

**UNIVERSIDAD DE HUANUCO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA CIVIL**



**TESIS**

---

**“Evaluación del nivel de riesgo de inundación fluvial del río Huallaga mediante ArcGIS en el tramo del puente Corpac - Tingo María, 2024”**

---

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

**AUTOR:** Cubillos Nolorve, Brayam Kenedy

**ASESORA:** Arteaga Espinoza, Ingrid Delia Dignarda

**HUÁNUCO – PERÚ**

**2025**

# U

# D

# H

**TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:**

- Tesis ( X )
- Trabajo de Suficiencia Profesional( )
- Trabajo de Investigación ( )
- Trabajo Académico ( )

**LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN:** Gestión de riesgos y desastres

**AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN ( 2020 )**

**CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:**

**Área:** Ingeniería, Tecnología

**Sub área:** Ingeniería civil

**Disciplina:** Ingeniería civil

**DATOS DEL PROGRAMA:**

Nombre del Grado/Título a recibir: Título

Profesional de Ingeniero Civil

Código del Programa: P07

Tipo de Financiamiento:

- Propio ( X )
- UDH ( )
- Fondos Concursables ( )

**DATOS DEL AUTOR:**

Documento Nacional de Identidad (DNI): 48002256

**DATOS DEL ASESOR:**

Documento Nacional de Identidad (DNI): 73645168

Grado/Título: Máster en dirección de proyectos

Código ORCID: 0009-0001-0745-5433

**DATOS DE LOS JURADOS:**

Nº	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Jara Trujillo, Alberto Carlos	Maestro en ingeniería, con mención en gestión ambiental y desarrollo sostenible	41891649	0000-0001-8392-1769
2	Aguilar Alcantara, Leonel marlo	Maestro en ingeniería civil con mención en dirección de empresas de la construcción	43415813	0000-0002-0877-5922
3	Trujillo Ariza, Yelen Lisseth	Maestro en medio ambiente y desarrollo sostenible, mención en gestión ambiental	70502371	0000-0002-5650-3745

**PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL**

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO(A) CIVIL**

En la ciudad de Huánuco, siendo las 14:00 horas del día miércoles 03 de diciembre de 2025, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron los Jurados Calificadores integrado por los docentes:

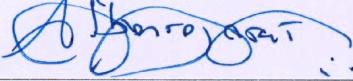
- |                                      |            |
|--------------------------------------|------------|
| ❖ MG. ALBERTO CARLOS JARA TRUJILLO   | PRESIDENTE |
| ❖ MG. LEONEL MARLO AGUILAR ALCÁNTARA | SECRETARIO |
| ❖ MG. YELEN LISSETH TRUJILLO ARIZA   | VOCAL      |

Nombrados mediante la RESOLUCIÓN No 2663-2025-D-FI-UDH para evaluar la Tesis intitulada: "EVALUACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO DE INUNDACIÓN FLUVIAL DEL RÍO HUALLAGA MEDIANTE ArcGIS EN EL TRAMO DEL PUENTE CORPAC –TINGO MARÍA, 2024", presentado por el (la) Bachiller. Bach Brayam Kenedy CUBILLOS NOLORVE, para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Civil.

Dicho acto de sustentación se desarrolló en dos etapas: exposición y absolución de preguntas: procediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros del Jurado.

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo(a) Aprobado por Unanimidad con el calificativo cuantitativo de 12..... y cualitativo de Satisfactorio.... (Art. 47).

Siendo las 14:45 horas del día 03 del mes de diciembre del año 2025, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.



MG. ALBERTO CARLOS JARA TRUJILLO

DNI: 41891649

ORCID: 0000-0001-8392-1769

**PRESIDENTE**



MG. LEONEL MARLO AGUILAR ALCÁNTARA

DNI: 43415813

ORCID: 0000-0002-0877-5922

**SECRETARIO (A)**



MG. YELEN LISSETH TRUJILLO ARIZA

DNI: 70502371

ORCID: 0000-0002-5650-3745

**VOCAL**



# UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

## CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El comité de integridad científica, realizó la revisión del trabajo de investigación del estudiante: BRAYAM KENEDY CUBILLOS NOLORVE, de la investigación titulada "EVALUACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO DE INUNDACIÓN FLUVIAL DEL RÍO HUALLAGA MEDIANTE ARCGIS EN EL TRAMO DEL PUENTE CORPAC - TINGO MARÍA, 2024", con asesor(a) INGRID DELIA DIGNARDA ARTEAGA ESPINOZA, designado(a) mediante documento: RESOLUCIÓN N° 1395-2024-D-FI-UDH del P. A. de INGENIERÍA CIVIL.

Puede constar que la misma tiene un índice de similitud del 12 % verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el Software Turnitin.

Por lo que concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio y cumple con todas las normas de la Universidad de Huánuco.

Se expide la presente, a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente.

Huánuco, 21 de octubre de 2025



RICHARD J. SOLIS TOLEDO  
D.N.I.: 47074047  
cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



MANUEL E. ALIAGA VIDURIZAGA  
D.N.I.: 71345687  
cod. ORCID: 0009-0004-1375-5004

# 136. CUBILLOS NOLORVE BRAYAM KENEDY.docx

## INFORME DE ORIGINALIDAD



### FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="http://es.weatherspark.com">es.weatherspark.com</a> Fuente de Internet	1 %
2	<a href="http://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	1 %
3	<a href="http://distancia.udh.edu.pe">distancia.udh.edu.pe</a> Fuente de Internet	1 %
4	<a href="http://dspace.ueb.edu.ec">dspace.ueb.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
5	<a href="http://www.scribd.com">www.scribd.com</a> Fuente de Internet	<1 %
6	<a href="http://repositorio.udh.edu.pe">repositorio.udh.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
7	<a href="http://cosola.com">cosola.com</a> Fuente de Internet	<1 %
8	Submitted to Universidad de Manizales Trabajo del estudiante	<1 %



RICHARD J. SOLIS TOLEDO  
D.N.I.: 47074047  
cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



MANUEL E. ALIAGA VIDURIZAGA  
D.N.I.: 71345687  
cod. ORCID: 0009-0004-1375-5004

## **DEDICATORIA**

Este trabajo es dedicado, principalmente a Dios por haberme permitido llegar hasta este momento tan importante de mi vida. A mis padres por haberme acompañado durante todo este proceso en mi formación profesional. A mi esposa e hija por darme motivación y apoyo incondicional.

## **AGRADECIMIENTO**

Expreso mi más sincera gratitud a Dios por haberme dado la vida, a los docentes de la Universidad de Huánuco, quienes me orientaron siempre en este trayecto, sus instrucciones y enseñanzas han cumplido un papel muy importante en este desarrollo académico y profesional. A mi asesor de tesis por su soporte y guía en el desarrollo de este proyecto. Así mismo agradezco a mis compañeros de clases con quienes hemos enfrentado adversidades y logrados objetivos.

## ÍNDICE

DEDICATORIA .....	II
AGRADECIMIENTO .....	III
ÍNDICE .....	IV
ÍNDICE DE TABLAS .....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
RESUMEN.....	X
ABSTRACT.....	XII
INTRODUCCIÓN.....	XIV
CAPÍTULO I .....	16
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	16
1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA .....	16
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	17
1.2.1 PROBLEMA GENERAL.....	17
1.2.2 PROBLEMA ESPECÍFICO .....	18
1.3 OBJETIVO GENERAL .....	18
1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	18
1.5 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....	19
1.5.1 JUSTIFICACIÓN TEÓRICA.....	19
1.5.2 JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA.....	19
1.5.3 JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA .....	20
1.6 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN .....	20
1.7 VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN.....	21
CAPÍTULO II .....	22
MARCO TEÓRICO .....	22
2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN .....	22
2.1.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES.....	22
2.1.2 ANTECEDENTES NACIONALES.....	24
2.1.3 ANTECEDENTES LOCALES .....	26
2.2 BASES TEÓRICAS .....	27
2.2.1 INTRODUCCIÓN A LA GESTIÓN DE RIESGOS DE INUNDACIÓN .....	27
2.2.2 NIVELES DE RIESGO: .....	36

2.2.3 EVALUACIÓN DEL RIESGO DE INUNDACIÓN.....	39
2.2.4 TEORÍA DE LA INUNDACIÓN FLUVIAL.....	42
2.2.5 TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (TIG) EN LA GESTIÓN DE INUNDACIONES .....	47
2.2.6 CARACTERIZACIÓN DEL RÍO HUALLAGA.....	54
2.3 DEFINICIONES CONCEPTUALES .....	63
2.4 HIPÓTESIS .....	65
2.5 VARIABLES .....	65
2.5.1 VARIABLE INDEPENDIENTE .....	65
2.5.2 VARIABLE DEPENDIENTE .....	65
2.5.3 VARIABLE INTERVINIENTE:.....	65
2.6 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES (DIMENSIONES E INDICADORES) .....	66
CAPÍTULO III .....	67
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....	67
3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	67
3.1.1 ENFOQUE.....	67
3.1.2 ALCANCE O NIVEL .....	67
3.1.3 DISEÑO.....	68
3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA .....	68
3.2.1 POBLACIÓN .....	68
3.2.2 MUESTRA.....	68
3.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS. ....	69
3.3.1 PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS .....	69
3.3.2 PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS .....	70
3.3.3 PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS ....	71
CAPÍTULO IV.....	73
RESULTADOS .....	73
4.1 PROCESAMIENTO DE DATOS .....	73
4.1.1 EVALUACIÓN DE MDT PARA LA CUENCA .....	73
4.1.2 PARÁMETROS HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO .....	81
4.1.3 DETERMINACIÓN DE LA VULNERABILIDAD .....	103
4.1.4 FORMULACIÓN DE PROPUESTA TÉCNICA (DIQUE) .....	108
4.2 CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS .....	111

CAPÍTULO V.....	118
DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	118
CONCLUSIONES .....	121
RECOMENDACIONES.....	122
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	123
ANEXOS .....	128

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables .....	66
Tabla 2 Instrumentos para el análisis Outlier Estación Tingo María.....	70
Tabla 3 Instrumentos para el área bajo la curva .....	70
Tabla 4 Instrumentos para la caracterización de ríos .....	71
Tabla 5 Instrumentos para la clasificación de pendientes .....	71
Tabla 6 Geometría de la cuenca .....	74
Tabla 7 Parámetros altitudinales .....	75
Tabla 8 Determinación de la pendiente promedio.....	77
Tabla 9 Caracterización de la red hídrica.....	78
Tabla 10 Valores característicos de la cuenca.....	78
Tabla 11 Cobertura vegetal de la cuenca .....	79
Tabla 12 Estimación del número de curva .....	81
Tabla 13 Registro de lluvia estación Tingo María .....	82
Tabla 14 Registro histórico considerado .....	88
Tabla 15 Registro histórico completo .....	93
Tabla 16 Prueba de Kolmogorov – Smirnov .....	97
Tabla 17 Estimación de lluvias en periodos de retorno .....	98
Tabla 18 Hietograma de diseño .....	99
Tabla 19 Valor de caudal PR 100 años.....	101
Tabla 20 Llanura de inundación .....	103
Tabla 21 Factores de ponderación del Peligro.....	104
Tabla 22 Rangos de peligrosidad.....	105
Tabla 23 Identificación de las dimensiones analizadas .....	106
Tabla 24 Rangos de vulnerabilidad.....	107
Tabla 25 Rangos del Riesgo .....	108
Tabla 26 Llanura de inundación .....	112
Tabla 27 Registro de tirantes HEC-RAS – Sin dique.....	113
Tabla 28 Registro de tirantes HEC-RAS – Con dique .....	114
Tabla 29 Prueba de Normalidad Shapiro – Wilk (Sin dique).....	114
Tabla 30 Prueba de Normalidad Shapiro – Wilk (Con dique) .....	115
Tabla 31 Prueba pareada (Sin dique – Con dique).....	115

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Lluvias extremas e inundaciones .....	31
Figura 2 Fuertes lluvias, rayos, truenos e inundaciones en el norte peruano .....	31
Figura 3 El Niño: se eleva a 73% probabilidad de que ocurra en la costa peruana al 2019.....	32
Figura 4 Fuertes lluvias están afectando duramente a la Amazonía peruana .....	33
Figura 5 Pronostican que lluvias intensas continuarán en la zona alto andina de la región Lima .....	34
Figura 6 Cambio climático .....	34
Figura 7 El deshielo de los glaciares supera pronósticos hechos por científicos .....	35
Figura 8 ¿Cómo la deforestación afecta al suelo?.....	36
Figura 9 Más de 2 millones de habitantes expuestos a nivel muy alto de riesgo por lluvias.....	38
Figura 10 Los procesos del ciclo hidrológico .....	43
Figura 11 Modelado Hidrológico e Hidráulico con ArcGIS.....	52
Figura 12 El Huallaga en la cuenca amazónica.....	54
Figura 13 Delimitación de cuenca .....	73
Figura 14 Área bajo la curva .....	74
Figura 15 Curva hipsométrica con polígono de frecuencia.....	75
Figura 16 Estimación de pendientes .....	76
Figura 17 Clasificación de pendiente de cuenca.....	76
Figura 18 Red hídrica de la cuenca.....	77
Figura 19 Cobertura de suelo .....	79
Figura 20 Número de curva .....	80
Figura 21 Estaciones de descarga de datos SENAMHI .....	81
Figura 22 Precipitaciones máximas en 24 hrs .....	95
Figura 23 Prueba Outlier – Estación Tingo María.....	96
Figura 24 Prueba de doble masa Estación Tingo María.....	96
Figura 25 Análisis de ajuste – Hidroesta Gamma 3 Parámetros .....	97
Figura 26 Curvas IDF cuenca.....	98

Figura 27 Hietograma de diseño PR 100 años .....	100
Figura 28 Modelo HEC-HMS .....	100
Figura 29 Modelo topográfico de la zona .....	101
Figura 30 Modelo HEC-RAS .....	102
Figura 31 Modelo cartográfico de inundación .....	102
Figura 32 Identificación de las Coberturas Vegetales del área .....	103
Figura 33 Intervalos de pendiente .....	104
Figura 34 Mapa de peligrosidad .....	105
Figura 35 Mapa de vulnerabilidad .....	106
Figura 36 Mapa de riesgo .....	107
Figura 37 Predimensionamiento de enrocado .....	108
Figura 38 Modelo finalizado de estructuración.....	109
Figura 39 Modelo final de estructuración .....	110
Figura 40 Cobertura de suelo de la cuenca .....	111
Figura 41 Modelo cartográfico de inundación .....	112
Figura 42 Prueba de normalidad para tirantes críticos (Sin Dique) .....	116
Figura 43 Prueba de normalidad para tirantes críticos (Con Dique).....	116

## RESUMEN

La presente investigación evaluó el nivel de riesgo de inundación fluvial del río Huallaga mediante el uso del software ArcGIS, en el tramo comprendido entre el puente Corpac y la ciudad de Tingo María, durante el año 2024. Este estudio surgió como respuesta a la creciente amenaza que representan las inundaciones fluviales en la región, un fenómeno que ha afectado de manera recurrente a la población local, la infraestructura urbana y rural, y los ecosistemas vulnerables del área de estudio.

Para llevar a cabo el análisis, se aplicó un enfoque cuantitativo, de tipo aplicativo y con un diseño no experimental transversal. Se recopiló información geoespacial mediante imágenes satelitales, datos topográficos y registros hidrológicos históricos, que posteriormente fueron procesados en ArcGIS. Además, se recurrió a técnicas como el análisis geoespacial, la revisión documental de eventos de inundación pasados y el uso de formularios y fichas de campo para registrar variables clave. La población objeto del estudio comprendió todas las áreas potencialmente expuestas a inundaciones en el tramo delimitado, mientras que la muestra se centró en las zonas más vulnerables identificadas mediante modelado geoespacial.

En el análisis se generaron Modelos Digitales de Terreno (MDT), los cuales fueron contrastados con datos históricos y registros de eventos extremos para verificar su precisión. Asimismo, se modelaron distintos escenarios hidrológicos bajo condiciones de precipitaciones extremas, lo que permitió estimar los caudales máximos y delimitar las zonas de posible inundación. Como resultado, se elaboró un modelo cartográfico de inundación que permitió visualizar las áreas críticas de riesgo en ambas márgenes del río Huallaga. Se identificó una superficie total de inundación de 21.10 hectáreas, de las cuales 13.10 ha correspondieron a la margen derecha y 7.99 ha a la margen izquierda, además de un área de cauce de 15.10 ha.

