2019), cuyos diámetros de gradación para el enrocado calculados en su investigación son concordantes con los obtenidos en este estudio.

La figura 30 muestra el análisis granulométrico por tamizado de las calicatas N° 01 y N° 02, y el material de relleno, donde se evidencia que es concordante con el tipo de material encontrado, que tiene influencia en el tamaño del enrocado calculado. Los resultados obtenidos son concordantes con los obtenidos en el estudio realizado por Chapoñan (2019), el cual muestra una calicata N° 03 donde el material es granular, según las curvas obtenidas en el estudio.

VI.- CONCLUSIONES

1. El modelamiento hidrológico e hidráulico bidimensional, nos permitió determinar las zonas inundables de la quebrada Cristalina en la localidad El Líbano, Amazonas; determinándose mapas de inundación para un periodo de retorno de 200 años, con un área inundable en la localidad el Líbano de 10.77 ha, 49 viviendas afectadas, 531.86 m² infraestructura educativa afectada, 2, 914.06 m² de un campo deportivo afectado, 4.36 ha de tierras agrícolas afectadas aguas abajo, 1,828.65 m de la red vial vecinal y la red de alcantarillado. Mapas de inundación para un periodo de retorno de 100 años, con un área inundable de 8.59 ha, 29 viviendas afectadas, 222.61 m² de la infraestructura educativa afectada, 2, 914.06 m² de un campo deportivo afectado, 3.83 ha de tierras agrícolas, 995.64 m de la red vial vecinal y la red de alcantarillado. Mapas de inundación para un periodo de retorno de 500 años con un área inundable en la localidad el Líbano de 11.64 ha, 50 viviendas afectadas, 644.33 m² infraestructura educativa afectada, 2, 914.06 m² de un campo deportivo afectado, 6.78 ha de tierras agrícolas afectadas aguas abajo, 2,021.53 m de la red vial vecinal y la red de alcantarillado.
2. El modelamiento hidrológico precipitación - escorrentía, nos permitió diseñar los hidrogramas de las máximas avenidas de la quebrada Cristalina, El Líbano, Amazonas; obteniendo caudales máximos de 130.26 m³/s para un periodo de retorno de 200 años y un caudal máximo de 163.25 m³/s para un periodo de retorno de 500 años, con un tiempo de concentración o duración de lluvia de 100 minutos, la simulación hidrológica se realizó para un tiempo de 7 horas, con un tiempo de salida del flujo de cada 2 minutos.
3. El modelamiento hidráulico bidimensional de un flujo no permanente, nos permitió determinar las áreas inundables de la quebrada Cristalina, El Líbano, Amazonas, determinándose tirantes máximos aguas arriba según el modelamiento hidráulico de 2.61 m; por el estrecho del cauce en esta parte, sin embargo, aguas abajo los calados disminuyen de 0.90 a 2.56 m, en zonas con presencia de depresiones; las velocidades han alcanzado rangos de 8.44 m/s

a 4.22 m/s en la parte alta del cauce donde las pendientes son más pronunciadas y el cauce es estrecho; en la parte baja las velocidades varían de 4.22 ms a 0.01 m/s; siendo las velocidades bajas menos a 2.00 m/s en la zona de desbordamiento en la localidad El Líbano, esto es concordante con la pendiente del terreno.

4. Las medidas estructurales de enrocados nos permitieron mitigar los efectos del desbordamiento de las zonas inundables de la quebrada cristalina El Líbano, Amazonas, determinándose una estructura de enrocados aguas arriba con una altitud de talud de 2.70 m, con un tirante de 1.70 m, un borde libre de 1.00 y una uña de 2.80 m; y aguas abajo la estructura tiene una altura de talud de 2.60 m, con un tirante de 1.25 m, un borde libre de 1.35 m, con una uña de 2.50 m; superando los tirantes máximos calculados para un periodo de retorno de 200 años, lo que evidencia que con la construcción de enrocados se mitigaran los efectos ante una máxima avenida extraordinaria.

VII.- RECOMENDACIONES

1. Se recomienda la elaboración de un mapa de riesgos, donde se identifique el nivel de peligro según el mapa de inundaciones. Se recomienda, realizar un levantamiento topográfico de todas las áreas agrícolas adyacentes en la margen izquierda, con el objeto de poder identificar en su totalidad el área afectada por el desbordamiento del cauce.
2. Se recomienda la instalación de pluviógrafos en cada provincia de la Región Amazonas, que nos permita tener conocimiento de las precipitaciones extremas que se presentan, ya que ante la falta de la información se recurre al uso de las precipitaciones máximas en 24 horas, para realizar una simulación de la lluvia.
3. Se recomienda que, para realizar modelamientos hidráulicos, se deben de realizar un levantamiento topográfico con gran precisión, donde se realice el levantamiento con DRON, con el objeto de poder idealizar el cauce con una mayor precisión que nos permita tener conocimiento del comportamiento del flujo.
4. Se recomienda, que para poder diseñar los enrocados se debe de realizar un mayor número de calicatas que nos detallen el tipo de suelo con mayor precisión, y nos permita conocer con gran exactitud la socavación en todo el cauce de la localidad el Líbano.
5. Se recomienda la construcción de defensas ribereñas con enrocados en todo lo largo de la localidad el Líbano en ambas márgenes, que nos permitan mitigar las inundaciones a la localidad.

REFERENCIAS

- ALCÁNTARA BOZA, A. Y CASTRO TENORIO, A. Determinación de zonas inundables con HEC-RAS en zonas de la Cordillera Central de los Andes. Microcuenca del río Saraus-río La Llanga. Celendín. *Revista del Instituto de investigación de la Facultad de minas, metalurgia y ciencias geográficas de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos*. Diciembre, 2021, 24(48), 181 – 187. ISSN-L: 1561-0888.
- ALIAGA ARAUJO, S. V. *Hidrología Estadística*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 1985, 320 pp.
- ÁLVAREZ CHAVES, M. *Análisis de zonas inundables en la parte baja de la cuenca del río Parrita utilizando un modelo hidráulico bidimensional*. Tesis (Licenciatura en Ingeniería Civil). Costa Rica: Universidad De Costa Rica, Escuela de Ingeniería Civil, 2018.
- APARICIO MIJARES, F. J. *Fundamentos De Hidrología De Superficie*. México: Limusa, 1992. 19 pp. ISBN: 9681830148.
- APARICIO VÁSQUEZ, C. H. J. *Identificación de áreas inundables por máximas avenidas del río Las Quinuas en el centro poblado la Quispa*. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca, 2021.
- ARIAS CHACÓN, S. Distribución temporal de la lluvia de diseño obras hidráulicas para Costa Rica. En: *Congreso Latinoamericano De Hidráulica (28º: 2018: Buenos Aires)*.
- ARIAS, F. G. *El Proyecto de Investigación. Introducción a la metodología científica*. 6ª ed. Caracas: Episteme, 2012. 83 pp. ISBN: 9800785299.
- ARIAS GONZÁLES, J. L. *Técnicas e instrumentos de investigación científica*. Arequipa: Enfoques Consulting, 2020. ISBN: 9786124844409.

- ARRIOLA CARRASCO, G. G. , et al. Evaluación del riesgo de inundación empleando un sistema de información geográfica y modelamiento hidráulico aplicados al río la Leche Lambayeque. *REV. Epistemia*. Junio, 2022, 6(1), 60 – 73.
- BAENA PAZ, G. *Metodología de la investigación*. 3ª ed. México: Grupo Editorial Patria. 2017. ISBN: 9786077447481.
- BASILE, P. A., et al. Modelación hidrodinámica bidimensional del río Paraná inferior. *Aqua-LAC*. Septiembre, 2016, 8(2), 1 – 13.
- BERNAL TORRES, C. A. *Metodología de la investigación. Administración, economía, humanidades y ciencias sociales*. 3ª ed. Colombia: Pearson Educación, 2010. ISBN: 9789586991285.
- BLADÉ, E., et al. Iber: Herramienta de simulación numérica del flujo en ríos. *Revista internacional de métodos numéricos para cálculo y diseño en ingeniería*. Enero – Marzo, 2014, 30(1), 1 - 10.
- BLADÉ, E. *Modelación del flujo en lámina libre sobre cauces naturales. análisis integrado con esquemas en volúmenes finitos en una y dos dimensiones*. Tesis (Doctor en Ingeniería Civil). Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya, 2005.
- BREÑA PUYOL, A. F. Y JACOBO VILLA, M.A. *Principios y Fundamentos de la Hidrología Superficial*. México: Universidad Autónoma Metropolitana, 2006.
- CAICEDO TORO, M. D., et al. Estudio de características morfológicas de la cuenca “Cañitas” y su relación con el riesgo de inundaciones repentinas. *Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*. Marzo, 2021, 8(22), 1 - 18. ISSN: 2007-7890.
- CAMINO, M. A, et al. Estudio morfométrico de las cuencas de drenaje de la vertiente sur del sudeste de la provincia de Buenos Aires. *Revista Universitaria de Geografía*. Junio, 2018, 27(1), 1 - 19. ISSN: 1852-4265.

- CAMPOS ARANDA, D. F. *Procesos del Ciclo Hidrológico*. 3ª ed. México: Universitaria Potosina, 1998. ISBN: 9686194444.
- CAMPOS CEDEÑO, A., KONSTANTINOVICH SINICHENKO, E. y IGOREVICH GRITSUK, I. *Hidráulica e hidrología para ingeniería*. Moscú: Universidad de la Amistad de los Pueblos de Rusia, 2016. ISBN: 9785209072362.
- CAÑIBANO, A., SASTRE, P. y D'ANDREA, R. E. Área y perímetro para la caracterización de formas. *SUMA: Revista sobre Enseñanza y Aprendizaje de las Matemáticas*. Noviembre, 2016, 83, 25 - 32. ISSN 1130-488X.
- CARDENAS AYALA, A. Instrumentos de recolección de datos a través de los estadígrafos de deformación y apuntamiento. *Horizonte de la Ciencia*. Marzo - Julio, 2013, 3(4), 79 – 88. ISSN: 2304-4330.
- CARVAJAL, L. F. y ROLDÁN, E. Calibración del modelo lluvia-escorrentía. Aplicación: Cuenca del río Aburrá. *Dyna*. Julio, 2007, 74(152), 73 - 87. ISSN: 0012-7353.
- CARTAYA, S. y MANTUANO-EDUARTE, R. Identificación de zonas en riesgo de inundación mediante la simulación hidráulica en un segmento del Río Pescadillo, Manabí, Ecuador. *Revista de Investigación*. Septiembre – Diciembre, 2016, 40(89), 158 - 170. ISSN: 1010-2914.
- CASTILLO GARCÍA, C. L., ABREU FRANCO, D. E. y ÁLVAREZ GONZÁLEZ, M. Evaluación de distintas fórmulas empíricas para el cálculo del tiempo de concentración en la cuenca urbana del río Bélico y Cubanicay, ciudad de Santa Clara. *Enfoque UTE*. Julio - septiembre, 2021, 12(3), 51 – 64. ISSN: 1390-9363.
- CHAPOÑAN TINEO, J. J. *Modelamiento hidráulico para el diseño de defensa ribereña en el río Rímac, sector Batasol, distrito de Lurigancho-Chosica, Lima, 2019*. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Lima: Universidad César Vallejo, 2019.

- CHÁVEZ, M. E. B. Patrón de distribución temporal de la lluvia en la estación aeropuerto de Managua, período 2002-2016. *Nexo Revista Científica*. Diciembre, 2021, 34(06), 1599 - 1610. ISSN: 1995-9516.
- CHEREQUE MORÁN, W. *Hidrología Para Estudiantes De Ingeniería Civil*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2010.
- CHOW, V., MAIDMENT, D. R., MAYS, L. W. *Hidrología Aplicada*. Santa Fe De Bogotá: McGraw-Hill Latinoamericana S.A., 1994. ISBN: 9586001717.
- CRESWELL, J. W. *Diseño De Investigación. Enfoques cualitativos, cuantitativo y con métodos mixtos*. 3ª ed. Los Ángeles: Universidad de Nebraska, Lincoln, 2009.
- CENTRO de Operaciones de Emergencia Nacional (COEN). *Inundación en la provincia de Rodríguez de Mendoza – Amazonas. INFORME DE EMERGENCIA N° 756 - 14/5/2022 / COEN – INDECI. 2022*.
- DENMAN, C. A. y HARO. J. A. *Antología de métodos cualitativos en la investigación social*. México: El Colegio de Sonora, 2000. ISBN: 9686755322.
- DENZIN, N. K. Y LINCOLN, Y. S. *Método de recolección y análisis de datos*. Barcelona: Gedisa, 2015. ISBN: 9788418193569.
- FARFÁN, F., et al. Caracterización y Red de Drenaje de la Subcuenca del Río Tintin, PN. Los Cardones, Salta. *Universidad Nacional de Salta – Ciencia*. Mayo, 2010, 5(16), 7 - 21.
- FATTORELLI, S. Y FERNÁNDEZ, P. C. *Diseño Hidrológico*. 2ª ed. Zaragoza: Water Assessment & Advisory Global Network, 2011. ISBN: 9789870527382.
- GÁMEZ MORALES, W. R. *Texto básico de hidrología*. Managua: Universidad Nacional Agraria, 2010. ISBN : 9789992410097.

- GARCÍA GARCÍA, J. N., SALINAS, N. F. y BLANDÓN CHAVARRÍA, L. C. Parámetros morfométricos de la unidad hidrológica 69-95259905 Masaya, Nicaragua; como primera etapa en la caracterización hidrológica. *Revista Científica de FAREM-Estelí*. Abril – junio, 2021, 10(38), 230 - 244. ISSN: 2305-5790.
- GARCÍA TOCTO, D. Y. *Modelado Hidráulico del Río Amojú Aplicando el Software Iber Para Zonificar Áreas Inundables en la Ciudad de Jaén, Perú*. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Jaén: Universidad Nacional de Jaén, 2019.
- GARCÍA, U. P. *Inundaciones, uno de los desastres naturales más mortíferos*. Meteored. [en línea]. Junio, 2019.
<https://www.tiempo.com/noticias/actualidad/inundacion-problema-en-todo-el-mundo.html>
- GASPARI, F. J., et al. *Elementos metodológicos para el manejo de cuencas hidrográficas*. La Plata : Universidad Nacional de La Plata, 2013. ISBN: 9789503409633.
- GIRALDO, C. Desborde de ríos Tumbes y La Leche dejó varias hectáreas inundadas y afectó a cientos de viviendas. *Infobae*, Perú, 09 marzo 2023.
- GOBIERNO Regional Amazonas (GRA). *Plan de Contingencia Regional ante Lluvias Intensas 2020- 2022*. Oficina Regional de Defensa Nacional y Gestión del Riesgos de Desastres. 2020.
- GONZÁLEZ DE MATAUCO, A. B. Análisis morfométrico de la cuenca y de la red de drenaje del río Zadorra y sus afluentes aplicados a la peligrosidad de crecidas. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*. Julio, 2004, (38), 311 – 330. ISSN 0212-9426, ISSN-e 2605-3322.
- GUZMÁN, A. C., et al. Análisis de la variabilidad geoespacial de la fragilidad morfométrica en la cuenca alta del Río Sauce Chico, Argentina. *Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata*. Junio, 2021, 120(1), 1 – 18. ISSN: 1669-9513.

- GUTIÉRREZ CAIZA, C. *Hidrología básica aplicada*. Quito: Abya-Yala, 2014. ISBN: 9789978101698.
- GUTIÉRREZ GARCÍA, J. V., et al. Modelación hidráulica en Iber para prevención de inundaciones en la cuenca Tesechoacán. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*. Mayo – Junio, 2022, 13(71), 159 – 181. ISSN: 2007-1132.
- GUERRA, F. y GONZÁLEZ, J. Caracterización morfométrica de la cuenca de la quebrada la Bermeja, San Cristóbal, Estado Táchira, Venezuela. *Geoenseñanza*. 2002, 7 (1-2), 88 - 108. ISSN: 1316-6077
- HERNÁNDEZ, R., FERNÁNDEZ, C. Y BAPTISTA, P. (2014). *Metodología de la investigación*. 6ª ed. Mexico: McGrwall Hill Education. ISBN: 9781456223960.
- HERNÁNDEZ-URIBE, R. E., BARRIOS-PIÑA, H. Y RAMÍREZ, A. I. Análisis de riesgo por inundación: metodología y aplicación a la cuenca Atemajac. *Tecnología y Ciencias del Agua*. Mayo – junio, 2017, 8(3), 5 - 25. ISSN: 2007-2422.
- HUAMÁN VIDAURRE, J. F. Y RODRÍGUEZ CRUZADO, S. R. Hietograma e hidrograma unitario de tormentas de la microcuenca Tres Ríos. Cajamarca. *Caxamarca*. Septiembre, 2019, 18(2), 13 - 18.
- HURTADO MENA, E. P. *Modelamiento hidráulico bidimensional del río Rímac en el sector Huachipa, tramo km.27+450 al km.28+525*. Tesis (Título de Ingeniero Agrícola). Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina, 2018.
- ÍÑIGUEZ COVARRUBIA, M., et al. Análisis metodológico de la distribución espacial de la precipitación y la estimación media diaria. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. Enero - febrero, 2011, 2(1), 57 – 69. ISSN: 2007-0934.
- KUEHL, R. O. Diseño de experimentos. *Principios estadísticos de diseño y análisis de investigación*. 2ª ed. México: Thomson Learning, 2001. ISBN: 9706860487.

- LERMA GONZÁLEZ, H. D. *Metodología de la investigación: propuesta, anteproyecto y proyecto*. 4ª ed. Bogotá: Ecoe Ediciones, 2009. ISBN: 9789586486026.
- LOZADA, J. Investigación aplicada: Definición, propiedad intelectual e industria. *CienciAmérica: Revista de divulgación científica de la Universidad Tecnológica Indoamérica*. Diciembre, 2014, 3(1), 47 - 50. ISSN: 1390-9592.
- MEJÍA MARCACUZCO, J. A. *Hidrología aplicada*. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina, 2006.
- MONSALVE SÁENZ, G. *Hidrología en la ingeniería*. 2ª ed. México: Alfaomega Grupo Editores, 1999. ISBN: 9701504046.
- NAVAS MUÑOZ, M. J., et al. Evaluación de modelos hidráulicos unidimensionales y bidimensionales para la generación de mapas de inundaciones en un río de montaña. *AlfaPublicaciones*. Enero – marzo, 2022, 4(1), 163 – 182. ISSN: 2773-7330
- NICOMEDES TEODORO, E. N. Tipos de investigación. *Universidad Santo Domingo de Guzmán*. Junio, 2018. 1 - 4.
- NÚÑEZ SILVA, J. I. *Identificación de zonas urbanas propensas a riesgos por inundación ante máximas avenidas del río Utcubamba en el centro poblado Naranjitos, Amazonas*. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Jaén: Universidad Nacional de Cajamarca, 2017.
- ÑAUPAS PAITÁN, H., et al. *Metodología de la investigación Cuantitativa – Cualitativa y Redacción de la Tesis*. 5ª ed. Bogotá: Ediciones de la U, 2018. ISBN: 9789587628760.
- ORTIZ VERA, O. Similitud hidráulica de sistemas hidrológicos altoandinos y transferencia de información hidrometeorológica. *Tecnología Y Ciencias Del Agua*. Julio - agosto, 2015, 6(4), 25 - 44. ISSN 0187 - 8336.

- PEERSMAN, G. Sinopsis: Métodos de recolección y análisis de datos en la evaluación de Impacto. *Centro de Investigaciones de UNICEF, Síntesis metodológica*. Septiembre, 2014, 10, 1 – 19.
- RAMÍREZ-GRANADOS, P., et al. Morfometría de la subcuenca hidrográfica del río Páez, Cartago, Costa Rica. *Revista Geográfica de América Central*. Julio-diciembre, 2021, 67(2), 147 – 168. ISSN: 1011-484X.
- RAY K. LINSLEY, R. K. J. R., KOHLER, M.A. Y PAULUS, J. L. H. *Hidrología para ingenieros*. 2^{da} ed. Cali: McGraw-Hill Latinoamericana S.A., 1977. ISBN: 007090148
- RAMOS TAIPE, C. L. *Métodos de análisis en recursos hídricos aplicando HEC HMS y HEC RAS*. Lima: Universidad Nacional Agraria la Molina, 2012. ISBN: 9786124147029.
- RESOLUCIÓN DIRECTORAL N° 20-2011-MTC/14 (MTC). Manual de hidrología, hidráulica y drenaje. *Diario Oficial El Peruano*, Lima, Perú, 12 de septiembre del 2011.
- RESOLUCIÓN DE CONSEJO UNIVERSITARIO N° 0126-2017/UCV (UCV). Código De Ética En Investigación De La Universidad César Vallejo. Universidad César Vallejo, Trujillo, Perú, 23 de mayo de 2017.
- SÁNCHEZ FLORES, F. A. Fundamentos Epistémicos de la Investigación Cualitativa y Cuantitativa: Consensos y Disensos. *Revista Digital de Investigación en Docencia Universitaria*. Junio, 2019, 13(1), 102 - 122. ISSN: 2223-2516. DOI: <https://doi.org/10.19083/ridu.2019.644>.
- SANTOS PRECIADO, M. J. *Sistemas de información geográfica*. Madrid: Editorial UNED, 2020. ISBN: 9788436276169.
- SARDON, H., LAVADO-CASIMIRO, W. Y FELIPE, O. *Inventario de datos de eventos de inundaciones del Perú*. Estudio Final. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú –SENAMHI. 2022.

- SERVICIO Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI). *Nuevo mapa del SENAMHI permite conocer zonas inundables en el Perú*. Ministerio del Ambiente. 2018.
- SMICHOWSKI, H. Y CONTRERAS, F. I. Análisis morfométrico de la cuenca río Santa Lucía (Corrientes, Argentina). *Revista Geográfica de América Central*. Enero – junio, 2023, 1(70), 297 – 320. ISSN: 1011-484X.
- SWAMI MARCONDES, V. Y ARTHUR, M. *Hidrología Aplicada*. Sao Paulo: McGraw-Hill Latinoamericana S.A., 1975.
- TAMAYO, M. *El proceso de la investigación científica incluye evaluación y administración de proyectos de investigación*. 4ª ed. México: Limusa, S.A., 2003. ISBN: 9681858727
- VARGAS CORDERO, Z. R. La investigación aplicada: Una forma de conocer las realidades con evidencia Científica. *Revista Educación*. 2009, 33 (1), 155-165. ISSN: 0379-7082
- VARGAS-GARAY, L., TORRES GOYENECHÉ, O. D. Y CARRILLO-SOTO, G. A. Evaluación del modelo de hidrograma unitario SCS en la determinación de caudales máximos en cuencas de Norte de Santander. *Respuestas*. 2019, 24(1), 6 – 13. ISSN: 0122-820X.
- VÁSCONEZ, M., et al. *Cuencas Hidrográficas*. Quito: Abya-Yala, 2019. ISBN: 9789978103807.
- VENTURA-LEÓN, J. L. ¿Población o muestra?: Una diferencia necesaria. *Revista Cubana de Salud Pública*. Octubre – diciembre, 2017, 43(4), 648 – 649. ISSN: 0864-3466.
- VILLAZÓN GÓMEZ, J. A., NORIS NORIS, P. Y MARTÍN GUTIÉRREZ, G. Determinación de la precipitación efectiva en áreas agropecuarias de la provincia de Holguín. *IDESIA (Chile)*. Junio, 2021. 39(2), 85 – 90. ISSN: 0718-3429.

VILLON BEJAR, M. *Hidrología*. 3ª ed. Lima: Editorial Villon, 2011.

VILLON BEJAR, M. *Hidrología Estadística*. 3ª ed. Lima: Editorial Villon, 2011.

VIRAMONTES-OLIVAS, O. A., et al. Morfometría de la cuenca del río San Pedro, Conchos, Chihuahua. *Tecnociencia Chihuahua*. Septiembre – Diciembre. 2007, 1(3), 21 - 31. ISSN: 2683-3360.

YNOUB, R. *Cuestión De Método. Aportes para una metodología crítica*. México: CENGAGE Learning. 2015. ISBN: 9789871954483.

YUNI, J. A. y Ariel Urbano, C. *Técnicas para Investigar Recursos Metodológicos para la Preparación de Proyectos de Investigación*. 2ª ed. Córdoba: Editorial Brujas, 2014. ISBN: 9789875915480.

ANEXOS

ANEXO 1: Matriz de Consistencia

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variable	Dimensiones	Indicadores	Metodología
Título: Modelamiento hidrológico e hidráulico bidimensional para la identificación de zonas inundables de la quebrada Cristalina el Líbano, Amazonas, 2023						
<p>Problema general ¿Como el modelamiento hidrológico e hidráulico bidimensional nos permite determinar las zonas inundables de la quebrada Cristalina en la localidad El Líbano, Amazonas?</p>	<p>Objetivo Principal Realizar un modelamiento hidrológico e hidráulico bidimensional para determinar las zonas inundables de la quebrada Cristalina en la localidad El Líbano, Amazonas.</p>	<p>Hipótesis Principal El modelamiento hidrológico e hidráulico bidimensional nos permite determinar las zonas inundables de la quebrada Cristalina en la localidad El Líbano, Amazonas.</p>			<p>Precipitación (mm)</p> <p>Intensidad (mm/h)</p> <p>Caudal (m³/s)</p> <p>Coeficiente de rugosidad Manning</p> <p>Velocidad (m/s)</p>	<p>Enfoque de investigación: Cuantitativa</p> <p>Tipo de investigación: Aplicada</p> <p>El diseño de la investigación: Experimental Puro</p>
<p>Problemas Específicos</p> <p>¿El modelamiento hidrológico precipitación - escorrentía, nos permite diseñar los hidrogramas de las máximas avenidas de la quebrada Cristalina, El Líbano, Amazonas?</p> <p>¿El modelamiento hidráulico bidimensional de un flujo no permanente nos permitirá determinar las áreas inundables de la quebrada Cristalina, El Líbano, Amazonas?</p> <p>¿Las medidas estructurales de enrocados permiten mitigar los efectos del desbordamiento de las zonas inundables de la quebrada cristalina El Líbano, Amazonas?</p>	<p>Objetivos Específicos</p> <p>Desarrollar un modelamiento hidrológico precipitación - escorrentía, que nos permita diseñar los hidrogramas de las máximas avenidas de la quebrada Cristalina, El Líbano, Amazonas.</p> <p>Desarrollar un modelamiento hidráulico bidimensional de un flujo no permanente para determinar las áreas inundables de la quebrada Cristalina, El Líbano, Amazonas.</p> <p>Plantear medidas estructurales de enrocados que permitan mitigar los efectos del desbordamiento de las zonas inundables de la quebrada cristalina El Líbano, Amazonas.</p>	<p>Hipótesis Específicas</p> <p>El desarrollo de un modelamiento hidrológico precipitación - escorrentía, nos permite diseñar los hidrogramas de las máximas avenidas de la quebrada Cristalina, El Líbano, Amazonas.</p> <p>Con un modelamiento hidráulico bidimensional de un flujo no permanente determinamos las áreas inundables de la quebrada Cristalina, El Líbano, Amazonas.</p> <p>Las medidas estructurales de enrocados mitigan en gran medida los efectos del desbordamiento de las zonas inundables de la quebrada cristalina El Líbano, Amazonas.</p>	<p>Variable independiente Modelamiento Hidráulico Bidimensional</p> <p>Variable dependiente Zonas inundables</p>	<p>Modelo hidrológico precipitación – escorrentía</p> <p>Modelo hidráulico bidimensional con Iber</p> <p>Mapa de Inundaciones</p> <p>Defensas ribereñas con enrocados</p>	<p>Tirante de agua (m)</p> <p>Área inundable (ha)</p> <p>Viviendas e infraestructuras afectadas</p> <p>Talud de enrocado (m)</p> <p>Uña de enrocado (m)</p> <p>Diámetro medio de roca (m)</p>	<p>Población: Toda la franja en riesgo de inundación de la quebrada Cristalina</p> <p>Muestra: Sector de la Quebrada Cristalina a lo largo de la localidad el Líbano</p> <p>Unidad de análisis: Comportamiento del flujo en dos direcciones</p>

ANEXO 2: Panel fotográfico

Panel fotográfico de la quebrada Cristalina



Foto 1: Vista de aguas arriba de la quebrada Cristalina.



Foto 2: Vista de aguas arriba de la quebrada Cristalina.



Foto 3: Vista de aguas abajo de la quebrada Cristalina.

PANEL FOTOGRÁFICO DE EXTRACCIÓN DE CALICATAS



Foto 4: Vista de extracción de material calicata N° 01 aguas arriba de la quebrada Cristalina



Foto 5: Vista de extracción de material calicata N° 01 aguas arriba de la quebrada Cristalina



Foto 6: Calicata N° 02 aguas abajo de la quebrada Cristalina



Foto 7: Vista de extracción de material calicata N° 02 aguas abajo de la quebrada Cristalina



Foto 8: Calicata N° 02 aguas abajo de la quebrada Cristalina



Foto 9: Extracción de muestras de roca de la quebrada Cristalina.



Foto 10: Muestra de material granular para rellenos

PANEL FOTOGRÁFICO DE ENSAYOS DE LABORATORIO



Foto 11: Extracción de contenido de humedad de calicatas quebrada Cristalina.



Foto 12: Vista del horno eléctrico laboratorio de suelos MTC



Foto 13: Pesaje de las muestras para calcular el contenido de humedad



Foto 14: Determinación del peso de las muestras C-01 y C-02 para el contenido de humedad



Foto 15: Colocación del material de las muestras al horno eléctrico, laboratorio de suelos MTC



Foto 16: Ensayo densidad natural del suelo calicata N° 02 - laboratorio de suelos MTC.



Foto 17: Ensayo densidad natural del suelo Calicata N° 02 – peso de la muestra húmeda.



Foto 18: Ensayo densidad Natural del suelo Calicata N° 02 – Muestra sumergida



Foto 19: Análisis granulométrico por tamizado calicata N° 02.



Foto 20: Análisis granulométrico por tamizado calicata N° 01.



Foto 21: Peso de la muestra retenidas en las mallas en los ensayos granulométricos.



Foto 22: Preparación de la muestra para ensayo de corte directo.



Foto 23: Preparación de la muestra para ensayo de corte directo.



Foto 24: Ensayo de corte directo calicata N° 01.



Foto 25: Ensayo de corte directo calicata N° 02.