La caracterización geomorfológica y de cobertura de suelo de la cuenca influente permitió comprender la dinámica hidrológica que condiciona los caudales en el tramo de análisis. A partir de esta evaluación integral, se formularon propuestas técnicas de mitigación, tanto estructurales como no estructurales. Entre las medidas estructurales destacaron la implementación

de defensas ribereñas en las zonas más expuestas y vulnerables, mientras que entre las no estructurales se propuso la zonificación de uso del suelo, el fortalecimiento de los sistemas de alerta temprana y la capacitación comunitaria para la gestión del riesgo.

La hipótesis general fue contrastada favorablemente. El uso de ArcGIS demostró ser una herramienta eficiente para identificar y delimitar áreas de riesgo, permitiendo proponer medidas de mitigación precisas y localizadas. De esta manera, se concluyó que el análisis geoespacial del riesgo mediante ArcGIS no solo facilitó la comprensión detallada de la problemática, sino que también permitió diseñar soluciones efectivas para reducir la vulnerabilidad de la población ante futuros eventos hidrometeorológicos extremos.

Este estudio evidenció la importancia de integrar tecnologías geoespaciales en la planificación territorial y la gestión del riesgo de desastres, promoviendo así una mayor resiliencia en zonas propensas a inundaciones.

**Palabras claves:** Inundaciones, ArcGIS, Riesgo, Hidrológico, Vulnerabilidad.

## ABSTRACT

The present research evaluated the level of fluvial flood risk of the Huallaga River in the stretch from the Corpac Bridge to the city of Tingo María using the ArcGIS software. This area was identified as highly susceptible to flooding due to its geomorphological configuration, intense rainfall patterns, and its proximity to a major watercourse. The study aimed to generate accurate risk maps, delimit floodplains, and propose technical mitigation measures, both structural and non-structural, to reduce the vulnerability of the population.

The research employed a quantitative approach, with an applied scope and a non-experimental cross-sectional design. Geospatial data was analyzed using ArcGIS, including satellite images, digital elevation models (DEM), and historical records of flooding events. Through hydrological modeling and spatial analysis, various scenarios of extreme precipitation were simulated to estimate discharge values and delineate the flood-prone zones.

Among the main findings, the study identified that the total flooded area amounted to 21.10 hectares, distributed across both margins of the river: 13.10 hectares on the right margin and 7.99 hectares on the left. The cartographic model allowed the detailed identification of marginal strips and abnormal water flow paths, which are critical for floodplain delineation. Additionally, hydraulic modeling with HEC-RAS confirmed the depth of water flow and flow velocities across different sections of the river channel.

As a result of the analysis, a set of mitigation measures was proposed. These included riverbank protection works (gabions and retaining walls), reforestation of riparian zones, implementation of early warning systems, zoning restrictions in high-risk areas, and community awareness programs on disaster risk management. The technical proposal prioritized areas with higher flow depth and topographic vulnerability.

In conclusion, the study confirmed the research hypothesis: the application of geospatial risk analysis through ArcGIS made it possible to propose more efficient and localized mitigation measures. This allowed a better understanding of the current risk conditions and contributed to the design of a comprehensive strategy for flood prevention and mitigation. The use of GIS tools proved to be essential for informed decision-making and

planning in vulnerable territories like the Corpac Bridge – Tingo María section of the Huallaga River.

**Keywords:** Flooding, ArcGIS, Risk, Hydrological, Vulnerability.

## INTRODUCCIÓN

Las inundaciones fluviales son eventos naturales que, a nivel mundial, representan una amenaza significativa para las comunidades debido a su impacto devastador en vidas humanas, infraestructura y economía. La Organización de las Naciones Unidas (ONU) ha reportado que millones de personas son afectadas anualmente por estos eventos, una situación agravada por el cambio climático, que ha incrementado la frecuencia y severidad de las precipitaciones extremas. En este contexto, las tecnologías de Sistemas de Información Geográfica (SIG), como ArcGIS, han emergido como herramientas clave para la gestión de riesgos, al permitir la recopilación, análisis y visualización de datos espaciales para identificar áreas vulnerables y planificar medidas de mitigación.

En el Perú, las inundaciones fluviales afectan recurrentemente a diversas regiones, en especial durante la temporada de lluvias, causando daños severos a la infraestructura y poniendo en riesgo la vida de los habitantes en zonas vulnerables. El tramo del río Huallaga comprendido entre el puente Corpac y Tingo María es una de las áreas más propensas a estos eventos debido a su compleja geografía, caracterizada por terrenos montañosos y lluvias intensas. Históricamente, las inundaciones en esta región han ocasionado impactos negativos significativos en viviendas, vías de comunicación y actividades económicas locales.

El presente estudio tiene como objetivo evaluar el nivel de riesgo de inundación fluvial en el tramo del río Huallaga comprendido entre el puente Corpac y Tingo María, utilizando ArcGIS como herramienta principal de análisis. Este enfoque permitirá integrar información topográfica, hidrológica y climática, así como realizar simulaciones de escenarios de precipitación extrema para delimitar las áreas de mayor vulnerabilidad. Con ello, se busca proporcionar una base sólida para la implementación de estrategias efectivas de mitigación y contribuir al fortalecimiento de la resiliencia de las comunidades locales frente a eventos extremos.

Este trabajo de investigación detalla la problemática de las inundaciones fluviales en el área de estudio, formulando preguntas específicas y estableciendo objetivos claros que orientan la investigación. Además, se

presentan la justificación, las hipótesis y las variables involucradas, así como una metodología rigurosa basada en el enfoque cuantitativo, que garantiza la objetividad y validez de los resultados obtenidos. Finalmente, se describen las limitaciones y la viabilidad del estudio, destacando la relevancia de este trabajo para la planificación y gestión del riesgo de desastres en el Perú.

# CAPÍTULO I

## PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

### 1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

A nivel internacional, las inundaciones fluviales representan un riesgo creciente asociado al cambio climático. Según la ONU (2023), afectan a más de 100 millones de personas cada año. En Latinoamérica, la deforestación y la expansión urbana sin planificación agravan la vulnerabilidad.

El uso de tecnologías avanzadas como los Sistemas de Información Geográfica (SIG) ha demostrado ser eficaz para la gestión y mitigación de riesgos de inundación. Herramientas como ArcGIS permiten la recopilación, análisis y visualización de datos espaciales, facilitando la identificación de áreas de riesgo y la planificación de medidas preventivas. Estudios internacionales han evidenciado que la implementación de estas tecnologías mejora significativamente la precisión y la rapidez en la evaluación de riesgos, así como en la toma de decisiones informadas (Smith & Petley, 2009).

En el Perú, el INDECI (2020) señala que las inundaciones son el evento hidrometeorológico más frecuente. En Huánuco, el río Huallaga ha provocado desbordes recurrentes, especialmente en los años 2010, 2012 y 2018. A nivel local, el tramo entre el Puente Corpac y Tingo María registra áreas pobladas cerca del cauce, con pendientes bajas y alta exposición. La ausencia de una zonificación preventiva y la limitada infraestructura de control incrementan el riesgo. Esta investigación responde a esa problemática con un análisis técnico mediante ArcGIS, orientado a delimitar zonas vulnerables y sustentar medidas correctivas.

El gobierno peruano ha reconocido la necesidad de implementar tecnologías avanzadas para la gestión del riesgo de desastres, incluyendo el uso de SIG para la planificación y la respuesta ante emergencias. En los últimos años, se han desarrollado varias iniciativas para capacitar a profesionales y fortalecer las capacidades institucionales en el uso de estas herramientas. Sin embargo, aún existen desafíos significativos en términos de infraestructura, recursos y formación adecuada para maximizar el potencial de estas tecnologías (CENEPRED, 2020).

El tramo del río Huallaga comprendido entre el puente Corpac y la ciudad de Tingo María es una zona particularmente susceptible a inundaciones fluviales. La geografía de la región, caracterizada por su terreno montañoso y la presencia de un cauce fluvial significativo, junto con patrones de lluvias intensas, contribuyen a la alta vulnerabilidad del área. Las inundaciones en esta región han causado históricamente daños considerables a la infraestructura local, afectando tanto a las viviendas como a las vías de comunicación y las actividades económicas (Municipalidad Provincial de Leoncio Prado, 2022).

En este contexto, la utilización de ArcGIS para la evaluación del riesgo de inundación fluvial se presenta como una solución innovadora y necesaria. La capacidad de ArcGIS para integrar múltiples fuentes de datos, realizar análisis espaciales complejos y generar mapas detallados de riesgo permite una comprensión más precisa y detallada de las áreas vulnerables. Esto, a su vez, facilita la planificación y la implementación de medidas de mitigación más efectivas.

El presente estudio se centra en evaluar el nivel de riesgo de inundación fluvial del río Huallaga en el tramo del puente Corpac - Tingo María mediante el uso de ArcGIS. La creciente frecuencia y severidad de las inundaciones en esta región representan una amenaza significativa para la seguridad y el bienestar de sus habitantes. La falta de evaluaciones precisas y detalladas del riesgo de inundación dificulta la planificación adecuada y la implementación de medidas de mitigación, lo que aumenta la vulnerabilidad de la comunidad ante eventos extremos. Este estudio se propone, por lo tanto, no solo evaluar el riesgo de inundación, sino también demostrar la eficacia de ArcGIS como una herramienta vital para la gestión del riesgo de desastres. Al hacerlo, se espera contribuir al desarrollo de estrategias más robustas y efectivas para la mitigación de inundaciones, mejorando la resiliencia de las comunidades locales ante futuros eventos climáticos extremos.

## 1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

### 1.2.1 PROBLEMA GENERAL

¿Cómo puede el análisis geoespacial del riesgo de inundación fluvial mediante ArcGIS sustentar el diseño de un dique de contención en el tramo Puente Corpac – Tingo María?

### **1.2.2 PROBLEMA ESPECÍFICO**

¿Qué grado de precisión presentan los modelos digitales de terreno (MDT) generados en ArcGIS para delimitar áreas susceptibles a inundaciones, contrastándolos con datos históricos y eventos registrados en la zona de estudio?

¿Cómo varían los parámetros hidrológicos e hidráulicos del río Huallaga bajo distintos escenarios de precipitaciones extremas mediante modelación en ArcGIS, para prever la ocurrencia y magnitud de eventos de inundación?

¿Cuáles son las zonas de mayor vulnerabilidad a inundaciones utilizando herramientas SIG (ArcGIS), en el tramo del Puente Corpac - Tingo María?

¿Cómo puede contribuir el diseño de un dique de contención, complementado con medidas no estructurales, a la mitigación del riesgo de inundación fluvial en las zonas críticas, identificado mediante análisis geoespacial con ArcGIS del tramo Puente Corpac – Tingo María?

### **1.3 OBJETIVO GENERAL**

Evaluar el riesgo de inundación fluvial del río Huallaga mediante ArcGIS, para sustentar el diseño de un dique de contención como medida de mitigación en el tramo Puente Corpac – Tingo María.

### **1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Evaluar la precisión de los modelos digitales de terreno (MDT) generados en ArcGIS para la delimitación de áreas susceptibles a inundaciones, contrastándolos con datos históricos y eventos registrados en la zona de estudio.

Analizar los cambios en los parámetros hidrológicos e hidráulicos del río Huallaga bajo distintos escenarios de precipitaciones extremas mediante modelación en ArcGIS, para prever la ocurrencia y magnitud de eventos de inundación.

Identificar y mapear las zonas de mayor vulnerabilidad a inundaciones utilizando herramientas SIG (ArcGIS), en el tramo del Puente Corpac -Tingo María.

Formular una propuesta técnica de mitigación del riesgo de inundación fluvial mediante el diseño de un dique de contención en las zonas críticas

identificadas, complementado con medidas no estructurales del tramo Puente Corpac – Tingo María.

## **1.5 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.5.1 JUSTIFICACIÓN TEÓRICA**

La investigación se justificó teóricamente al haber aportado al cuerpo de conocimientos relacionados con la gestión del riesgo de desastres, especialmente en lo referente al riesgo de inundación fluvial. Se sustentó en fundamentos teóricos de la hidrología, hidráulica, geomorfología y sistemas de información geográfica, permitiendo comprender la interacción entre los procesos naturales del río Huallaga y los factores de vulnerabilidad presentes en la zona urbana de Tingo María. Asimismo, integró principios del análisis espacial, modelación hidrológica e interpretación de modelos digitales del terreno (MDT), contribuyendo a la validación del uso de ArcGIS como una herramienta eficiente en la planificación del territorio y en la reducción de riesgos. Esta base teórica fortaleció la posibilidad de establecer relaciones causales entre la dinámica fluvial, los patrones de precipitación extrema y el nivel de exposición de las áreas habitadas. Además, permitió vincular el estudio con marcos normativos y científicos tanto nacionales como internacionales en materia de gestión del riesgo, desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático, dotando a la propuesta de una sólida base conceptual para orientar las medidas de mitigación propuestas.

### **1.5.2 JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA**

Desde el enfoque práctico, la investigación se justificó por su utilidad directa en la reducción del riesgo de inundación en el tramo del Puente Corpac - Tingo María, una zona históricamente afectada por eventos fluviales severos durante épocas de lluvia. A través de la identificación precisa de zonas vulnerables y la formulación de medidas de mitigación estructurales (como espigones, defensas ribereñas o canales de desvío) y no estructurales (como planes de evacuación, monitoreo hidrometeorológico y zonificación urbana), el estudio ofreció soluciones viables y adaptadas al contexto local. Estas medidas no solo se plantearon para reducir daños materiales, sino también para salvaguardar vidas humanas, preservar la infraestructura crítica y proteger áreas agrícolas

afectadas por los desbordes del río Huallaga. Asimismo, el trabajo constituyó una herramienta de apoyo técnico para las autoridades locales y regionales en la toma de decisiones informadas, así como en la elaboración de planes de desarrollo urbano y ordenamiento territorial con enfoque preventivo. Su impacto práctico también se reflejó en la posible replicabilidad de la metodología empleada en otras cuencas con características similares en la región amazónica peruana.

### **1.5.3 JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA**

Metodológicamente, el estudio se justificó por haber empleado herramientas modernas de análisis geoespacial como ArcGIS, que permitieron procesar información topográfica, hidrológica y climática de manera precisa, eficiente y visual. El enfoque metodológico se basó en el uso de modelos digitales de terreno (MDT) para la delimitación de áreas inundables, y en la simulación de escenarios hidrológicos bajo condiciones de precipitaciones extremas, lo que facilitó una evaluación cuantitativa del riesgo. Además, la integración de datos históricos de eventos de inundación y registros pluviométricos permitió validar la precisión de los resultados obtenidos. El uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) favoreció el análisis multiescalar del territorio y la superposición de capas temáticas (uso del suelo, pendientes, infraestructura expuesta, etc.), lo que fortaleció la toma de decisiones en la propuesta final. Esta metodología, replicable y adaptativa, demostró ser una alternativa sólida frente a métodos convencionales de evaluación de riesgos, al combinar tecnología, datos georreferenciados y modelación espacial para fines de prevención y mitigación en zonas urbanas vulnerables.

### **1.6 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN**

Las limitaciones de la investigación incluirán posibles restricciones en la disponibilidad y calidad de datos topográficos, hidrológicos y meteorológicos precisos para el área de estudio. Además, la precisión de los modelos de ArcGIS dependerá de la exactitud de estos datos y de las suposiciones realizadas durante el modelado hidrológico. Finalmente, la variabilidad climática y los cambios imprevistos en el comportamiento del río Huallaga podrían afectar la efectividad de las soluciones propuestas.