Foto 26: Muestra de ensayo de corte directo calicata N° 01 y N° 02

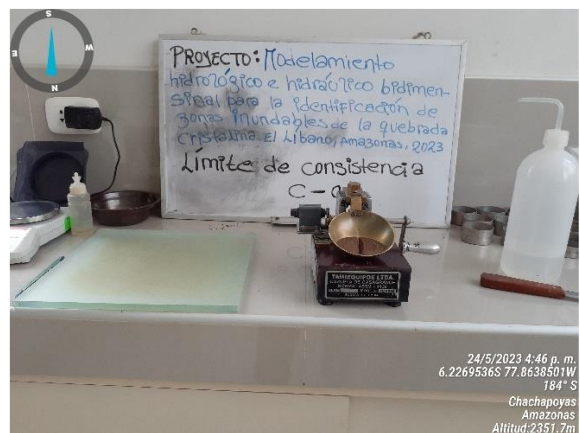


Foto 27: Análisis de consistencia calicatas N° 01 y N° 02.



Foto 28: Ensayo granulométrico por tamizado del material granular



Foto 29: Ensayo granulométrico por tamizado del material granular



Foto 30: Ensayo de abrasión de muestra de la roca.



Foto 31: Ensayos de abrasión de la roca – roca para enrocados

PANEL FOTOGRAFICO DE LA LOCALIDAD EL LIBANO Y CAUCE DE LA QUEBRADA CRISTALINA



Foto 32: Zona Institución Educativa el Líbano con riesgo a inundación



Foto 33: Institución Educativa inicial con riesgo de inundación



Foto 34: Losa deportiva en riesgo de inundación en la localidad el Líbano



Foto 35: Viviendas en riesgo de inundación localidad el Líbano



Foto 36: Institución educativa en riesgo de inundación



Foto 37: Vista de zona de plaza de armas en riesgo de inundación



Foto 38: Infraestructura vial en la localidad el Líbano en riesgo de inundación



Foto 39: Infraestructura vial en riesgo de inundación localidad el Líbano



Foto 40: Campo deportivo en riesgo de inundación



Foto 41: Cauce de la quebrada Cristalina con una rugosidad de 0.073

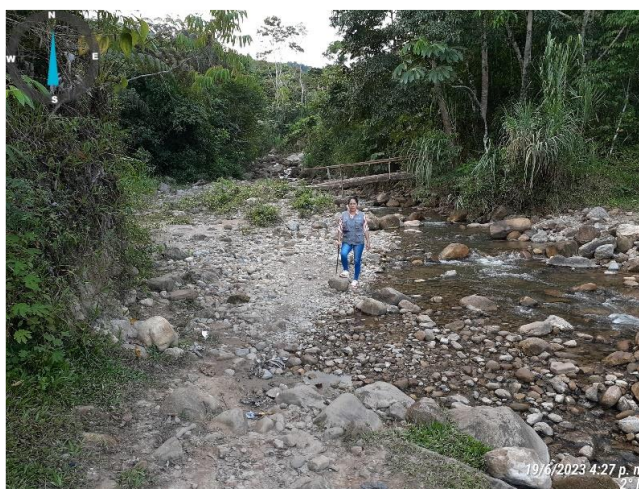


Foto 42: Cauce aguas debajo de la quebrada Cristalina



Foto 43: Cauce de la quebrada Cristalina aguas arriba



Foto 44: Margen aguas arriba del cauce de la quebrada Cristalina

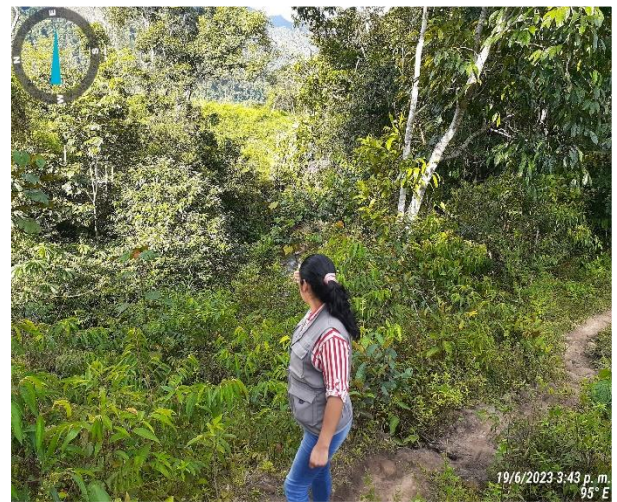


Foto 45: Vista de áreas agrícolas en riesgo de inundación



Foto 46: Cauce de la quebrada Cristalina aguas arriba



Foto 47: Áreas agrícolas aguas abajo con riesgo a inundación



Foto 48: Áreas con invernadas en riesgo de inundación



Foto 49: Vista de baden de entrada localidad el Líbano, quebrada Cristalina



Foto 50: Levantamiento topográfico localidad el Líbano



Foto 51: Levantamiento topográfico del cauce de la quebrada aguas abajo



Foto 52: Levantamiento topográfico de las áreas agrícolas y vías de acceso

ANEXO 03: Parámetros geomorfológicos de una cuenca

Tabla 1

Clasificación de cuencas por superficie.

Tamaño de la cuenca (km²)	Descripción
Menos de 25	Muy Pequeña
25 a 250	Pequeña
250 a 500	Intermedia pequeña
500 a 2500	Intermedia grande
2500 a 5000	Grande
5000 a mas	Muy Grande

Tabla 2*Formas de la Cuenca en relación al coeficiente de compacidad.*

Índice Cg	Forma de la cuenca	Características de la Cuenca
1.00 - 1.25	Compacta o redonda a oval redonda.	Cuenca torrencial peligrosa.
1.26 - 1.50	Oval redonda a oval oblonga.	Presenta peligros torrenciales, pero no iguales a la anterior.
1.51 - 1.75	Oval oblonga a rectangular oblonga.	Son las cuencas que tienen menos torrencialidad.

Tabla 3*Valores interpretativos del factor de forma.*

Valorizaciones aproximadas	Forma de la cuenca
< 0.22	Muy alargada
0.22 – 0.30	Alargada
0.30 – 0.37	Ligeramente alargada
0.37 – 0.45	Ni alargada ni ensanchada
0.45 – 0.60	Ligeramente ensanchada
0.60 – 0.80	Ensanchada
0.80 – 1.20	Muy ensanchada
>1.20	Rodeando el desagüe

Tabla 4*Clasificación de la cuenca por pendiente.*

Pendiente (%)	Tipo de terreno
0 - 2	Plano
2 - 5	Suave
5 - 10	Accidentado medio
10 - 15	Accidentado
15 - 25	Fuertemente accidentado
25 - 50	Escarpado
>50	Muy escarpado

Tabla 5*Clases de valores de masividad.*

Rangos de T	Clases de masividad
0-35	Muy Montañosa
35-70	Montañosa
70-105	Moderadamente montañosa

Tabla 6*Valores máximos recomendados de riesgo admisible de obras de drenaje.*

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

Nota: (*) - Para obtención de la luz y nivel de aguas máximas extraordinarias.
 - Se recomienda un período de retorno T de 500 años para el cálculo de socavación.

(**) - **Vida Útil considerado (n)**

- Vida Útil considerado $n=25$ años.
- Se tendrá en cuenta, la importancia y la vida útil de la obra a diseñarse.
- El Propietario de una Obra es el que define el riesgo admisible de falla y la vida útil de las obras.

Tabla 7

Valores de Período de Retorno T (Años).

RIESGO ADMISIBLE	VIDA ÚTIL DE LAS OBRAS (n años)									
	R	1	2	3	5	10	20	25	50	100
0,01	100	199	299	498	995	1990	2488	4975	9950	19900
0,02	50	99	149	248	495	990	1238	2475	4950	9900
0,05	20	39	59	98	195	390	488	975	1950	3900
0,10	10	19	29	48	95	190	238	475	950	1899
0,20	5	10	14	23	45	90	113	225	449	897
0,25	4	7	11	18	35	70	87	174	348	695
0,50	2	3	5	8	15	29	37	73	154	289
0,75	1,3	2	2,7	4,1	7,7	15	18	37	73	144
0,99	1	1,11	1,27	1,66	2,7	5	5,9	11	22	44

ANEXO 04: Modelamiento hidrológico

Figura 1

Información precipitaciones máximas diarias

TESISTA DALIA LUNA VASQUEZ Recibidos x

Luis Felipe Gamarra Chávarry (UACGD) <lgamarra@senamhi.gob.pe>
para mí, Tania, Milagros, Carmen

lun, 5 Jun, 14:13

TESISTA DALIA LUNA VASQUEZ:


Reciba el cordial saludo del SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ - SENAMHI, a fin de remitirle los datos disponibles de las estaciones, comprendidas en el expediente N° 4339, escala MENSUAL, periodo (2000 - 2023); cabe indicar que **bajo la modalidad de servicio gratuito es por única vez**. A la espera de su confirmación en cuanto a la recepción del presente y hacerle recordar que una vez concluida y aprobada su TESIS/INVESTIGACIÓN hacer llegar un ejemplar para nuestra biblioteca especializada, saludos.

Cabe indicar que de acuerdo a los procedimientos establecidos en la Directiva N° 003-2016-SENAMHI-SG-OPP-UM, para la atención a estudiantes, tesis y investigadores bajo la modalidad de servicio gratuito, dichos usuarios firman una DECLARACIÓN JURADA, que tiene un firme compromiso LEGAL de entregar un ejemplar de su tesis para nuestra biblioteca. En ese sentido la Srta. Carmen Sulca (csulca@senamhi.gob.pe), estará atenta al cumplimiento de dicho acuerdo, saludos.

Expediente: 4339

No se dispone de datos de PRECIPITACIÓN para la estación BALSAS por ser una estación hidrológica

NOTA: Se envía solo lo disponible.

 **Luis Felipe Gamarra Chavarry**
DIRECTOR DE PLANEAMIENTO, COORDINACION Y CONTROL
GERENCIA GENERAL
SENAMHI - PERÚ

D: Jr. Cahuiide 785, Jesús María - Lima
T: 01 6141414 Anexo -
C: -
E: lgamarra@senamhi.gob.pe
W: www.senamhi.gob.pe

SENAMHI es una institución responsable con el medio ambiente. Le pedimos no imprimir este correo a menos que sea absolutamente necesario. Reduzca - Reuse - Recicle

Nota: La figura muestra la solicitud mediante comunicación electrónica al SENHAMI para la obtención de información pluviométrica

Tabla 8*Precipitación máxima en 24 horas estación Jazan***DIRECCION ZONAL 2 SENAMHI LAMBAYEQUE**

ESTACION: JAZAN

LAT.: 05° 56' 41,8"

DPTO: AMAZONAS

LONG. 77° 58' 32,5"

PROV: BONGARA

CATEGORIA: " CO"

ALT.: 1,385 msn

DIST.: JAZAN

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1997	S/D	S/D	S/D	S/D	7.00	8.50	13.30	10.50	20.80	10.70	53.00	23.50
1998	33.60	22.50	31.40	37.80	20.00	34.40	9.90	26.50	11.10	25.20	20.10	5.60
1999	24.70	26.70	20.30	14.90	30.30	23.00	8.50	27.10	28.80	18.80	2.30	18.70
2000	18.4	14.6	27.1	22.0	SD	20.9	12.4	SD	39.0	14.0	5.9	36.9
2001	3.2	SD	21.0	40.6	15.1	15.0	19.5	8.0	17.6	26.8	9.6	SD
2002	8.3	SD	SD	SD	SD	SD	18.2	10.6	21.4	24.3	30.1	31.7
2003	21.3	24.4	16.3	14.1	33.8	42.1	13.1	8.9	12.5	21.0	15.5	39.7
2004	3.2	39.6	22.6	22.6	17.2	20.8	26.8	11.1	12.6	21.5	8.4	44.0
2005	11.5	22.5	35.6	47.3	9.4	12.0	16.1	11.3	5.9	15.7	19.0	9.9
2006	15.6	15.5	20.5	18.0	4.4	21.5	18.7	13.3	SD	18.0	26.3	17.1
2007	10.2	14.2	23.7	16.0	17.3	7.5	11.0	7.5	8.5	16.4	36.3	30.4
2008	17.5	29.8	20.9	6.5	15.6	19.8	18.3	9.4	21.3	19.5	22.6	22.6
2009	38.7	9.5	31.5	17.0	13.5	26.9	14.7	20.4	8.4	20.6	10.9	7.5
2010	1.4	28.0	15.4	24.8	23.5	19.8	16.5	24.5	24.2	16.2	8.4	22.4
2011	20.2	9.5	22.2	19.6	36.3	8.7	13.4	8.7	22.8	11.6	25.5	17.9
2012	14.1	10.4	37.4	42.0	18.7	15.4	7.0	2.8	20.9	22.8	12.0	12.3
2013	45.8	12.7	38.7	21.6	16.4	12.3	3.5	18.2	20.3	17.5	13.0	12.1
2014	46.9	10.0	23.7	30.8	25.6	24.3	28.9	11.5	25.8	23.7	29.3	44.1
2015	60.4	44.8	32.0	31.5	19.4	8.3	14.1	17.4	14.4	20.0	21.0	45.0
2016	2.4	33.3	32.2	24.4	20.4	13.0	6.4	23.7	7.7	19.5	11.7	10.0
2017	22.6	35.2	18.0	9.4	29.0	41.2	9.2	16.0	16.5	32.0	20.3	13.4
2018	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	12.8	16.3	30.5	21.9
2019	28.5	19.9	11.9	26.9	16.4	17.0	24.9	8.7	18.9	29.3	9.6	24.6
2020	19.6	31.3	14.9	18.6	34.3	17.8	18.5	7.4	28.8	16.5	23.9	15.9
2021	19.3	21.1	23.3	28.7	16.5	15.2	16.3	13.0	14.8	26.8	18.8	11.1
2022	12.3	11.3	42.4	22.8	72.6	15.7	15.1	29.3	14.2	10.9	21.2	12.7
2023	12.9	16.7	53.4	23.3	23.2							
MEDIA	20.50	21.89	26.52	24.22	22.33	19.21	14.97	14.41	18.00	19.83	19.43	22.04
MÁXIMA	60.40	44.80	53.40	47.30	72.60	42.10	28.90	29.30	39.00	32.00	53.00	45.00
MÍNIMA	1.40	9.50	11.90	6.50	4.40	7.50	3.50	2.80	5.90	10.70	2.30	5.60
DESV. EST.	14.93	10.28	9.96	10.17	13.52	9.41	6.15	7.33	7.77	5.49	11.00	12.15

Nota: La tabla muestra los datos de precipitación máxima en 24 horas proporcionado por SENHAMI

Tabla 9

Cálculo del hidrograma unitario sintético del SCS para la cuenca Líbano

Hidrograma Unitario	Parámetros	Resultados
	Tiempo de Concentración de la Cuenca:	1.65 horas
	Tiempo de retardo de la Cuenca:	0.99 horas
	Duración de la lluvia	1.65 horas
	Tiempo de Recesión de la cuenca	3.04 horas
	Tiempo de Pico	1.82 horas

Tabla 10

Determinación del número adimensional de curvas (CN) para la cuenca Líbano

Parámetros	Dimensión
CN (II) – Condiciones normales	77.39
CNI (III) - Condiciones Húmedas	88.73
CN (II) - Ajuste de Numero de Curva por pendiente	80.70
CN (III) - Ajuste de Numero de Curva por pendiente	90.58

Tabla 11*Cálculo del número de curva de la cuenca Líbano*

ÍTEM	ÁREA	TIPO DE SUELO	ZEE	USO DE SUELO	GRUPO HIDR.	CN	
1	7.70		Zona de protección por pendiente y suelo con cobertura boscosa	Sin uso productivo	C	77	
2	0.29		Zona de protección por pendiente y suelo con cobertura boscosa	Frente productivo de predominio de agricultura diversificada	C	88	
3	0.18		Zona de protección por pendiente y suelo con cobertura boscosa	Frente productivo de predominio de agricultura diversificada	C	78	
4	0.19	Leptosol dístico - Cambisol dístico - Regosol dístico	Zona de protección por pendiente y suelo con cobertura boscosa	Frente productivo de predominio de agricultura diversificada	C	78	
5	0.23		Zona de recuperación de tierras de protección - Asociados con cultivos permanentes de calidad agrológica baja con limitaciones por pendiente y suelos	Frente productivo de predominio de agricultura diversificada	C	78	
6	1.13		Zona para producción forestal con potencial maderero bajo - Asociados con tierras para cultivos permanentes de calidad agrológica baja con limitaciones por pendiente y suelo	Sin uso productivo	C	77	
TOTAL	9.72					CN PONDERADOS	77.39

Tabla 12

Cálculo de las Curvas IDF Modelo de Dick Peschke

Duración (Minutos)	Precipitación en 24 horas (mm)								
	69.74	90.72	106.49	128.68	146.91	166.63	187.99	219.01	244.46
	Periodo de Retorno (Años)								
	2	5	10	25	50	100	200	500	1000
Precipitación (mm)									
5	16.93	22.02	25.85	31.24	35.66	40.45	45.63	53.16	59.34
10	20.13	26.19	30.74	37.15	42.41	48.10	54.27	63.22	70.57
15	22.28	28.98	34.02	41.11	46.93	53.23	60.06	69.97	78.10
20	23.94	31.14	36.56	44.18	50.43	57.20	64.53	75.18	83.92
25	25.31	32.93	38.66	46.71	53.33	60.48	68.24	79.50	88.74
30	26.50	34.47	40.46	48.89	55.81	63.30	71.42	83.20	92.87
35	27.54	35.82	42.05	50.81	58.01	65.79	74.23	86.47	96.52
40	28.47	37.04	43.48	52.53	59.97	68.02	76.75	89.41	99.80
45	29.32	38.14	44.78	54.10	61.77	70.06	79.04	92.08	102.78
50	30.10	39.16	45.97	55.55	63.42	71.93	81.15	94.54	105.53
55	30.83	40.11	47.08	56.89	64.94	73.66	83.10	96.82	108.07
60	31.51	40.99	48.11	58.14	66.37	75.28	84.93	98.95	110.45
120	37.47	48.74	57.22	69.14	78.93	89.53	101.00	117.67	131.34
180	41.47	53.94	63.32	76.52	87.35	99.08	111.78	130.22	145.36
240	44.56	57.97	68.04	82.22	93.86	106.46	120.11	139.93	156.20
300	47.12	61.29	71.95	86.94	99.25	112.57	127.00	147.96	165.16
360	49.31	64.15	75.30	90.99	103.88	117.82	132.93	154.86	172.86
420	51.25	66.67	78.26	94.57	107.96	122.45	138.15	160.95	179.65
480	52.99	68.93	80.92	97.78	111.62	126.61	142.84	166.41	185.75
540	54.57	70.99	83.34	100.70	114.96	130.39	147.11	171.38	191.30
600	56.03	72.89	85.56	103.39	118.03	133.87	151.03	175.96	196.41
660	57.38	74.65	87.62	105.88	120.87	137.10	154.68	180.20	201.14
720	58.64	76.29	89.55	108.21	123.53	140.12	158.08	184.16	205.57
780	59.83	77.83	91.36	110.40	126.03	142.95	161.27	187.89	209.72
840	60.95	79.28	93.07	112.46	128.39	145.62	164.29	191.40	213.64
900	62.01	80.66	94.69	114.42	130.62	148.15	167.15	194.73	217.36
960	63.02	81.98	96.23	116.28	132.74	150.56	169.86	197.90	220.89
1020	63.98	83.23	97.70	118.05	134.77	152.86	172.46	200.92	224.27
1080	64.90	84.43	99.10	119.75	136.71	155.06	174.94	203.81	227.50
1140	65.78	85.57	100.45	121.38	138.57	157.17	177.32	206.58	230.59
1200	66.63	86.68	101.75	122.95	140.36	159.20	179.61	209.25	233.57
1260	67.45	87.74	103.00	124.46	142.08	161.16	181.81	211.82	236.43
1320	68.24	88.77	104.20	125.91	143.75	163.04	183.94	214.30	239.20
1380	69.00	89.76	105.37	127.32	145.35	164.86	186.00	216.69	241.87
1440	69.74	90.72	106.49	128.68	146.91	166.63	187.99	219.01	244.46

Tabla 13

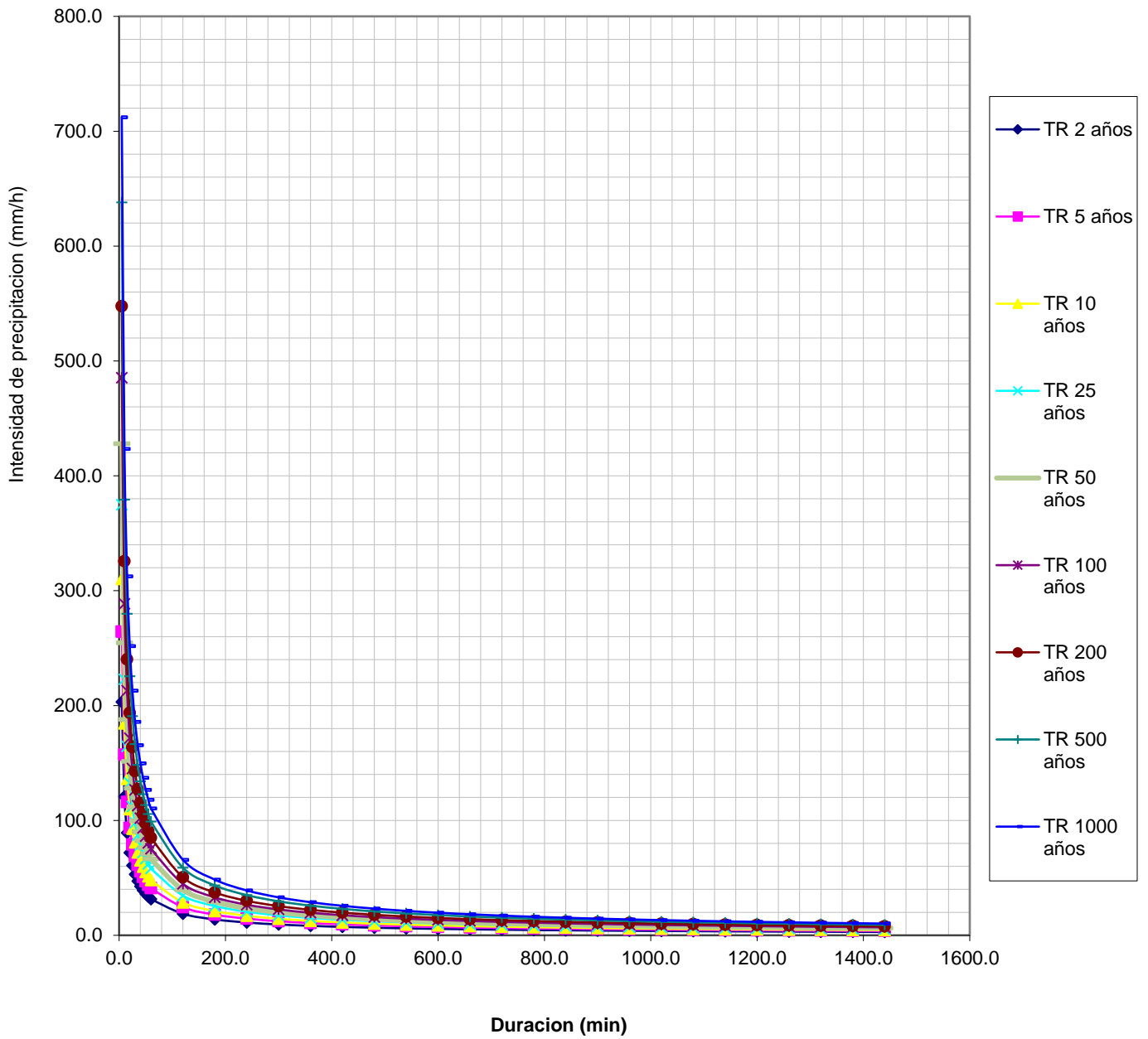
Datos de intensidad de precipitación para diversas duraciones y periodo de retorno de la cuenca Líbano

Duración (Horas)	Duración (min)	Periodo de Retorno (Años)								
		2.00	5.00	10.00	25.00	50.00	100.00	200.00	500.00	1000.00
Intensidad (mm/hr)										
0.083	5	203.15	264.27	310.21	374.85	427.93	485.37	547.59	637.96	712.10
0.167	10	120.79	157.13	184.45	222.89	254.45	288.61	325.60	379.33	423.42
0.250	15	89.12	115.93	136.09	164.44	187.73	212.93	240.23	279.87	312.39
0.333	20	71.82	93.43	109.68	132.53	151.30	171.61	193.60	225.55	251.76
0.417	25	60.76	79.03	92.77	112.11	127.98	145.16	163.77	190.79	212.97
0.500	30	52.99	68.93	80.92	97.78	111.62	126.61	142.84	166.41	185.75
0.583	35	47.21	61.41	72.08	87.10	99.44	112.79	127.24	148.24	165.47
0.667	40	42.71	55.56	65.21	78.80	89.96	102.04	115.12	134.11	149.70
0.750	45	39.10	50.86	59.70	72.14	82.36	93.41	105.38	122.78	137.04
0.833	50	36.13	46.99	55.16	66.66	76.10	86.31	97.38	113.45	126.63
0.917	55	33.63	43.75	51.36	62.06	70.85	80.36	90.66	105.62	117.90
1.000	60	31.51	40.99	48.11	58.14	66.37	75.28	84.93	98.95	110.45
2.000	120	18.74	24.37	28.61	34.57	39.47	44.76	50.50	58.83	65.67
3.000	180	13.82	17.98	21.11	25.51	29.12	33.03	37.26	43.41	48.45
4.000	240	11.14	14.49	17.01	20.56	23.47	26.62	30.03	34.98	39.05
5.000	300	9.42	12.26	14.39	17.39	19.85	22.51	25.40	29.59	33.03
6.000	360	8.22	10.69	12.55	15.17	17.31	19.64	22.15	25.81	28.81
7.000	420	7.32	9.52	11.18	13.51	15.42	17.49	19.74	22.99	25.66
8.000	480	6.62	8.62	10.11	12.22	13.95	15.83	17.85	20.80	23.22
9.000	540	6.06	7.89	9.26	11.19	12.77	14.49	16.35	19.04	21.26
10.000	600	5.60	7.29	8.56	10.34	11.80	13.39	15.10	17.60	19.64
11.000	660	5.22	6.79	7.97	9.63	10.99	12.46	14.06	16.38	18.29
12.000	720	4.89	6.36	7.46	9.02	10.29	11.68	13.17	15.35	17.13
13.000	780	4.60	5.99	7.03	8.49	9.69	11.00	12.41	14.45	16.13
14.000	840	4.35	5.66	6.65	8.03	9.17	10.40	11.73	13.67	15.26
15.000	900	4.13	5.38	6.31	7.63	8.71	9.88	11.14	12.98	14.49
16.000	960	3.94	5.12	6.01	7.27	8.30	9.41	10.62	12.37	13.81
17.000	1020	3.76	4.90	5.75	6.94	7.93	8.99	10.14	11.82	13.19
18.000	1080	3.61	4.69	5.51	6.65	7.60	8.61	9.72	11.32	12.64
19.000	1140	3.46	4.50	5.29	6.39	7.29	8.27	9.33	10.87	12.14
20.000	1200	3.33	4.33	5.09	6.15	7.02	7.96	8.98	10.46	11.68
21.000	1260	3.21	4.18	4.90	5.93	6.77	7.67	8.66	10.09	11.26
22.000	1320	3.10	4.03	4.74	5.72	6.53	7.41	8.36	9.74	10.87
23.000	1380	3.00	3.90	4.58	5.54	6.32	7.17	8.09	9.42	10.52
24.000	1440	2.91	3.78	4.44	5.36	6.12	6.94	7.83	9.13	10.19

Figura 2

Curvas calculas de intensidad – duración – frecuencia de la cuenca Líbano

CURVA INTENSIDAD-DURACION-FRECUENCIA



$$I = \frac{639.50 \times T^{0.197}}{D^{0.750}}$$

ANEXO 05: Diseño de defensas ribereñas de enrocados

Tabla 14

Ancho estable del Cauce de la Quebrada Cristalina

MÉTODO	B (m)
RECOMENDACIÓN PRACTICA	29.45
MÉTODO DE PETITS	50.67
MÉTODO DE SIMONS	33.10
MÉTODO DE BLECH Y ALTUNIN	41.32
MÉTODO DE GERALD LACEY	55.13
MÉTODO DE ALTUNIN - MANNING	34.34
MÉTODO DE BLECH	37.21
Ancho asumido aguas arriba	20.00 m
Ancho asumido aguas abajo	25.00 m

Nota: Se opta por ancho de 20.00 m, por el hecho que aguas arriba el cauce es estrecho con presencia de edificaciones que dificulta tomar un ancho promedio, aguas abajo se opta por un ancho de 25.00 m.

Tabla 15

Clasificación de suelo según su tamaño de partículas

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

Tabla 16

Clasificación del suelo según diámetro D50 en ambas márgenes

Margen	Clasificación el Suelo
Aguas abajo Calicata N° 01 D50: 0.36214	Arena media – NO COHESIVO
Aguas abajo Calicata N° 01 D50: 0.00100	Arcilla fina - COHESIVO

Figura 3

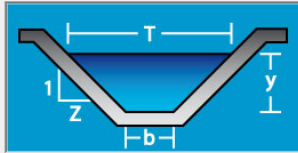
Cálculo del tirante aguas arriba del enrocado mediante H-canales

Calculadora de tirante normal para secciones: trapezoidal, rectangular, triangular

Lugar: Proyecto:
Tramo: Revestimiento:

Datos:

Caudal (Q): m³/s
Ancho de solera (b): m
Talud (Z):
Rugosidad (n):
Pendiente (S): m/m



Resultados:

Tirante normal (y): m
Perímetro (p): m
Área hidráulica (A): m²
Radio hidráulico (R): m
Espejo de agua (T): m
Velocidad (v): m/s
Número de Froude (F):
Energía específica (E): m·Kg/Kg
Tipo de flujo:

Cuidado velocidad erosiva

Calculadora Limpiar Pantalla Imprimir Menú Principal Calculadora Reporte

Realiza la impresión de la pantalla 20:41 29/06/2023

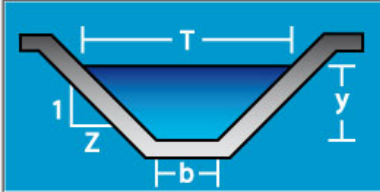
Figura 4

Cálculo del tirante aguas abajo del enrocado mediante H-canales

Lugar: Proyecto:
 Tramo: Revestimiento:

Datos:

Caudal (Q): m3/s
 Ancho de solera (b): m
 Talud (Z):
 Rugosidad (n):
 Pendiente (S): m/m



Resultados:

Tirante normal (y): m
 Área hidráulica (A): m²
 Espejo de agua (T): m
 Número de Froude (F):
 Tipo de flujo:

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

Cuidado velocidad erosiva

Ejecuta las operaciones 20:44 29/06/2023

Tabla 17

Altura del Dique espaldar del enrocado aguas arriba

Bordo Libre (BL) = ϕe					ALTURA DE DIQUE (H_D)	
Caudal máximo m ³ /s	ϕ	ϕ	$e = V^2/2g$	BL	$H_M = y + BL$	
3000.00 4000.00	2				y : Tirante de diseño (m)	
2000.00 3000.00	1.7				y = 1.22	
1000.00 2000.00	1.4	1.1	0.35	0.39	$H_M = 1.61$	
500.00 1000.00	1.2				Por Procesos Constructivos	
100.00 500.00	1.1				$H_M = 2.70$ m	
Caudal de Diseño (m³/seg) :	130.26					

Nota: Se opta por una altura de Dique igual a la altura total del enrocado, teniendo en cuenta que en sectores se tendrá que construir un dique para el enrocado.

Tabla 18*Altura del Dique espaldar del enrocado aguas abajo*

Bordo Libre (BL) = ϕ e					ALTURA DE MURO (H _D)	
Caudal máximo m ³ /s	ϕ	ϕ	$e = V^2/2g$	BL	H _M = y + BL	
3000.00	4000.00	2			y : Tirante de diseño (m)	
2000.00	3000.00	1.7			y =	0.88
1000.00	2000.00	1.4	1.1	0.48	0.52	H _M = 1.40
500.00	1000.00	1.2			Por Procesos Constructivos	
100.00	500.00	1.1			H _M =	2.60

Tabla 19*Taludes recomendados para enrocados*

Clasificación de suelo	Talud
GW, GP, SW, SP	No adecuado
GC, GM, SC, SM	1V : 2H
CL, ML	1V : 2.5 H
CH, MH	1V : 2.5 H

Tabla 20*Cálculo de estabilidad del dique de terraplén aguas arriba*

Fuerza Resistente (Kg/m)			ANÁLISIS DE ESTABILIDAD
R = W * Tag ϕ			
W = Peso del Terraplén			R
Área Dique (m ²)		10.23	
Peso Específico del material (Kg / m ³)		1860.00	
W =		19,027.80	13,824.51
Angulo de fricción interna en grados(tipo de material de rio)			
ϕ		36	
Tag ϕ		0.73	
Presión del Agua (Kg/m²)			R > P =====> EL DIQUE ES ESTABLE A LA PRESIÓN DEL AGUA
P = P_w * t²/2			
P _w	=	1000.20	
Tirante - se considera el más critico			
t	=	1.70	1,445.29

Tabla 21

Cálculo de la estabilidad del dique de terraplén aguas abajo

Fuerza Resistente (Kg/m)				ANÁLISIS DE ESTABILIDAD
$R = W * \text{Tag } \emptyset$				
W = Peso del Terraplén			R	R > P =====> EL DIQUE ES ESTABLE A LA PRESIÓN DEL AGUA
Área Dique (m ²)		10.40		
Peso Específico del material (Kg / m ³)		1860.00		
W =		19,344.00		
Angulo de fricción interna en grados(tipo de material de río)			14,054.24	
\emptyset		36		
Tag \emptyset		0.73		
Presión del Agua (Kg/m²)				
$P = P_w * t^2/2$			P	
P _w	=	1000.20		
Tirante			768.95	
t	=	1.24		

Tabla 22

Cálculo del diámetro de roca aguas arriba

FORMULA DE MAYNORD - AGUAS ARRIBA						
Caudal : Q = 130.26 m³/seg						
Sección Hidráulica	Altura Hidráulica (m)	Velocidad en el Centro del Cauce (m/s)	Coficiente C₁	Coficiente por Ubicación de roca C₂	F = C₂ V / (g y)^{0.5}	d₅₀ = t C₁ F³
Quebrada	1.70	3.27	0.32	1.25	1.00	0.55
Cristalina	1.70	3.27	0.32	1.50	1.20	0.94
Mínimo		D₅₀ =	0.75	m		
Máximo		D₁₀₀ =	1.49	m		

FÓRMULA DE LA CALIFORNIA DIVISIÓN OF HIGHWAYS

- 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 $\implies \Delta = \frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma}$
- γ_s 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.

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

Sección Hidráulica	γ_s Tn/m3	γ Tn/m3	Velocidad Media (m/s)	ϕ (°)	Talud $\frac{z}{1}$	θ (°)	Δ	f	d_{50} (m)
Quebrada Cristalina	2.86	1.00	3.27	38.00 °	2.00	26.57 °	1.86	0.687	0.60

$D_{50} = 0.60 \text{ m}$

FORMULA DE ISBASH

$$V = 1.7 * (\Delta * g * d_{50})^{1/2}$$

$$d_{50} = 0.346021 V^2 / (\Delta * g)$$

$D_{50} = 0.41 \text{ m}$

FORMULA DE LEVI

$$V / (\Delta * g * d_{50})^{1/2} = 1.4 * (t/d_{50})^{0.2}$$

$$V / (\Delta * g)^{0.50} = d_{50}^{0.50} * 1.4 * (t/d_{50})^{0.2}$$

$D_{50} = 0.09 \text{ m}$

$D_{50} = 0.19 \text{ m}$

FÓRMULA DE FORMULA DE R. A. LOPARDO

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

- gs** Peso específico de las partículas, Kg/cm³, Tn/m³
- g** Peso específico del fluido, Kg/cm³, Tn/m³
- V** Velocidad media, m/s
- f** Angulo de reposo del material
- q** Angulo del talud respecto a la horizontal
- W** Peso, Kg

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

- Ds** = Diámetro de volumen esférico equivalente, ft
- W** = Peso de roca, lb
- gs** = Peso específico de la roca, lb / ft³

Sección Hidráulica	g_s Tn/m3	g Tn/m3	Velocidad Media (m/s)	f (°)	Talud $\frac{z}{1}$	q (°)	W (Peso)			g_s pcf	D_s ft (Pies)	D_s (m)
							KG	Tn	Lb			
Quebrada Cristalina	2.86	1.00	3.27	45.00 °	2.00	26.57 °	675.60	0.676	1489.440	178.544	2.516	0.767

$D_{calculado} = 0.77 \text{ m}$

U. S. Department of Transportat

$$d_{50}^I = \frac{0.001V^3}{\gamma^{0.5} K_1^{1.5}}, \text{ en sistema inglés}$$

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

- d_{50} : Diámetro medio de las rocas
- V : Velocidad media del flujo.
- γ : Profundidad de flujo
- K_1 : Factor de corrección
- θ : Ángulo de inclinación del talud
- ϕ : Ángulo de reposo del material del enrocado.
- C : Factor de corrección
- γ_s : Peso específico del material del enrocado
- FS : Factor de seguridad

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

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

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

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

Sección Hidráulica	γ pies	γ_s gr/cm3	γ Tn/m3	Velocidad Media (m/s)	ϕ (°)	Talud $\frac{Z}{1}$	θ (°)	K_1	C_{sg}	C_{sf}	C	D50 ft (Pies)	D_s (m)
Quebrada Cristalina	1.70 5.58	2.59	1.00	3.27 10.73	41.00°	2.00	26.57°	0.78	1.056	1.54	1.626	0.836	0.414

$$D_{calcula} = 0.41 \text{ m}$$

Tabla 23

Cálculo del diámetro de roca aguas abajo

FORMULA DE MAYNORD

Caudal : $Q = 130.26 \text{ m}^3/\text{seg}$

Sección Hidráulica	Altura Hidráulica (m)	Velocidad en el Centro del Cauce (m/s)	Coefficiente C_1	Coefficiente por Ubicación de roca C_2	$F = C_2 V / (g y)^{0.5}$	$d_{50} = t C_1 / F^3$
Quebrada Cristalina	1.24	3.82	0.32	1.25	1.37	1.02
Mínimo	D_{50}	1.02	m			

FÓRMULA DE LA CALIFORNIA DIVISIÓN OF HIGHWAYS

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

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

$$\Delta = \frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma}$$

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

γ_s Densidad de la roca

γ Densidad del agua

V Velocidad media, m/s

g Aceleracion Gravedad : 9.81

f = Factor de talud

θ = Angulo del Talud

ϕ = Angulo de Friccion Interna del material

Sección Hidráulica	γ_s Tn/m3	γ Tn/m3	Velocidad Media (m/s)	ϕ (°)	Talud $\frac{Z}{1}$	θ (°)	Δ	f	d_{50} (m)
Quebrada Cristalina	2.86	1.00	3.82	38.00°	2.00	26.57°	1.86	0.687	0.81

$$D_{50} = 0.81 \text{ m}$$

FORMULA DE ISBASH

$$V = 1.7 * (\Delta * g * d_{50})^{1/2}$$

$$d_{50} = 0.346021 V^2 / (\Delta * g)$$

D_{50}	=	0.55	m
----------	---	------	---

FORMULA DE LEVI

$$V / (\Delta * g * d_{50})^{1/2} = 1.4 * (t/d_{50})^{0.2}$$

$$V / (\Delta * g)^{0.50} = d_{50}^{0.50} * 1.4 * (t/d_{50})^{0.2}$$

D_{50}	=	0.19	m
D_{50}	=	0.39	m

FÓRMULA DE FORMULA DE R. A. LOPARDO

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

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

γ_s : Peso específico de las partículas, Kg/cm³, Tn/m³
 γ : Peso específico del fluido, Kg/cm³, Tn/m³
 V : Velocidad media, m/s
 ϕ : Angulo de reposo del material
 θ : Angulo del talud respecto a la horizontal
 W : Peso, Kg
 D_s : Diámetro de volumen esférico equivalente, m
 W : Peso de roca, lb
 γ_s : Peso específico de la roca, lb / ft³

Sección Hidráulica	γ_s Tn/m ³	γ Tn/m ³	Velocidad Media (m/s)	ϕ (°)	Talud Z 1	θ (°)	W (Peso)			γ_s pcf	D_s ft (Pies)	D_s (m)
							KG	Tn	Lb			
Quebrada Cristalina	2.86	1.00	3.82	4 5.00 °	2.00	2 6.57 °	1710.75	1.711	3771.56	178.544	3.430	1.045

$D_{calculado}$	=	1.05	m
-----------------	---	------	---

FÓRMULA U. S. Department of Transportat

$$d_{50}^I = \frac{0.001V^3}{y^{0.5} K_1^{1.5}}, \text{ en sistema inglés}$$

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

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

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

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

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

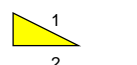
$$d_{50} = Cd_{50}^I$$

Sección Hidráulica	γ pies	γ_s gr/cm ³	γ Tn/m ³	Velocidad Media (m/s)	ϕ (°)	Talud Z 1	θ (°)	K1	Csg	Csf	C	D50 ft (Pies)	D_s (m)
Quebrada Cristalina	1.24 5.58	2.59 178.54 2591.00	1.00	3.82 10.73	4 5.00 °	2.00	2 6.57 °	0.78	1.056	1.54	1.626	0.836	0.414

$D_{calculado}$	=	0.41	m
-----------------	---	------	---

Figura 5

Cálculo de la estabilidad del enrocado aguas arriba

ESTABILIDAD DE ENROCADO						
PROBABILIDAD DE MOVIMIENTO DE LA ROCA		ESTABILIDAD DEL REVESTIMIENTO DEL ENROCADO				
$F_{roca (D50)} = 0.56 * (V^2/2g) * (1/ D_{50}) * (1/ \Delta)$		ESFUERZO MAXIMO CORTANTE ACTUANTE		ESFUERZO CORTANTE CRITICOS		
Velocidad caudal de diseño (V)		$\tau_a = \gamma_a * t * S$	τ_a	$\tau_c = C * (\gamma_s - \gamma_a) * D_{50} * K$	τ_c	Verificacion ==>
Velocidad	3.27	59.50		108.92		<p>Si</p> $\tau_a < \tau_c$
$\Delta = \frac{\gamma_s - \gamma_a}{\gamma_a}$	Δ					
Peso especifico de la roca (cantera) Kg/m ³	1.86					
= γ_s						
Peso especifico del agua Kg/m ³	0.21					
= γ_a		1,000.00				
Diametro medio de la roca (D ₅₀)	0.80	Tirante de diseño (m)		Peso especifico del agua Kg/m ³		<p>EL REVESTIMIENTO DEL ENROCADO ES ESTABLE</p>
		t = 1.70		Peso especifico de la roca (cantera) Kg/m ³		
		Pendiente Tramo de estudio		= γ_s		
		S = 0.03500		2,860.00		
				Factor de Talud (K)		
				$K = \sqrt{1 - \frac{\text{sen}^2 \alpha}{\text{sen}^2 \phi}}$		
				Angulo del Talud (α)		
				Z = 2		
						
				Angulo de fricción interna del material (Enrocado) (Φ)		
				$\Phi = 41$		
				Factor de Talud (K)		
				K = 0.732		
				Coeficiente de Shields		
				C = 0.100		


$\tau_c = 289.74$

OK, Fuerza de tracción crítica > Fuerza de tracción actuante

OK: El revestimiento de enrocado es estable

Figura 6

Cálculo de la estabilidad del enrocado aguas abajo.

ESTABILIDAD DE ENROCADO		
PROBABILIDAD DE MOVIMIENTO DE LA ROCA		
$F_{roca (D50)} = 0.56 \cdot (V^2/2g) \cdot (1/D_{50}) \cdot (1/\Delta)$	F_{roca} (%)	
Velocidad caudal de diseño (V)		
Velocidad = 3.82	0.20	
$\Delta = \frac{\gamma_s - \gamma_a}{\gamma_a}$		
$\Delta = 1.86$		
Peso específico de la roca (cantera) Kg/m³		
$\gamma_s = 2,860.00$		
Peso específico del agua Kg/m³		
$\gamma_a = 1,000.00$	0.20	
Diametro medio de la roca (D₅₀)		
$D_{50} = 1.10$		
ESTABILIDAD DEL REVESTIMIENTO DEL ENROCADO		
ESFUERZO MAXIMO CORTANTE ACTUANTE		
$\tau_a = \gamma_a \cdot t \cdot S$		$\tau_a = 83.08$
Peso específico del agua Kg/m³	83.08	
$\gamma_a = 1,000.00$		
Tirante de diseño (m)	83.08	
$t = 1.24$		
Pendiente Tramo de estudio	83.08	
$S = 0.06700$		
ESFUERZO CORTANTE CRITICOS		
$\tau_c = C \cdot (\gamma_s - \gamma_a) \cdot D_{50} \cdot K$	149.77	
$\tau_c = 149.77$		
Peso específico del agua Kg/m³	149.77	
$\gamma_a = 1,000.00$		
Peso específico de la roca (cantera) Kg/m³	149.77	
$\gamma_s = 2,860.00$		
Factor de Talud (K)	149.77	
$K = \sqrt{1 - \frac{\sin^2 \alpha}{\sin^2 \phi}}$		
Angulo del Talud (α)	149.77	
$Z = 2$		
	149.77	
$\alpha = 26.57^\circ$		
Angulo de fricción interna del material (Enrocado) (Φ)	149.77	
$\Phi = 41$		
Factor de Talud (K)	149.77	
$K = 0.732$		
Coefficiente de Shields	149.77	
$C = 0.100$		
Verificacion ==>		
Si $\tau_a < \tau_c$		
EL REVESTIMIENTO DEL ENROCADO ES ESTABLE		

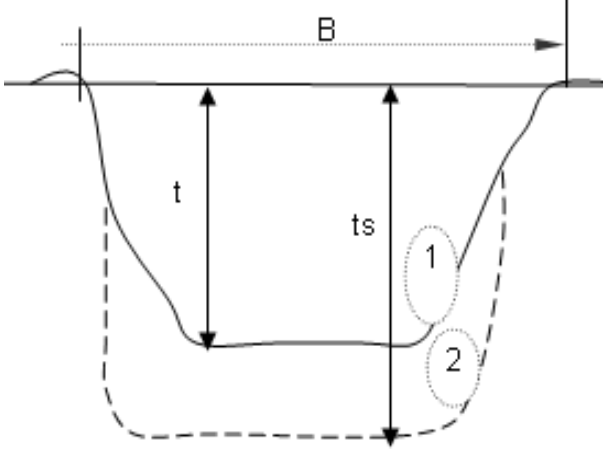
$\tau_c = 408.12$

OK, Fuerza de tracción crítica > Fuerza de tracción actuante

OK: El revestimiento de enrocado es estable

Tabla 24

Cálculo de la socavación del cauce aguas arriba, para un suelo cohesivo

MÉTODO DE LL. LIST VAN LEVEDIEV	<p>1. Perfil antes de la erosión</p> <p>2. Perfil de equilibrio tras la erosión</p> 
Suelos Granulares - No Cohesivos	
$t_s = ((a t^{5/3}) / (0.68 D_m^{0.28} \beta))^{1/(x+1)} \dots(1)$	
Suelos Cohesivos	
$t_s = ((a t^{5/3}) / (0.60 g_s^{1.18} \beta))^{1/(x+1)} \dots(2)$	
Donde:	
$t_s =$	Tirante después de producirse la socavación (m)
$t =$	Tirante sin socavación (m)
$t =$	1.70 m
$D_m =$	Diámetro medio (mm)
$D_m =$	2.33 mm
$g_s =$	Peso Específico suelo (Kg/m3)
$\mu =$	Coefficiente de Contracción
$a =$	Coefficiente $Q / (t_m^{5/3} B \mu)$

Tirante medio (t_m) = A/B	Caudal Diseño	Coefficiente de Contracción (μ)	Ancho Estable	a
$t_m = 1.49$	130.26	$\mu = 0.94$	$B = 26.81$	2.67

PROFUNDIDAD DE SOCAVACIÓN PARA SUELOS NO COHESIVO(1) :

	X : Exponente que depende de : D_m para suelos Granulares No Cohesivos y g_s para suelos cohesivos.	Coefficiente por Tiempo de Retorno : β			TIRANTE DE SOCAVACION SUELOS GRANULARES - NO COHESIVOS
	X	1/x+1			$t_s = ((a t^{5/3}) / (0.68 D_m^{0.28} \beta))^{1/(x+1)}$
$x =$	0.38	0.72	$\beta =$	1.00	$t_s = 4.30$ m

Tabla 25

Cálculo de la socavación del cauce aguas abajo, para un suelo no cohesivo

METODO DE LL. LIST VAN LEVEDIEV	
Suelos Granulares - No Cohesivos	
$t_s =$	$((a t^{5/3}) / (0.68 D_m^{0.28} \beta))^{1/(x+1)} \dots\dots(1)$
Suelos Cohesivos	
$t_s =$	$((a t^{5/3}) / (0.60 g_s^{1.18} \beta))^{1/(x+1)} \dots\dots(2)$

Donde:

$t_s =$ Tirante después de producirse la socavación (m)

$t =$ Tirante sin socavación (m)

$t = 1.24$ m

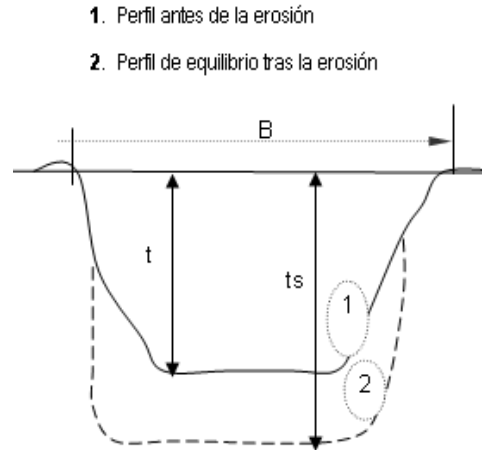
$D_m =$ Diámetro Medio de las partículas (mm)

$D_m = 0.09$ mm

$g_s = 1.88$ Peso Específico suelo (tn/m³)

$\mu =$ Coeficiente de Contracción

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



Tirante medio (t_m) = A/B	Q (Caudal de Diseño)	Coeficiente de Contracción (μ) Tabla N° 01	Ancho Estable	a
$t_m = 1.14$	130.26	$\mu = 0.95$	B = 25.00	4.42

PROFUNDIDAD DE SOCAVACIÓN PARA SUELOS COHESIVO(2) :

X : Exponente que depende de : D_m para suelos Granulares No Cohesivos y g_s para suelos cohesivos.	Coeficiente por Tiempo de Retorno : β	TIRANTE DE SOCAVACIÓN SUELOS GRANULARES - COHESIVOS
X (Tabla N° 03)	$1/x+1$	$t_s = ((a t^{5/3}) / (0.60 g_s^{1.18} \beta))^{1/(x+1)}$
$x = 0.43$	0.70	$\beta = 1.00$
		$t_s = 3.09$ m

PROFUNDIDAD DE SOCAVACIÓN (H_s)			
H_s	=	$t_s - t$	
H_s	=	1.85	m
H_s	=	2.00	m

Tabla 26*Coefficiente de contracción μ para el cálculo de la socavación*

Velocidad (m/s)	Coeficiente de Contracción, μ						
	Longitud libre entre los estribos						
	10 m.	13 m.	16 m.	18 m.	21 m.	25 m.	30 m.
<1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99
1.5	0.94	0.96	0.97	0.97	0.97	0.98	0.99
2	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.97	0.98
2.5	0.90	0.93	0.94	0.95	0.96	0.96	0.97
3	0.89	0.91	0.93	0.94	0.95	0.96	0.96
3.5	0.87	0.90	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96
>4.00	0.85	0.89	0.91	0.92	0.93	0.94	

Tabla 27*Valores del Coeficiente β para determinar la socavación del cauce*

Periodo de Retorno (Años)	Probabilidad de Retorno (%)	Coeficiente β
	0.00	0.77
2.00	50.00	0.82
5.00	20.00	0.86
10.00	10.00	0.90
20.00	5.00	0.94
50.00	2.00	0.97
100.00	1.00	1.00
300.00	0.33	1.03
500.00	0.20	1.05
1,000.00	0.10	1.07
Periodo de Retorno (Años)	200.00	
	$\beta =$	1.00

Tabla 28*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			

Tabla 29

Parámetros para el cálculo de la ovación en el cauce de la quebrada

Descripción	Calicata aguas arriba calicata N° 01	Calicata aguas abajo calicata N° 02
Dm	0.36214	0.00100
Peso específico	2.15	1.88
Vm =	3.272	3.820
B =	20.000	25.000
μ =	0.940	0.950

Tabla 30

Calculo para determinar el uso de filtros enrocado aguas arriba

1.- Determinación de Velocidad en el espacio entre el enrocado y material base :		2.-Determinación de velocidad que puede soportar el suelo sin ser erosionado (V _e)	
V _a : velocidad del agua entre el enrocado y el fondo.	V _a (m/s)	V _e = velocidad que puede soportar el suelo sin ser erosionado	V _e (m/s)
$V_a = (D_{50} / 2)^{2/3} * S^{1/2} / n_f$		$V_e = 16.1 * (D_m)^{1/2}$	
n _f =	Rugosidad del fondo	D _m =	diámetro de partículas del suelo base (m)
Condición	n _f	D _m =	0.0023 m
Sin filtro o hay filtro de Geotextil	0.02	5.08	Verificación :
Pendiente Tramo de estudio			
S = 0.035 m/m			Como V _a > V _e : Habrá Erosión => SE RECOMIENDA UTILIZAR UN FILTRO DE GEOTEXTIL O UN FILTRO DE GRAVA
Diámetro medio de la roca (D ₅₀)			
D ₅₀ = 0.80 m			
DETERMINACIÓN DEL TIPO DE FILTRO ASUMIENDO UN FILTRO DE GEOTEXTIL : Se tiene =>			

$$V_{a1} = V_a / 4 = 1.270 \text{ m/s}$$

Se debe verificar que se cumpla que : V_{a1} > V_e

Verificación :

Como V_{a1} > V_e : => SE RECOMIENDA UTILIZAR UN FILTRO DE GEOTEXTIL

Tabla 31

Calculo para determinar el uso de filtros enrocado aguas abajo

1.- Determinación de Velocidad en el espacio entre el enrocado y material base :		2.-Determinación de velocidad que puede soportar el suelo sin ser erosionado (V_e)	
V_a : velocidad del agua entre el enrocado y el fondo.	V_a (m/s)	V_e = velocidad que puede soportar el suelo sin ser erosionado	V_e (m/s)
$V_a = (D_{50} / 2)^{2/3} * S^{1/2} / n_f$		$V_e = 16.1 * (D_m)^{1/2}$	
$n_f =$	Rugosidad del fondo	$D_m =$	diámetro de partículas del suelo base (m)
Condición	n_f	$D_m = 0.0001$ m	0.156
Sin filtro o hay filtro de Geotextil	0.02	8.69	Verificación :
Pendiente Tramo de estudio			
$S = 0.067$ m/m			Como $V_a > V_e$: Habra Erosión ==> SE RECOMIENDA UTILIZAR UN FILTRO DE GEOTEXTIL O UN FILTRO DE GRAVA
Diámetro medio de la roca (D_{50})			
$D_{50} = 1.10$			
DETERMINACIÓN DEL TIPO DE FILTRO ASUMIENDO UN FILTRO DE GEOTEXTIL : Se tiene =>			
$V_{a1} = V_a / 4 = 2.172$ m/s			
Se debe verificar que se cumpla que : $V_{a1} > V_e$			
Verificación :			
Como $V_{a1} > V_e$: => SE RECOMIENDA UTILIZAR UN FILTRO DE GEOTEXTIL			

ANEXO 06: Informe de estudio de suelos calitas N° 01 y N° 02



GOBIERNO REGIONAL AMAZONAS

Gerencia Regional de Infraestructura
Dirección Regional de Transportes y Comunicaciones

"Año de La Unidad, La Paz y El Desarrollo"
"Decenio de La Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"

Chachapoyas, 01 de junio del 2023

CARTA N° 003-2023/GOB. REG. AMAZONAS/DRTC-LAB.SUELOS-GLS

SEÑOR (ES) : Bach. DALIA LUNA VASQUEZ

ASUNTO : ALCANZO RESULTADOS DE ESTUDIO DE SUELOS

REF. : BOLETA DE VENTA ELECTRÓNICA N° EBOI-9082

Tengo el agrado de dirigirme a usted, para saludarlo cordialmente y a la vez hacerle llegar lo siguiente:

Que, de acuerdo a lo solicitado por su representada y en cumplimiento al documento de la referencia, adjunto al presente los resultados de Estudio de Suelos para el Proyecto de Tesis "MODELAMIENTO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO BIDIMENSIONAL PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ZONAS INUNDABLES DE LA QUEBRADA CRISTALINA EL LÍBANO, AMAZONAS, 2023". Con un total de diecisiete (17) folios.


Sin otro particular, sea propicia la oportunidad para expresarle las muestras de nuestra consideración y estima.

Atentamente:

C.c.
DCIA
Archivo
File Personal

DOC	03223295
EXP	02463022

LIC. ADM. GEINER LUDEÑA SAAVEDRA
DNI: 47459824
ADMINISTRADOR DEL LABORATORIO

 <small>DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES AMAZONAS</small>	DOCUMENTO	Código:	DOC-03
	Carta de Compromiso de Confidencialidad	Versión:	01
		Página:	1 de 1
		Fecha:	04-10-2019


CARTA DE COMPROMISO DE CONFIDENCIALIDAD

Conste por el presente documento que yo, Darla Luna Vázquez con N° de DNI 74456617 representando a la empresa, _____ con RUC N° _____ me comprometo a:

1. Manejar de forma confidencial la información que, como tal, me sea presentada y entregada, y toda aquella que se genere en torno a ella como fruto de la prestación de mis servicios y/o ingreso al **Laboratorio de Mecánica de Suelos y Concreto**, donde información confidencial se entiende a la información de propiedad del **Laboratorio de Mecánica de Suelos y Concreto** y/o la información de propiedad de terceros en poder del **Laboratorio de Mecánica de Suelos y Concreto**.
2. Guardar confidencialidad sobre esta información y no emplearla en beneficio propio o de terceros.
3. No divulgar ni permitir que mis empleados y/o subcontratistas divulguen el contenido de la información confidencial del **Laboratorio de Mecánica de Suelos y Concreto** a terceros.



Chachapoyas, 19 de mayo del 2023



 Firma

CHACHAPOYAS
DIRECCION REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
AMAZONAS
 CAR. SALIDA A RODRIGUEZ DE MEN KM. 01
 CHACHAPOYAS - CHACHAPOYAS - AMAZONAS

BOLETA DE VENTA ELECTRONICA
RUC: 20392327747
EB01-9082

Fecha de Vencimiento :
 Fecha de Emisión : **23/05/2023**
 Señor(es) : **DALIA LUNA VASQUEZ**
 DNI : **74456617**
 Tipo de Moneda : **SOLES**
 Observación : **TIPO DE TRANSACCION: AL**
CONTADO

Cantidad	Unidad Medida	Descripción	Valor Unitario(*)	Descuento(*)	Importe de Venta(**)
2.00	UNIDAD	POR CONTENIDO DE HUMEDAD	20.00	0.00	40.00
1.00	UNIDAD	POR ENSAYO DE ABRASION TAMAÑOS MAYORES-MAQUINA LOS ANGELES	60.00	0.00	60.00
1.00	UNIDAD	POR PESO ESPECIFICO DEL SUELO	10.00	0.00	10.00
1.00	UNIDAD	POR ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO	30.00	0.00	30.00
2.00	UNIDAD	ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO	30.00	0.00	60.00
2.00	UNIDAD	LIMITE LIQUIDO-MALLA 40	20.00	0.00	40.00
2.00	UNIDAD	LIMITE PLASTICO-MALLA 40	20.00	0.00	40.00
2.00	UNIDAD	CLASIFICACION SUCS	10.00	0.00	20.00
2.00	UNIDAD	CALSIFICACION AASHTO	10.00	0.00	20.00
2.00	UNIDAD	POR PESO ESPECIFICO DEL SUELO	10.00	0.00	20.00
2.00	UNIDAD	POR PESO VOLUMETRICO DE LOS SUELOS	30.00	0.00	60.00
2.00	UNIDAD	POR CORTE DIRECTO	120.00	0.00	240.00
Otros Cargos :					S/ 0.00
Otros Tributos :					S/0.00
Importe Total :					S/640.00

SON: SEISCIENTOS CUARENTA Y 00/100 SOLES

(*) Sin impuestos.
 (**) Incluye impuestos, de ser Op. Gravada.

Op. Gravada :	S/ 0.00
Op. Exonerada :	S/ 640.00
Op. Inafecta :	S/ 0.00
ISC :	S/ 0.00
IGV :	S/ 0.00
Otros Cargos :	S/ 0.00
Otros Tributos :	S/ 0.00
Monto de Redondeo :	S/ 0.00
Importe Total :	S/ 640.00



Esta es una representación impresa de la Boleta de Venta Electrónica, generada en el Sistema de la SUNAT. El Emisor Electrónico puede verificarla utilizando su clave SOL, el Adquirente o Usuario puede consultar su validez en SUNAT Virtual: www.sunat.gob.pe, en Opciones sin Clave SOL/ Consulta de Validez del CPE.