## **1.7 VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN**

La viabilidad de la investigación será alta debido a la disponibilidad de tecnología avanzada como ArcGIS para el análisis espacial y modelado hidrológico. Se contará con acceso a datos topográficos, hidrológicos y meteorológicos proporcionados por instituciones locales y nacionales. Además, la colaboración con expertos en geoinformática y gestión de riesgos permitirá una implementación efectiva de la metodología propuesta. El apoyo de entidades gubernamentales y académicas garantizará recursos y financiación necesarios, mientras que la relevancia del problema asegurará el interés y compromiso de las partes involucradas en la aplicación práctica de los resultados y soluciones propuestas.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

##### 2.1.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Rodriguez & Pinza (2023) en su trabajo de investigación intitulado: “*Análisis geoespacial para identificar las zonas susceptibles A inundación. Caso de estudio cuenca media del Rio Sinú*”. Los objetivos del estudio incluyeron identificar las áreas más susceptibles a inundaciones mediante la integración de datos geográficos y climatológicos en un sistema de información geográfica (SIG). Se centró en la utilización de herramientas de análisis geoespacial para mapear y evaluar las áreas vulnerables a inundaciones en la cuenca media del río Sinú. Además, se buscó analizar los factores que contribuyen a la vulnerabilidad de estas zonas, como la topografía, el uso del suelo y los patrones de precipitación. A través del uso de ArcGIS, se generaron mapas de riesgo que permitieron una visualización detallada de las áreas propensas a inundaciones, proporcionando una base sólida para la planificación y la toma de decisiones en la gestión del riesgo de desastres. Las conclusiones del estudio resaltaron la eficacia del análisis geoespacial en la identificación de zonas vulnerables y subrayaron la importancia de integrar esta tecnología en las estrategias de mitigación de riesgos. Se concluyó que la implementación de medidas preventivas basadas en los hallazgos del análisis geoespacial podría reducir significativamente el impacto de las inundaciones en la cuenca media del río Sinú, mejorando la resiliencia de las comunidades locales. Además, el estudio recomendó la actualización continua de los datos geoespaciales y la capacitación de las autoridades locales en el uso de SIG para fortalecer la capacidad de respuesta ante eventos de inundación.

Castillo (2023) en su trabajo de investigación intitulado: “Evaluación de la amenaza por inundación asociada al Rio San Juan en la zona rural, comprendida entre los corregimientos de la primera Mojarra Y Primavera Del Municipio De Istmina-chocó”. Se establecieron objetivos claros para comprender y mitigar los riesgos de inundación en la región estudiada. Los principales objetivos de la investigación fueron identificar y mapear las áreas vulnerables a inundaciones mediante el uso de herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG), evaluar los factores que contribuyen a la amenaza de inundación, y desarrollar un plan de gestión de riesgos para proteger a las comunidades locales. El estudio utilizó datos históricos de precipitaciones, análisis topográficos y modelos hidrológicos para realizar una evaluación exhaustiva de la amenaza de inundación en la zona. Las conclusiones del trabajo destacaron la alta vulnerabilidad de las comunidades rurales a las inundaciones debido a la combinación de factores naturales y antrópicos, como la deforestación y la falta de infraestructura adecuada para el manejo de aguas pluviales. Castillo Hurtado encontró que las áreas más vulnerables se localizan cerca de los cauces del río, donde la elevación del terreno es baja y la capacidad de drenaje es limitada. Además, se señaló que la implementación de medidas preventivas, como la reforestación de las cuencas hidrográficas y la construcción de obras de contención, es crucial para reducir el riesgo de inundaciones. El estudio también enfatizó la importancia de la participación comunitaria en la planificación y ejecución de estrategias de mitigación, promoviendo la educación y la capacitación de los habitantes locales en temas de gestión del riesgo de desastres. En resumen, la investigación de Castillo Hurtado proporcionó una comprensión detallada de la amenaza de inundación en la zona rural de Istmina-Chocó y ofreció recomendaciones prácticas para la reducción del riesgo y la mejora de la resiliencia comunitaria ante futuros eventos de inundación.

Arévalo (2023) en su trabajo de investigación intitulado: “Evaluación de la amenaza de inundación ante los asentamientos irregulares en el barrio lucha de los pobres perteneciente al Cantón Echeandía, Provincia Bolívar en el periodo junio a diciembre 2022”. Tuvo como principal objetivo

identificar y evaluar los riesgos de inundación que enfrentan los asentamientos irregulares en dicha área. Para ello, se realizaron estudios detallados de la topografía, la hidrología y las condiciones socioeconómicas del barrio, con el fin de determinar las zonas más vulnerables y las posibles causas de las inundaciones. La investigación también buscó establecer la relación entre el crecimiento urbano descontrolado y el aumento del riesgo de inundación, así como proponer medidas de mitigación para reducir la vulnerabilidad de la comunidad. En sus conclusiones, Arévalo Bayes destacó que los asentamientos irregulares en el barrio Lucha de los Pobres están altamente expuestos a riesgos de inundación debido a su ubicación en áreas bajas y propensas a la acumulación de agua. El estudio reveló que la falta de planificación urbana y la ausencia de infraestructura adecuada, como sistemas de drenaje, agravan significativamente la situación. Además, se identificó que las prácticas de construcción informal y la falta de conciencia sobre los riesgos naturales contribuyen a la vulnerabilidad de la comunidad. Concluyó también que es crucial implementar estrategias integrales de gestión de riesgos que incluyan la reubicación de las viviendas más expuestas, la construcción de infraestructura adecuada para el manejo de aguas pluviales, y programas de educación y sensibilización para los residentes sobre los peligros de las inundaciones. Estas medidas, junto con una mejor coordinación entre las autoridades locales y la comunidad, son esenciales para reducir el riesgo de inundación y mejorar la resiliencia del barrio Lucha de los Pobres ante futuros eventos hidrometeorológicos.

### **2.1.2 ANTECEDENTES NACIONALES**

Paredes (2023) en su trabajo de investigación intitulado: ““Evaluación del nivel de riesgo de inundación por la quebrada Tumbillan en la localidad de Bellavista viejo de la provincia de Jaén, región Cajamarca”. El objetivo principal del estudio fue evaluar el nivel de riesgo de inundación en la localidad de Bellavista viejo debido a la quebrada Tumbillan, utilizando métodos geoespaciales y modelos hidrológicos. La metodología incluyó la recopilación de datos históricos de precipitaciones y eventos de inundación, así como la realización de un levantamiento topográfico detallado de la cuenca. Se utilizaron herramientas de

Sistemas de Información Geográfica (SIG) y software de modelación hidrológica para simular el comportamiento de la quebrada bajo diferentes escenarios de lluvia. Los resultados mostraron que ciertas áreas de Bellavista viejo presentan un alto riesgo de inundación, especialmente en eventos de lluvia intensa. Las conclusiones subrayaron la necesidad de implementar medidas de mitigación, como la construcción de obras de infraestructura hidráulica y el desarrollo de planes de gestión de riesgos, para proteger a la población y reducir los daños potenciales causados por las inundaciones. Además, se recomendó la creación de un sistema de alerta temprana y la promoción de la educación comunitaria sobre la gestión de riesgos de desastres para aumentar la resiliencia de la localidad frente a futuros eventos de inundación.

Portella & Villafuerte (2020) en su tesis intitulado: "Evaluación del riesgo de inundación del río Cascajal en el entorno del caserío de Síncope (distrito de Olmos) y análisis de alternativas de solución." El objetivo principal de la tesis es analizar y determinar los factores que contribuyen a las inundaciones en esta área, así como proponer alternativas de solución para mitigar los impactos negativos de dichos eventos. Se centra en evaluar el riesgo de inundación del río Cascajal en el entorno del caserío de Síncope, ubicado en el distrito de Olmos. Mediante un enfoque metodológico que incluye el uso de herramientas de modelado hidráulico y la recopilación de datos topográficos e hidrológicos, los autores buscan identificar las zonas más vulnerables y los niveles de riesgo asociados a diferentes escenarios de inundación. Las conclusiones del estudio subrayan la alta vulnerabilidad del caserío de Síncope ante las inundaciones, debido a la topografía del terreno y las características del cauce del río Cascajal. Se identifican áreas críticas donde la implementación de medidas de control y mitigación es urgente. Los autores enfatizan la necesidad de una planificación integral y la participación comunitaria en la implementación de estas medidas para reducir efectivamente el riesgo de inundaciones y proteger a la población y sus bienes.

### **2.1.3 ANTECEDENTES LOCALES**

López & Carmen (2022) en su tesis que lleva como título: “Análisis hidrológico e hidráulico para la evaluación de riesgo de inundación fluvial por desborde del Río Huallaga en el sector de Huayopampa, distrito de Amarilis, provincia de Huánuco 2021”. Tuvo como objetivo principal evaluar el riesgo de inundación fluvial en el sector de Huayopampa mediante un análisis detallado de los parámetros hidrológicos e hidráulicos del río Huallaga. Los autores realizaron un estudio exhaustivo utilizando modelos hidrológicos para determinar los caudales máximos y la frecuencia de las lluvias intensas, así como modelos hidráulicos para simular el comportamiento del flujo del río en condiciones extremas. El estudio permitió identificar las áreas más vulnerables a inundaciones y proponer medidas de mitigación adecuadas. Entre las conclusiones más relevantes, se destacó que el sector de Huayopampa presenta un alto riesgo de inundación debido a su ubicación geográfica y las características del cauce del río. Las simulaciones hidráulicas mostraron que, en eventos de precipitaciones extremas, el desborde del río puede afectar significativamente las áreas residenciales y agrícolas de la región. Además, subrayaron la importancia de mejorar los sistemas de alerta temprana y la planificación urbana para minimizar los daños potenciales. Este estudio proporcionó una base sólida para la toma de decisiones informadas y destacó la necesidad de continuar investigando y desarrollando estrategias de gestión del riesgo de desastres en la provincia de Huánuco.

Coz & Dolores (2023) en su tesis que lleva como título: “Evaluación de los niveles de riesgo por inundación fluvial; en las riberas del centro poblado de Cayrán, distrito de San Francisco de Cayrán, provincia de Huánuco 2022”. Los objetivos principales de la investigación incluyeron identificar las áreas más vulnerables a inundaciones, determinar la frecuencia y severidad de eventos de inundación pasados y proponer medidas de mitigación basadas en un análisis detallado de los riesgos. Coz Tucto y Dolores Romero se propusieron evaluar los niveles de riesgo de inundación fluvial en las riberas del centro poblado de Cayrán. Utilizando herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) y

datos históricos, los autores realizaron un análisis exhaustivo de la topografía, el clima y los patrones de flujo del río. Sus conclusiones destacaron que el centro poblado de Cayrán presenta varias áreas de alta vulnerabilidad debido a su ubicación geográfica y la falta de infraestructuras adecuadas para la gestión del agua. Las zonas más afectadas por inundaciones recurrentes se encontraron principalmente en las partes bajas y cercanas al cauce del río. Además, se observó que la deforestación y el uso inadecuado del suelo han exacerbado los problemas de inundación en la región. Los autores recomendaron la implementación de medidas estructurales como la construcción de diques y canales de desviación, así como acciones no estructurales como la reforestación y la educación comunitaria sobre gestión de riesgos. En resumen, la investigación subraya la importancia de un enfoque integral y multidisciplinario para la gestión de riesgos de inundación en Cayrán, enfatizando la necesidad de combinar infraestructura, políticas de uso del suelo y concientización pública para reducir significativamente la vulnerabilidad de la población local frente a futuras inundaciones.

## 2.2 BASES TEÓRICAS

### 2.2.1 INTRODUCCIÓN A LA GESTIÓN DE RIESGOS DE INUNDACIÓN

#### 2.2.1.1 Definición y Conceptos Básicos

- **Definición de Gestión de Riesgos de Inundación**

La gestión de riesgos de inundación se define como el conjunto de actividades coordinadas y continúas dirigidas a minimizar el impacto negativo de las inundaciones sobre las personas, bienes y medio ambiente. Esto incluye la planificación, implementación y monitoreo de medidas preventivas y correctivas para reducir tanto la vulnerabilidad de las comunidades como la exposición a eventos de inundación (Vargas R. , Hidráulica de ríos y control de inundaciones. , 2015).

- **Conceptos Básicos**

**Riesgo de Inundación:** El riesgo de inundación se refiere a la probabilidad de que ocurra una inundación y

las posibles consecuencias asociadas con dicho evento. Este riesgo se puede cuantificar mediante el análisis de la frecuencia y severidad de eventos de inundación pasados, así como la evaluación de factores actuales que puedan influir en su ocurrencia (Peña J. , 2017).

**Vulnerabilidad:** La vulnerabilidad se refiere a la susceptibilidad de una comunidad o sistema a sufrir daños en caso de una inundación. Esto puede depender de varios factores, como la infraestructura existente, la capacidad de respuesta y recuperación, y las características socioeconómicas de la población afectada.

**Exposición:** La exposición indica el grado en que personas, bienes, infraestructura y ecosistemas están en contacto con las posibles inundaciones. Una alta exposición incrementa el riesgo global, ya que más elementos estarán potencialmente afectados por el evento (Peña J. , 2017).

- **Estrategias de Gestión**

**Evaluación del Riesgo:** Este paso involucra la recopilación y análisis de datos hidrológicos, meteorológicos y geoespaciales para identificar áreas de alto riesgo y determinar la frecuencia y severidad de las inundaciones potenciales (Morales, Impacto del cambio climático en la hidrología peruana., 2018).

**Planificación y Zonificación:** Implica la creación de planes de uso del suelo que minimicen la exposición a inundaciones. Esto puede incluir restricciones en la construcción en zonas de alto riesgo y el diseño de infraestructuras adaptadas a los riesgos identificados (Morales, Impacto del cambio climático en la hidrología peruana., 2018).

**Sistemas de Alerta Temprana:** La implementación de sistemas de alerta temprana es crucial para

proporcionar información oportuna y precisa a las comunidades en riesgo, permitiendo una evacuación y respuesta adecuadas (Morales, Impacto del cambio climático en la hidrología peruana., 2018).

**Capacitación y Educación:** La sensibilización y educación de las comunidades sobre los riesgos de inundación y las medidas de protección personal y comunitaria son vitales para mejorar la resiliencia ante eventos de inundación (Morales, Impacto del cambio climático en la hidrología peruana., 2018).

**Monitoreo y Revisión:** Es importante establecer mecanismos de monitoreo continuo y revisión de las estrategias de gestión de riesgos para asegurarse de que sean efectivas y se adapten a las condiciones cambiantes (Morales, Impacto del cambio climático en la hidrología peruana., 2018).

#### **2.2.1.2 Importancia de la Gestión de Riesgos de Inundación**

La principal razón para implementar una gestión efectiva de riesgos de inundación es la protección de vidas humanas. Las inundaciones pueden ocurrir de manera rápida y con poca advertencia, causando pérdidas significativas de vidas si no se toman medidas preventivas adecuadas. La gestión de riesgos implica la implementación de sistemas de alerta temprana, que son cruciales para proporcionar información oportuna a las comunidades en riesgo. Estos sistemas permiten la evacuación temprana y la implementación de medidas de emergencia que pueden salvar vidas (Vargas R. , Hidráulica de ríos y control de inundaciones. , 2015).

- Minimización de Daños Materiales**

Las inundaciones pueden causar daños devastadores a infraestructuras, viviendas, cultivos y otros bienes materiales. La gestión de riesgos de inundación incluye la planificación y construcción de infraestructuras resistentes a inundaciones, como

defensas ribereñas, diques y sistemas de drenaje eficientes. Estas medidas estructurales, junto con la zonificación adecuada del uso del suelo, ayudan a reducir la exposición de infraestructuras críticas y áreas residenciales a riesgos de inundación. Además, la gestión de riesgos promueve la adopción de prácticas agrícolas y de construcción más resilientes, que pueden soportar mejor las condiciones extremas (INEI, 2019).

- **Sostenibilidad Ambiental**

La gestión de riesgos de inundación también es fundamental para la sostenibilidad ambiental. Las inundaciones pueden provocar la degradación de ecosistemas, la erosión del suelo y la contaminación de fuentes de agua. Implementar medidas de mitigación, como la reforestación de cuencas hidrográficas y la conservación de humedales, puede reducir la intensidad y frecuencia de las inundaciones. Estas medidas no solo protegen el medio ambiente, sino que también mejoran la capacidad de absorción de agua del suelo y reducen el flujo superficial, mitigando los efectos de las inundaciones. (Hernández, 2016)

#### **2.2.1.3 Tipos de Inundaciones y sus Causas**

- **Tipos de Inundaciones**

##### **Inundaciones Fluviales:**

Las inundaciones fluviales ocurren cuando los ríos y arroyos superan su capacidad de cauce y se desbordan hacia las áreas adyacentes. Este tipo de inundación es común en las cuencas de grandes ríos como el Amazonas, el Huallaga y el Marañón. La causa principal de estas inundaciones es la precipitación intensa y sostenida, que incrementa el caudal de los ríos. En Perú, eventos climáticos como El Niño pueden intensificar las lluvias, aumentando significativamente el riesgo de inundaciones fluviales (Peña J. , 2017).

**Figura 1**

*Lluvias extremas e inundaciones*



*Fuente. ( López Tarabochia, 2024)*

**Inundaciones Pluviales:**

Las inundaciones pluviales son causadas por lluvias intensas que superan la capacidad de absorción del suelo y los sistemas de drenaje urbanos. Estas inundaciones son particularmente problemáticas en áreas urbanizadas donde la impermeabilización del suelo (debido a pavimentos y edificaciones) impide la infiltración de agua. Como resultado, el agua de lluvia se acumula rápidamente en las calles y estructuras, provocando inundaciones. En ciudades como Lima, este tipo de inundación es un problema recurrente durante las temporadas de lluvias fuertes (Vargas R. , Hidráulica de ríos y control de inundaciones. , 2015).

**Figura 2**

*Fuertes lluvias, rayos, truenos e inundaciones en el norte peruano*



*Fuente. (La Razón, 2024)*

### **Inundaciones Costeras:**

Las inundaciones costeras son causadas por marejadas ciclónicas, tsunamis o la elevación del nivel del mar. En Perú, las regiones costeras pueden ser afectadas por tormentas severas y fenómenos como El Niño, que generan marejadas y aumentan el riesgo de inundaciones costeras. Estas inundaciones pueden provocar erosión, daño a la infraestructura costera y salinización de fuentes de agua dulce (Morales, Impacto del cambio climático en la hidrología peruana., 2018).

**Figura 3**

*El Niño: se eleva a 73% probabilidad de que ocurra en la costa peruana al 2019*



*Fuente.* (Comercio, 2018)

### **Inundaciones Repentinas:**

Las inundaciones repentinas son eventos de corta duración, pero de alta intensidad, causadas por lluvias torrenciales en cuencas pequeñas y empinadas. Estas inundaciones son especialmente peligrosas debido a su rapidez y la escasa advertencia previa. En las regiones andinas de Perú, las quebradas son propensas a este tipo de inundación, especialmente durante eventos de lluvias intensas (Hernández, 2016).

### **Inundaciones por Deslizamientos:**

Este tipo de inundación se produce cuando un deslizamiento de tierra, lodo o escombros bloquea el cauce de un río o arroyo, formando una presa natural. Al colapsar, esta presa puede liberar grandes volúmenes de agua de manera súbita, causando inundaciones severas. Las áreas montañosas de Perú con suelos inestables son especialmente vulnerables a estos eventos, que suelen ocurrir durante la temporada de lluvias (Sánchez, 2019).

**Figura 4**

*Fuertes lluvias están afectando duramente a la Amazonía peruana*



*Fuente.* (Allegro Giusto, 2021)

- **Causas de las Inundaciones**

### **Precipitaciones Intensas:**

La precipitación intensa y prolongada es la causa más común de inundaciones. En Perú, las lluvias fuertes asociadas con fenómenos como El Niño pueden saturar el suelo y aumentar el caudal de los ríos, llevando a desbordamientos e inundaciones. Las regiones amazónicas y andinas son particularmente susceptibles a este tipo de eventos (Peña J. , 2017).

**Figura 5**

*Pronostican que lluvias intensas continuarán en la zona alto andina de la región Lima*



*Fuente.* (Gobierno Regional de Lima, 2017)

**Cambio Climático:**

El cambio climático está aumentando la frecuencia y severidad de los eventos meteorológicos extremos, incluyendo las lluvias intensas y las marejadas ciclónicas. El incremento de las temperaturas globales está alterando los patrones de lluvia, haciendo que las inundaciones sean más impredecibles y destructivas (Morales, Impacto del cambio climático en la hidrología peruana., 2018).

**Figura 6**

*Cambio climático*



*Fuente.* (CEPAL, s.f.)

### **Desgaste Glaciar:**

El derretimiento de glaciares en los Andes peruanos, acelerado por el calentamiento global, contribuye significativamente a las inundaciones. Durante la temporada de deshielo, grandes volúmenes de agua son liberados de manera súbita, incrementando el caudal de los ríos y provocando inundaciones. Esto es especialmente preocupante en cuencas hidrográficas que dependen del deshielo glaciar para su suministro de agua (Hernández, 2016).

**Figura 7**

*El deshielo de los glaciares supera pronósticos hechos por científicos*



Fuente. (Instituto De Ciencias De La Atmosfera Y Cambio Cli, 2024)

### **Deforestación y Uso del Suelo:**

La deforestación y la alteración del uso del suelo afectan la capacidad del terreno para absorber y retener agua. En Perú, la tala de bosques en las cuencas hidrográficas reduce la capacidad de infiltración del suelo, aumentando el escurrimiento superficial y la probabilidad de inundaciones. La expansión urbana no planificada también contribuye a este problema (Sánchez, 2019).

**Figura 8**

*¿Cómo la deforestación afecta al suelo?*



Fuente. (Quora, s.f.)

**Fallas en Infraestructuras Hidráulicas:**

Las fallas en infraestructuras hidráulicas como presas, diques y sistemas de drenaje pueden desencadenar inundaciones severas. En algunas regiones de Perú, la falta de mantenimiento adecuado de estas infraestructuras aumenta el riesgo de fallos catastróficos durante eventos climáticos extremos (Vargas R. , Hidráulica de ríos y control de inundaciones. , 2015).

**Factores Topográficos:**

La topografía de una región influye significativamente en la formación de inundaciones. En áreas montañosas, la pendiente pronunciada puede acelerar el flujo de agua, mientras que, en llanuras, la falta de pendiente puede llevar a la acumulación de agua en superficies extensas. La diversidad geográfica de Perú significa que distintas regiones enfrentan diferentes tipos de riesgos de inundación según su topografía (Peña J. , 2017).

### 2.2.2 NIVELES DE RIESGO

Los niveles de riesgo de inundación fluvial se refieren a la clasificación del potencial de daño que una inundación podría causar en

una determinada área, en función de la probabilidad de que ocurra un evento de inundación y la vulnerabilidad de los elementos expuestos, como infraestructuras, cultivos y poblaciones. (Delgado Sánchez, 2018)

En Perú, los estudios sobre este tema se centran en zonas vulnerables a fenómenos hidrometeorológicos, como las cuencas de los ríos amazónicos, donde la variabilidad climática y la topografía accidentada exacerbaban las posibilidades de desbordes fluviales. (Delgado Sánchez, 2018)

El nivel de riesgo se clasifica generalmente en bajo, medio y alto, según la frecuencia y magnitud de las inundaciones. Un área con un nivel alto de riesgo implica que es probable que ocurra una inundación significativa con frecuencia, lo que requiere medidas preventivas robustas como la planificación urbana y la implementación de defensas fluviales. (Delgado Sánchez, 2018)

En cambio, áreas con un nivel bajo de riesgo pueden requerir solo monitoreo y gestión regular del caudal.

El análisis del riesgo de inundación se apoya en herramientas como los sistemas de información geográfica (SIG), que permiten la modelación espacial de las áreas susceptibles a inundación y ayudan a identificar las zonas críticas. Estas herramientas permiten superponer capas de datos de lluvia, flujo del río y topografía para crear mapas de riesgo detallados. (Delgado Sánchez, 2018)

En el caso del Perú, la integración de estos métodos ha sido clave en la planificación de proyectos de mitigación de desastres naturales.

**Figura 9**

Más de 2 millones de habitantes expuestos a nivel muy alto de riesgo por lluvias



Fuente. (Info Inundaciones, 2020)

#### 2.2.2.1 Tipos de niveles de riesgo

**Nivel de riesgo bajo:** Este nivel se caracteriza por una baja probabilidad de ocurrencia de eventos peligrosos, como inundaciones. Las áreas con este nivel de riesgo requieren menos medidas de mitigación y control. Sin embargo, se recomienda el monitoreo continuo y la implementación de medidas preventivas básicas para evitar la aparición de riesgos futuros. (Vega Rodríguez, , 2020)

**Nivel de riesgo medio:** Aquí la probabilidad de ocurrencia de un evento es moderada y el potencial de daños es considerable. Se requieren medidas de prevención y mitigación más fuertes, tales como la planificación adecuada del uso del suelo, construcción de defensas o sistemas de drenaje, y la preparación de sistemas de alerta temprana. (Vega Rodríguez, , 2020)

**Nivel de riesgo alto:** Este nivel indica una alta probabilidad de ocurrencia de eventos peligrosos con impactos graves en la población, infraestructura y medio ambiente. Las áreas con este nivel de riesgo demandan intervenciones inmediatas y significativas, tales como obras de ingeniería de gran escala (diques, embalses), planes de evacuación, reubicación de

asentamientos humanos, y una estricta regulación en el uso del suelo. (Vega Rodríguez, , 2020)

## **2.2.3 EVALUACIÓN DEL RIESGO DE INUNDACIÓN**

### **2.2.3.1 Metodologías de Evaluación del Riesgo**

La evaluación del riesgo es un proceso sistemático que implica la identificación de amenazas, la evaluación de la vulnerabilidad y el análisis de los posibles impactos, con el fin de desarrollar estrategias efectivas de mitigación y respuesta ante desastres (Instituto Nacional de Defensa Civil, 2020).

- Identificación de Amenazas**

En Perú, las metodologías de evaluación del riesgo comienzan con la identificación de las amenazas naturales y antropogénicas que pueden causar daños. Esto incluye eventos como inundaciones debido a lluvias intensas, movimientos en masa por erosión o sismos debido a la actividad sísmica en la región (Instituto Nacional de Defensa Civil, 2020)

- Evaluación de Vulnerabilidad**

La evaluación de la vulnerabilidad se centra en comprender qué y quiénes están en riesgo frente a estas amenazas. En Perú, se utilizan técnicas avanzadas de análisis geoespacial y modelos predictivos para evaluar cómo las características físicas (como la topografía y la cobertura vegetal) y sociales (como la densidad poblacional y la infraestructura) contribuyen a la vulnerabilidad de las comunidades y los ecosistemas (Instituto Nacional de Defensa Civil, 2020).

- Análisis de Impacto**

El análisis de impacto evalúa las posibles consecuencias de las amenazas identificadas. Esto incluye la evaluación de los daños físicos a infraestructuras críticas, las pérdidas económicas y la afectación a la salud y seguridad de la población. En Perú, este análisis considera además la importancia de los

recursos naturales y culturales en riesgo (Instituto Nacional de Defensa Civil, 2020)

- **Gestión del Riesgo y Planificación de Medidas de Mitigación**

Basado en los resultados de la evaluación del riesgo, se diseñan estrategias de gestión que incluyen medidas preventivas y correctivas. En Perú, estas estrategias se implementan a través de políticas públicas, normativas de construcción resiliente y programas de educación y concienciación pública (Instituto Nacional de Defensa Civil, 2020).

#### **2.2.3.2 Técnicas de Modelado y Simulación de Inundaciones**

El modelado y simulación de inundaciones son procesos clave para entender y mitigar los impactos de eventos extremos de agua sobre las comunidades y el medio ambiente.

- **Herramientas y Tecnologías Utilizadas**

En Perú, diversas herramientas y tecnologías son empleadas para el modelado y simulación de inundaciones. Los Sistemas de Información Geográfica (SIG), como ArcGIS, permiten integrar datos topográficos, hidrológicos y meteorológicos para crear modelos detallados del terreno y de la red hidrográfica. Estos modelos son fundamentales para predecir cómo el agua fluirá a través de las cuencas y las zonas urbanas durante eventos de precipitación intensa (Instituto Nacional de Defensa Civil, 2022).

- **Modelos Hidrológicos e Hidráulicos**

Los modelos hidrológicos se utilizan para simular la generación de escorrentía y la distribución de la misma en una cuenca hidrográfica. Estos modelos tienen en cuenta factores como la precipitación, la infiltración y la capacidad de retención del suelo. Por otro lado, los modelos hidráulicos se centran en la simulación del flujo del agua en ríos, canales y sistemas de drenaje urbano,

calculando cómo se propagarán las inundaciones y qué áreas serán afectadas (Instituto Nacional de Defensa Civil, Técnicas de Modelado y Simulación de Inundaciones en el Perú, 2022).

- **Simulación de Escenarios de Inundación**

Una parte crucial del modelado y simulación de inundaciones es la capacidad de simular diferentes escenarios de inundación. Esto implica considerar variaciones en la intensidad de la lluvia, condiciones del suelo y estado de las infraestructuras hidráulicas. Estos escenarios permiten a los planificadores y gestores de emergencias evaluar la vulnerabilidad de áreas específicas, planificar la respuesta ante emergencias y diseñar medidas de mitigación adecuadas (Instituto Nacional de Defensa Civil, Técnicas de Modelado y Simulación de Inundaciones en el Perú, 2022).

- **Validación y Calibración de Modelos**

Es crucial validar y calibrar los modelos de inundación utilizando datos históricos de eventos pasados. Esto asegura que los modelos sean precisos y confiables para prever inundaciones futuras. En Perú, instituciones como el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) y el Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET) desempeñan un papel fundamental en la validación y calibración de modelos a nivel nacional (Instituto Nacional de Defensa Civil, Técnicas de Modelado y Simulación de Inundaciones en el Perú, 2022).

#### **2.2.3.3 Identificación y Mapeo de Áreas Vulnerables**

La identificación y el mapeo de áreas vulnerables se refieren al proceso de identificar segmentos de la población, infraestructuras y ecosistemas que son más susceptibles a sufrir daños significativos durante eventos extremos como

inundaciones, sismos, movimientos en masa y otros fenómenos naturales (Ministerio del Ambiente del Perú, 2021).

- **Metodologías Utilizadas**

En Perú, las metodologías para la identificación y el mapeo de áreas vulnerables se basan en la integración de datos geoespaciales, análisis estadístico y evaluaciones de campo. Los sistemas de información geográfica (SIG) juegan un papel crucial al permitir la visualización y el análisis de datos relacionados con la topografía, la densidad poblacional, la infraestructura crítica y la vulnerabilidad socioeconómica (Ministerio del Ambiente del Perú, 2021).

- **Factores de Vulnerabilidad**

Los factores que contribuyen a la vulnerabilidad en Perú incluyen:

**Geografía y Clima:** La ubicación de las comunidades y su exposición a fenómenos naturales como inundaciones costeras debido a El Niño, deslizamientos de tierra en zonas montañosas y sequías en regiones áridas (Ministerio del Ambiente del Perú, 2021).

**Infraestructura Crítica:** La evaluación de la vulnerabilidad de carreteras, puentes, hospitales y sistemas de agua potable y saneamiento ante eventos extremos (Ministerio del Ambiente del Perú, 2021).

**Población y Asentamientos Humanos:** La densidad poblacional, la calidad de la vivienda y la accesibilidad a servicios básicos son determinantes importantes de la vulnerabilidad social frente a desastres naturales (Ministerio del Ambiente del Perú, 2021).

#### **2.2.4 TEORÍA DE LA INUNDACIÓN FLUVIAL**

Una inundación fluvial se define como el desbordamiento de agua de un río sobre sus márgenes, inundando las áreas adyacentes. Este fenómeno puede ser causado por lluvias intensas, deshielo rápido,

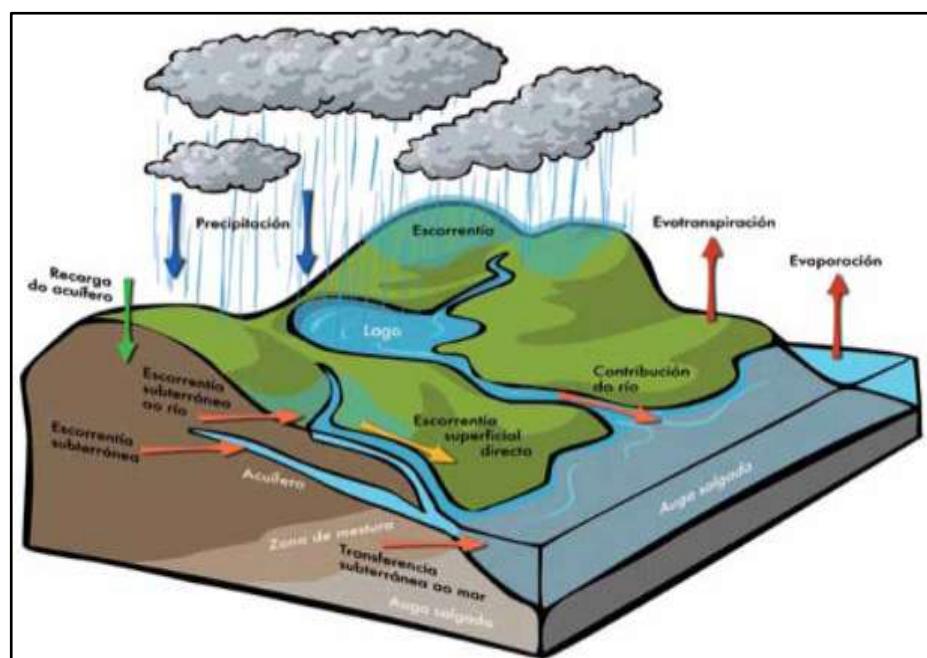
obstrucciones en el cauce del río, o una combinación de estos factores. Las inundaciones fluviales pueden ser lentas o rápidas, dependiendo de las condiciones meteorológicas y geográficas, y pueden causar daños significativos a la infraestructura, la agricultura y las comunidades humanas (Ponce, 2014).