RUC: 20392327747

REGISTRO DE LICENCIA N° 00001990-MPCH

REGISTRO DE EXCAVACIÓN														
PERFIL ESTRATIGRÁFICO														
Tesis : MODELAMIENTO HIDROLOGICO E HIDRAULICO BIDIMENSIONAL PARA LA IDENTIFICACION DE ZONAS INUNDABLES DE LA QUEBRADA CRISTALINA EL LIBANO, AMAZONAS, 2023.										Codigo Ensayo N° : 0.08 - 2023				
Solicitante : Bach. DALIA LUNA VASQUEZ														
Proced : ---			Calicata : N° 01/84-01			Ing. Responsable : GILMER DIAZ MEGO								
Ubica : ---			Profundidad : ---			Fecha : 23/05/2023			Tec. Responsable : M. TAPAYURI CH.					
Prof. (m.)	Estrato		Símbolo Grafico	Descripción Visual del Suelo	Clasificación		Granulometría				Constantes Físicas			W. Natural
	Capa	Espesor (m)			AASHTO	Sucs.	>3"	3" - N°4	N°4 - N° 200	< N° 200	L.L.	LP	IP	
0.00	M = 01	0.10		Material existente de arenas finas con material organico y arbustos, ligeramente humedo										
0.10														
0.20														
0.30														
0.40														
0.50														
0.60														
0.70														
0.80	M = 02	1.40		Arenas pobremente graduadas con finos limosos, de no plastico, con presencia de gravas y boloneras de un porcentaje de 20%. Con presencia de filtracion de a agua a una profundidad de 1.50m.	A-3(0)	SP-SM	100	12.7	1.6	5.7	8.0	NP	NP	8.5
0.90														
1.00														
1.10														
1.20														
1.30														
1.40														
1.50														
1.60														
1.70														
1.80														
1.90														
2.00														
2.10														
2.20														
2.30														
2.40														
2.50														
2.60														
2.70														
2.80														
2.90														

OBSERVACIONES : NO SE PRESENTO NIVEL FREATICO

DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES
Y COMUNICACIONES
DIRECCIÓN DE CAMINOS

MIGUEL TAPAYURI CHOTA
TECNICO EN MECANICA DE SUELOS

DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES
Y COMUNICACIONES AMAZONAS
DIRECCIÓN DE INGENIERIA DE INFRAESTRUCTURA AEROPORTUARIA

ING. GILMER DIAZ MEGO
CIP N° 141510
DIRECTOR

DIRECCION: Km. 1 + 000 CARRETERA A RODRIGUEZ DE MENDOZA- TELEFONO (FAX) #041 - 312358 ANEXO # 121

CHACHAPOYAS - AMAZONAS



RUC: 20392327747

REGISTRO DE LICENCIA N° 00001990-MPCH

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

FORMATO

GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCIÓN

(MTC E-205,206 / ASTM C-127,128 / AASHTO T-84, T-85)

Tesis : MODELAMIENTO HIDROLOGICO E HIDRAULICO BIDIMENSIONAL PARA LA IDENTIFICACION DE ZONAS INUNDABLES DE LA QUEBRADA CRISTALINA EL LIBANO, AMAZONAS, 2023.		Codigo Ensayo N° : 0.08 - 2023	
Solicitante : Bach. DALIA LUNA VASQUEZ			
Proced : Material de Roca	Calicata: 00	Ing. Responsable : GILMER DIAZ MEGO	
Ubica: ---	Profundidad : ---	Fecha : 25/05/2023	Tec. Responsable : M. TAPAYURI CH.

DATOS			1	2	3	4
1	Peso de la muestra saturada con superficie seca (B)	gr.	5847.2	5784.6		
2	Peso de la canastilla dentro del agua	gr.				
3	Peso de la muestra saturada+peso canastilla dentro del agua	gr.	3625.6	3578.7		
4	Peso de la muestra saturada dentro del agua (C)	gr.	3625.6	3578.7		
5	Peso de la tara	gr.				
6	Peso de la tara + muestra seca	gr.	5784.8	5687.3		
7	Peso de la muestra seca (A)	gr.	5784.8	5687.3		

RESULTADOS						PROMEDIO
8	Peso Especifico de masa		2.604	2.578		2.591
9	Peso Especifico de masa saturada superficie seco		2.632	2.622		2.627
10	Peso especifico aparente		2.679	2.697		2.688
11	Porcentaje de absorción	%	1.08	1.71		1.39

OBSERVACIONES :

DIRECCION REGIONAL DE TRANSPORTES
Y COMUNICACIONES
DIRECCION DE CAMINOS
MIGUEL TAPAYURI CHOTA
TECNICO EN MECANICA DE SUELOS

DIRECCION REGIONAL DE TRANSPORTES
Y COMUNICACIONES AMAZONAS
DIRECCION DE CAMINOS Y CARRETERAS AEROPORTUARIA
ING. GILMER DIAZ MEGO
CIP N° 141510
DIRECTOR



RUC: 20392327747

REGISTRO DE LICENCIA N° 00001990-MPCH

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO			
FORMATO			
ABRACION LOS ANGELES			
(MTC E-207 / ASTM C-131, C-535 / AASTHO T-96)			
Tesis : MODELAMIENTO HIDROLOGICO E HIDRAULICO BIDIMENSIONAL PARA LA IDENTIFICACION DE ZONAS INUNDABLES DE LA QUEBRADA CRISTALINA EL LIBANO, AMAZONAS, 2023.		Codigo Ensayo N° : 0.08 - 2023	
Solicitante : Bach. DALIA LUNA VASQUEZ			
Proced : Material de Roca	Calicata : ---		Ing. Responsable : GILMER DIAZ MEGO
Ubica : ---	Profundidad : ---	Fecha : 25/05/2023	Tec. Responsable : M. TAPAYURI CH.

Muestra				1	2	3
Pasa Tamiz		Retenido en Tamiz		PESOS Y GRANULOMETRIAS (grs) GRADACION		
mm	pulg.	mm	pulg.	A	B	E
76.2	3"	63.5	2 1/2"			2380
63.5	2 1/2"	50.8	2"			2523
50.8	2"	38.1	1 1/2"			5024
12.5	1/2"	9.5	3/8"			
9.5	3/8"	6.3	1/4"			
6.3	1/4"	4.75	N° 04			
4.75	N°4	3.4	N° 08			
Peso Total				9927		
Pérdida despues del ensayo				3541		
Peso Obtenido				6386		
N° de Esferas				12		
Peso de las Esferas						
Porcentaje Obtenido				35.7		

6. Observaciones: Muestra identificada y Proporcionada por el Solicitante.

DIRECCION REGIONAL DE TRANSPORTES
 Y COMUNICACIONES
 DIRECCION DE CAMINOS

MIGUEL TAPAYURI CHOTA
 TECNICO EN MECANICA DE SUELOS

DIRECCION REGIONAL DE TRANSPORTES
 Y COMUNICACIONES
 DIRECCION DE CALIDAD Y SEGURIDAD

ING. GILMER DIAZ MEGO
 CIP N° 141510
 DIRECTOR



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO			
FORMATO			
ABRASION LOS ANGELES			
(MTC E-207 / ASTM C-131, C-535 / AASTHO T-96)			
Tesis : MODELAMIENTO HIDROLOGICO E HIDRAULICO BIDIMENSIONAL PARA LA IDENTIFICACION DE ZONAS INUNDABLES DE LA QUEBRADA CRISTALINA EL LIBANO, AMAZONAS, 2023.		Codigo Ensayo N° : 0.08 - 2023	
Solicitante : Bach. DALIA LUNA VASQUEZ			
Proced : Material de lecho de Rio	Calicata : ---		Ing. Responsable : GILMER DIAZ MEGO
Ubica : ---	Profundidad : ---	Fecha : 25/05/2023	Tec. Responsable : M. TAPAYURI CH.

Muestra				1	2	3
Pasa Tamiz		Retenido en Tamiz		PESOS Y GRANULOMETRIAS (grs) GRADACION		
mm	pulg.	mm	pulg.	A	B	C
37.5	1 1/2"	25	1"			
25	1"	19	3/4"			
19	3/4"	12.5	1/2"		2500.3	
12.5	1/2"	9.5	3/8"		2500.6	
9.5	3/8"	6.3	1/4"			
6.3	1/4"	4.75	N° 04			
4.75	N°4	2.4	N° 08			
Peso Total				5000.9		
Pérdida despues del ensayo				1747.4		
Peso Obtenido				3253.5		
N° de Esferas				12		
Peso de las Esferas						
Porcentaje Obtenido				34.9		

6. Observaciones: Muestra Identificada y Proporcionada por el Solicitante.

DIRECCION REGIONAL DE TRANSPORTES
 Y COMUNICACIONES
 DIRECCION DE CAMINOS

MIGUEL TAPAYURI CHOTA
 TECNICO EN MECANICA DE SUELOS

DIRECCION REGIONAL DE TRANSPORTES
 Y COMUNICACIONES AMAZONAS
 DIRECCION DE CAMINOS, AEROPUERTO Y ESTRUCTURA AEROPORTUARIA

ING. GILMER DIAZ MEGO
 CIP N° 141510
 DIRECTOR



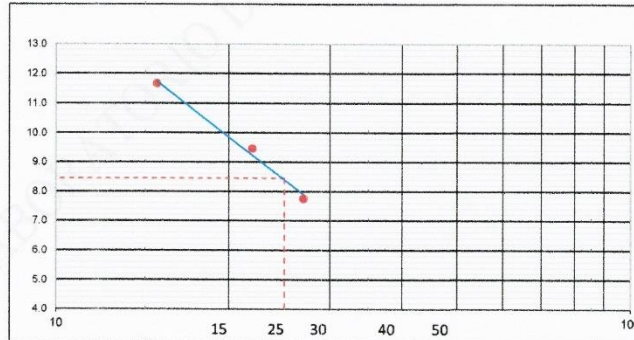
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO			
FORMATO			
LIMITES DE CONSISTENCIA			
(MTC E-110,111 / ASTM D-4318 / AASHTO T-90, T-89)			
Tesis : MODELAMIENTO HIDROLOGICO E HIDRAULICO BIDIMENSIONAL PARA LA IDENTIFICACION DE ZONAS INUNDABLES DE LA QUEBRADA CRISTALINA EL LIBANO, AMAZONAS, 2023.		Codigo Ensayo N° : 0.08 - 2023	
Solicitante : Bach. DALIA LUNA VASQUEZ			
Proced : Material de lecho de Rio	Calicata : ---	Ing. Responsable : GILMER DIAZ MEGO	
Ubica : ---	Profundidad : ---	Fecha : 25/05/2023	Tec. Responsable : M. TAPAYURI CH.

DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO

N° de Tarro		74	169	82	
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	33.68	33.68	33.68	
Peso de Tarro + Suelo Seco	gr.	32.52	32.72	32.88	
Peso de Tarro	gr.	22.57	22.57	22.55	
Peso de Agua	gr.	1.16	0.96	0.80	
Peso del Suelo Seco	gr.	9.95	10.15	10.33	Limite Liquido
Contenido de Humedad	%	11.66	9.48	7.74	8.0
Numero de Golpes		15	22	27	

DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD

N° de Tarro		74	76	
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.			
Peso de Tarro + Suelo seco	gr.			
Peso de Tarro	gr.	11.59	11.59	
Peso de Agua	gr.	0.00	0.00	
Peso de Suelo seco	gr.	-11.59	-11.59	Limite Plastico
Contenido de Humedad	%	NP	NP	NP



Constantes Fisicas de la Muestra

Limite Liquido	8.0
Limite Plastico	NP
Indice de Plasticidad	NP

Observaciones

Pasante Tamiz N° 40

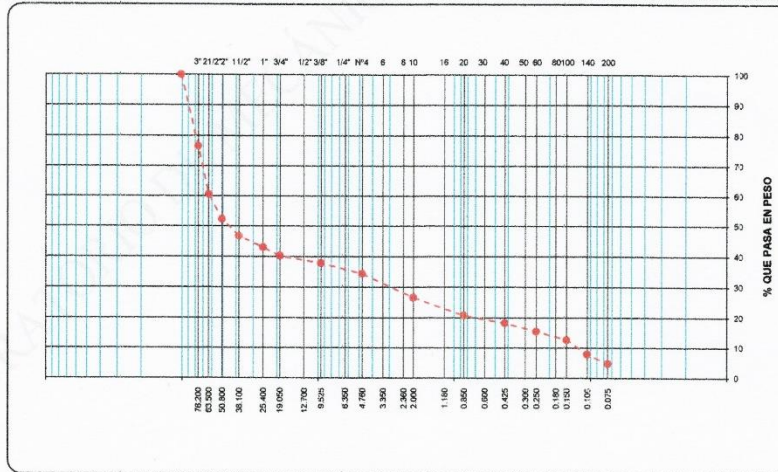
6. Observaciones: Muestra Identificada y Proporcionada por el Solicitante.

DIRECCION REGIONAL DE TRANSPORTES
Y COMUNICACIONES
DIRECCION DE CAMINOS
MIGUEL TAPAYURI CHOTA
TECNICO EN MECANICA DE SUELOS

DIRECCION REGIONAL DE TRANSPORTES
Y COMUNICACIONES AMAZONAS
DIRECCION DE CAMINOS, FERROCARRILES Y AEROPORTUARIA
ING. GILMER DIAZ MEGO
CIP N° 141510
DIRECTOR



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO							
FORMATO							
ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO							
(MTC E-107 / ASTM D-422, C-117 / AASHTO T-27, T-88)							
Tesis : MODELAMIENTO HIDROLOGICO E HIDRAULICO BIDIMENSIONAL PARA LA IDENTIFICACION DE ZONAS INUNDABLES DE LA QUEBRADA CRISTALINA EL LIBANO, AMAZONAS, 2023.					Codigo Ensayo N° : 0.08 - 2023		
Solicitante : Bach. DALIA LUNA VASQUEZ							
Proced : Material de lecho de Rio		Calicata : ---		Ing. Responsable : GILMER DIAZ MEGO			
Ubica : ---		Profundidad : ---		Fecha : 25/05/2023		Tec. Responsable : M. TAPAYURI CH.	
Tamices ASTM	Apertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa	Material sin Especificacion	Descripcion
4"	101.600				100.0		1. Peso de Material
3"	76.200	3.567.0	23.4	23.4	76.6		Peso Inicial Total (kg) 15,245.0
2 1/2"	63.500	2.453.0	16.1	39.5	60.5		Peso Fraccion Fina Para Lavar (gr) 500.0
2"	50.800	1.284.0	8.2	47.7	52.3		2. Caracteristicas
1 1/2"	38.100	868.0	5.6	53.3	46.7		Grava (%) 65.6
1"	25.400	562.0	3.7	57.0	43.0		Arena (%) 29.7
3/4"	19.050	425.0	2.8	59.8	40.2		Finos (%) 4.8
3/8"	9.525	356.0	2.3	62.2	37.9		Modulo de Fineza (%)
N° 4	4.750	523.0	3.4	65.6	34.4		3. Clasificacion
N° 10	2.000	112.4	7.7	73.3	26.7		Limite Liquido (%) 8
N° 20	0.850	85.6	5.9	79.2	20.8		Limite Plastico (%) NP
N° 40	0.425	36.5	2.5	81.8	18.2		Clasificacion SUCS GP
N° 60	0.250	40.1	2.8	84.5	15.5		Clasificacion AASHTO A-1-a (0)
N° 100	0.150	41.2	2.8	87.4	12.6		
N° 140	0.106	68.5	4.7	82.1	7.9		5. Observaciones (Fuente de Normalizacion)
N° 200	0.075	45.6	3.1	95.2	4.8		Manual de carreteras "Especificaciones Tecnicas Generales para Construccion" (EG-2013)
Pasante		69.5	4.8	100.0			



5. Observaciones: Muestra Identificada y Proporcionada por el Solicitante.

DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES
Y COMUNICACIONES
DIRECCIÓN DE CAMINOS
MIGUEL TAPAYURI CHOTA
TECNICO EN MECANICA DE SUELOS

DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES
Y COMUNICACIONES AMAZONAS
DIRECCIÓN DE CAMINOS Y SERVICIOS AEROPORTUARIOS
ING. GILMER DIAZ MEGO
CIP N° 141510
DIRECTOR



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO			
FORMATO			
CONTENIDO DE HUMEDAD			
(MTC E-108 / ASTM D-2216)			
Tesis : MODELAMIENTO HIDROLOGICO E HIDRAULICO BIDIMENSIONAL PARA LA IDENTIFICACION DE ZONAS INUNDABLES DE LA QUEBRADA CRISTALINA EL LIBANO, AMAZONAS, 2023.		Codigo Ensayo N° : 0.08 - 2023	
Solicitante : Bach. DALIA LUNA VASQUEZ			
Proced : Material de lecho de Rio	Calicata : ---		Ing. Responsable : GILMER DIAZ MEGO
Ubica : ---	Profundidad : ---	Fecha : 25/05/2023	Tec. Responsable : M. TAPAYURI CH.

1. Contenido de Humedad Muestra Integral :

Descripcion	42
Peso de tara (gr)	229.7
Peso de la tara + muestra húmeda (gr)	1661.3
Peso de la tara + muestra seca (gr)	1590.5
Peso del agua contenida (gr)	70.8
Peso de la muestra seca (gr)	1360.8
Contenido de Humedad (%)	5.2
Contenido de Humedad Promedio (%)	5.2

2. Contenido de Humedad Muestra (Grava Mayor a 3/4") :

Descripcion	1	3
Peso de tara (gr)	38.9	38.8
Peso de la tara + muestra húmeda (gr)		
Peso de la tara + muestra seca (gr)		
Peso del agua contenida (gr)		
Peso de la muestra seca (gr)		
Contenido de Humedad (%)		
Contenido de Humedad Promedio (%)		

6. Observaciones: Muestra Identificada y Proporcionada por el Solicitante.

DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES
Y COMUNICACIONES
DIRECCIÓN DE CAMINOS

MIGUEL TAPAYURI CHOTA
TECNICO EN MECANICA DE SUELOS

DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES
Y COMUNICACIONES AMAZONAS
DIRECCIÓN DE CAMINOS, INFRAESTRUCTURA AEROPORTUARIA

ING. GILMER DIAZ MEGO
CIP N° 141510
DIRECTOR



RUC: 20392327747

GOBIERNO REGIONAL DE AMAZONAS
DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES - AMAZONAS



REGISTRO DE LICENCIA N° 00001990-MPCH

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES - Chachapoyas

CORTE DIRECTO

Solicitante: Bach. DALIA LUNA VASQUEZ
Proyecto:

MODELAMIENTO HIDROLOGICO E HIDRAULICO BIDIMENSIONAL PARA LA IDENTIFICACION DE ZONAS INUNDABLES DE LA QUEBRADA CRISTALINA EL LIBANO, AMAZONAS, 2023

Ubicación: ---
Fecha: 25-mayo-2023

ENSAYO: CORTE DIRECTO
DENOMINACIÓN: NORMA ASTM D-3080

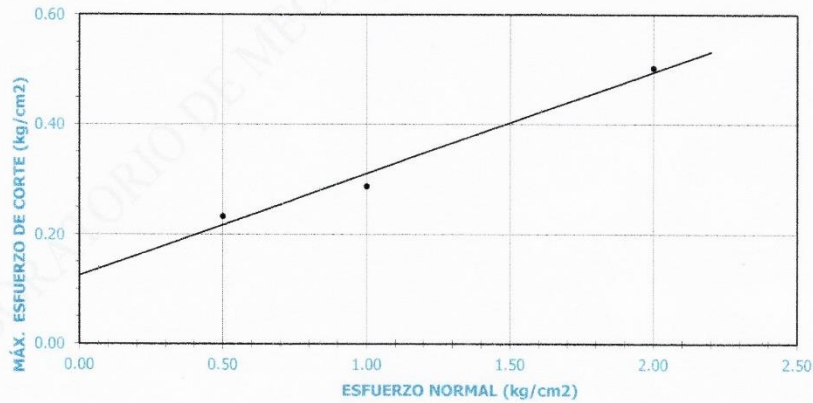
Calicata: C - 2
Muestra: 2
Profundidad: 1.50
Datos del ensayo:

Table with 8 columns: Nº de espécimen, Peso volumétrico seco (gr/cm³), Esfuerzo normal (kg/cm²), Proporción de esfuerzos (kg/cm²), Humedad natural (%), Esfuerzo de corte (kg/cm²), Humedad saturada (%), Peso volumétrico Nat. (gr/cm³). Rows 1-3.

Resultados:

COHESIÓN: 0.13 kg/cm²
ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA: 10.5 °

Gráfico (Máximo esfuerzo de corte VS Esfuerzo normal)



OBSERVACIONES:

- Muestreo proporcionada e identificada por el Solicitante.
- Prueba de Corte Directo realizado en laboratorio:

Hecho por: Téc. M. T. CH.

Revisado por: Ing. Gilmer Diaz Mego

DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
DIRECCIÓN DE CAMINOS

MIGUEL TAPAYURI CHOTA
TÉCNICO EN MECÁNICA DE SUELOS

DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES AMAZONAS
DIRECCIÓN DE OBRAS DE INFRAESTRUCTURA AEROPORTUARIA

ING. GILMER DIAZ MEGO
CIP N° 141510
DIRECTOR

DIRECCION: Km. 1 + 000 CARRETERA A RODRIGUEZ DE MENDOZA- TELEFONO (FAX) #041 - 312358 ANEXO # 121



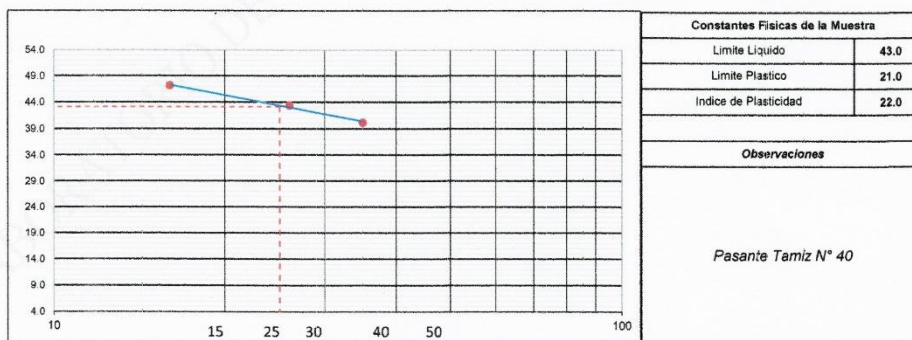
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO			
FORMATO			
LIMITES DE CONSISTENCIA			
(MTC E-110,111 / ASTM D-4318 / AASHTO T-90, T-89)			
Tesis : MODELAMIENTO HIDROLOGICO E HIDRAULICO BIDIMENSIONAL PARA LA IDENTIFICACION DE ZONAS INUNDABLES DE LA QUEBRADA CRISTALINA EL LIBANO, AMAZONAS, 2023.		Codigo Ensayo N° : 0.08 - 2023	
Solicitante : Bach. DALIA LUNA VASQUEZ			
Proced : ---	Calicata : N° 02/M-01	Ing. Responsable : GILMER DIAZ MEGO	
Ubica : ---	Profundidad : ---	Fecha : 23/05/2023	Tec. Responsable : M. TAPAYURI CH.

DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO

N° de Tarro		74	169	82	
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	33.88	33.68	33.68	
Peso de Tarro + Suelo Seco	gr.	30.12	30.32	30.49	
Peso de Tarro	gr.	22.57	22.57	22.55	
Peso de Agua	gr.	3.56	3.36	3.19	
Peso del Suelo Seco	gr.	7.55	7.75	7.94	Limite Liquido
Contenido de Humedad	%	47.15	43.35	40.18	43.0
Numero de Golpes		16	26	35	

DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD

N° de Tarro		74	76	
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	21.26	21.27	
Peso de Tarro + Suelo seco	gr.	19.59	19.56	
Peso de Tarro	gr.	11.59	11.59	
Peso de Agua	gr.	1.67	1.71	
Peso de Suelo seco	gr.	8.00	7.97	Limite Plastico
Contenido de Humedad	%	20.88	21.46	21.0



6. Observaciones: Muestra Identificada y Proporcionada por el Solicitante.

DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES
Y COMUNICACIONES
DIRECCIÓN DE CAMINOS
MIGUEL TAPAYURI CHOTA
TECNICO EN MECANICA DE SUELOS

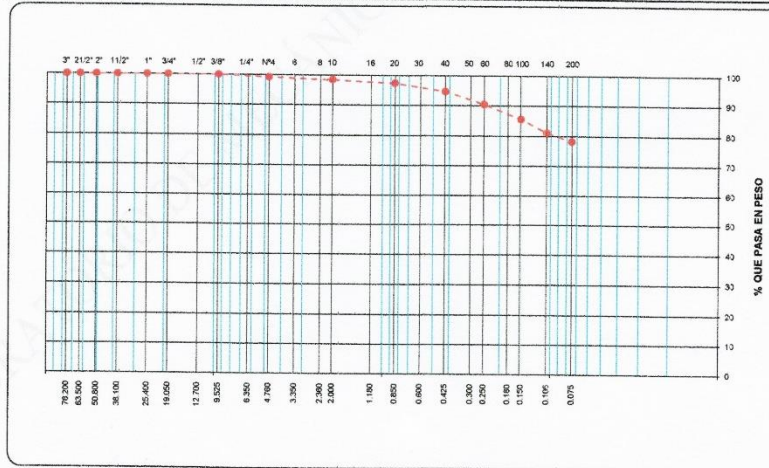
DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES
Y COMUNICACIONES AMAZONAS
DIRECCIÓN DE CAMINOS E INFRAESTRUCTURA AEROPORTUARIA
ING. GILMER DIAZ MEGO
CIP N° 141510
DIRECTOR



RUC: 20392327747

REGISTRO DE LICENCIA N° 00001990-MPCH

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO							
FORMATO							
ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO							
(MTC E-107 / ASTM D-422, C-117 / AASHTO T-27, T-88)							
Tesis : MODELAMIENTO HIDROLOGICO E HIDRAULICO BIDIMENSIONAL PARA LA IDENTIFICACION DE ZONAS INUNDABLES DE LA QUEBRADA CRISTALINA EL LIBANO, AMAZONAS, 2023.					Codigo Ensayo N° : 0.06 - 2023		
Solicitante : Bach. DALIA LUNA VASQUEZ							
Proced : ---		Calicata : N° 02/M-01		Ing. Responsable : GILMER DIAZ MEGO			
Ubica : ---		Profundidad : ---		Tec. Responsable : M. TAPAYURI CH.			
				Fecha : 23/05/2023			
Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa	Material sin Especificación	Descripcion
4"	101.600						1. Peso de Material
3"	76.200				100.0		Peso Inicial Total (kg) 400.0
2 1/2"	63.500	0.0			100.0		Peso Fraccion Fina Para Lavar (gr) ---
2"	50.800	0.0			100.0		2. Caracteristicas
1 1/2"	38.100	0.0			100.0		Grava (%) 0.8
1"	25.400	0.0			100.0		Arena (%) 20.9
3/4"	19.050	0.0			100.0		Finos (%) 78.3
3/8"	9.525	0.0			100.0		Modulo de Fineza (%) ---
N° 4	4.750	3.0	0.8	0.8	99.2		3. Clasificacion
N° 10	2.000	2.7	0.7	1.6	98.5		Limite Liquido (%) 43
N° 20	0.850	4.2	1.0	2.6	97.4		Limite Plastico (%) 21
N° 40	0.425	10.3	2.6	5.2	94.8		Clasificacion SUCS CL
N° 60	0.250	18.9	4.2	9.5	90.5		Clasificacion AASHTO A-7-6 (13)
N° 100	0.150	19.7	4.9	14.4	85.6		
N° 140	0.106	17.7	4.4	18.9	81.2		5. Observaciones (Fuente de Normalizacion)
N° 200	0.075	11.4	2.9	21.7	78.3		Manual de carreteras "Especificaciones Tecnicas Generales para Construccion" (EG-2013)
Passante		313.4	78.4	100.1			



5. Observaciones: Muestra Identificada y Proporcionada por el Solicitante.

DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES
Y COMUNICACIONES
DIRECCIÓN DE CAMINOS
MIGUEL TAPAYURI CHOTA
INGENIERO EN MECANICA DE SUELOS

DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES
Y COMUNICACIONES AMAZONAS
DIRECCIÓN DE CAMINOS, SERVICIOS AEROPORTUARIOS
ING. GILMER DIAZ MEGO
CIP N° 141510
DIRECTOR



RUC: 20392327747

Gobierno Regional de Amazonas
DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES - AMAZONAS



REGISTRO DE LICENCIA N° 00001990-MPCH

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
FORMATO
CONTENIDO DE HUMEDAD
(MTC E-108 / ASTM D-2216)
Tesis: MODELAMIENTO HIDROLOGICO E HIDRAULICO BIDIMENSIONAL PARA LA IDENTIFICACION DE ZONAS INUNDABLES DE LA QUEBRADA CRISTALINA EL LIBANO, AMAZONAS, 2023.
Solicitante: Bach. DALIA LUNA VASQUEZ
Ing. Responsable: GILMER DIAZ MEGO
Tec. Responsable: M. TAPAYURI CH.

1. Contenido de Humedad Muestra Integral :

Table with 3 columns: Descripción, 20, and empty column. Rows include: Peso de tara (gr), Peso de la tara + muestra húmeda (gr), Peso de la tara + muestra seca (gr), Peso del agua contenida (gr), Peso de la muestra seca (gr), Contenido de Humedad (%), Contenido de Humedad Promedio (%).

2. Contenido de Humedad Muestra (Grava Mayor a 3/4") :

Table with 4 columns: Descripción, 1, 3, and empty column. Rows include: Peso de tara (gr), Peso de la tara + muestra húmeda (gr), Peso de la tara + muestra seca (gr), Peso del agua contenida (gr), Peso de la muestra seca (gr), Contenido de Humedad (%), Contenido de Humedad Promedio (%).