#### 2.2.4.1 Procesos Hidrológicos Relacionados con Inundaciones

Los procesos hidrológicos relacionados con inundaciones son complejos y multifacéticos, involucrando una variedad de factores y mecanismos que contribuyen a la ocurrencia y magnitud de los eventos de inundación. Comprender estos procesos es esencial para el manejo efectivo del riesgo de inundaciones y la implementación de estrategias de mitigación. A continuación, se describen los principales procesos hidrológicos que influyen en las inundaciones, basándose en fuentes bibliográficas especializadas en hidrología e hidráulica (Sánchez, Desastres naturales y planificación territorial en Perú, 2018).

**Figura 10**

*Los procesos del ciclo hidrológico*



Fuente. (Climántica, s.f.)

- **Precipitación**

La precipitación es el principal impulsor de las inundaciones. Se refiere a cualquier forma de agua, líquida o sólida, que cae de la atmósfera y llega a la superficie terrestre. Las lluvias intensas y prolongadas pueden saturar el suelo, generando escorrentía superficial que, si es excesiva, puede causar el desbordamiento de ríos y arroyos. La distribución temporal y espacial de la precipitación, así como su intensidad y duración, son factores críticos en la formación de inundaciones (Sánchez, Desastres naturales y planificación territorial en Perú, 2018).

- **Escorrentía Superficial**

La escorrentía superficial es el flujo de agua que ocurre cuando el suelo se satura y ya no puede absorber más agua. Este exceso de agua fluye sobre la superficie terrestre hacia cuerpos de agua como ríos y lagos. La cantidad y velocidad de la escorrentía superficial dependen de varios factores, incluidos la topografía, el tipo de suelo, la vegetación y el uso del suelo. En áreas urbanizadas, donde la superficie está cubierta por materiales impermeables como el asfalto y el concreto, la escorrentía superficial puede aumentar significativamente, elevando el riesgo de inundaciones urbanas (Hernández, 2016).

- **Infiltración**

La infiltración es el proceso mediante el cual el agua de precipitación penetra en el suelo. La capacidad de infiltración de un suelo depende de su estructura, textura, contenido de humedad y cobertura vegetal. Los suelos arenosos, por ejemplo, tienen una alta capacidad de infiltración en comparación con los suelos arcillosos. Cuando la capacidad de infiltración del suelo se excede debido a lluvias intensas, el agua adicional se convierte

en escorrentía superficial, contribuyendo al riesgo de inundación (Morales, Impacto del cambio climático en la hidrología peruana., 2019).

- **Evapotranspiración**

La evapotranspiración es la suma de la evaporación del agua desde la superficie terrestre y la transpiración de las plantas. Este proceso juega un papel crucial en el balance hídrico de una cuenca, ya que reduce la cantidad de agua disponible para la escorrentía superficial. En períodos de alta evapotranspiración, el riesgo de inundaciones puede disminuir, mientras que, en períodos de baja evapotranspiración, el riesgo puede aumentar (Peña J. , 2017).

- **Almacenamiento de Agua en el Suelo**

El almacenamiento de agua en el suelo es otro proceso hidrológico importante que afecta las inundaciones. Los suelos actúan como un reservorio temporal, almacenando agua de precipitación y liberándola lentamente a través de la percolación y la escorrentía subsuperficial. La capacidad de almacenamiento del suelo depende de su estructura y composición. Cuando el suelo alcanza su capacidad máxima de almacenamiento, cualquier precipitación adicional se convierte en escorrentía superficial, aumentando el riesgo de inundación (Sánchez, 2018).

- **Flujo Subterráneo**

El flujo subterráneo es el movimiento de agua bajo la superficie terrestre. Este flujo puede contribuir a las inundaciones cuando el nivel freático se eleva y el agua subterránea emerge en la superficie, especialmente en áreas bajas y mal drenadas. El flujo subterráneo también puede recargar los cuerpos de agua superficiales, aumentando sus niveles y contribuyendo al riesgo de desbordamiento (Vargas R, 2020).

- **Retención y Regulación en la Cuenca**

Las características físicas de una cuenca hidrográfica, como la presencia de humedales, lagos y presas, influyen en la retención y regulación del agua. Estos cuerpos de agua pueden actuar como amortiguadores naturales, absorbiendo y reteniendo el exceso de agua durante eventos de precipitación intensa. Sin embargo, cuando la capacidad de estos cuerpos de agua se excede, pueden contribuir a las inundaciones. Las presas y embalses, aunque diseñados para regular el flujo de agua, también pueden fallar o liberar grandes volúmenes de agua en situaciones extremas, exacerbando las condiciones de inundación (Hernández, 2016).

- **Modificaciones Antrópicas**

Las actividades humanas, como la urbanización, la deforestación y la construcción de infraestructuras, pueden modificar significativamente los procesos hidrológicos y aumentar el riesgo de inundaciones. La urbanización, por ejemplo, reemplaza la vegetación natural con superficies impermeables, reduciendo la infiltración y aumentando la escorrentía superficial. La deforestación elimina la cubierta vegetal que ayuda a retener y absorber el agua, también aumentando la escorrentía. Además, las infraestructuras mal diseñadas pueden obstruir el flujo natural del agua, causando acumulaciones y desbordamientos (Morales, Impacto del cambio climático en la hidrología peruana., 2019).

- **Modelación Hidrológica**

La modelación hidrológica es una herramienta esencial para entender y predecir las inundaciones. Utiliza datos sobre precipitación, escorrentía, infiltración y otros procesos hidrológicos para simular el comportamiento del agua en una cuenca hidrográfica. Los modelos

hidrológicos pueden ayudar a identificar áreas de riesgo, prever la magnitud y extensión de las inundaciones y evaluar la efectividad de diferentes estrategias de mitigación. Estos modelos son fundamentales para la planificación y gestión de los recursos hídricos y la protección contra inundaciones (Peña J. , 2017).

## **2.2.5 TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (TIG) EN LA GESTIÓN DE INUNDACIONES**

### **2.2.5.1 Introducción a las Tecnologías de Información Geográfica (TIG)**

Las Tecnologías de Información Geográfica, comúnmente conocidas como TIG o GIS por sus siglas en inglés (Geographic Information Systems), son sistemas diseñados para capturar, almacenar, analizar y presentar datos espaciales. Estos datos incluyen información geográfica, como coordenadas, características topográficas, infraestructuras y recursos naturales, entre otros. En el contexto de la gestión de inundaciones, las TIG son cruciales porque permiten la visualización de patrones espaciales, análisis de riesgos, modelamiento hidráulico y la toma de decisiones informadas (Instituto Nacional de Defensa Civil, 2020).

### **2.2.5.2 Aplicación de las TIG en la Gestión de Inundaciones en Perú**

Perú es un país altamente vulnerable a las inundaciones debido a su geografía montañosa y su ubicación en la zona tropical. Las lluvias intensas, particularmente durante el fenómeno de El Niño, pueden desencadenar desbordes de ríos y avalanchas que causan daños significativos a las poblaciones y la infraestructura. En este contexto, las TIG juegan un papel crucial en varias etapas de la gestión de inundaciones (SENAMHI, 2019).

**Análisis de riesgos y vulnerabilidades:** Las TIG permiten identificar áreas propensas a inundaciones mediante el análisis de variables como pendientes del terreno, cobertura vegetal, uso

del suelo y proximidad a cuerpos de agua. Esta información es vital para la planificación urbana y la preparación ante desastres.

**Modelamiento hidráulico:** Mediante el uso de modelos hidráulicos computacionales y datos topográficos detallados obtenidos con tecnología LIDAR (Light Detection and Ranging), las TIG pueden simular el comportamiento de los flujos de agua durante eventos de inundación. Esto ayuda a prever la extensión y profundidad de las inundaciones, así como a evaluar la efectividad de infraestructuras como diques y canales de desvío (SENAMHI, 2019).

**Planificación de evacuaciones y respuesta rápida:** Las TIG facilitan la planificación de rutas de evacuación seguras y la ubicación estratégica de refugios temporales. Además, permiten la coordinación entre diferentes entidades gubernamentales y organizaciones de socorro durante una emergencia, asegurando una respuesta rápida y eficiente (SENAMHI, 2019).

**Monitorización y alerta temprana:** La integración de datos en tiempo real de estaciones meteorológicas, sensores de nivel de agua y cámaras de monitoreo en sistemas TIG permite la detección temprana de condiciones que podrían llevar a inundaciones. Esto proporciona a las autoridades la capacidad de emitir alertas a la población y tomar medidas preventivas con suficiente antelación (SENAMHI, 2019).

**Evaluación de impacto y recuperación post-evento:** Después de una inundación, las TIG son utilizadas para evaluar los daños, estimar las pérdidas económicas y planificar la recuperación de las áreas afectadas. La combinación de datos geoespaciales con información socioeconómica ayuda a priorizar la asignación de recursos y la reconstrucción de infraestructuras clave (SENAMHI, 2019).

#### **2.2.5.3 Introducción a ArcGIS**

ArcGIS es un sistema de información geográfica (SIG) desarrollado por Esri (Environmental Systems Research Institute), que se ha convertido en una herramienta fundamental en

disciplinas como la hidrología e hidráulica debido a su capacidad para integrar, gestionar y analizar datos espaciales y geográficos de manera eficiente (Esri., 2020).

- **Funcionalidades y Aplicaciones en Hidrología e Hidráulica**

ArcGIS permite a los profesionales de la hidrología y la hidráulica realizar una variedad de tareas clave:

**Captura y Gestión de Datos:** ArcGIS facilita la captura de datos geoespaciales, incluyendo mapas, imágenes satelitales, modelos digitales del terreno (MDT), y datos de sensores remotos. Esto es crucial para la recolección de información hidrológica como la delimitación de cuencas hidrográficas, la localización de estaciones hidrometeorológicas y la caracterización de la red de drenaje (Esri., 2020).

**Análisis Espacial:** La capacidad de ArcGIS para realizar análisis espaciales avanzados es esencial en hidrología e hidráulica. Permite calcular áreas de cuencas, determinar la dirección del flujo del agua, identificar áreas propensas a inundaciones, y evaluar la conectividad hidrológica entre diferentes puntos dentro de una cuenca (Esri., 2020).

**Modelado Hidráulico:** Mediante la extensión ArcGIS Spatial Analyst, los usuarios pueden realizar modelamiento hidráulico para simular el comportamiento de los flujos de agua en respuesta a diferentes escenarios, como la ocurrencia de eventos de lluvia intensa o el diseño de infraestructuras hidráulicas como canales y embalses (Esri., 2020).

**Visualización y Presentación de Resultados:** ArcGIS proporciona herramientas para la creación de mapas temáticos, gráficos y reportes que facilitan la comunicación de resultados de estudios hidrológicos e

hidráulicos a tomadores de decisiones y otros stakeholders (Esri., 2020).

#### **2.2.5.4 Aplicaciones de ArcGIS en la Gestión del Riesgo de Inundaciones**

ArcGIS es una plataforma líder en sistemas de información geográfica que permite integrar, analizar y visualizar datos espaciales, proporcionando herramientas poderosas para la gestión del riesgo de inundaciones. En Perú, estas aplicaciones son fundamentales debido a la frecuencia e intensidad de eventos climáticos extremos como el fenómeno de El Niño, que pueden desencadenar inundaciones devastadoras (Pimentel Salas, 2019).

- **Modelamiento y Simulación**

Una de las principales aplicaciones de ArcGIS en la gestión del riesgo de inundaciones es el modelamiento hidráulico y la simulación de escenarios. Mediante la utilización de datos topográficos detallados, modelos digitales del terreno (MDT) y extensiones especializadas como ArcGIS Spatial Analyst, los expertos pueden simular cómo las inundaciones se propagarían en diferentes condiciones climáticas y escenarios hidrológicos. Esto es crucial para la identificación de áreas vulnerables, la evaluación de la extensión y profundidad de las inundaciones, y la planificación de medidas de mitigación (Pimentel Salas, 2019).

- **Análisis de Vulnerabilidad y Riesgo**

ArcGIS permite realizar análisis detallados de vulnerabilidad y riesgo frente a inundaciones. Mediante la integración de datos geoespaciales como la infraestructura urbana, la densidad poblacional, la red de drenaje y la cobertura vegetal, se pueden identificar áreas críticas y comunidades vulnerables que podrían verse más afectadas por inundaciones. Estos análisis son fundamentales para priorizar la asignación de recursos y

la implementación de medidas de preparación y respuesta ante desastres (Santamaría Huertas, 2020).

- **Planificación de Emergencias y Evacuación**

En situaciones de emergencia, ArcGIS facilita la planificación de evacuaciones y la gestión de recursos durante eventos de inundaciones. Las autoridades pueden utilizar la plataforma para visualizar en tiempo real la evolución de la inundación, identificar rutas de evacuación seguras, y ubicar refugios temporales para la población afectada. La capacidad de ArcGIS para integrar datos en tiempo real de sensores y estaciones meteorológicas proporciona a las autoridades información crítica para la toma de decisiones rápidas y efectivas (Molina Chocano, 2021).

- **Monitoreo y Alerta Temprana**

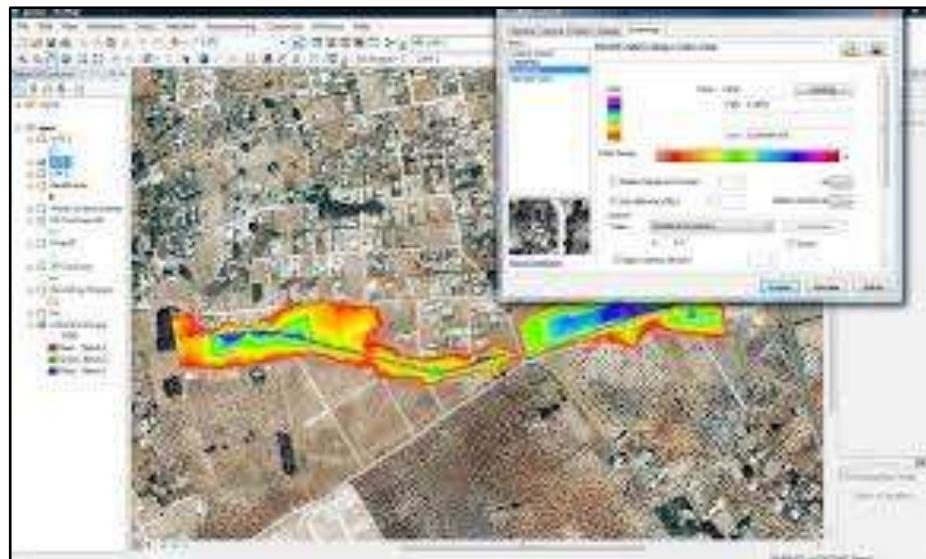
El monitoreo continuo de condiciones hidrometeorológicas es esencial para la gestión del riesgo de inundaciones. ArcGIS permite integrar datos de estaciones hidrometeorológicas, imágenes satelitales y modelos de pronóstico climático para detectar patrones y tendencias que podrían indicar la posibilidad de inundaciones. Esta capacidad de alerta temprana es fundamental para minimizar el impacto de los desastres naturales y salvaguardar vidas y propiedades (Molina Chocano, 2021).

#### **2.2.5.5 Modelado Hidrológico e Hidráulico con ArcGIS**

ArcGIS ofrece herramientas y extensiones especializadas que permiten a los profesionales de la hidrología e hidráulica realizar análisis detallados y simulaciones precisas de los flujos de agua. Estas aplicaciones son fundamentales para la gestión sostenible de recursos hídricos y la prevención de riesgos asociados con inundaciones y otros eventos hidrológicos extremos (Molina Chocano, 2021).

**Figura 11**

*Modelado Hidrológico e Hidráulico con ArcGIS*



*Fuente.* (Santamaría Huertas, 2020)

- **Modelado Hidrológico**

El modelado hidrológico con ArcGIS se centra en la simulación de los procesos relacionados con el ciclo del agua, como la precipitación, la escorrentía, la infiltración y el almacenamiento de agua en cuencas hidrográficas. ArcGIS permite integrar datos de diferentes fuentes, como mapas topográficos, imágenes satelitales, y datos de estaciones meteorológicas e hidrológicas, para construir modelos hidrológicos detallados (Santamaría Huertas, 2020).

- Análisis de Cuencas Hidrográficas: Utilizando herramientas como ArcHydro, los usuarios pueden delimitar y caracterizar cuencas hidrográficas, identificando áreas de captación de agua y modelando la dinámica del flujo de agua dentro de la cuenca. Esto es crucial para la gestión de recursos hídricos, la planificación de infraestructuras y la evaluación de impactos ambientales (Santamaría Huertas, 2020).

- Estimación de Caudales: ArcGIS permite realizar cálculos precisos de caudales utilizando modelos hidrológicos como el modelo de Hidrología de Cuenca

(HSPF) o el Modelo de Precipitación-Escorrentía (P-E).

Estos modelos son fundamentales para la evaluación de disponibilidad de agua, el diseño de estructuras de almacenamiento y la planificación de usos múltiples del agua (Santamaría Huertas, 2020).

- **Modelado Hidráulico**

El modelado hidráulico con ArcGIS se centra en la simulación del flujo de agua en sistemas de canales, ríos y estructuras hidráulicas como presas y embalses. Utilizando extensiones como ArcGIS Spatial Analyst y ArcGIS 3D Analyst, los usuarios pueden modelar el comportamiento del flujo, calcular la capacidad de almacenamiento y evaluar la eficacia de estructuras de control de inundaciones (Pimentel Salas, 2019).

- **Simulación de Inundaciones:** ArcGIS permite simular escenarios de inundación mediante la combinación de datos topográficos precisos y modelos hidráulicos avanzados. Esto es esencial para la evaluación de riesgos de inundación, la planificación de medidas de mitigación y la respuesta de emergencia ante eventos extremos como el fenómeno de El Niño (Pimentel Salas, 2019).

- **Diseño y Evaluación de Infraestructuras:** Ingenieros y planificadores utilizan ArcGIS para el diseño y la evaluación de infraestructuras hidráulicas, como canales de riego, sistemas de drenaje urbano y obras de protección contra inundaciones. La capacidad de modelar el flujo de agua en diferentes condiciones hidrológicas permite optimizar el diseño y garantizar la eficacia de estas estructuras (Pimentel Salas, 2019).

## 2.2.6 CARACTERIZACIÓN DEL RÍO HUALLAGA

### 2.2.6.1 Geografía y Climatología de la Cuenca del Río Huallaga

La cuenca del río Huallaga es una de las principales cuencas hidrográficas del Perú, localizada en la región amazónica del país. Esta cuenca se extiende por varias regiones, incluyendo Huánuco, San Martín y Loreto, y juega un papel crucial en la ecología, la economía y la vida cotidiana de las poblaciones locales. La comprensión de su geografía y climatología es esencial para la gestión adecuada de sus recursos hídricos y la mitigación de riesgos asociados, como las inundaciones (Hernández, 2016).

**Figura 12**

*El Huallaga en la cuenca amazónica*



Fuente. (Wikipedia, s.f.)

- **Geografía de la Cuenca del Río Huallaga**

El río Huallaga nace en la región de Huánuco, en la vertiente oriental de los Andes, a una altitud aproximada de 3,800 metros sobre el nivel del mar. A lo largo de su recorrido de más de 1,100 kilómetros, el río desciende hacia la llanura amazónica, atravesando diversas zonas ecológicas y climáticas hasta unirse con el río Marañón, que posteriormente forma parte del río Amazonas (Hernández, 2016).

La cuenca del Huallaga abarca aproximadamente 108,000 kilómetros cuadrados y presenta una topografía variada que incluye altas montañas, colinas y extensas llanuras. Esta diversidad topográfica influye en los patrones de escurrimiento y la disponibilidad de recursos hídricos en la región. Las zonas montañosas están caracterizadas por pendientes pronunciadas y suelos susceptibles a la erosión, lo que puede incrementar el riesgo de deslizamientos y contribuir a la sedimentación en los ríos. Por otro lado, las llanuras aluviales son propensas a inundaciones estacionales debido a su baja altitud y la acumulación de agua proveniente de las montañas (Hernández, 2016).

La cuenca del Huallaga también alberga una rica biodiversidad, con numerosos ecosistemas que varían desde bosques montanos hasta selvas tropicales. Estos ecosistemas no solo son vitales para la conservación de la fauna y flora locales, sino que también desempeñan un papel fundamental en la regulación del ciclo hidrológico, actuando como esponjas naturales que absorben y liberan agua de manera controlada (Hernández, 2016).

- **Climatología de la Cuenca del Río Huallaga**

El clima en la cuenca del río Huallaga es predominantemente tropical, con variaciones significativas dependiendo de la altitud y la topografía. Las

áreas altas de la cuenca, ubicadas en la región andina, experimentan un clima templado a frío, con temperaturas que pueden oscilar entre los 5 °C y 20 °C. En contraste, las zonas bajas de la selva presentan un clima cálido y húmedo, con temperaturas que rara vez bajan de los 25 °C y pueden superar los 30 °C durante la mayor parte del año (Peña J. , 2017).

La precipitación en la cuenca del Huallaga varía considerablemente. Las zonas andinas reciben precipitaciones anuales que pueden superar los 1,500 milímetros, concentrándose principalmente entre los meses de noviembre y marzo. Estas lluvias intensas son fundamentales para recargar los acuíferos y mantener el caudal de los ríos, pero también pueden provocar inundaciones y deslizamientos de tierra (Peña J. , 2017).

En las zonas bajas de la cuenca, las precipitaciones pueden ser aún más abundantes, superando en algunos lugares los 2,500 milímetros anuales. La alta humedad y las constantes lluvias en la selva tropical crean un entorno ideal para la biodiversidad, pero también presentan desafíos para la agricultura y la infraestructura debido a la saturación del suelo y la susceptibilidad a las inundaciones (Peña J. , 2017).

El fenómeno de El Niño tiene un impacto significativo en el clima de la cuenca del Huallaga. Durante los eventos de El Niño, las temperaturas del océano Pacífico aumentan, alterando los patrones de lluvia y causando precipitaciones anómalas que pueden resultar en inundaciones severas y prolongadas sequías en diferentes partes de la cuenca. Estos cambios climáticos extremos afectan la producción agrícola, la disponibilidad de agua potable y la infraestructura local (Peña J. , 2017).

- **Importancia de la Gestión de la Cuenca del Huallaga**

La cuenca del río Huallaga es vital para el desarrollo socioeconómico de las regiones que atraviesa. La agricultura, la pesca, el transporte fluvial y el suministro de agua potable dependen directamente de la salud y la gestión sostenible de esta cuenca. Sin embargo, la deforestación, la minería ilegal, la agricultura intensiva y el cambio climático representan amenazas significativas para la cuenca del Huallaga.

Para abordar estos desafíos, es crucial implementar estrategias integradas de gestión de recursos hídricos que consideren tanto las dimensiones geográficas como climatológicas de la cuenca. Estas estrategias deben incluir la reforestación de cuencas altas, la construcción de infraestructuras para el control de inundaciones, y la promoción de prácticas agrícolas sostenibles que minimicen el impacto ambiental (Vargas R. , Hidráulica de ríos y control de inundaciones. , 2015).

Además, es fundamental fortalecer la capacidad de las comunidades locales para adaptarse a los cambios climáticos y gestionar los riesgos asociados con las inundaciones. Esto incluye el desarrollo de sistemas de alerta temprana, la educación sobre prácticas de uso del suelo y la implementación de políticas públicas que promuevan la conservación de los ecosistemas críticos de la cuenca del Huallaga (Vargas R. , Hidráulica de ríos y control de inundaciones. , 2015).

#### **2.2.6.2 Hidrología del Río Huallaga**

El río Huallaga es uno de los principales sistemas fluviales de la región amazónica del Perú. Su cuenca, que abarca más de 108,000 kilómetros cuadrados, es fundamental para la ecología, la economía y la vida cotidiana de numerosas comunidades locales. La hidrología del río Huallaga es compleja y está influenciada por diversos factores, incluyendo su geografía, clima y actividades humanas. A continuación, se describen las

características hidrológicas del río Huallaga, basadas en fuentes bibliográficas especializadas en hidrología e hidráulica (Sánchez, 2019).

- **Características Hidrológicas**

El río Huallaga nace en la cordillera de los Andes, en la región de Huánuco, y fluye en dirección norte a través de las regiones de San Martín y Loreto antes de confluir con el río Marañón, uno de los afluentes principales del río Amazonas. La altitud de su cuenca varía significativamente, desde los 4,500 metros en su nacimiento hasta menos de 100 metros en su confluencia con el Marañón. Esta variabilidad altitudinal influye en los patrones de flujo y el comportamiento hidrológico del río.

El régimen hidrológico del Huallaga está caracterizado por una marcada estacionalidad, con una temporada de lluvias que se extiende de noviembre a abril y una temporada seca de mayo a octubre. Durante la temporada de lluvias, la cuenca experimenta precipitaciones intensas que pueden superar los 2,000 milímetros anuales en algunas áreas. Estas lluvias generan un aumento significativo en el caudal del río, lo que puede llevar a inundaciones en las zonas bajas de la cuenca (Sánchez, 2019).

En la temporada seca, el caudal del río disminuye considerablemente. Sin embargo, debido a su tamaño y la presencia de numerosos afluentes, el Huallaga mantiene un flujo base que asegura el suministro de agua a las comunidades locales y los ecosistemas durante todo el año. Este flujo base es crucial para la supervivencia de la fauna y flora locales, así como para las actividades agrícolas y ganaderas (Sánchez, 2019).

- **Factores que Influyen en la Hidrología del Huallaga**

- Precipitación:**

La precipitación es el principal factor que influye en la hidrología del Huallaga. Las lluvias intensas durante la temporada húmeda aumentan el caudal del río, mientras que la disminución de las lluvias en la temporada seca reduce el flujo. Los eventos climáticos como El Niño pueden exacerbar estas variaciones, causando lluvias extremas que resultan en inundaciones severas (Morales, Impacto del cambio climático en la hidrología peruana., 2018).

#### **Geografía:**

La geografía de la cuenca, con su combinación de altas montañas y llanuras aluviales, influye en el comportamiento hidrológico del río. Las áreas montañosas actúan como fuentes de agua, liberando flujos constantes durante la temporada seca. Las llanuras, por otro lado, son susceptibles a inundaciones debido a su baja altitud y la acumulación de agua durante la temporada de lluvias (Peña J. , 2017).

#### **Cobertura Vegetal:**

La vegetación en la cuenca del Huallaga juega un papel crucial en la regulación del ciclo hidrológico. Los bosques y selvas actúan como esponjas naturales, absorbiendo el agua de lluvia y liberándola gradualmente. La deforestación, por lo tanto, puede alterar significativamente el régimen de flujo del río, aumentando la escorrentía superficial y la probabilidad de inundaciones (Sánchez, 2019).

#### **Actividades Humanas:**

Las actividades humanas, incluyendo la agricultura, la minería y la urbanización, tienen un impacto significativo en la hidrología del río Huallaga. La agricultura intensiva puede modificar los patrones de uso del suelo, afectando la infiltración y el escurrimiento. La minería y la construcción de infraestructura pueden alterar

el cauce del río y aumentar la sedimentación, lo que afecta la calidad del agua y la capacidad de transporte del río (Hernández, 2016).

### **Gestión Hidrológica**

La gestión hidrológica del río Huallaga es esencial para garantizar el uso sostenible de sus recursos hídricos y la mitigación de riesgos asociados, como las inundaciones. La implementación de sistemas de monitoreo hidrometeorológico es crucial para predecir eventos de inundación y gestionar el agua durante las temporadas secas. Estos sistemas permiten la recopilación de datos en tiempo real sobre el caudal del río, los niveles de precipitación y otros parámetros hidrológicos, lo que facilita la toma de decisiones informada (Peña J. , 2017).

Las estrategias de manejo integral de cuencas también son fundamentales. Estas estrategias incluyen la reforestación de áreas deforestadas, la construcción de infraestructura para el control de inundaciones (como diques y presas) y la promoción de prácticas agrícolas sostenibles que minimicen el impacto ambiental. Además, la educación y capacitación de las comunidades locales en la gestión del agua y la prevención de desastres naturales son componentes clave para mejorar la resiliencia de la cuenca del Huallaga (Peña J. , 2017).

#### **2.2.6.3 Historia de Inundaciones en el Tramo del Puente Corpac - Tingo María**

El tramo del Puente Corpac a Tingo María, ubicado en la cuenca del río Huallaga en la región de Huánuco, ha sido históricamente vulnerable a eventos de inundación. Estas inundaciones han tenido impactos significativos en las comunidades locales, la infraestructura y el medio ambiente. La comprensión de la historia de estas inundaciones es esencial para desarrollar estrategias de mitigación y gestión de riesgos

efectivas. A continuación, se presenta una descripción detallada de la historia de inundaciones en este tramo, basada en fuentes bibliográficas especializadas en hidrología e hidráulica (Hernández, 2016).

- **Primeras Inundaciones Documentadas**

Las primeras inundaciones documentadas en el tramo del Puente Corpac a Tingo María se remontan a principios del siglo XX. Estos eventos se registraron debido a las intensas lluvias que caracterizan la región durante la temporada de precipitaciones, generalmente de noviembre a abril. Las inundaciones en esta época causaron desbordamientos del río Huallaga, afectando cultivos, viviendas y provocando la pérdida de vidas humanas (Peña J. , 2017).

- **Inundaciones Significativas del Siglo XX**

A lo largo del siglo XX, varias inundaciones significativas marcaron la historia del tramo del Puente Corpac a Tingo María. En la década de 1930, una serie de inundaciones particularmente devastadoras llevaron a la pérdida de grandes extensiones de tierras agrícolas y obligaron a las comunidades a reubicarse temporalmente. Estos eventos subrayaron la necesidad de implementar medidas de control y mitigación de inundaciones (Hernández, 2016).

En la década de 1980, las inundaciones volvieron a causar estragos en la región. En 1986, una de las mayores inundaciones registradas en el tramo ocurrió debido a lluvias inusualmente intensas, exacerbadas por el fenómeno de El Niño. Esta inundación causó el colapso de puentes, la destrucción de carreteras y la inundación de cientos de hogares. Los esfuerzos de respuesta incluyeron la construcción de barreras temporales y la evacuación masiva de personas hacia áreas más seguras

(Morales, Impacto del cambio climático en la hidrología peruana., 2018).

- **Inundaciones Recientes**

En las últimas décadas, el tramo del Puente Corpac a Tingo María ha continuado enfrentando eventos de inundación. En 2010 y 2012, las fuertes lluvias provocaron inundaciones significativas que afectaron la infraestructura vial, agrícola y residencial. En ambos casos, las inundaciones causaron interrupciones en el transporte y comunicaciones, obligando a las autoridades locales a declarar estados de emergencia y a coordinar esfuerzos de socorro (Sánchez, 2019).

Más recientemente, en 2018, una serie de inundaciones causaron daños considerables en el área. Estos eventos fueron resultado de precipitaciones intensas y continuas que llevaron al desbordamiento del río Huallaga. Las inundaciones afectaron no solo las áreas rurales, sino también partes urbanas de Tingo María, lo que resaltó la vulnerabilidad de la región a eventos hidrometeorológicos extremos. La respuesta incluyó la movilización de equipos de emergencia y el establecimiento de refugios temporales para los afectados (Vargas R, 2020).

- **Factores Contribuyentes**

Las inundaciones en el tramo del Puente Corpac a Tingo María pueden atribuirse a varios factores naturales y antropogénicos. Entre los factores naturales, las lluvias intensas y la topografía montañosa de la región juegan un papel crucial. La deforestación en las cuencas altas del río Huallaga ha exacerbado el problema, ya que la pérdida de cobertura vegetal reduce la capacidad del suelo para absorber el agua de lluvia, aumentando así la escorrentía superficial y el riesgo de inundaciones (Hernández, 2016).