6. Observaciones: Muestra Identificada y Proporcionada por el Solicitante.

DIRECCION REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
DIRECCION DE CAMINOS
MIGUEL TAPAYURI CHOTA
TECNICO EN MECANICA DE SUELOS

DIRECCION REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES AMAZONAS
DIRECCION DE INGENIERIA DE TRANSPORTES Y AEROPORTUARIA
ING. GILMER DIAZ MEGO
CIP N° 141510
DIRECTOR



RUC: 20392327747

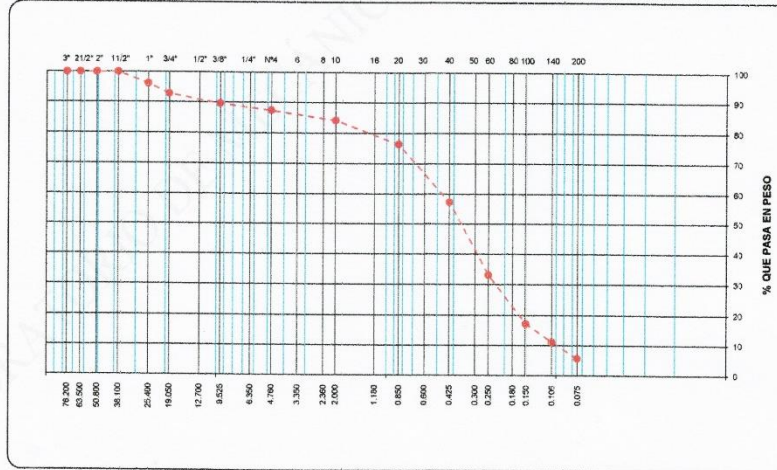
GOBIERNO REGIONAL DE AMAZONAS
DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES
Y COMUNICACIONES - AMAZONAS



REGISTRO DE LICENCIA N° 00001990-MPCH

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO						
FORMATO						
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO						
(MTC E-107 / ASTM D-422, C-117 / AASHTO T-27, T-88)						
Tesis : MODELAMIENTO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO BIDIMENSIONAL PARA LA IDENTIFICACION DE ZONAS INUNDABLES DE LA QUEBRADA CRISTALINA EL LIBANO, AMAZONAS, 2023.					Codigo Ensayo N° : 0.08 - 2023	
Solicitante : Bach. DALIA LUNA VASQUEZ						
Proced : ---		Calicata : N° 01/M-01		Fecha : 23/05/2023		Ing. Responsable : GILMER DIAZ MEGO
Ubica : ---		Profundidad : ---				Tec. Responsable : M. TAPAYURI CH.

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa	Material sin Especificación	Descripcion
4"	101.600						1. Peso de Material
3"	76.200				100.0		Peso Inicial Total (kg) 1,000.0
2 1/2"	63.500	0.0			100.0		Peso Fraccion Fina Para Lavar (gr) ---
2"	50.800	0.0			100.0		2. Características
1 1/2"	38.100	0.0			100.0		Grava (%) 12.7
1"	25.400	38.0	3.8	3.8	96.2		Arena (%) 81.6
3/4"	19.050	34.2	3.4	7.2	92.8		Finos (%) 5.7
3/8"	9.525	32.3	3.2	10.5	89.5		Modulo de Finezs (%) ---
N° 4	4.750	21.8	2.2	12.7	87.4		3. Clasificación
N° 10	2.000	31.7	3.2	15.8	84.2		Limite Liquido (%) 8
N° 20	0.850	77.6	7.8	23.6	76.4		Limite Plastico (%) NP
N° 40	0.425	190.4	19.0	42.7	57.3		Clasificación SUCS SP-SM
N° 60	0.250	242.3	24.2	66.9	33.1		Clasificación AASHTO A.3 (0)
N° 100	0.150	169.2	15.9	82.8	17.2		
N° 140	0.106	69.7	6.0	88.8	11.2		5. Observaciones (Fuente de Normalización)
N° 200	0.075	64.9	5.5	94.3	5.7		Manual de carreteras "Especificaciones Tecnicas Generales para Construccion" (EG-2013)
Pasante		67.1	5.7	100.0			



6. Observaciones: Muestra Identificada y Proporcionada por el Solicitante.

DIRECCION REGIONAL DE TRANSPORTES
Y COMUNICACIONES
DIRECCION DE CAMINOS
MIGUEL TAPAYURI CHOTA
TECNICO EN MECANICA DE SUELOS

DIRECCION REGIONAL DE TRANSPORTES
Y COMUNICACIONES
DIRECCION DE CAMINOS
ING. GILMER DIAZ MEGO
CIP N° 141510
DIRECTOR

DIRECCION: Km. 1 + 000 CARRETERA A RODRIGUEZ DE MENDOZA- TELEFONO (FAX) #041 - 312358 ANEXO # 121

CHACHAPOYAS - AMAZONAS



RUC: 20392327747

REGISTRO DE LICENCIA N° 00001990-MPCH

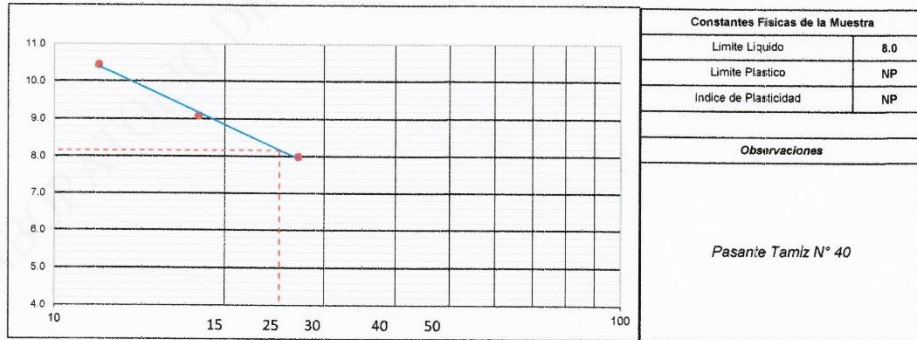
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO			
FORMATO			
LIMITES DE CONSISTENCIA			
(MTC E-110,111 / ASTM D-4318 / AASHTO T-90, T-89)			
Tesis : MODELAMIENTO HIDROLOGICO E HIDRAULICO BIDIMENSIONAL PARA LA IDENTIFICACION DE ZONAS INUNDABLES DE LA QUEBRADA CRISTALINA EL LIBANO, AMAZONAS, 2023.		Codigo Ensayo N° : 0.08 - 2023	
Solicitante : Bach. DALIA LUNA VASQUEZ			
Proced : ---	Calicata: N° 01/M-01	Ing. Responsable : GILMER DIAZ MEGO	
Ubica: ---	Profundidad : ---	Fecha : 23/05/2023	Tec. Responsable : M. TAPAYURI CH.

DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO

N° de Tarro		143	169	194	
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	40.99	40.58	39.07	
Peso de Tarro + Suelo Seco	gr.	39.25	39.08	37.86	
Peso de Tarro	gr.	22.58	22.57	22.57	
Peso de Agua	gr.	1.74	1.50	1.22	
Peso del Suelo Seco	gr.	16.67	16.51	15.28	Limite Liquido
Contenido de Humedad	%	10.44	9.09	7.98	8.0
Numero de Golpes		12	18	27	

DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD

N° de Tarro		119	123	
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	0.00	0.00	
Peso de Tarro + Suelo seco	gr.	0.00	0.00	
Peso de Tarro	gr.	11.59	11.59	
Peso de Agua	gr.	0.00	0.00	
Peso de Suelo seco	gr.	-11.59	-11.59	Limite Plastico
Contenido de Humedad	%	NP	NP	NP



6. Observaciones: Muestra Identificada y Proporcionada por el Solicitante.

DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES
Y COMUNICACIONES
DIRECCIÓN DE CAMINOS
MIGUEL TAPAYURI CHOTA
TECNICO EN MECANICA DE SUELOS

DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES
Y COMUNICACIONES AMAZONAS
DIRECCIÓN DE CAMINOS E INFRAESTRUCTURA AEROPORTUARIA
ING. GILMER DIAZ MEGO
CIP N° 141610
DIRECTOR



RUC: 20392327747

GOBIERNO REGIONAL DE AMAZONAS
DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES - AMAZONAS



REGISTRO DE LICENCIA N° 00001990-MPCH

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES - Chachapoyas

CORTE DIRECTO

Solicitante: Bach. DALIA LUNA VASQUEZ
Proyecto:

MODELAMIENTO HIDROLOGICO E HIDRAULICO BIDIMENSIONAL PARA LA IDENTIFICACION DE ZONAS INUNDABLES DE LA QUEBRADA CRISTALINA EL LIBANO, AMAZONAS, 2023

Ubicación: ---
Fecha: 25-mayo-2023

ENSAYO: CORTE DIRECTO
DENOMINACIÓN: NORMA ASTM D-3080

Calicata: C - 1 Muestra: 2 Profundidad: 1.50

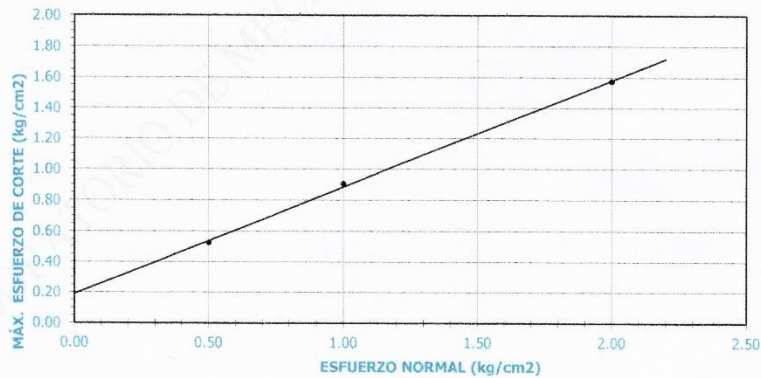
Datos del ensayo:

Table with 8 columns: Nº de espécimen, Peso volumétrico seco (gr/cm³), Esfuerzo normal (kg/cm²), Proporción de esfuerzos (kg/cm²), Humedad natural (%), Esfuerzo de corte (kg/cm²), Humedad saturada (%), and Peso volumétrico Nat. (gr/cm³). It contains 3 rows of data.

Resultados:

COHESIÓN: 0.19 kg/cm²
ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA: 34.8 °

Gráfico (Máximo esfuerzo de corte VS Esfuerzo normal)



OBSERVACIONES:

- Muestreo proporcionada e identificada por el Solicitante.
- Prueba de Corte Directo realizado en laboratorio:

Hecho por: Téc. M. T. CH.
Revisado por: Ing. Gilmer Diaz Mego

DIRECCION REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
DIRECCION DE CAMINOS

MIGUEL TAPAYURI CHOTA
INGENIERO EN MECANICA DE SUELOS

DIRECCION REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES AMAZONAS
DIRECCION DE CAMINOS Y AVIONES AEROPORTUARIA



ING. GILMER DIAZ MEGO
CIP N° 141510
DIRECTOR

DIRECCION: Km. 1 + 000 CARRETERA A RODRIGUEZ DE MENDOZA- TELEFONO (FAX) #041 - 312358 ANEXO # 121

CHACHAPOYAS - AMAZONAS



REGISTRO DE EXCAVACIÓN														
PERFIL ESTRATIGRÁFICO														
Tesis : MODELAMIENTO HIDROLOGICO E HIDRAULICO BIDIMENSIONAL PARA LA IDENTIFICACION DE ZONAS INUNDABLES DE LA QUEBRADA CRISTALINA EL LIBANO, AMAZONAS, 2023.								Codigo Ensayo N° : 0.08 - 2023						
Solicitante : Bach. DALIA LUNA VASQUEZ														
Proced : ---			Calicata: N° 02/M-01			Fecha : 23/05/2023			Ing. Responsable : GILMER DIAZ MEGO					
Ubica: ---			Profundidad : ---						Tec. Responsable : M. TAPAYURI CH.					
Prof. (m.)	Estrato		Simbolo Grafico	Descripcion Visual del Suelo	Clasificacion		Granulometria				Constantes Fisicas			W. Natural
	Capa	Espesor (m)			AASHTO	Sucs.	>3"	3" - N°4	N°4 - N° 200	< N° 200	LL	LP	IP	
0.00	M=01	1.10		Material de relleno, con gravas y bolonera, de material no plastico, de color marron claro, con bolonera de un porcentaje de 40%.										
0.10														
0.20														
0.30														
0.40														
0.50														
0.60														
0.70														
0.80														
0.90														
1.00														
1.20	M=02	0.40		Arcilla con arenas medianas y finos, de mediana a alta plasticidad, de color crema claro, con presencia gravas medianas y finos. De un porcentaje de 15%. Con presencia de filtracion de agua a una profundidad de 1.50m.	A-7-6(13)	CL	100	0.8	20.9	78.3	43.0	21.0	22.0	32.4
1.30														
1.40														
1.50														
1.60														
1.70														
1.80														
1.90														
2.00														
2.10														
2.20														
2.30														
2.40														
2.50														
2.60														
2.70														
2.80														
2.90														

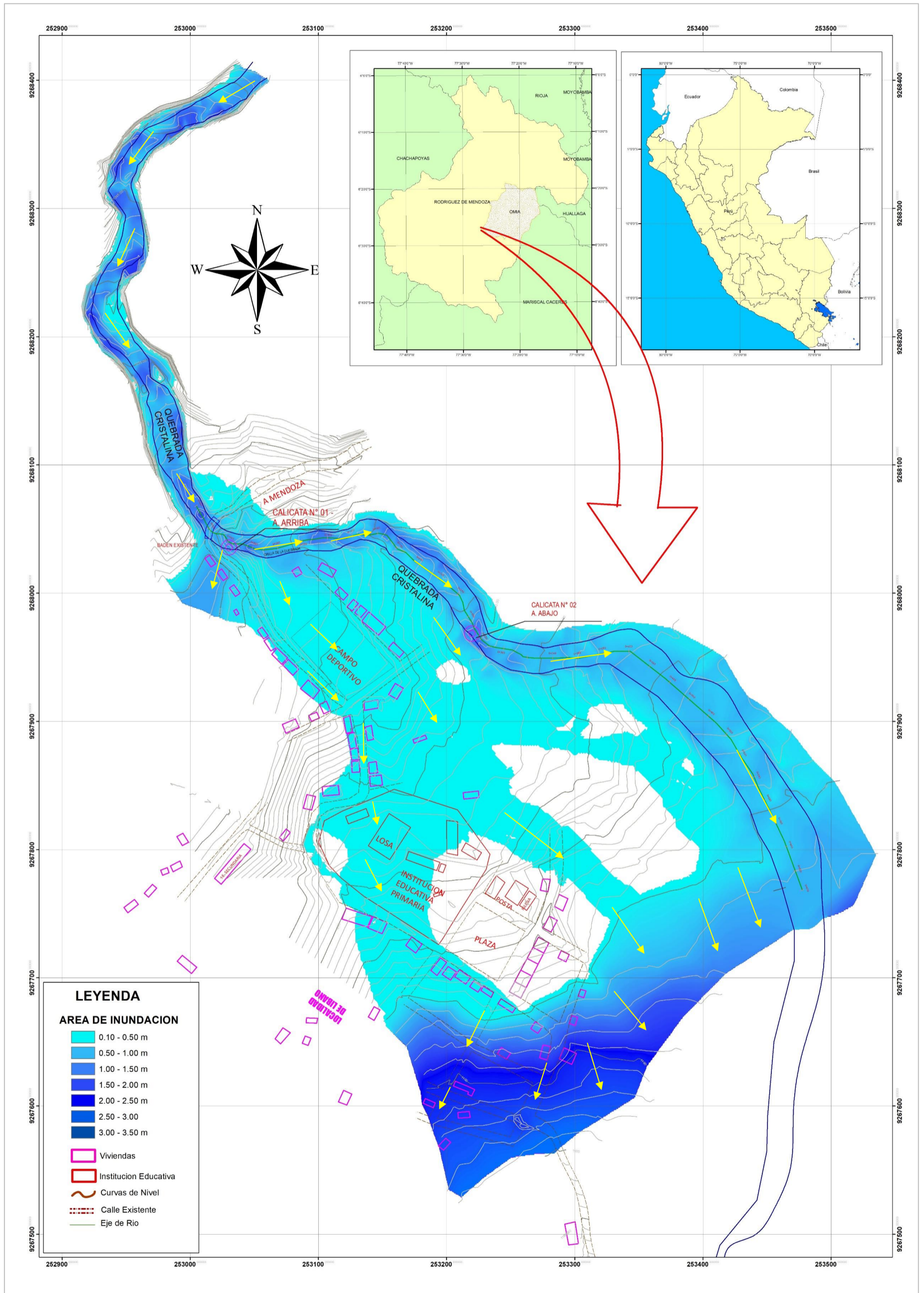



OBSERVACIONES : SE PRESENTO FILTRACION DE AGUA

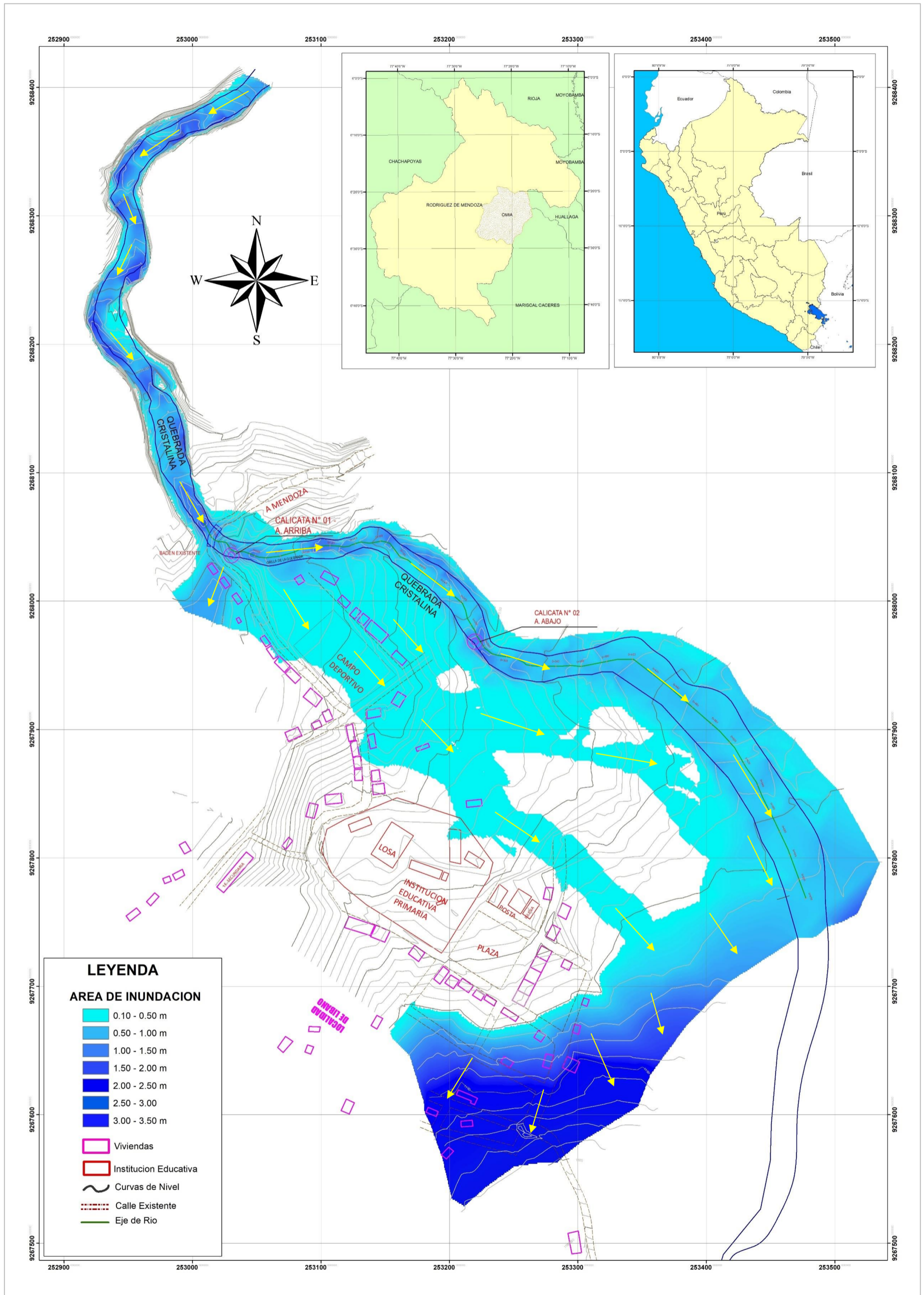
DIRECCION REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
DIRECCION DE CAMINOS
MIGUEL TAPAYURI CHOTA
TECNICO EN MECANICA DE SUELOS

DIRECCION REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
DIRECCION DE CAMINOS Y AEROPORTUARIA
ING. GILMER DIAZ MEGO
CIP N° 141510
DIRECTOR

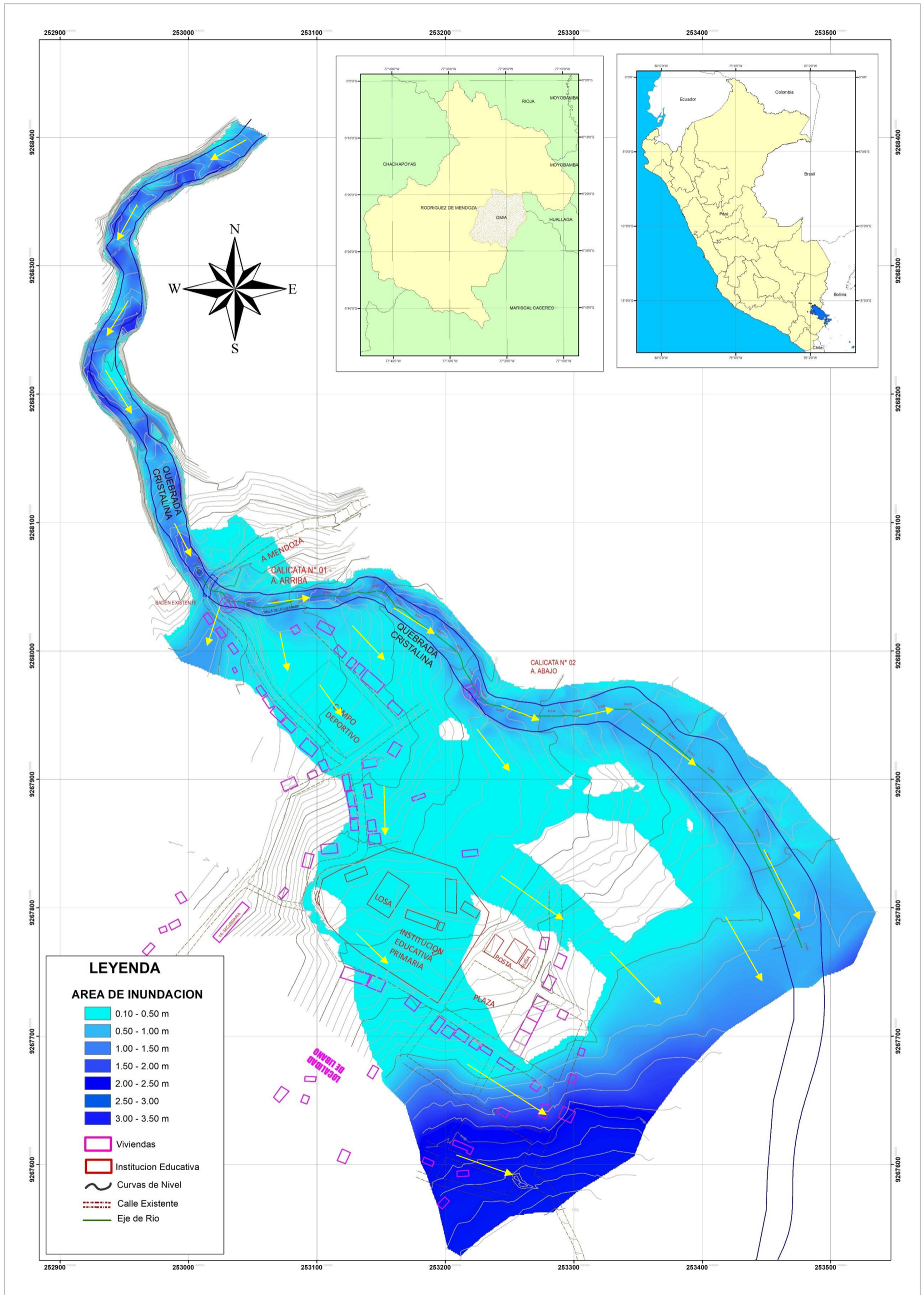
ANEXO 07: Mapa de inundaciones modelamiento hidrológico bidimensional TR= 200 años



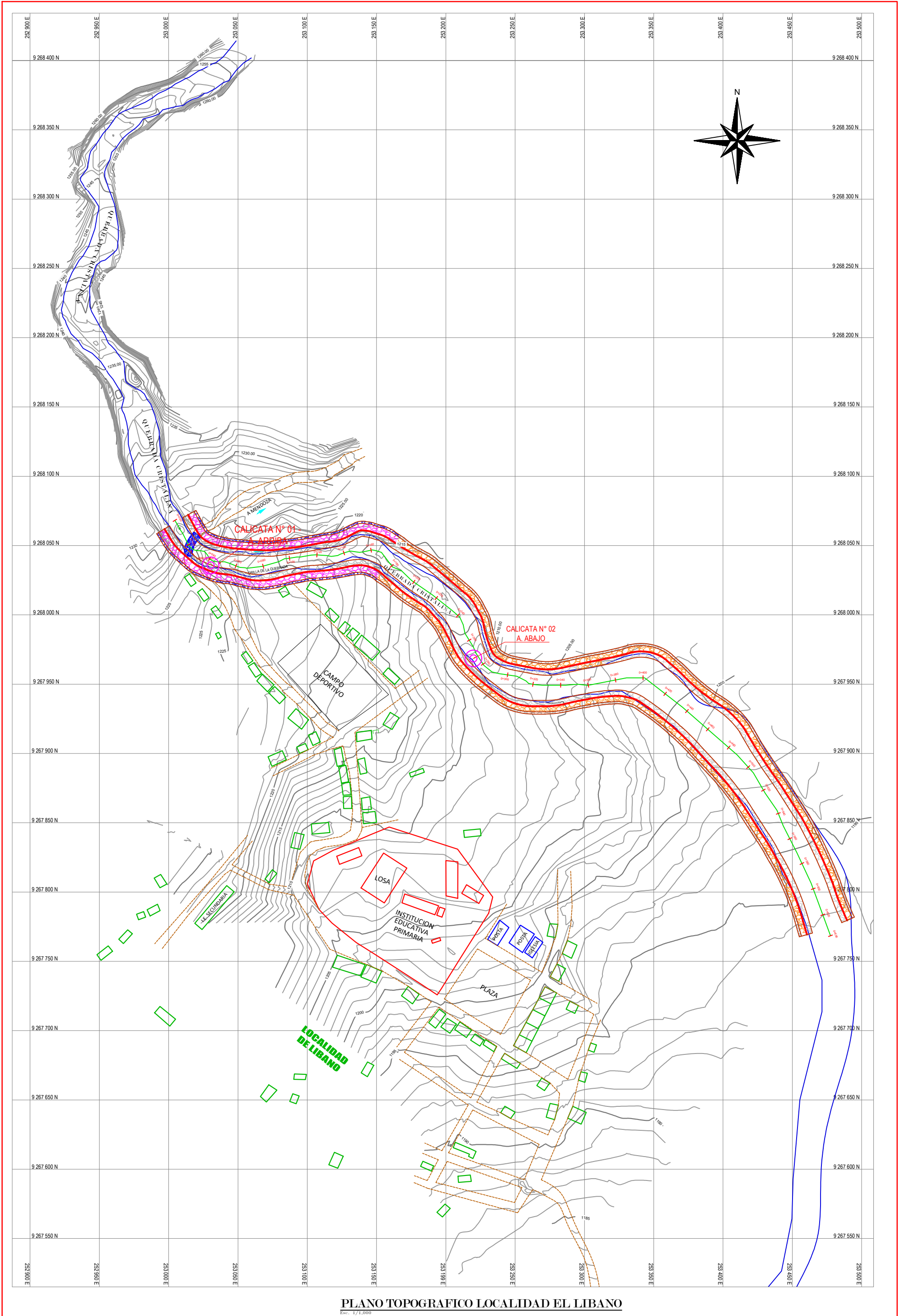
ANEXO 08: Mapa de inundaciones modelamiento hidrológico bidimensional TR= 100 años



ANEXO 09: Mapa de inundaciones modelamiento hidrológico bidimensional TR= 500 años