Los factores antropogénicos incluyen la expansión urbana no planificada y la agricultura intensiva cerca de las riberas del río. Estas actividades no solo incrementan la vulnerabilidad a las inundaciones, sino que también contribuyen a la erosión del suelo y la sedimentación del río, lo que reduce su capacidad de transporte y aumenta la probabilidad de desbordamientos durante eventos de lluvias intensas (Morales, Impacto del cambio climático en la hidrología peruana., 2018).

- **Medidas de Mitigación**

En respuesta a las recurrentes inundaciones, se han implementado varias medidas de mitigación a lo largo de los años. Estas incluyen la construcción de defensas ribereñas, la reforestación de áreas críticas, y la implementación de sistemas de alerta temprana para inundaciones. Las defensas ribereñas, en particular, han demostrado ser efectivas para proteger áreas vulnerables, aunque requieren mantenimiento continuo y mejoras periódicas para asegurar su eficacia a largo plazo (Sánchez, 2019).

Además, se han llevado a cabo esfuerzos para mejorar la planificación urbana y la gestión de riesgos de desastres. La educación y concienciación de las comunidades locales sobre las prácticas de uso del suelo y la preparación para emergencias han sido componentes clave de estas estrategias. Sin embargo, el desafío persiste, y la necesidad de enfoques integrados y sostenibles para la gestión del riesgo de inundaciones sigue siendo una prioridad (Sánchez, 2019).

## 2.3 DEFINICIONES CONCEPTUALES

**ArcGIS:** ArcGIS es una plataforma de sistemas de información geográfica (SIG) desarrollada por Esri, que permite la recopilación, análisis y visualización de datos geoespaciales. Facilita la creación de mapas interactivos y la gestión de información territorial para la toma de decisiones

en diversos campos, incluyendo la gestión de riesgos y planificación urbana. (Esri., 2020)

**Defensas Ribereñas:** Las defensas ribereñas son estructuras construidas a lo largo de las riberas de los ríos con el propósito de proteger las áreas adyacentes de las crecidas y la erosión. Estas pueden incluir diques, espigones y muros de contención, y su diseño depende de factores como la topografía y el uso del suelo circundante. (Wikipedia, 2024)

**Escenarios de Precipitaciones Extremas:** Proyecciones de eventos de lluvia intensos y poco frecuentes que pueden causar inundaciones significativas, utilizados para evaluar la resiliencia de un área a inundaciones. (Torres, 2020).

**Evaluación del Impacto de Defensas Ribereñas:** La evaluación del impacto de defensas ribereñas implica analizar la efectividad de estructuras construidas para proteger las riberas de los ríos frente a inundaciones y erosión. Este proceso considera aspectos hidráulicos, estructurales y ambientales para determinar la eficiencia y sostenibilidad de dichas obras. (Pérez Silva, 2022)

**Identificación de Zonas Vulnerables:** Proceso de determinar áreas que tienen una alta probabilidad de sufrir daños debido a eventos de inundación, utilizando herramientas y análisis geoespaciales. (Salazar, 2020).

**Mapeo de Zonas de Riesgo:** El mapeo de zonas de riesgo es una herramienta analítica esencial que permite identificar áreas con diferentes niveles de exposición a amenazas naturales o antropogénicas. Estos mapas son fundamentales para la planificación territorial y la implementación de medidas de mitigación. (SINAGIR, 2020)

**Nivel de Riesgo de Inundación Fluvial:** El nivel de riesgo de inundación fluvial se refiere a la probabilidad y potencial impacto de eventos de desbordamiento de ríos en áreas específicas. Este nivel se determina mediante análisis de factores como la frecuencia de lluvias intensas, la topografía y la presencia de infraestructuras de mitigación. (FloodSmart, 2020)

**Parámetros Hidráulicos:** Los parámetros hidráulicos son variables que describen el comportamiento del flujo de agua en sistemas naturales o artificiales. Incluyen aspectos como la velocidad del flujo, la presión y la

conductividad hidráulica, y son esenciales para el diseño y análisis de infraestructuras hidráulicas. (Woessner & Poeter, 2020)

**Parámetros Hidrológicos:** Los parámetros hidrológicos son variables que caracterizan el ciclo del agua en el medio ambiente, incluyendo la precipitación, la evapotranspiración y la escorrentía. Estos parámetros son fundamentales para la gestión de recursos hídricos y la evaluación de riesgos asociados al agua. (FutureWater, 2020)

**Reducción del Riesgo de Inundación:** La reducción del riesgo de inundación implica la implementación de estrategias y medidas, tanto estructurales como no estructurales, destinadas a minimizar la vulnerabilidad y exposición de las comunidades a eventos de inundación. Estas acciones buscan prevenir o mitigar los impactos negativos de las inundaciones en la sociedad y el medio ambiente. (IDIGER, 2020)

## 2.4 HIPÓTESIS

El análisis geoespacial del riesgo de inundación fluvial mediante ArcGIS permite sustentar técnicamente el diseño de un dique de contención que contribuya a reducir la vulnerabilidad en el tramo Puente Corpac – Tingo María.

## 2.5 VARIABLES

### 2.5.1 VARIABLE INDEPENDIENTE

Análisis geoespacial del riesgo de inundación fluvial mediante ArcGIS.

### 2.5.2 VARIABLE DEPENDIENTE

Sustento técnico para el diseño de un dique de contención.

### 2.5.3 VARIABLE INTERVINIENTE

Reducción de la vulnerabilidad

## 2.6 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES (DIMENSIONES E INDICADORES)

**Tabla 1**

*Operacionalización de variables*

Variable	Dimensión	Indicadores	Instrumento	Escala de medición
<b>Variable independiente Análisis geoespacial del riesgo de inundación fluvial mediante ArcGIS</b>	- Análisis topográfico- Análisis hidrológico e hidráulico- Análisis de vulnerabilidad geoespacial	- Modelo Digital del Terreno (MDT)- Caudal máximo (Q máx)- Precipitación (P)- Mapa de riesgo integrado (peligro + vulnerabilidad)	- ArcGIS (mapas temáticos)- HEC-RAS / HEC-HMS- Fichas técnicas de campo- Datos SENAMHI	Cuantitativa (intervalo/razón)
<b>Variable dependiente Sustento técnico para el diseño de un dique de contención</b>	- Identificación de zonas críticas- Parámetros hidráulicos de diseño- Propuesta estructural	- Altura de lámina de agua- Tirante crítico (Yc)- Longitud y sección del dique- Material de diseño (enrocado, concreto, etc.)	- Simulación hidráulica- Cálculo estructural- Manual de diseño hidráulico MTC- Modelos HEC-RAS / perfiles de flujo	Cuantitativa (razón)
<b>Variable interviniente Reducción de la vulnerabilidad</b>	- Exposición territorial- Condiciones sociales- Medidas no estructurales propuestas	- Número de viviendas expuestas- Áreas agrícolas afectadas- Planes de zonificación y evacuación	- Imágenes satelitales	Cuantitativa / cualitativa

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN**

##### **3.1.1 ENFOQUE**

Será un enfoque cuantitativo de investigación. Este enfoque se caracterizará por la recopilación y el análisis de datos numéricos para establecer relaciones de causa y efecto entre variables, en este caso, la implementación de defensas ribereñas y la reducción del riesgo de inundación. Utilizando herramientas como ArcGIS, se podrán analizar datos geoespaciales y se medirán con precisión los cambios en el riesgo de inundación antes y después de la intervención. El enfoque cuantitativo será apropiado para este tipo de estudios, ya que permitirá obtener resultados objetivos y generalizables, y facilitará la realización de comparaciones estadísticas para validar la hipótesis.

La metodología de investigación cuantitativa se fundamenta en la objetividad y el uso de métodos estadísticos para analizar los datos recolectados, asegurando la replicabilidad y la validez de los resultados obtenidos (Hernández Sampieri, Fernández Collado, y Baptista Lucio, 2014).

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

Pertenecerá a un alcance aplicativo o práctico en la metodología de investigación. Este nivel se centrará en la aplicación directa de los resultados de la investigación para resolver problemas específicos en un contexto real. En este caso, se propondrá la implementación de defensas ribereñas basadas en análisis realizados con ArcGIS para mitigar el riesgo de inundación en un tramo específico del río Huallaga. Este enfoque práctico buscará generar soluciones concretas y aplicables en el terreno, contribuyendo directamente a la gestión y prevención de desastres naturales.

El alcance aplicativo es crucial para validar la relevancia y utilidad de la investigación en la práctica, asegurando que los hallazgos puedan ser implementados efectivamente para beneficio de la comunidad (Hernández Sampieri, Fernández Collado, y Baptista Lucio, 2014)

### **3.1.3 DISEÑO**

Corresponde a un diseño no experimental transversal. Este tipo de diseño se caracteriza por observar y analizar las variables en un único momento en el tiempo, sin manipularlas, lo que permite una evaluación detallada y puntual de la situación actual del riesgo de inundación en la zona estudiada (Sanchez, 2020).

En este caso, se utiliza ArcGIS para analizar datos geoespaciales y obtener un mapa de riesgos que refleje las condiciones existentes en el año 2024, facilitando la identificación de áreas vulnerables y la planificación de medidas preventivas.

## **3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA**

### **3.2.1 POBLACIÓN**

Según Hernández, Fernández y Baptista (2014), la población en una investigación se define como el conjunto total de elementos que poseen una característica común y que son objeto de estudio.

En esta investigación, la población está constituida por todas las zonas expuestas a riesgo de inundación fluvial en el tramo del río Huallaga comprendido entre el Puente Corpac y la ciudad de Tingo María. Esta área se delimitó en función de su ubicación geográfica, proximidad al cauce y antecedentes de eventos de desborde, tal como consta en informes del INDECI (2020) y reportes hidrometeorológicos del SENAMHI.

### **3.2.2 MUESTRA**

La muestra se definió siguiendo un muestreo no probabilístico por criterios, como lo sugiere Sampieri et al. (2022), considerando únicamente las zonas críticas identificadas mediante análisis geoespacial en ArcGIS, es decir, aquellas con mayor grado de peligro y vulnerabilidad ante inundaciones fluviales. La selección se sustentó en el cruce de capas de pendiente, uso del suelo, proximidad al cauce, y datos hidrológicos, lo que permitió delimitar los sectores donde el diseño de un dique de contención tendría mayor efectividad como medida de mitigación.

En esta investigación, la muestra se define entre el Puente Corpac y Jr. Burga la cual comprende aproximadamente 1.00 km de cauce del río Huallaga.

### **3.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS.**

#### **3.3.1 PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS**

Se utilizó las siguientes técnicas e instrumentos siguientes:

##### **3.3.1.1 Técnicas**

Las técnicas de recolección de datos son los procedimientos o métodos utilizados para obtener información relevante y válida que respalde la investigación (Arias Gallegos, 2018).

En el contexto de la tesis "Evaluación del Riesgo de Inundación Fluvial del Río Huallaga Mediante ArcGIS y Propuesta de Defensas Ribereñas en el Tramo del Puente Corpac - Tingo María, 2024", las técnicas que se incluyeron son:

Análisis Geoespacial con ArcGIS: Utilización de herramientas de ArcGIS para el procesamiento y análisis de datos geoespaciales, como imágenes satelitales, mapas topográficos, y capas de información hidrológica y meteorológica.

Revisión Documental: Análisis de documentos técnicos, informes históricos de inundaciones, y legislación pertinente para contextualizar y validar los datos obtenidos a través de otras técnicas.

##### **3.3.1.2 Instrumentos**

Los instrumentos de recolección de datos son los dispositivos o medios específicos utilizados para capturar la información durante el proceso de investigación (Arias Gallegos, 2018).

Para la tesis mencionada, los instrumentos utilizados son:

Software ArcGIS.

Formularios de Campo.

Fichas

### 3.3.2 PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS

Se utilizó las siguientes plantillas para la presentación de datos en el desarrollo de la tesis:

**Tabla 2**

*Instrumentos para el análisis Outlier Estación Tingo María*

ANÁLISIS OULIER		
ESTADÍSTICO	LLUVIA	LOG (LLUVIA)
CANTIDAD DE DATOS		
SUMA		
MÁXIMO		
MÍNIMO		
MEDIA		
VARIANZA		
DESVIACIÓN ESTÁNDAR		
COEFICIENTE DE VARIACIÓN		
COEFICIENTE DE SESGO		
CONCLUSIÓN 01:		
LLUVIA MÁXIMA ACEPTADA		
LLUVIA MÍNIMA ACEPTADA		
CONCLUSIÓN 02:		

**Tabla 3**

*Instrumentos para el área bajo la curva*

Inferior	Superior	Media	Superficie	Acumulada	Superficie bajo la cv	% de superficie	Superficie sobre la curva

**Tabla 4***Instrumentos para la caracterización de ríos*

Caracterización de los ríos					
# orden	Rep	Long	Repe	Pendiente	Producto
1					
2					
3					
4					
5					
Longitud total					
Pendiente promedio					

**Tabla 5***Instrumentos para la clasificación de pendientes*

Pendiente de la cuenca				
Rango		Prom	Repe	Mult
Inf	Sup			
Total				
Pendiente promedio de la cuenca				

### 3.3.3 PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS

Las técnicas para la presentación de datos en la tesis "Evaluación del Riesgo de Inundación Fluvial del Río Huallaga Mediante ArcGIS y Propuesta de Defensas Ribereñas en el Tramo del Puente Corpac - Tingo María, 2024" incluirán principalmente el uso de herramientas avanzadas de análisis geoespacial como ArcGIS. Este software permitirá la creación de mapas temáticos detallados que mostrarán la distribución del riesgo de

inundación, áreas vulnerables identificadas, y la ubicación propuesta para las defensas ribereñas. Además, se emplearán gráficos y tablas para visualizar la evolución del riesgo antes y después de la implementación de las medidas de mitigación. Los datos obtenidos de las mediciones de campo, simulaciones hidrológicas y análisis estadísticos serán presentados de manera clara y concisa, utilizando formatos que faciliten la comprensión de los resultados por parte de los tomadores de decisiones y la comunidad científica (Arias Gallegos, 2018).