ANEXO 10: PLANO TOPOGRÁFICO DE LA LOCALIDAD EL LÍBANO

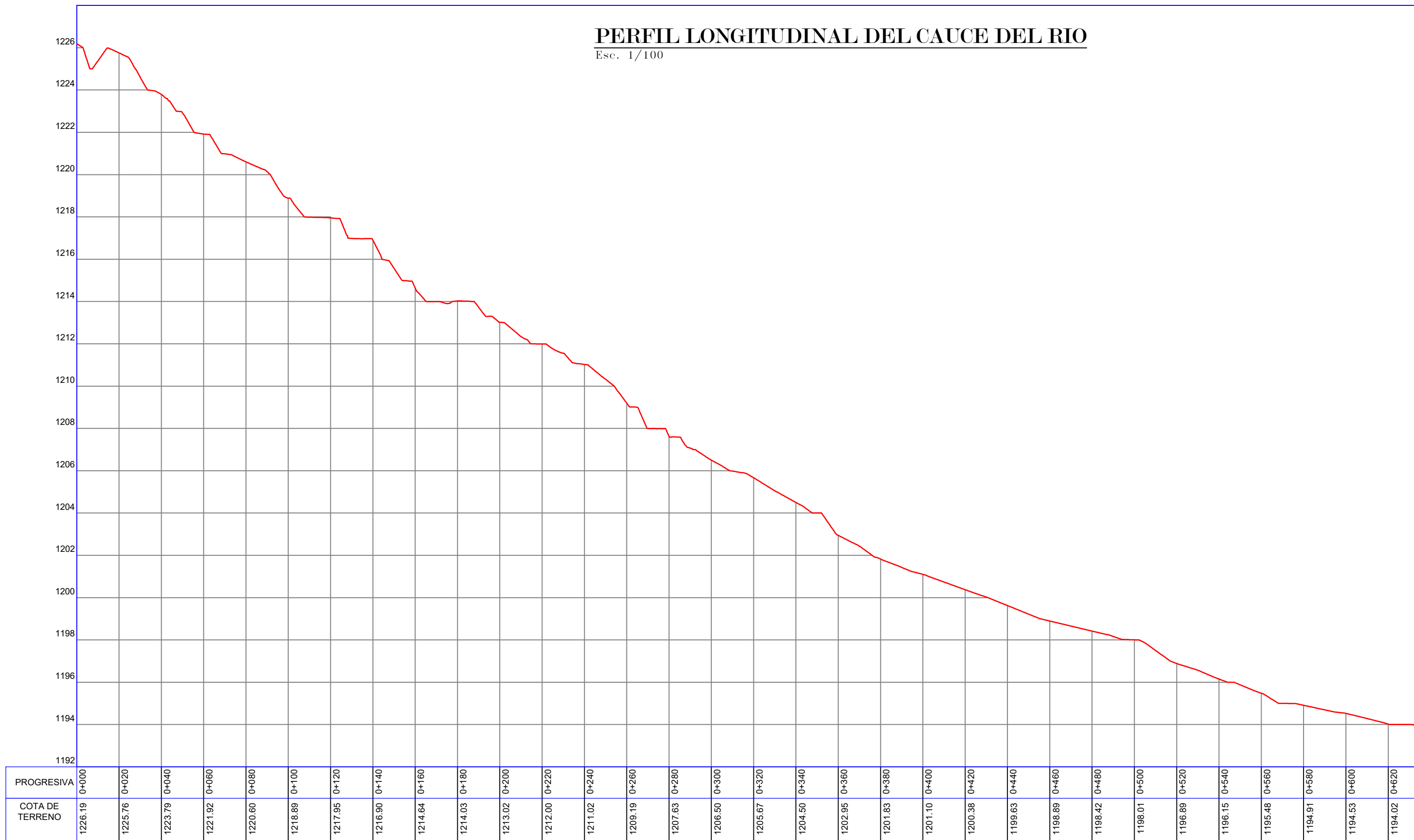


PLANO TOPOGRAFICO LOCALIDAD EL LIBANO
Esc. 1/1,000

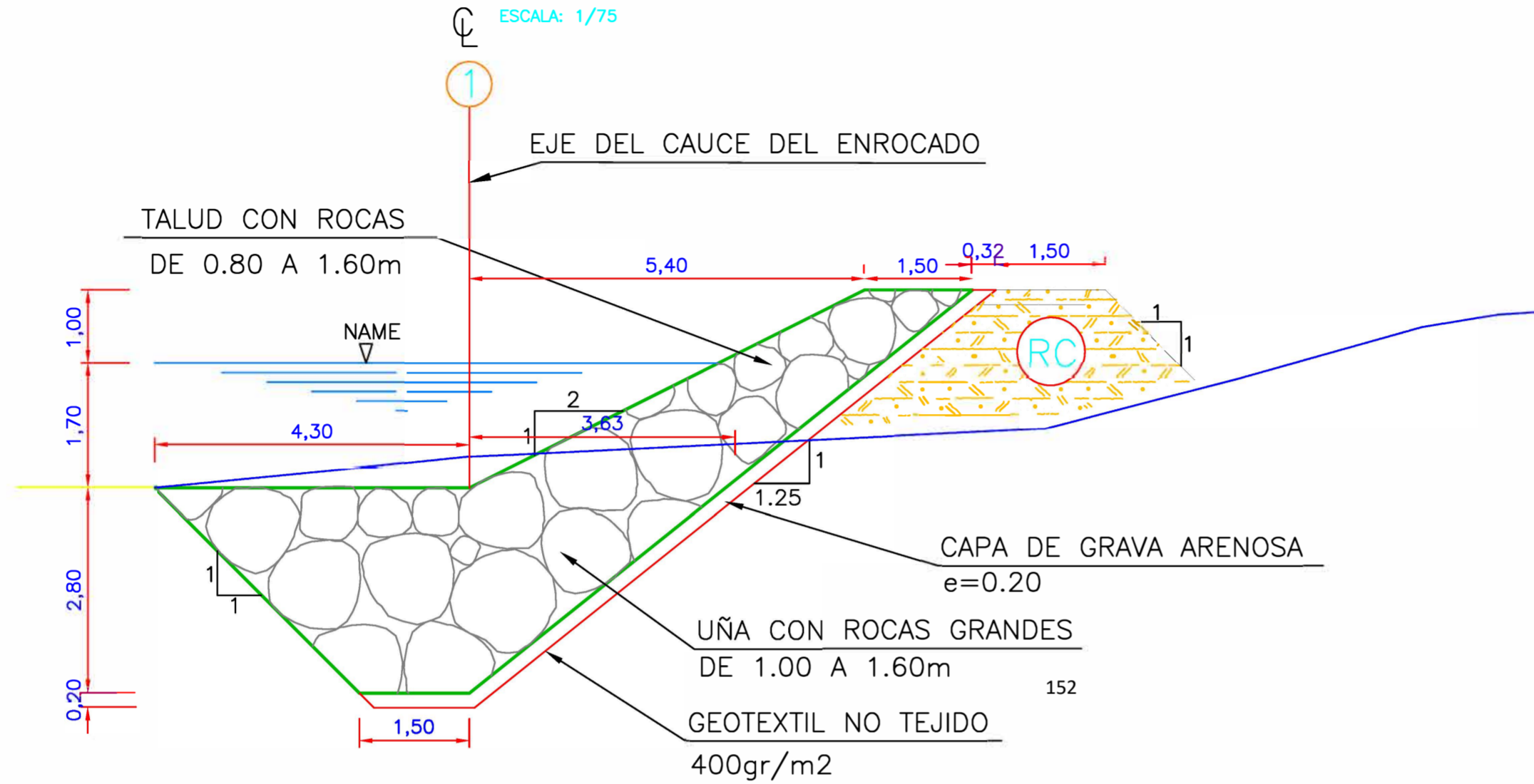
ANEXO 11: PERFIL DEL CAUCE DE LA QUEBRADA CRISTALINA

PERFIL LONGITUDINAL DEL CAUCE DEL RIO

Esc. 1/100



SECCIÓN TIPO
DEFENSA DE ENROCADO DE PROTECCIÓN EN RÍO
AGUAS ARRIBA



GRADUACIÓN DE ROCAS AGUAS ARRIBA

D50	TAMAÑO ROCA (m)	% MENOR QUE
1.6 D ₅₀	1.30	100
1.3 D ₅₀	1.10	85
1.0 D ₅₀	0.90	50
0.5 D ₅₀	0.50	15

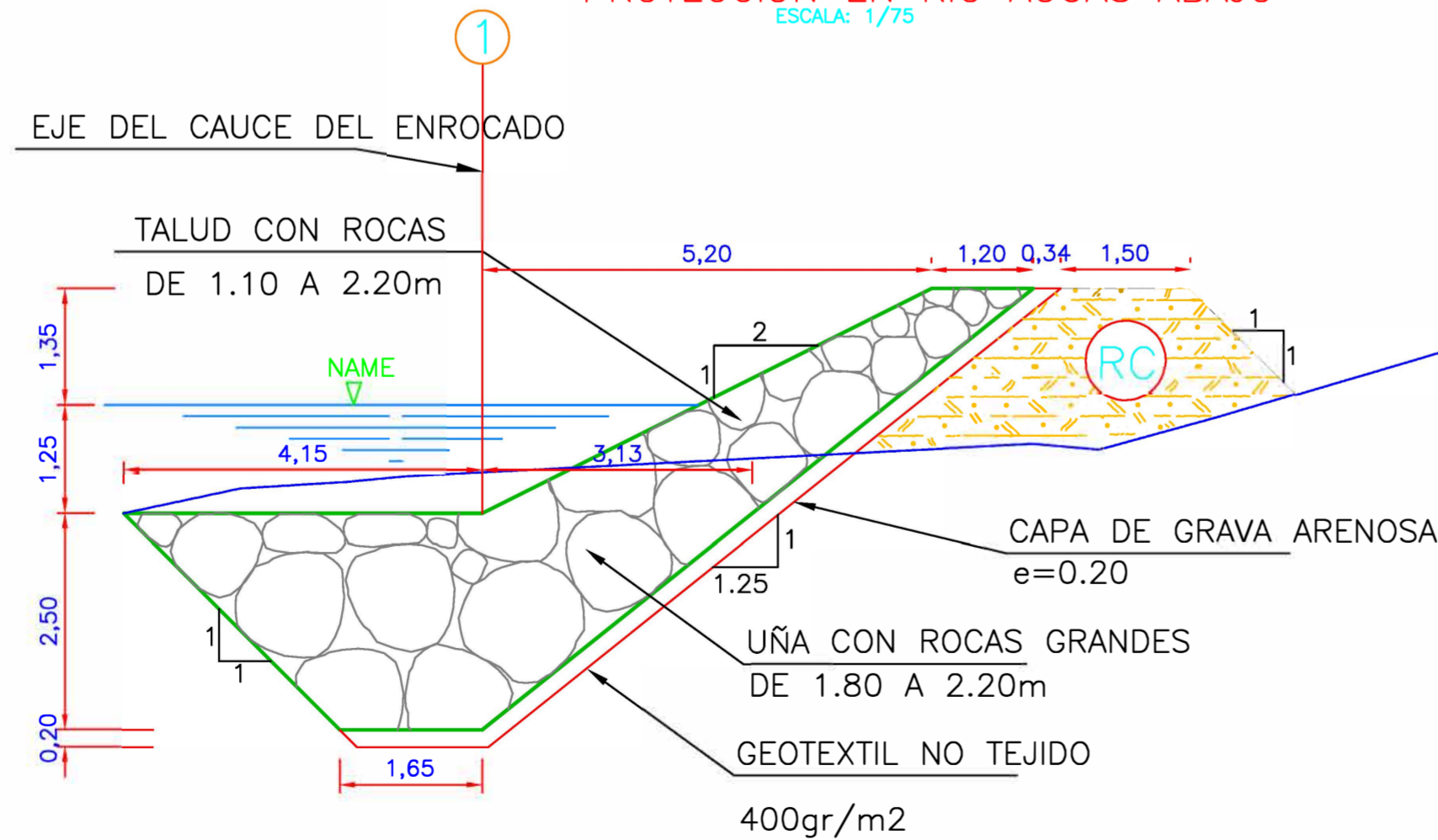
GRADUACIÓN DE ROCAS AGUAS ABAJO

D50	TAMAÑO ROCA (m)	% MENOR QUE
1.6 D ₅₀	1.80	100
1.3 D ₅₀	1.50	85
1.0 D ₅₀	1.30	50
0.5 D ₅₀	0.65	15

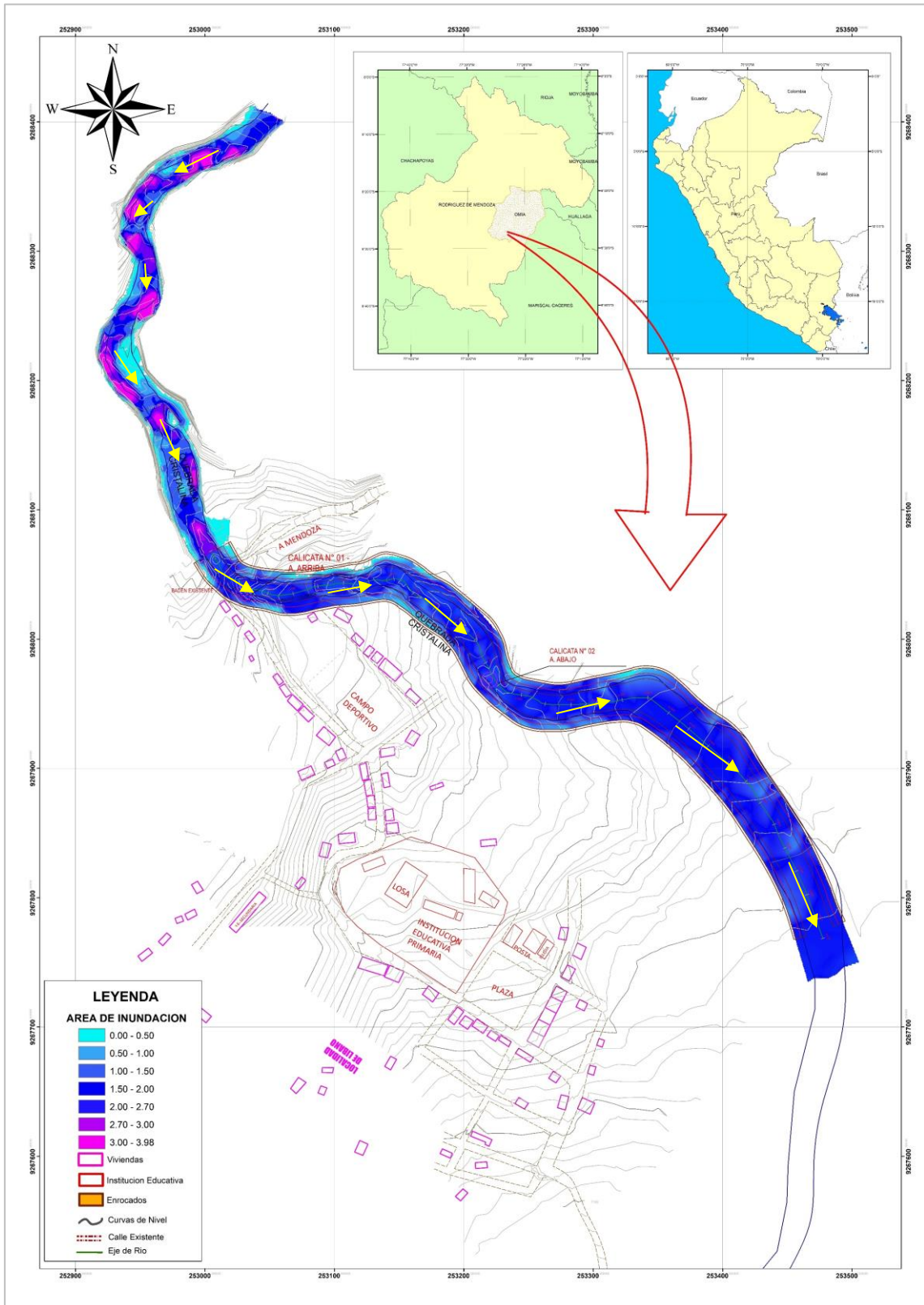
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

- 1- CALIDAD DE ROCA
 - SANA, DURA, RESISTENTE AL AGUA Y ESFUERZOS DE CORTE
 - ROCAS IGNEAS (GRANITO, DIORITA, BASALTO, GRANODIORITA, ETC)
 - PESO ESPECIFICO DEL ORDEN DE 2.86 tn/m³
 - RELACIÓN LARGO/ANCHO, MÁXIMO=2.5
 - PREFERENTEMENTE DE FORMA ANGULAR
- 2- GEOTEXTIL NO TEJIDO
 - 100% DE POLIPROFILERO DE 400gr/m² Y ESPESOR
 - SU COLOCACIÓN ES DE ARRIBA HACIA ABAJO
 - TRASLAPE MINIMO 30cm
 - RELACIÓN LARGO/ANCHO, MÁXIMO=2.5
 - EL GEOTEXTIL UBICADO AGUAS ARRIBA DEBERÁ TRASLAPAR SOBRE EL DE AGUAS ABAJO

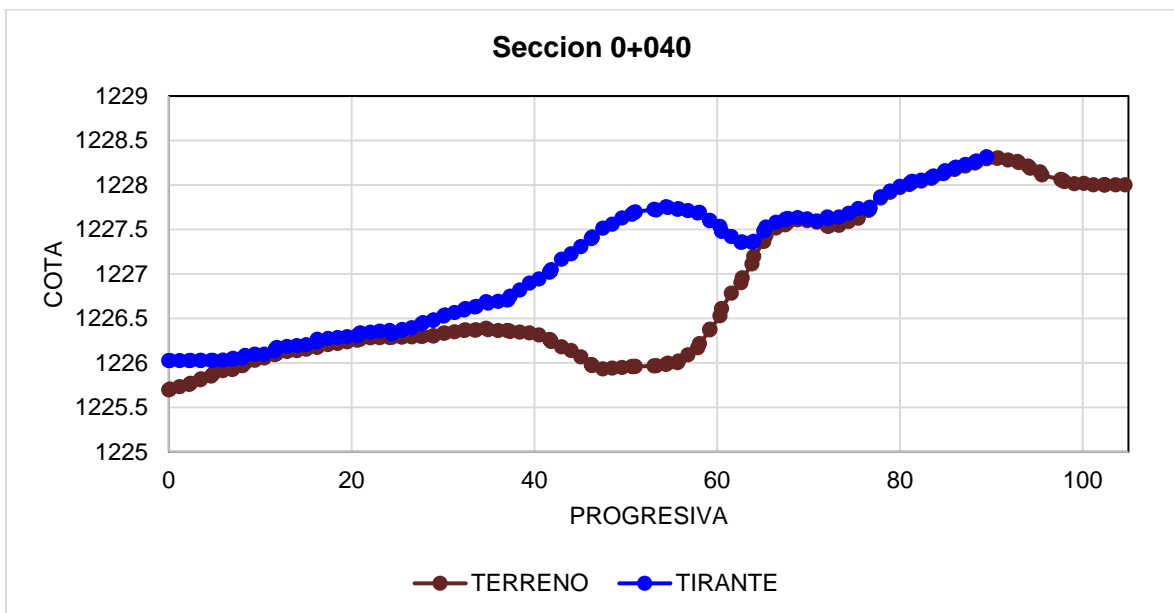
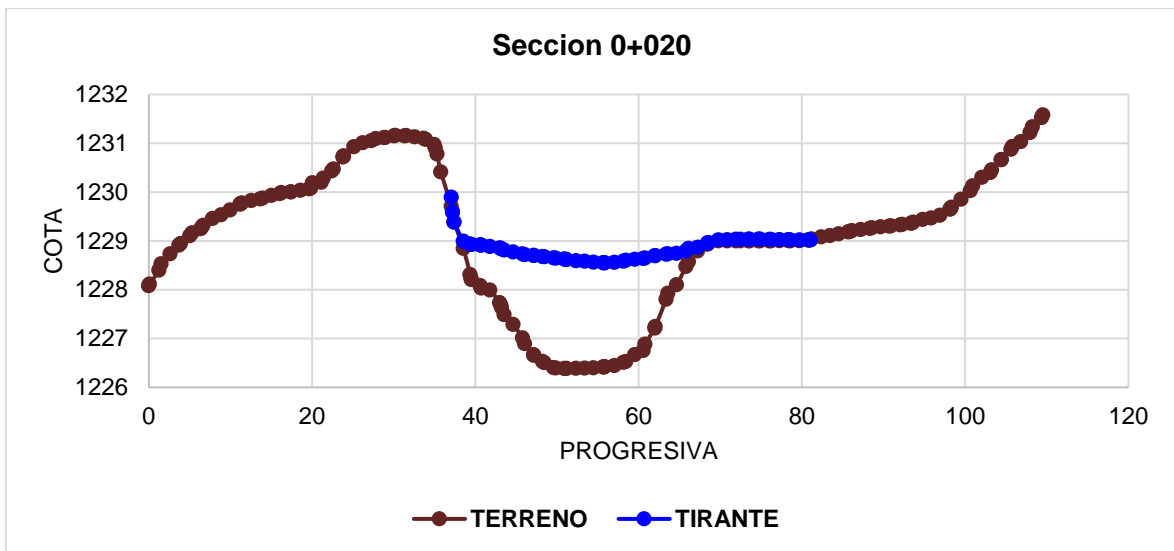
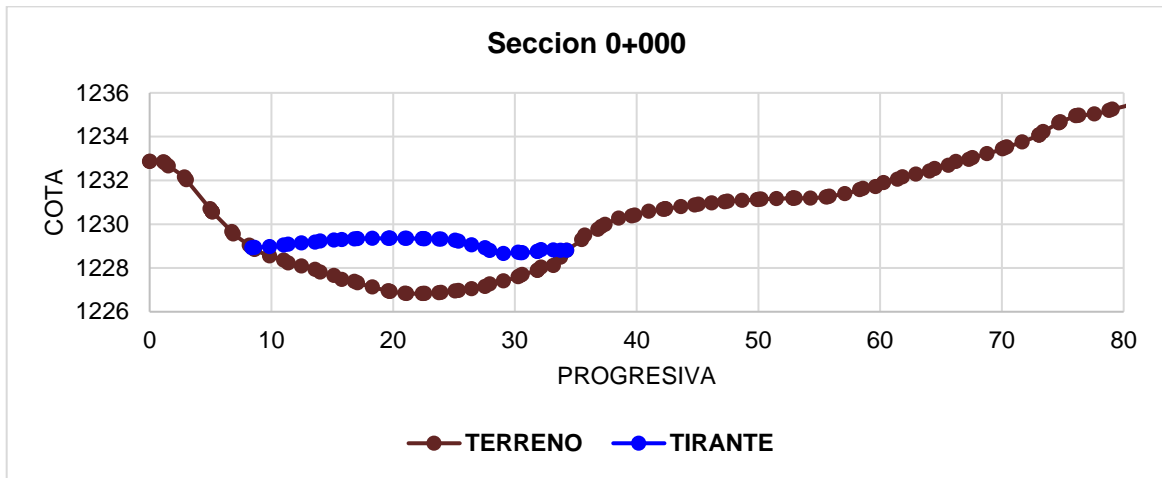
SECCIÓN TIPO
DEFENSA DE ENROCADO DE PROTECCIÓN EN RÍO
AGUAS ABAJO

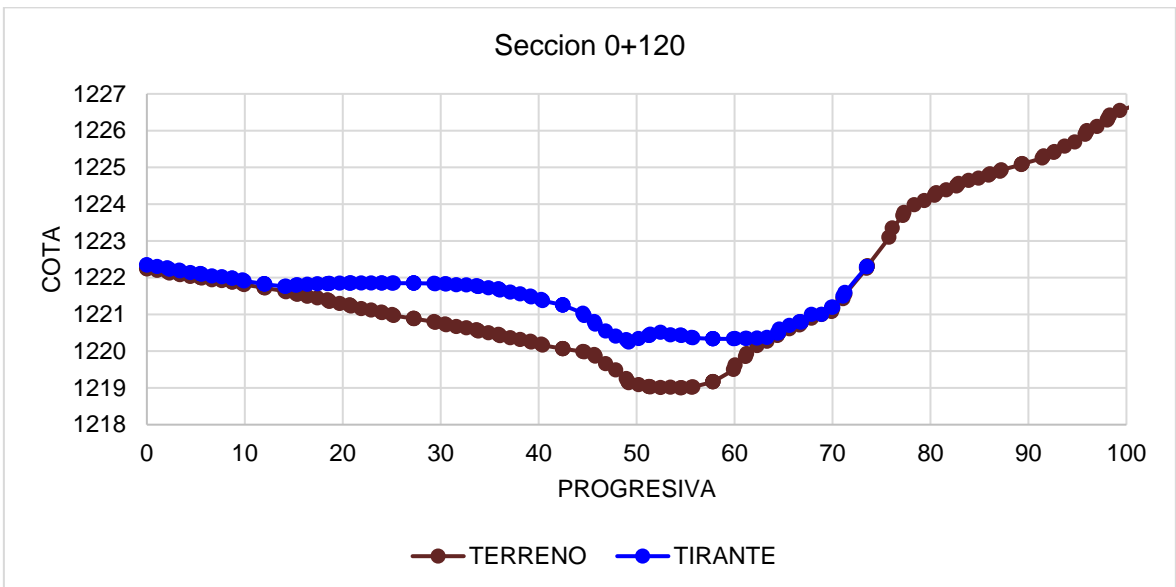
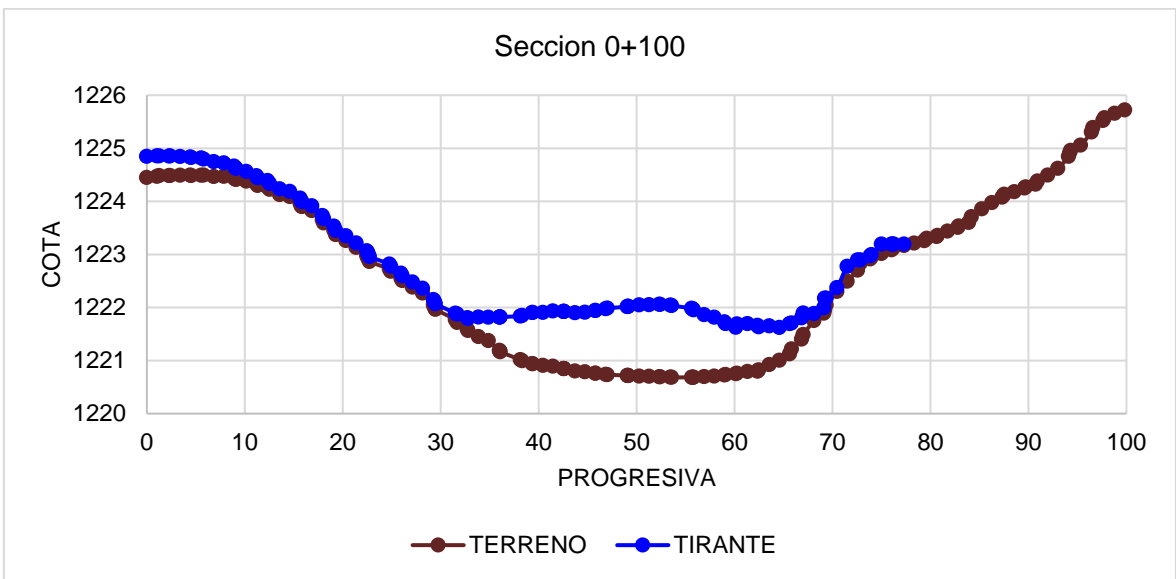
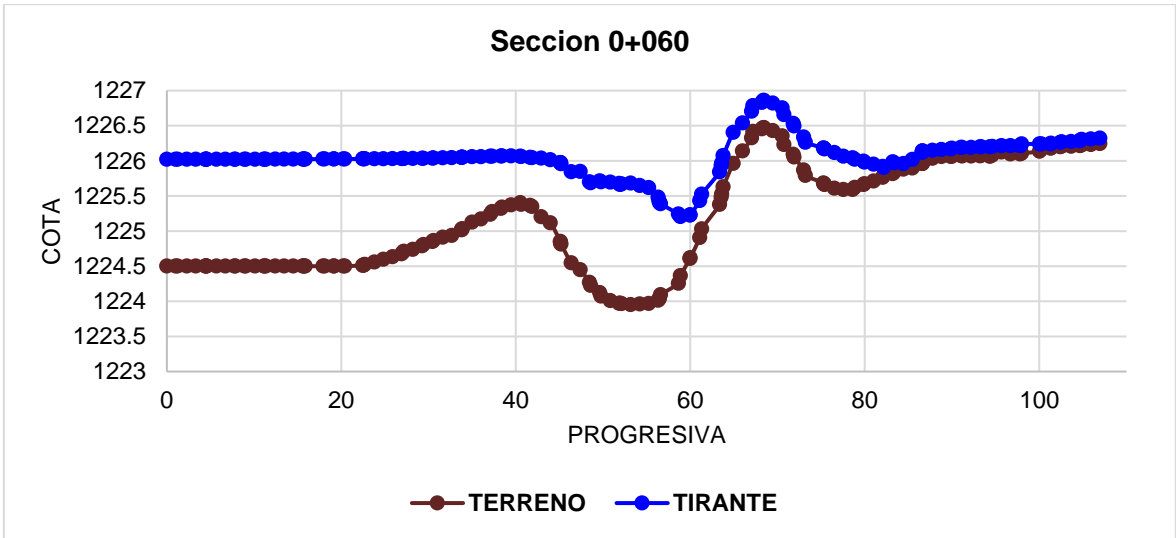


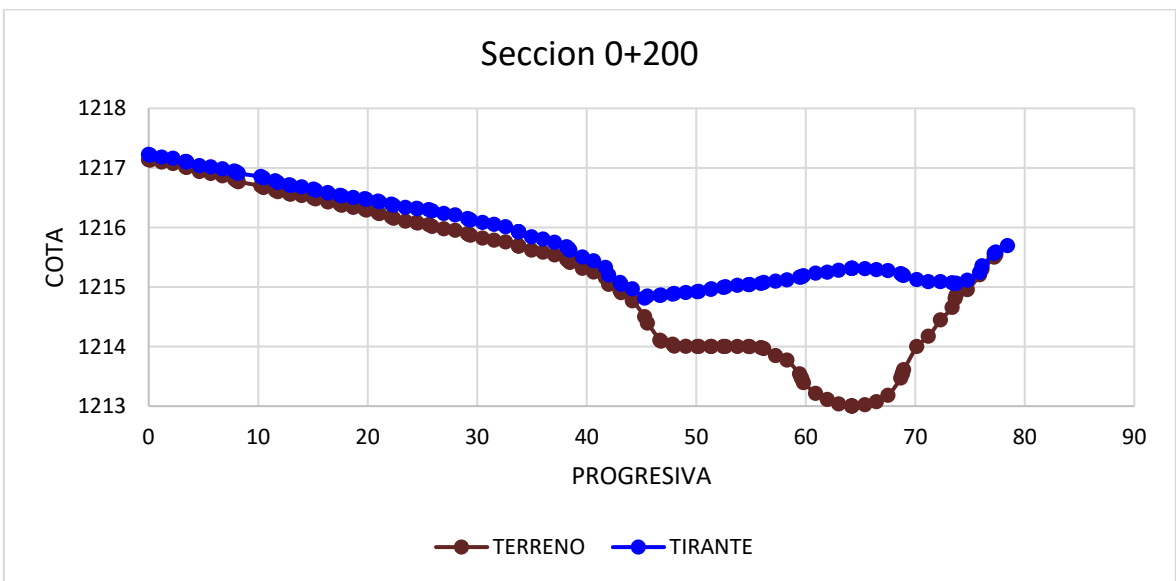
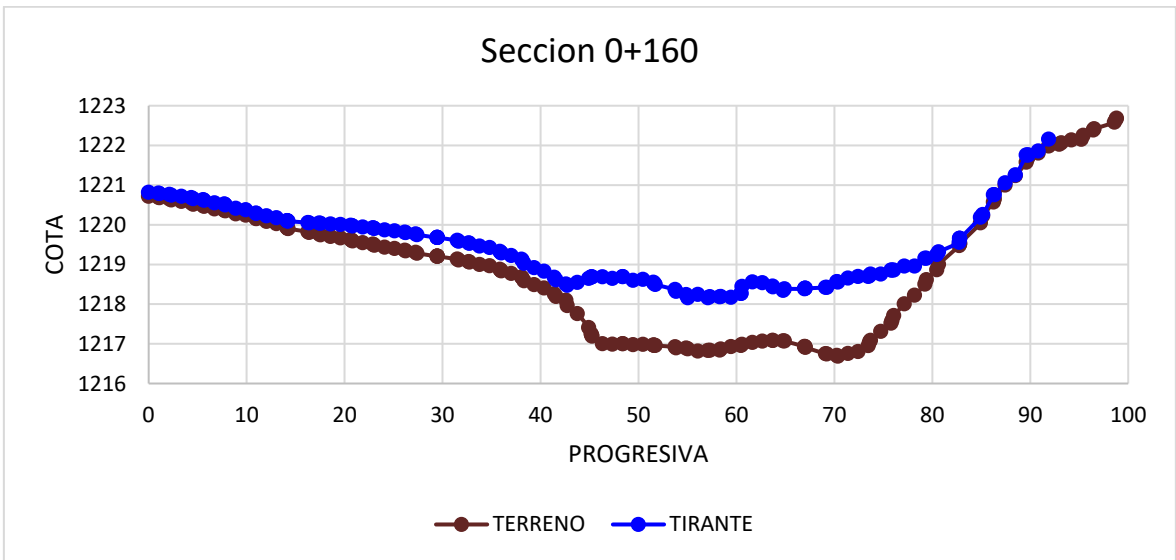
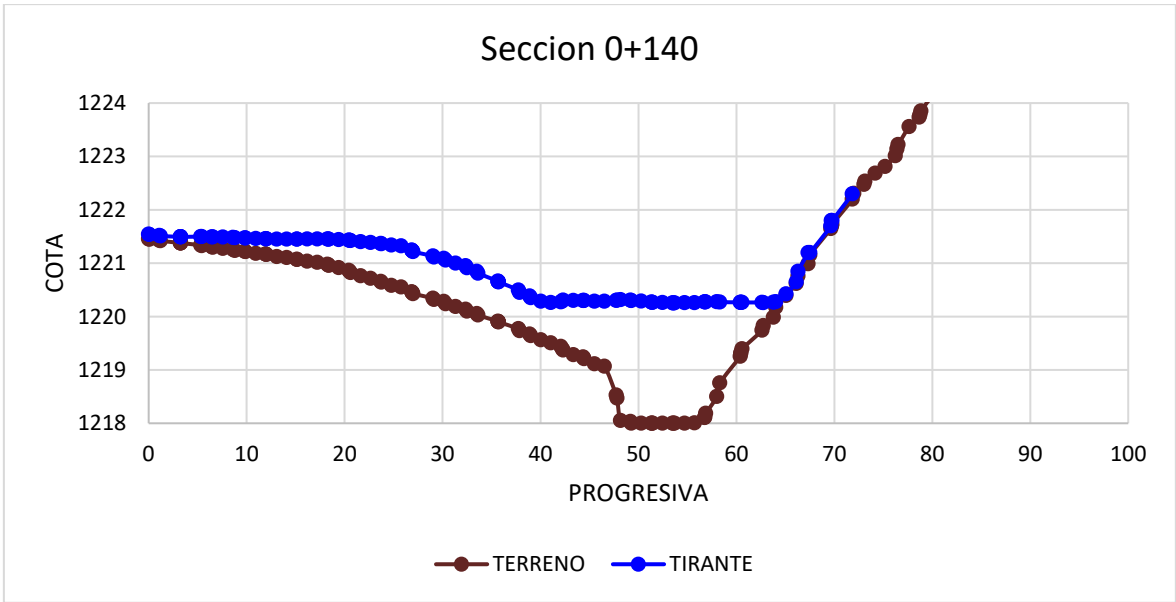
ANEXO 13: Mapa de modelamiento hidráulico con enrocados

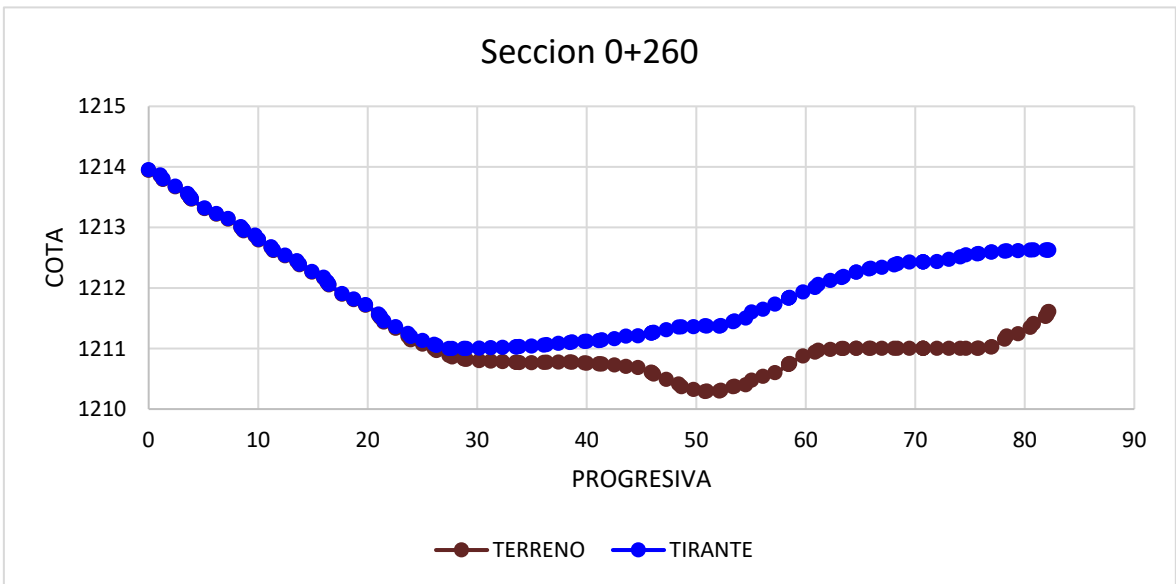
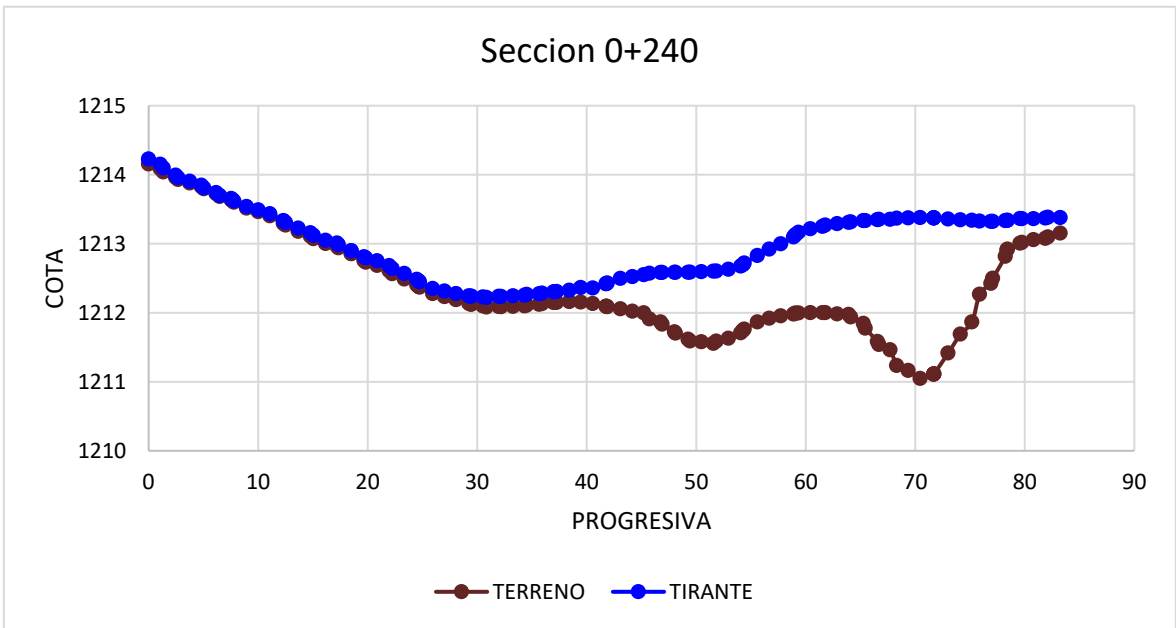
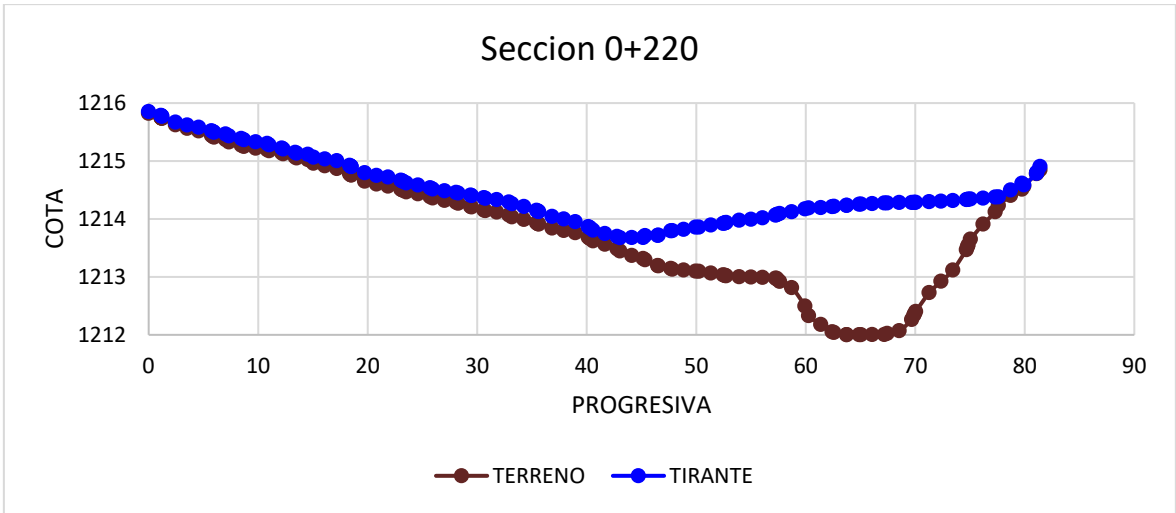


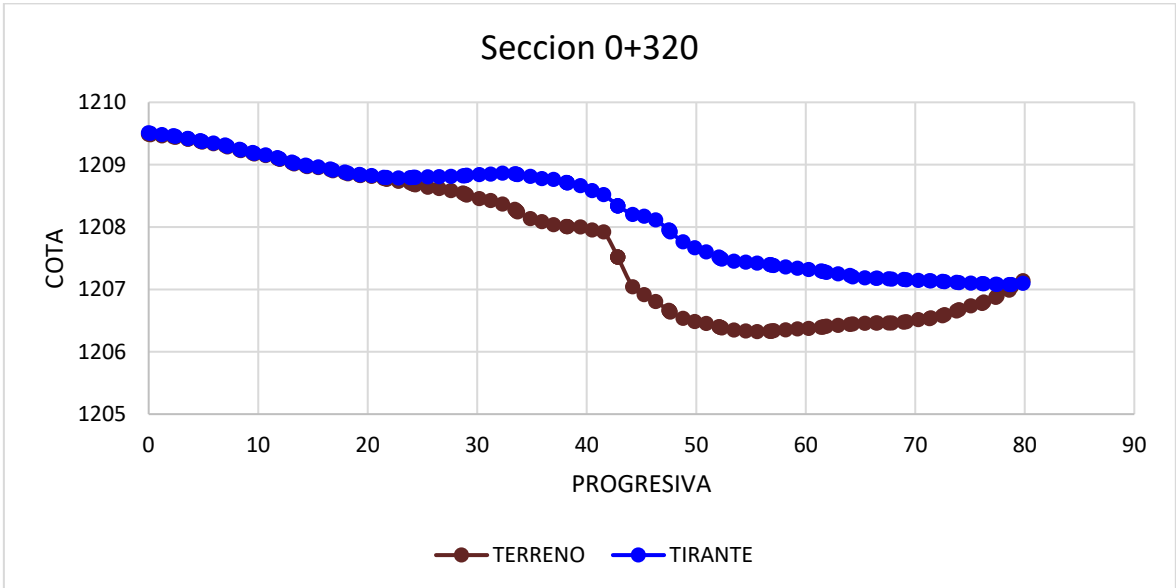
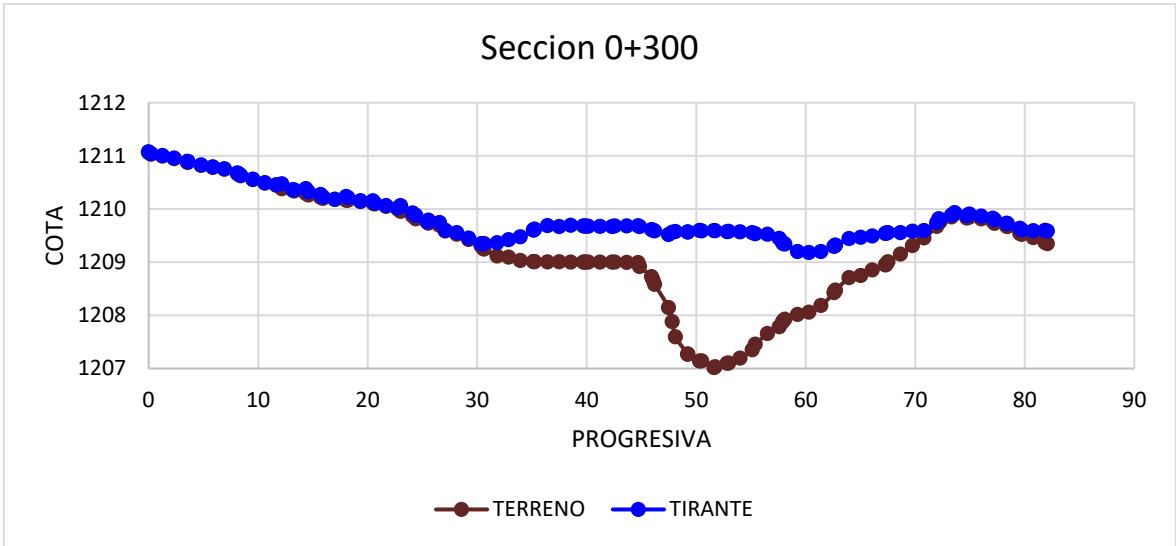
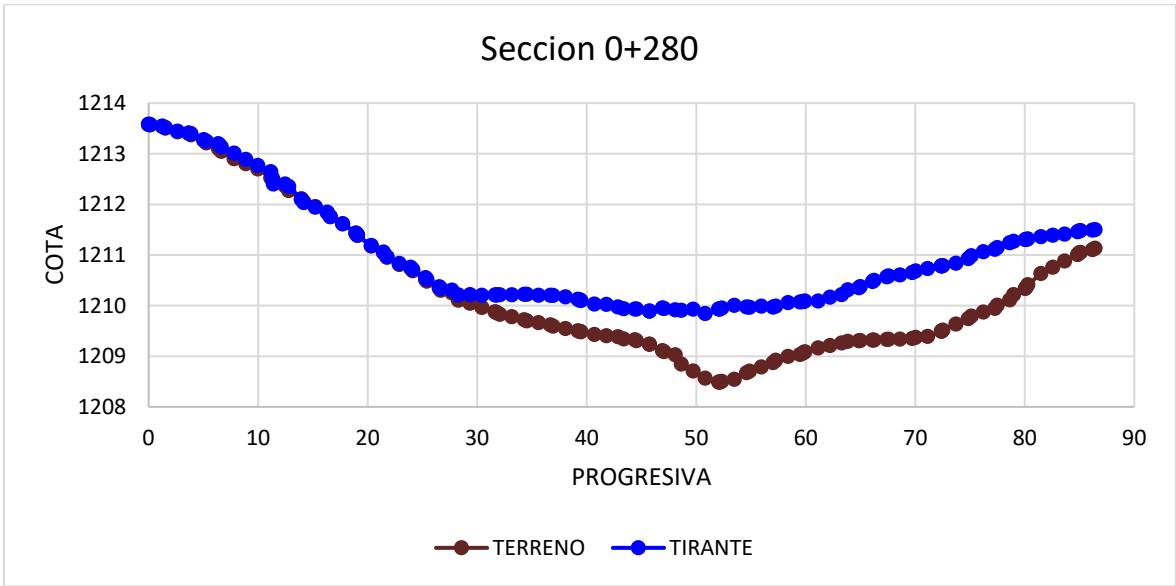
ANEXO 14: Secciones del modelamiento hidráulico

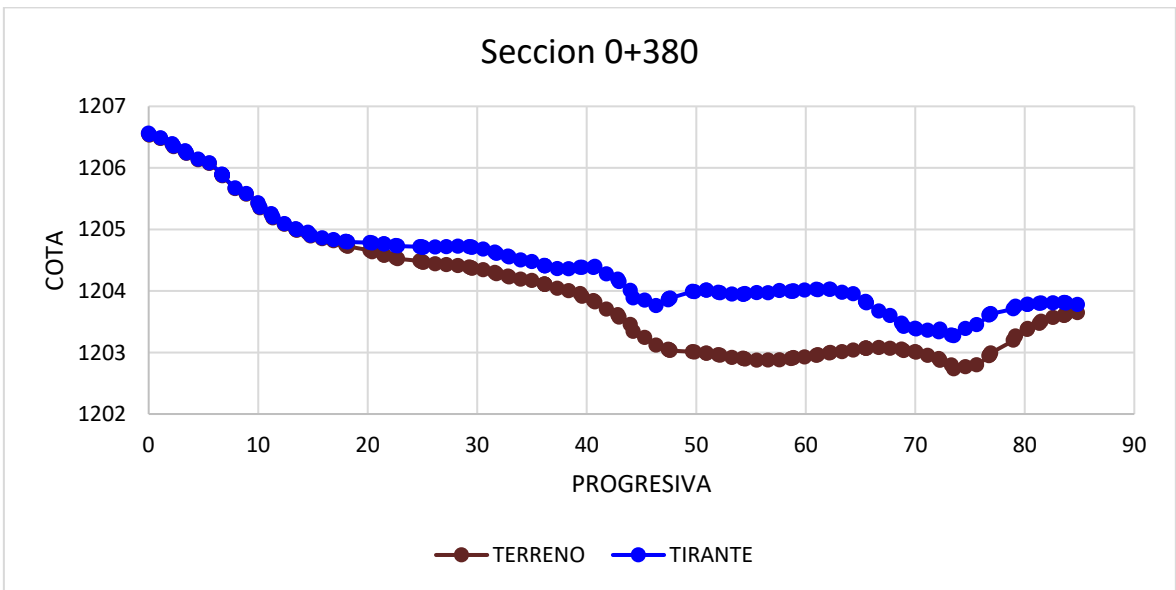
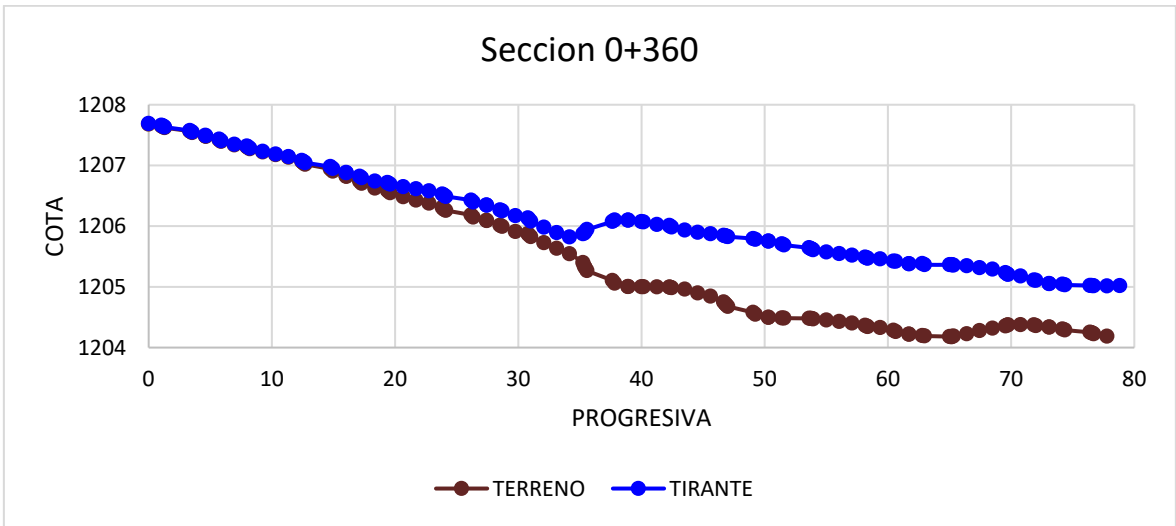
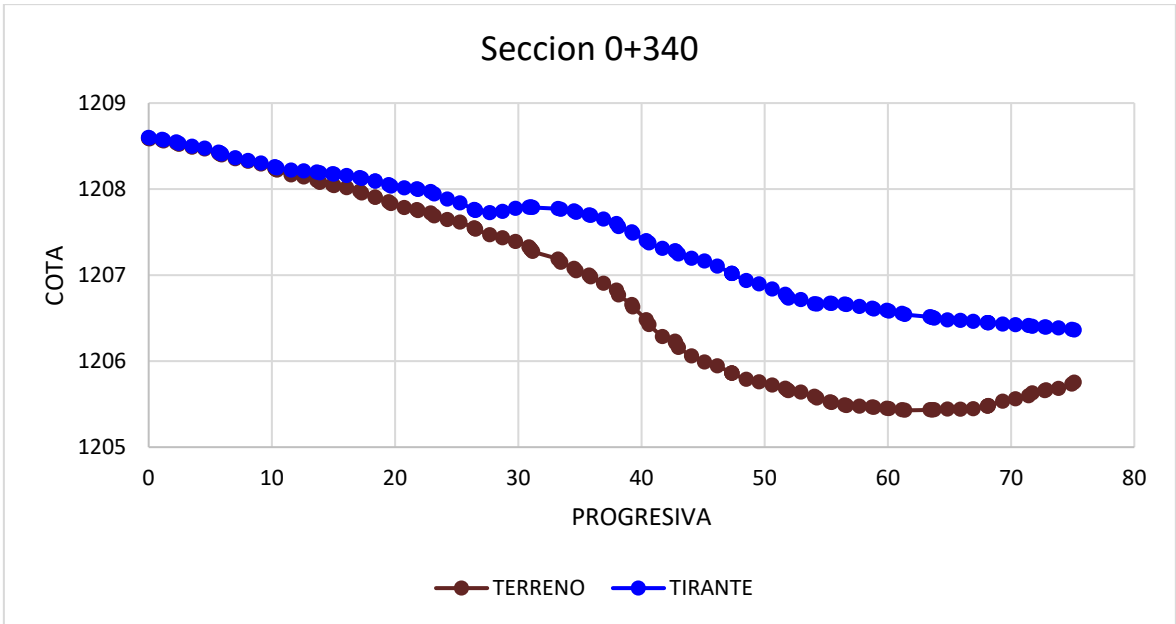


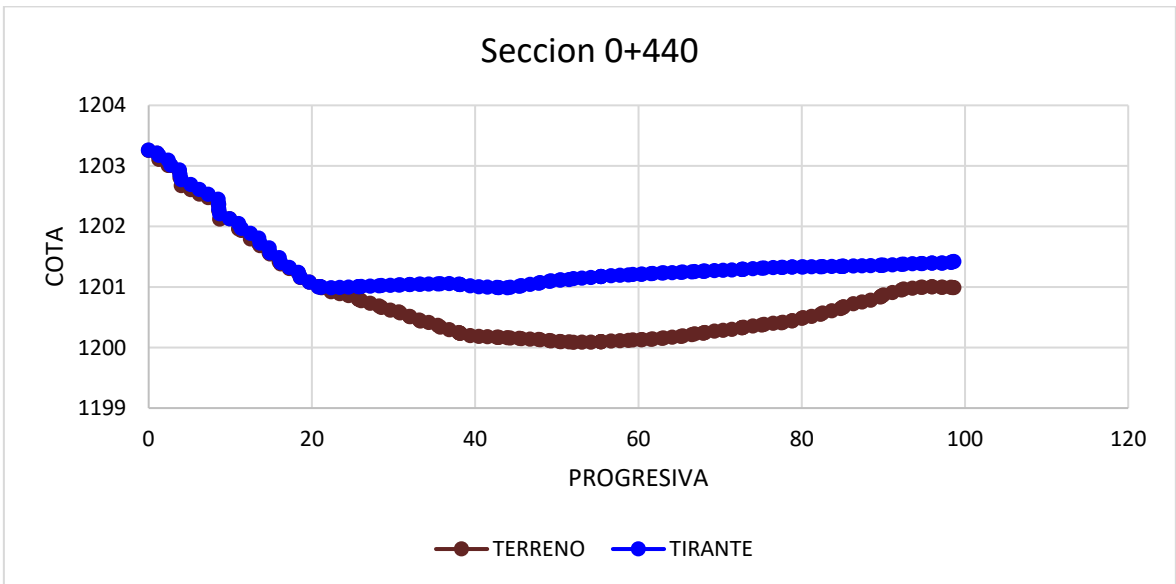
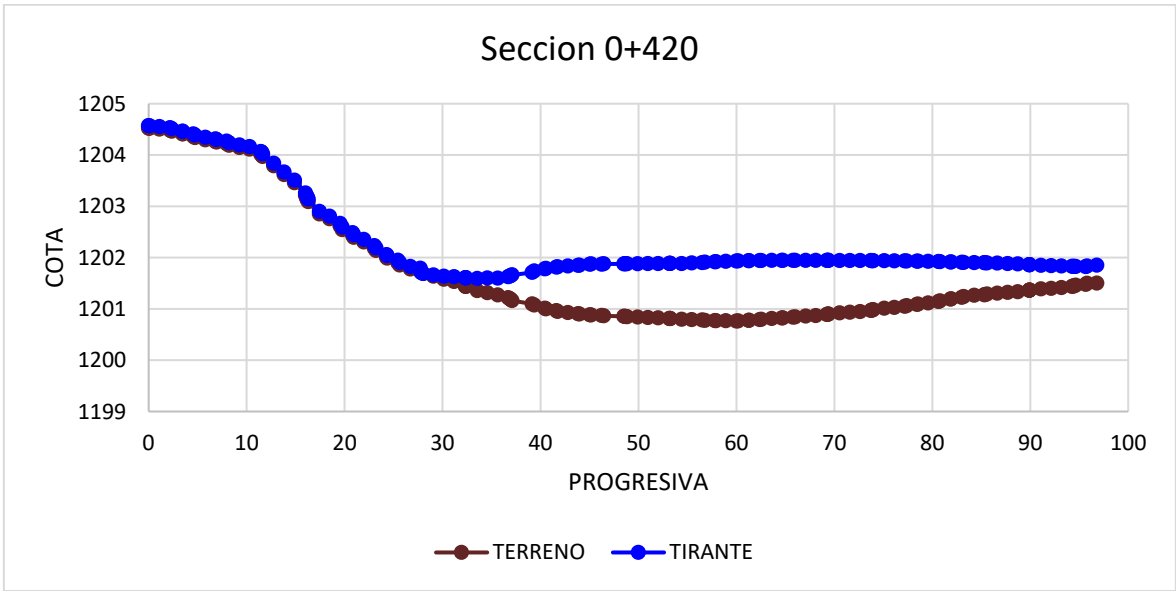
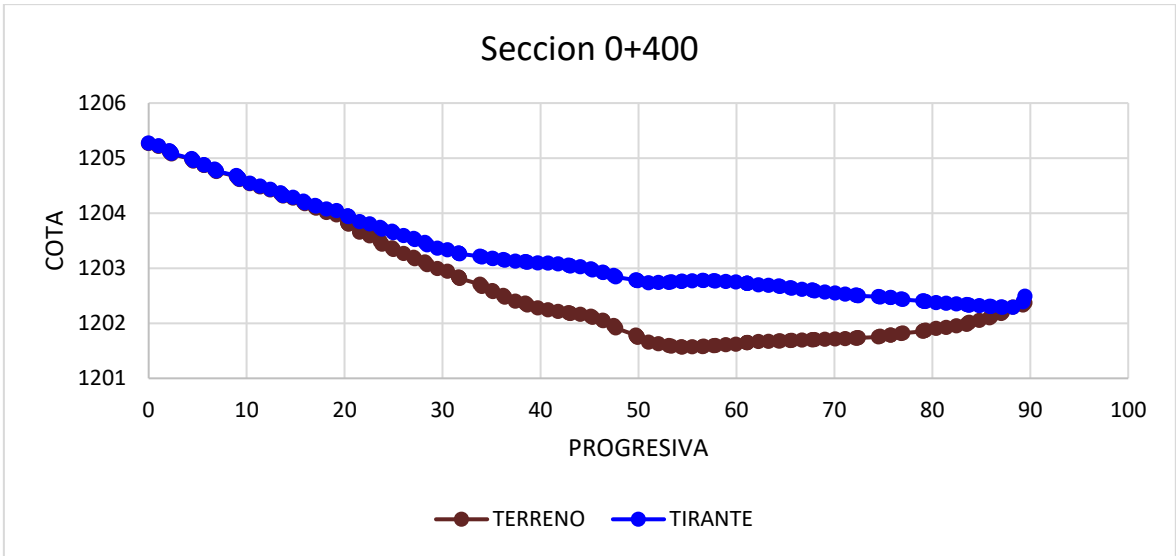


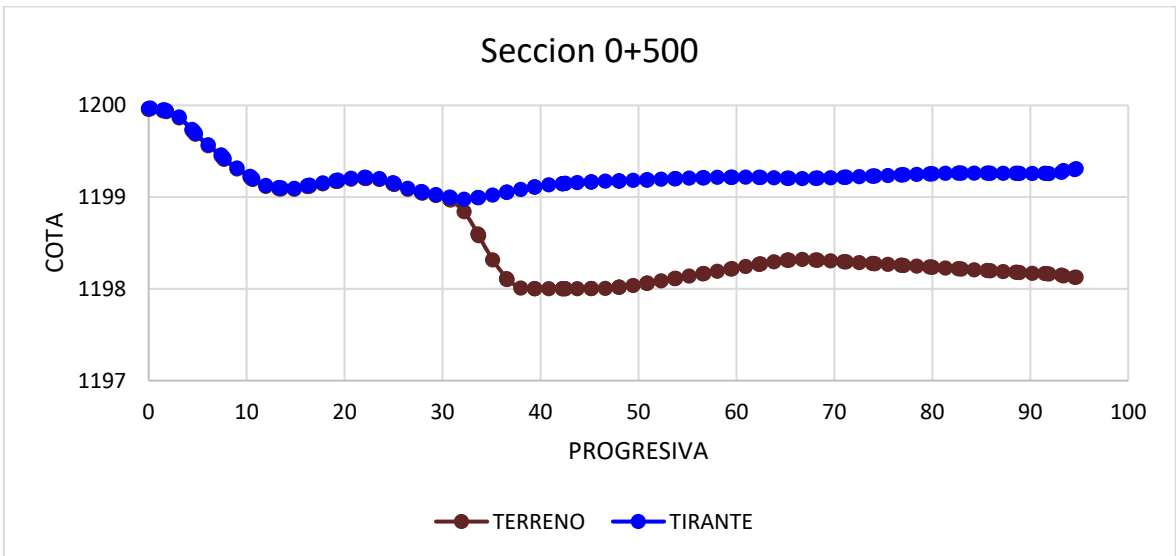
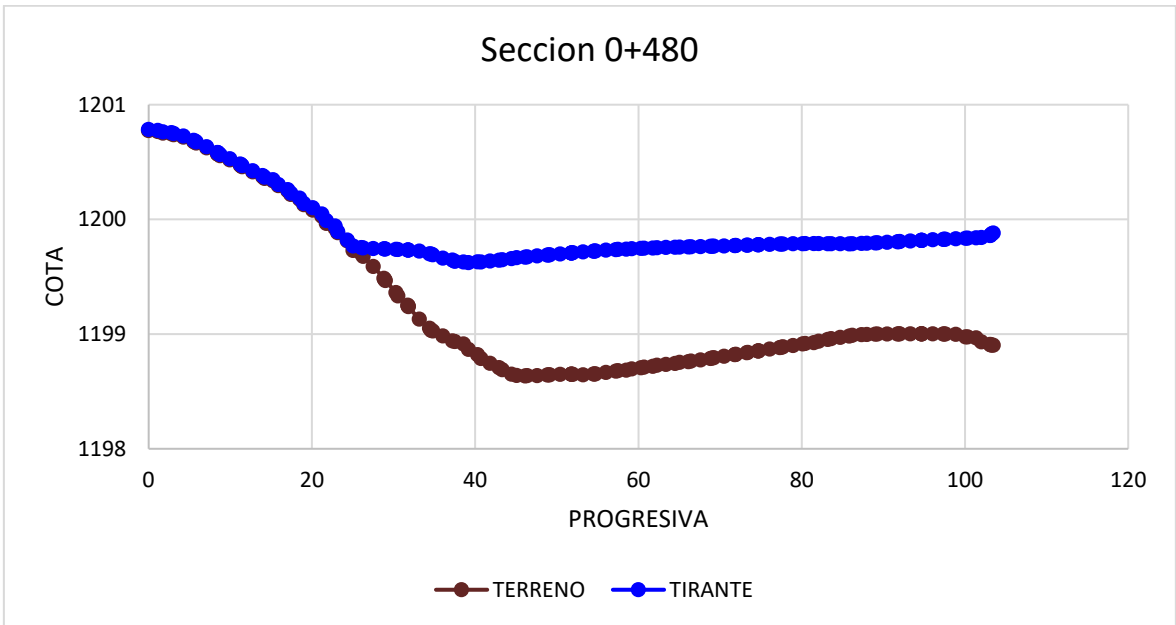
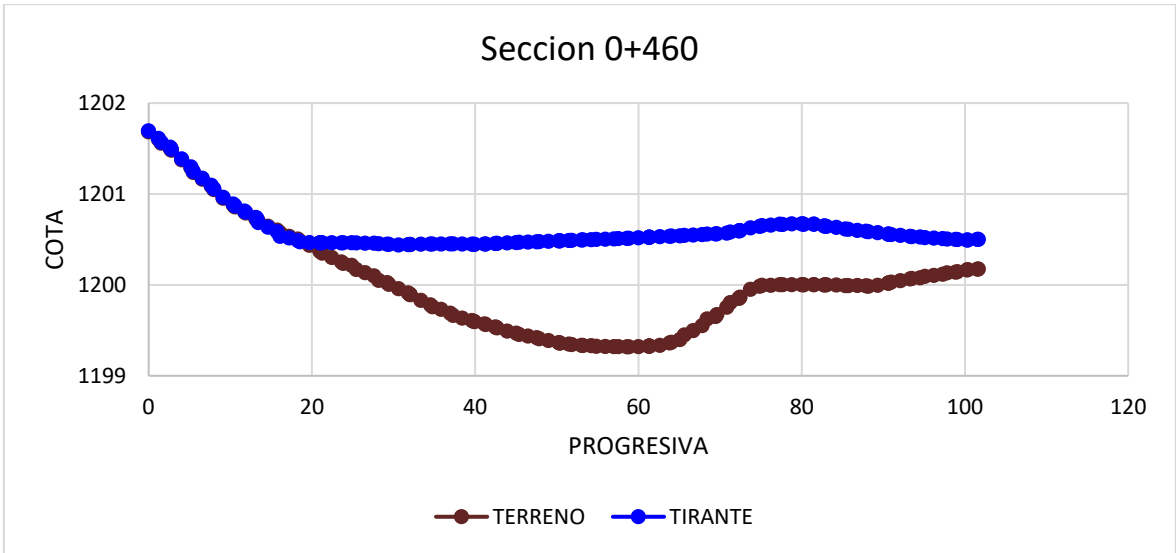


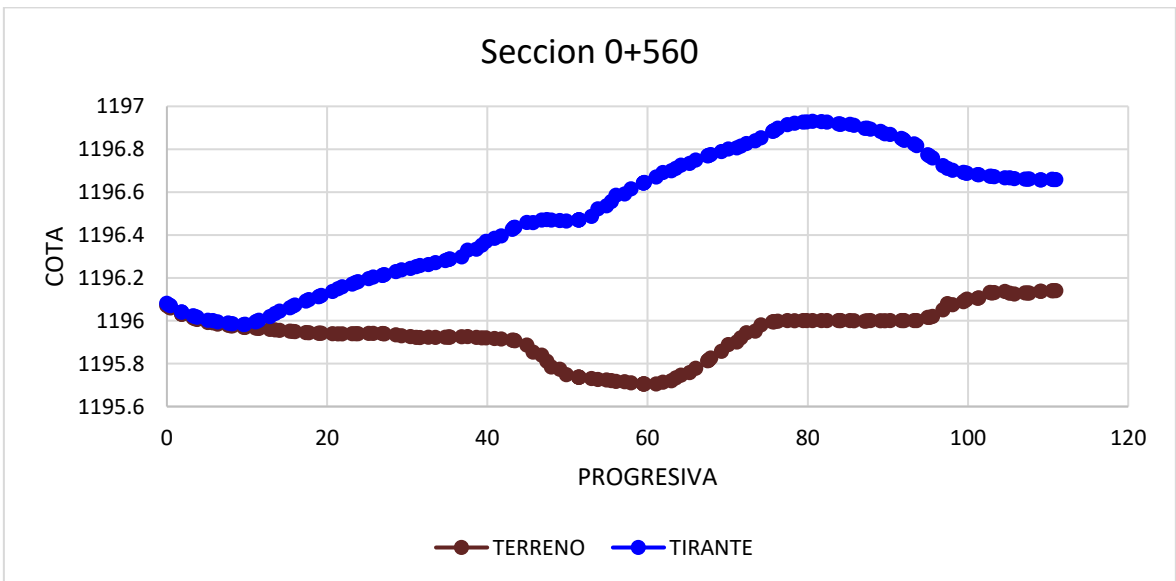
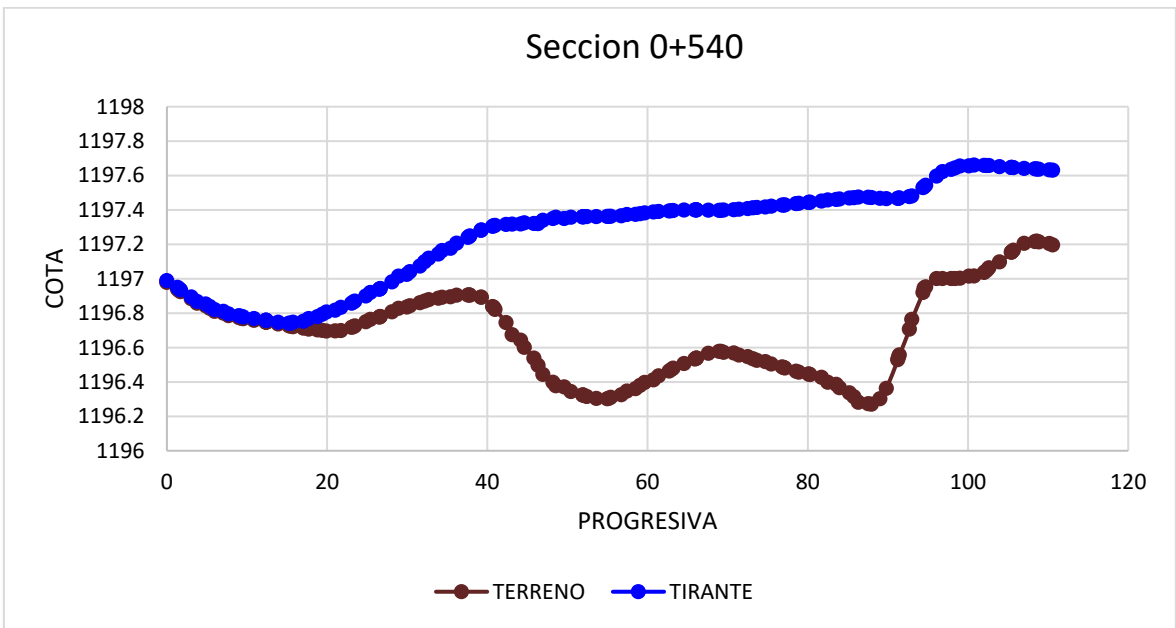
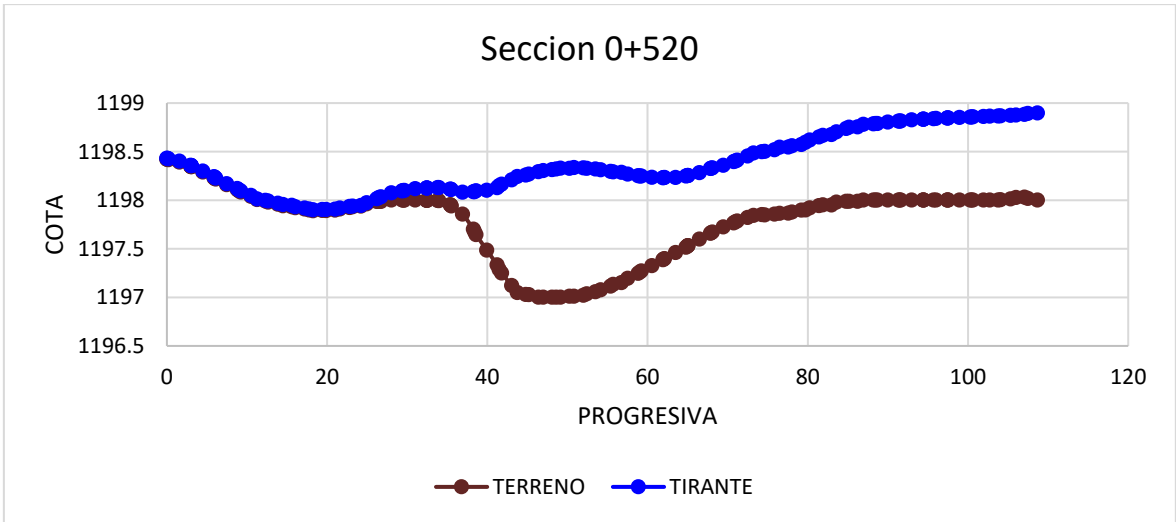


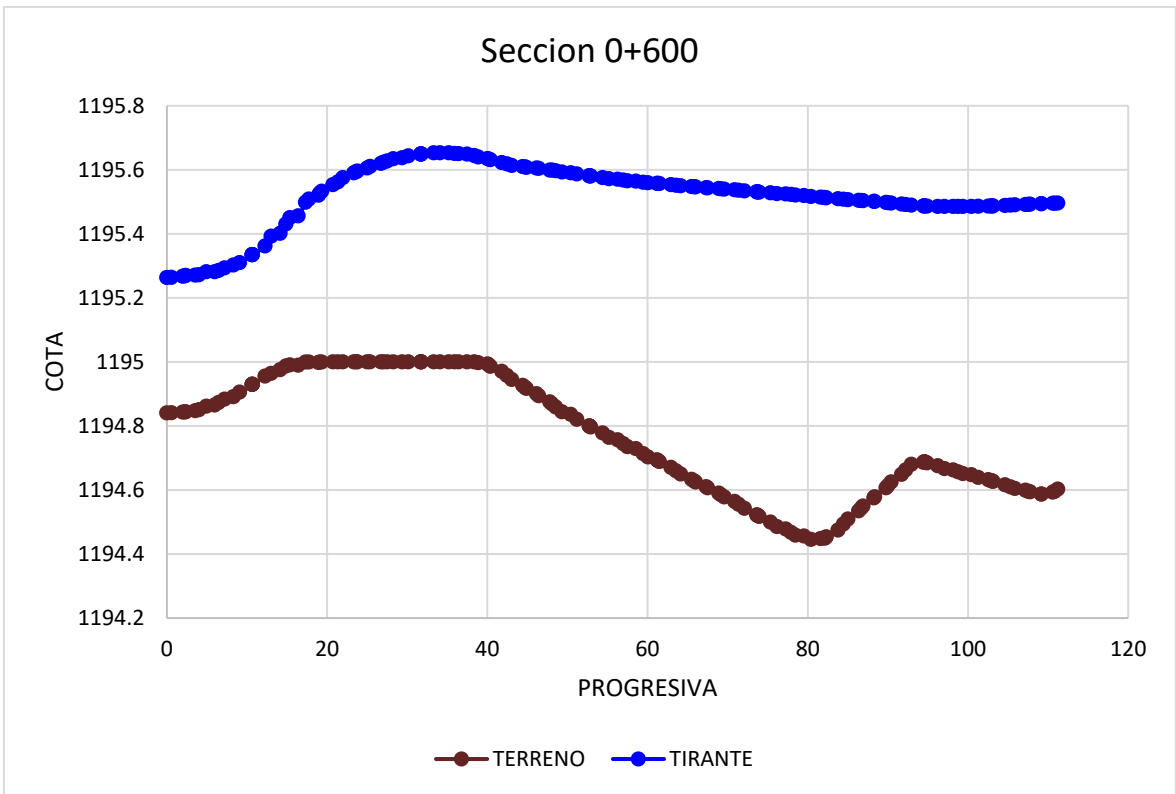
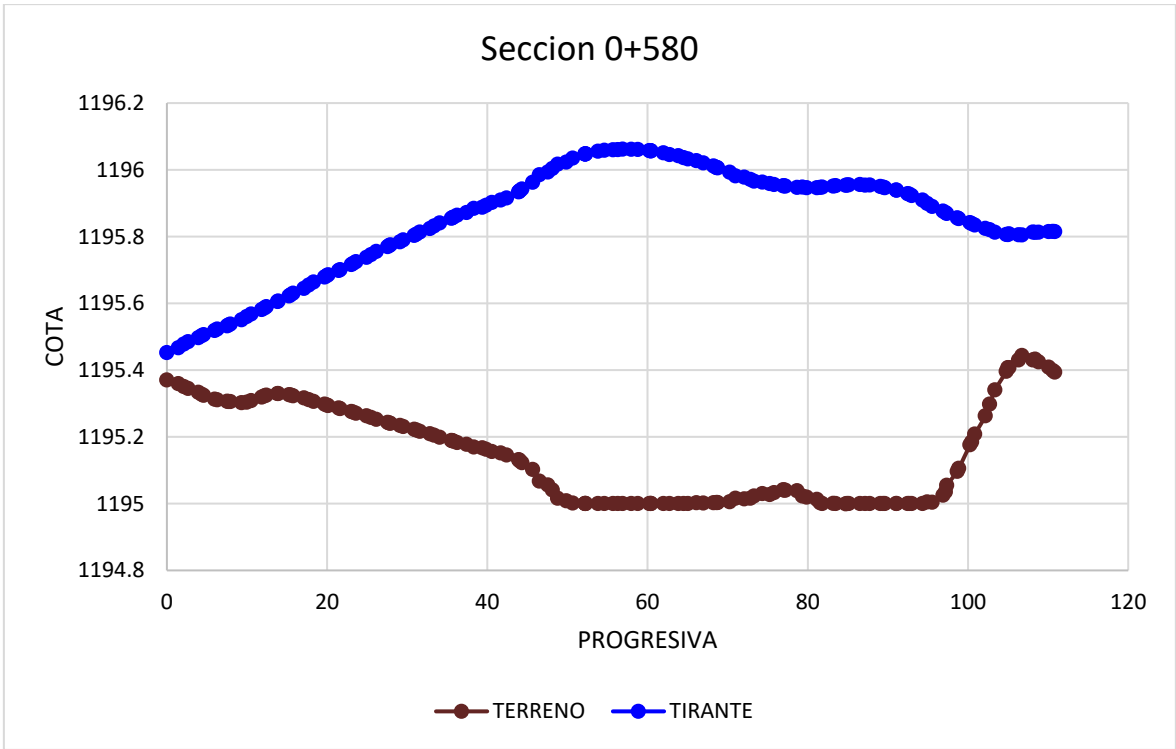


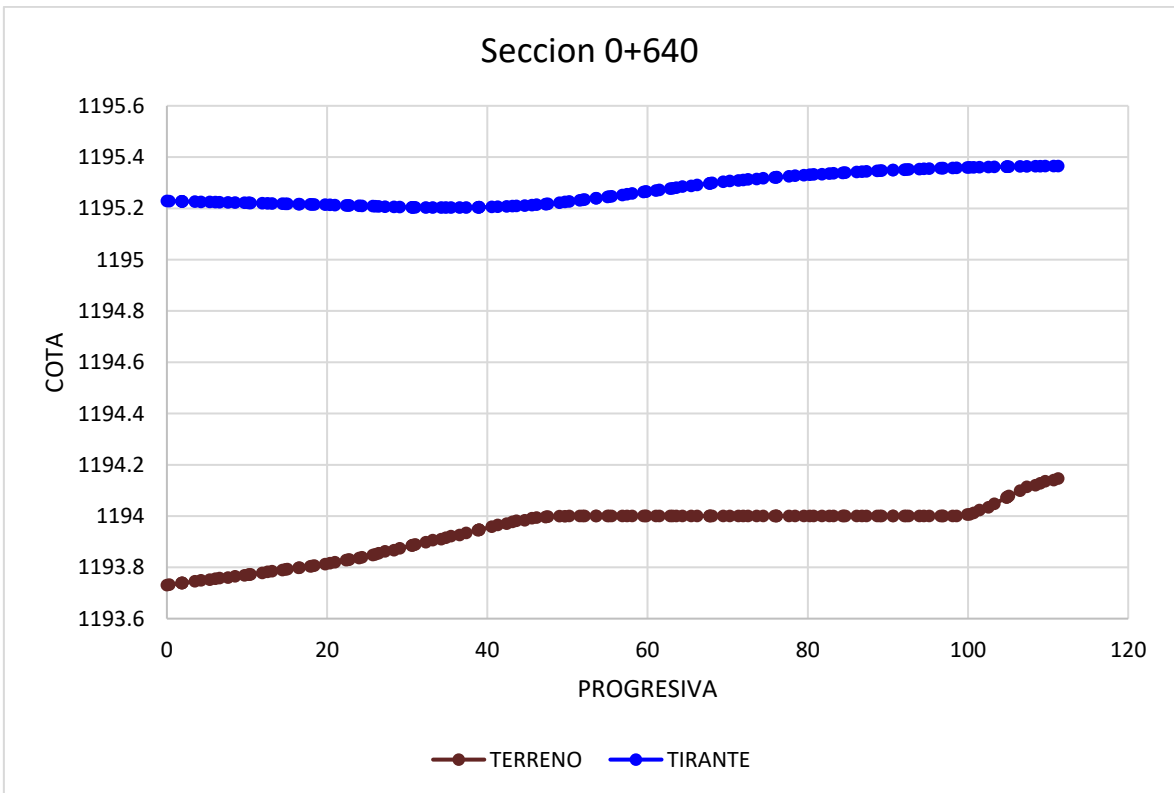
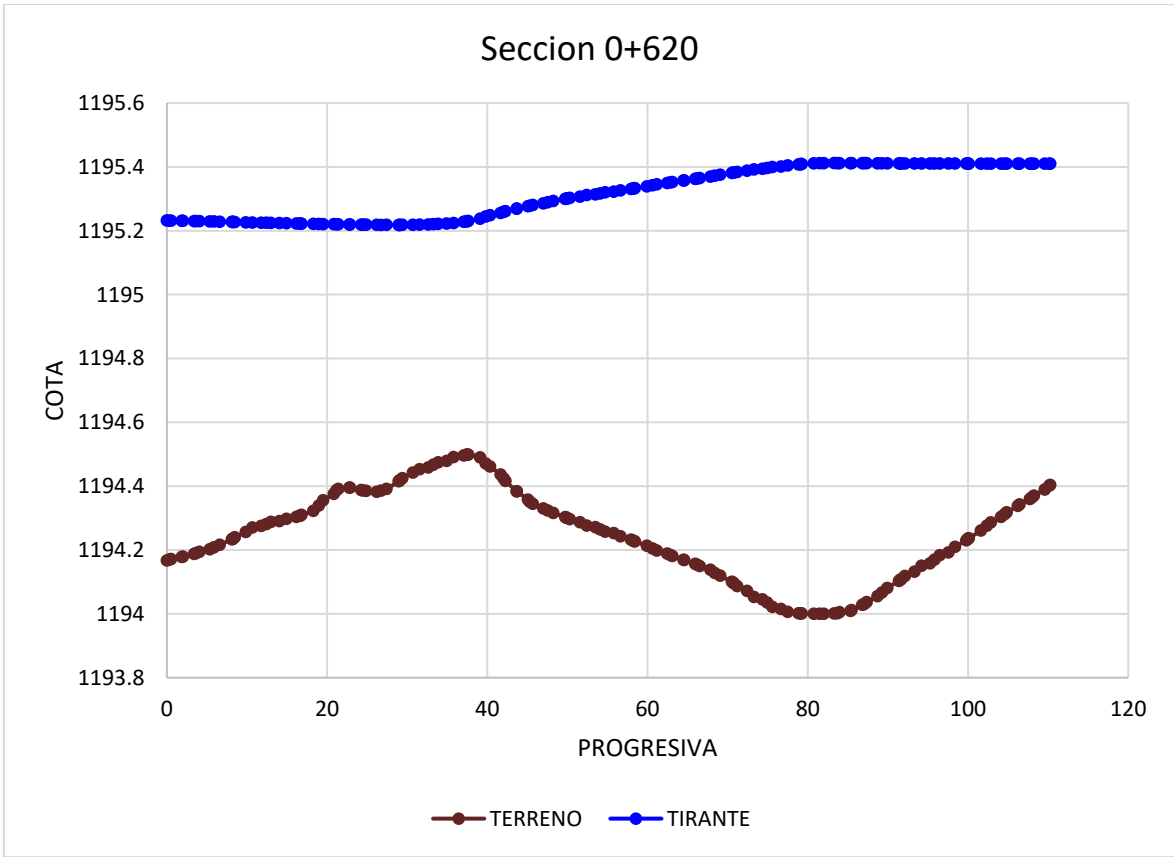




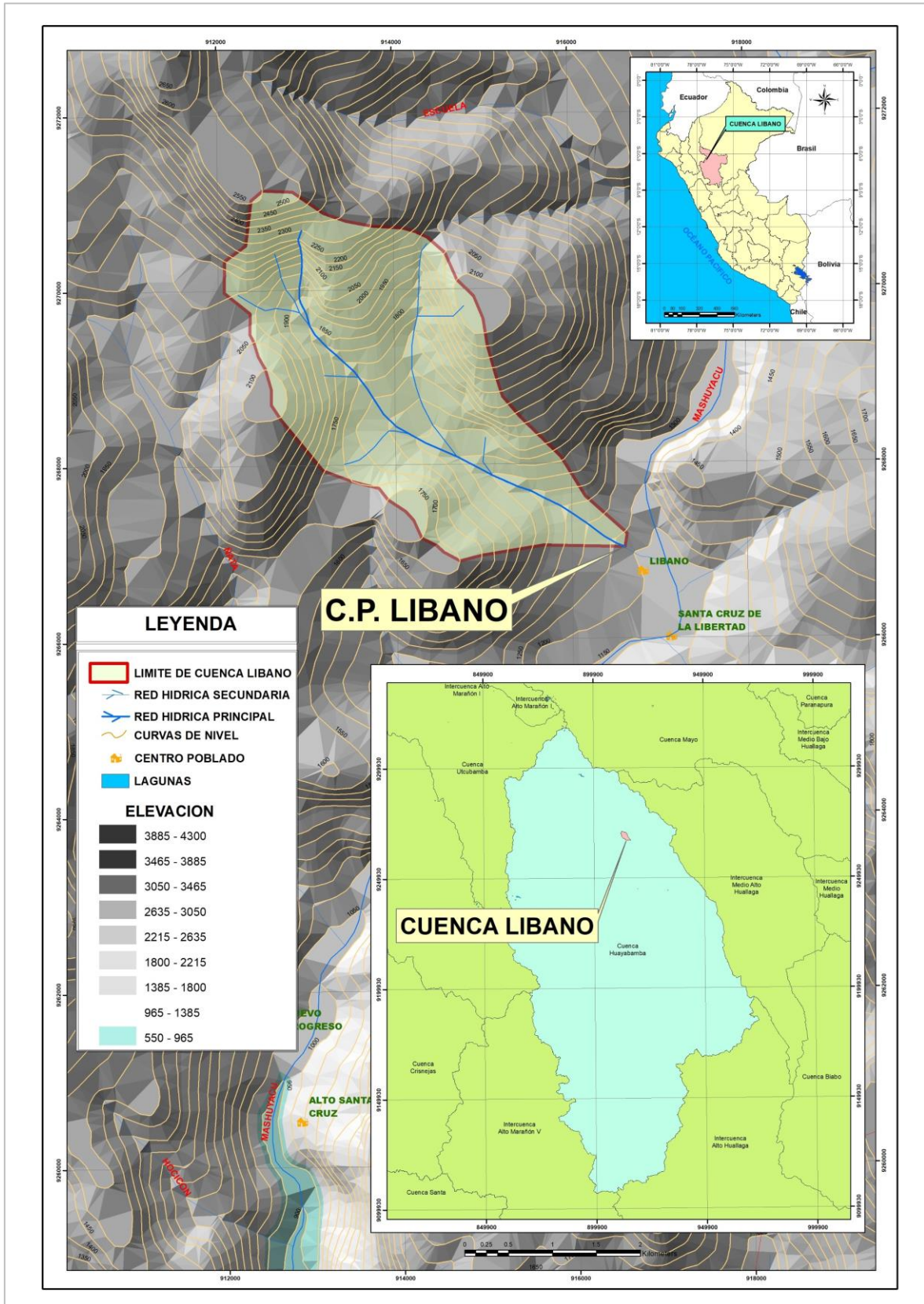




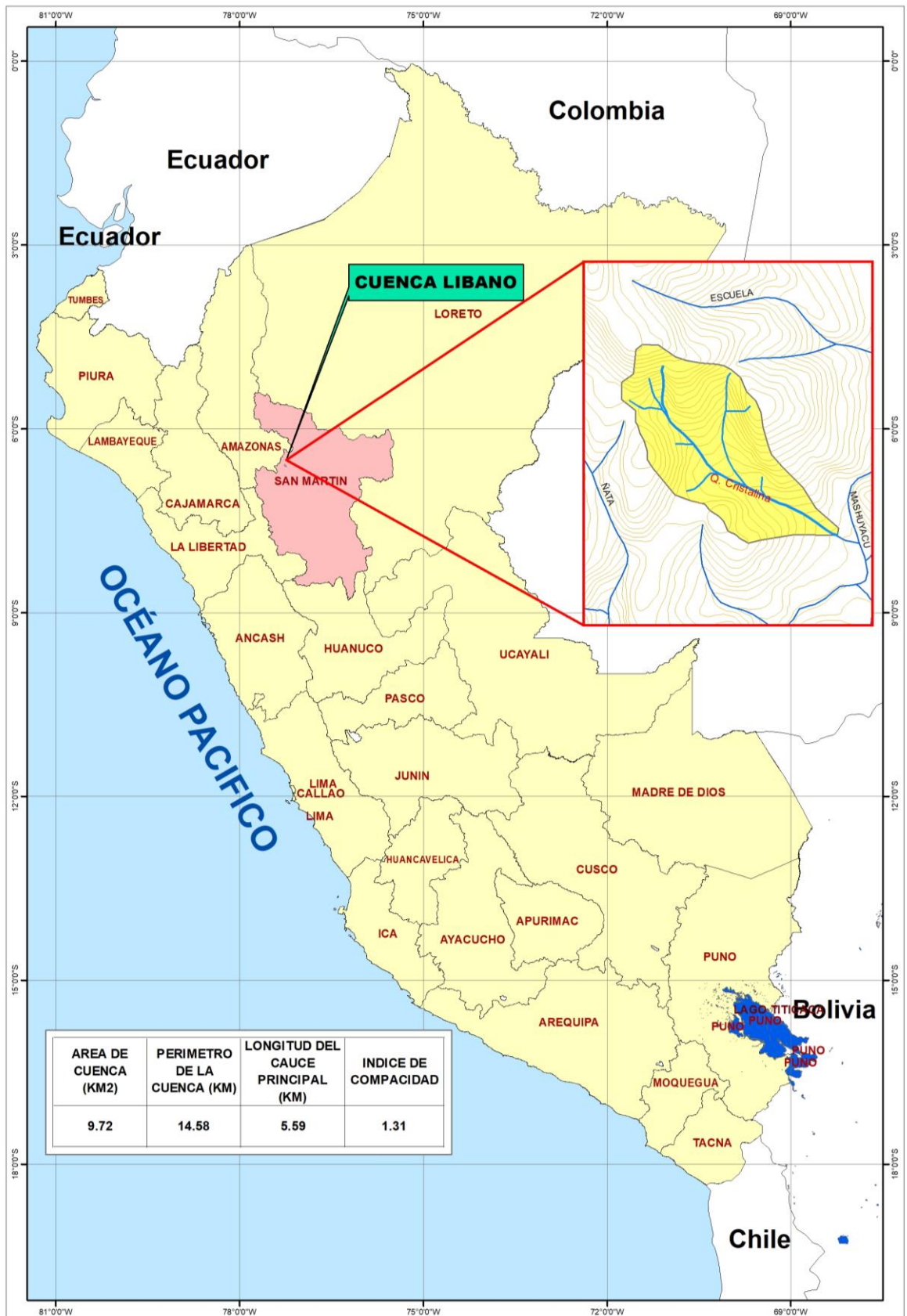




ANEXO 15: Cuenca hidrográfica Libano



ANEXO 15: Mapa de ubicación geográfica de la cuenca Líbano



ANEXO 16: Mapa de ubicación hidrográfica de la cuenca Líbano





UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, VARGAS CHACALTANA LUIS ALBERTO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, asesor de Tesis titulada: "Modelamiento hidrológico e hidráulico bidimensional para la identificación de zonas inundables de la quebrada Cristalina El Líbano, Amazonas, 2023.", cuyo autor es LUNA VASQUEZ DALIA, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 16.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

TRUJILLO, 06 de Diciembre del 2023

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
VARGAS CHACALTANA LUIS ALBERTO DNI: 09389936 ORCID: 0000-0002-4136-7189	Firmado electrónicamente por: LAVARGASV el 06- 12-2023 16:26:53

Código documento Trilce: TRI - 0686118