## CAPÍTULO IV

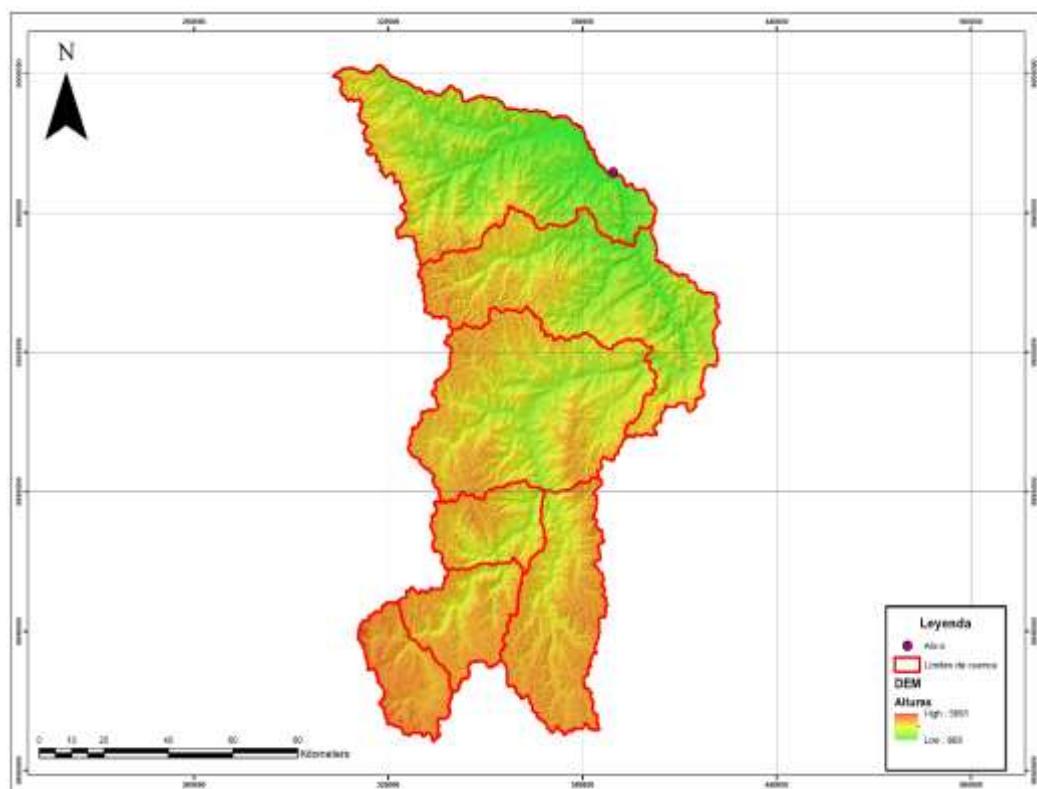
## RESULTADOS

### 4.1 PROCESAMIENTO DE DATOS

#### 4.1.1 EVALUACIÓN DE MDT PARA LA CUENCA

Figura 13

*Delimitación de cuenca*

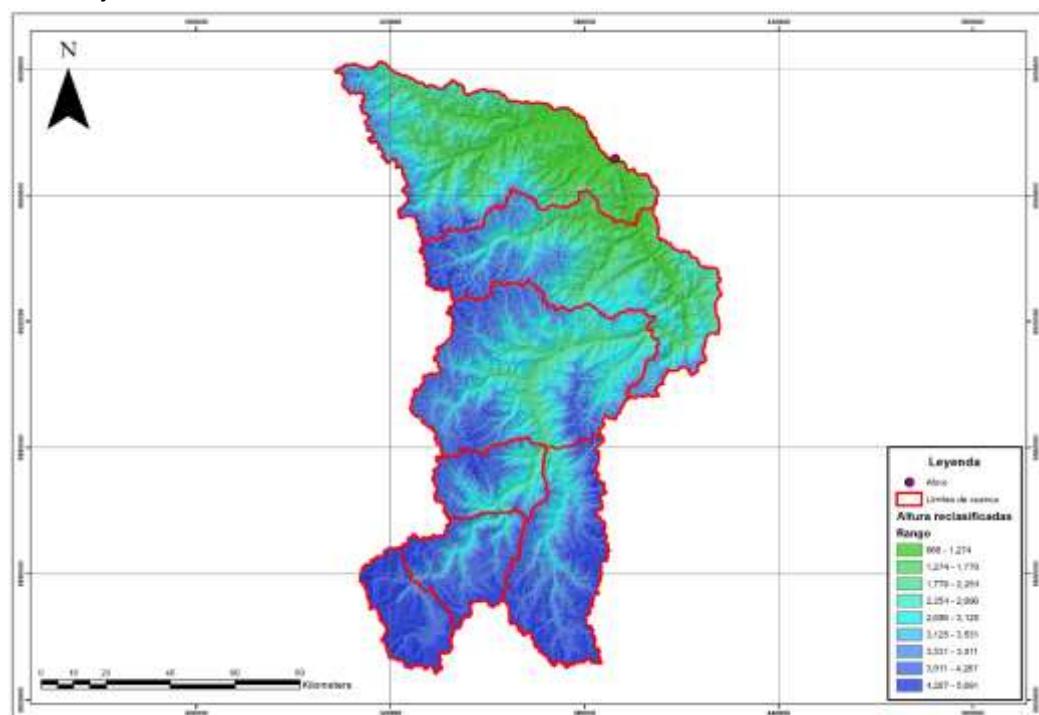


*Nota.* Para la identificación de los parámetros geométricos y morfológicos de la cuenca de interés se elaboró la delimitación a partir de un modelo de elevación digital DEM, la imagen DEM fue obtenida de los servidores satelitales de la NASA con una precisión de 30 m por celda del satélite ALOS PALSAR, al ser la cuenca de una extensión considerable la precisión de la imagen DEM es la más precisa, del modelo se pudo identificar que el rango de alturas de la cuenca se encuentra entre 668 msnm a 5691 msnm, identificando así que las cotas más críticas se encuentran en la parte sur de la cuenca teniendo la parte plana en la zona norte la cual sería más propensa a inundaciones por las características de la topografía en esa zona.

**Tabla 6***Geometría de la cuenca*

GEOMETRÍA DE LA CUENCA		
ÍTEM	UND	VALOR
ÁREA	KM2	12,167.66
PERÍMETRO	KM	1,083.90
ANCHO DE HOYA	KM	105.31
LARGO DE HOYA	KM	171.82
CENTROIDE ESTE	M	361,973.34
CENTROIDE NORTE	M	8,907,743.66
CENTROIDE COTA	MSNM	3,247.72
ALTURA MÁXIMA	MSNM	5,602.00
ALTURA MÍNIMA	MSNM	668.00

*Nota.* Del modelo GIS obtenido en la figura anterior se logró determinar características geométricas de la cuenca, obteniendo así que: el área de la cuenca es de 12,167.66 km<sup>2</sup>, perímetro de la cuenca de 1,083.90 km, ancho de hoyo de 105.31 km, largo de hoyo de 171.82 km, el centroide con coordenadas de 361,973.34 E, 8,907,743.66 N y 3,247.72 msnm, la cuenca presenta una altura máxima de 5,602.00 msnm y una altura mínima de 668.00 msnm.

**Figura 14***Área bajo la curva*

*Nota.* Con la identificación de todas las cotas que componen a la cuenca se elaboró una clasificación de áreas bajo la curva, para la cual se consideraron 09 rangos de clasificación en la cual se incluyan el rango total de alturas, en dicha clasificación se tuvieron en cuenta los rangos presentados en la figura.

**Tabla 7**

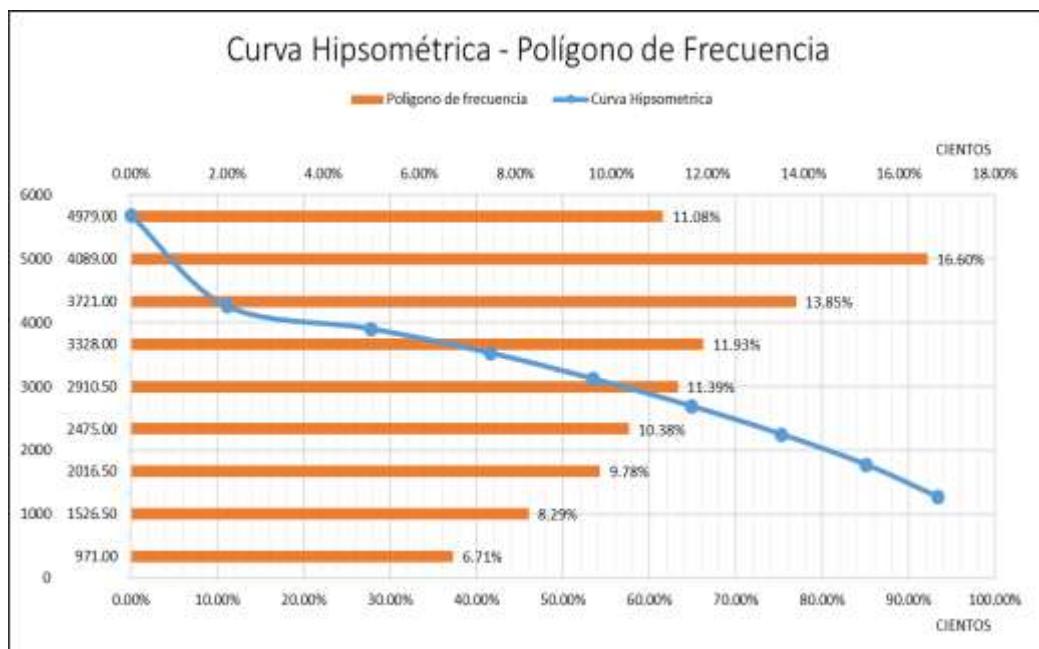
*Parámetros altitudinales*

PARÁMETROS DE ELEVACIÓN		
ÍTEM	UND	VALOR
ALTURA MEDIA	MSNM	3,247.72
ALTURA RECURRENTE	MSNM	4,089.00
ALTURA DE FRECUENCIA MEDIA	MSNM	3,120.07

*Nota.* De la clasificación de las alturas en el modelo DEM se pudo determinar que la altura media de la cuenca es de 3,247.72 msnm, la altura recurrente es de 4,089.00 msnm y la cota de altura de frecuencia media es de 3,120.07 msnm.

**Figura 15**

*Curva hipsométrica con polígono de frecuencia*

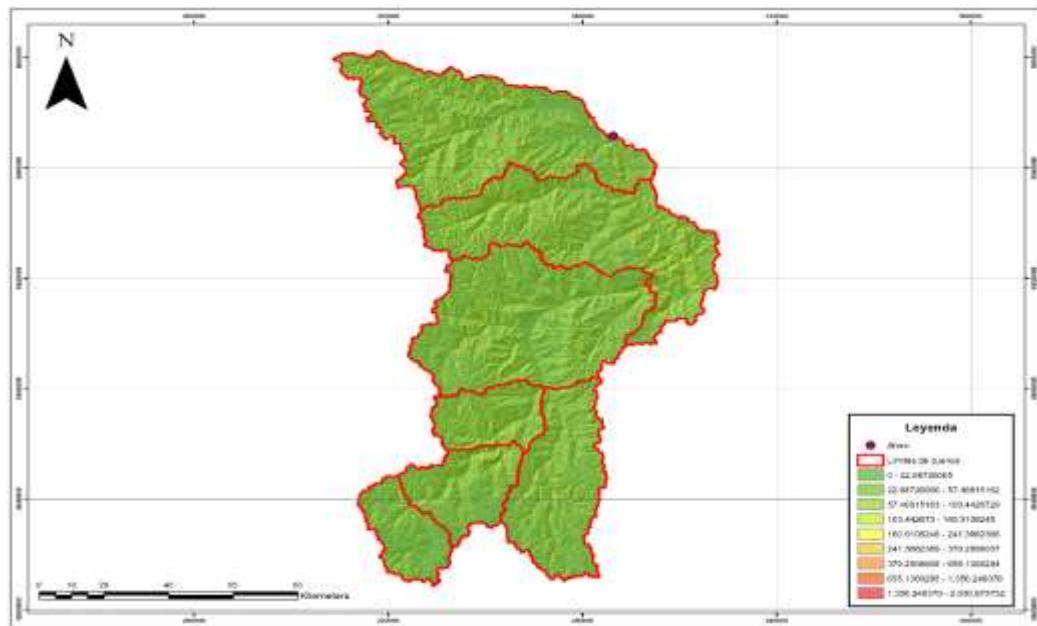


*Nota.* Con la clasificación de las alturas se pudo elaborar el polígono de frecuencias de la cuenca, estimándose así que para la cuenca la altitud

más recurrente es de 4,089.00 msnm con un 16.60% del área total de la cuenca.

**Figura 16**

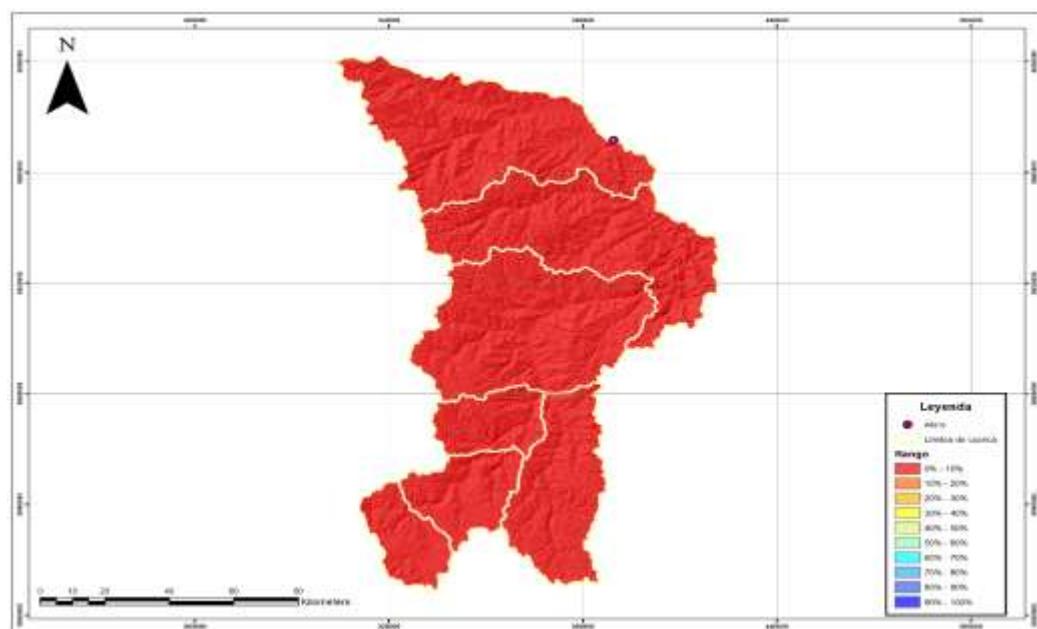
*Estimación de pendientes*



*Nota.* Del modelo DEM de la cuenca se estimaron los valores de pendiente para la cuenca teniendo así que según la figura presenta una pendiente predominante entre 0 – 22°, a partir de ello se planteó la reclasificación de rangos de pendientes.

**Figura 17**

*Clasificación de pendiente de cuenca*



*Nota.* De la figura anterior se pudo obtener una reclasificación de las pendientes de la cuenca, en ello se pudo identificar que en predominancia la cuenca presenta en promedio una pendiente que se encuentra entre 0 % - 10 %.

**Tabla 8**

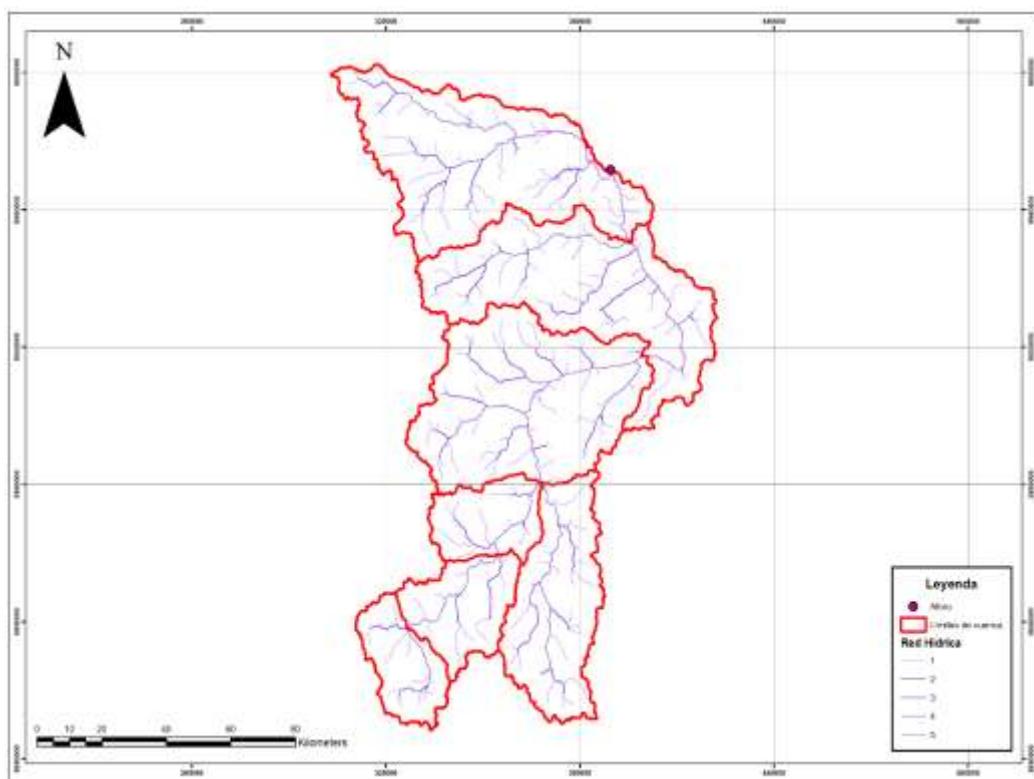
*Determinación de la pendiente promedio*

CARACTERÍSTICAS DE PENDIENTE		
ÍTEM	UND	VALOR
PENDIENTE DE CUENCA	%	5.00

*Nota.* Con la elaboración de la reclasificación de las pendientes de la cuenca para cada una de las áreas se pudo identificar que el valor de la pendiente en promedio de la cuenca es del 5%.

**Figura 18**

*Red hídrica de la cuenca*



*Nota.* Con la identificación de las pendientes y alturas de la cuenca se pudo obtener del modelo GIS la formación de las depresiones de los cauces que se formen en la superficie de la cuenca, de ello se pudo identificar que la cuenca presenta un orden de red de quinto grado en su composición.

**Tabla 9***Caracterización de la red hídrica*

CARACTERÍSTICAS DE RED HÍDRICA		
ÍTEM	UND	VALOR
LONG. CAUCE PRINCIPAL	KM	207.17
ORDEN	ADIM	5.00
LONGITUD TOTAL	KM	2,211.05
PENDIENTE PROMEDIO DE LOS RÍOS	%	13.09

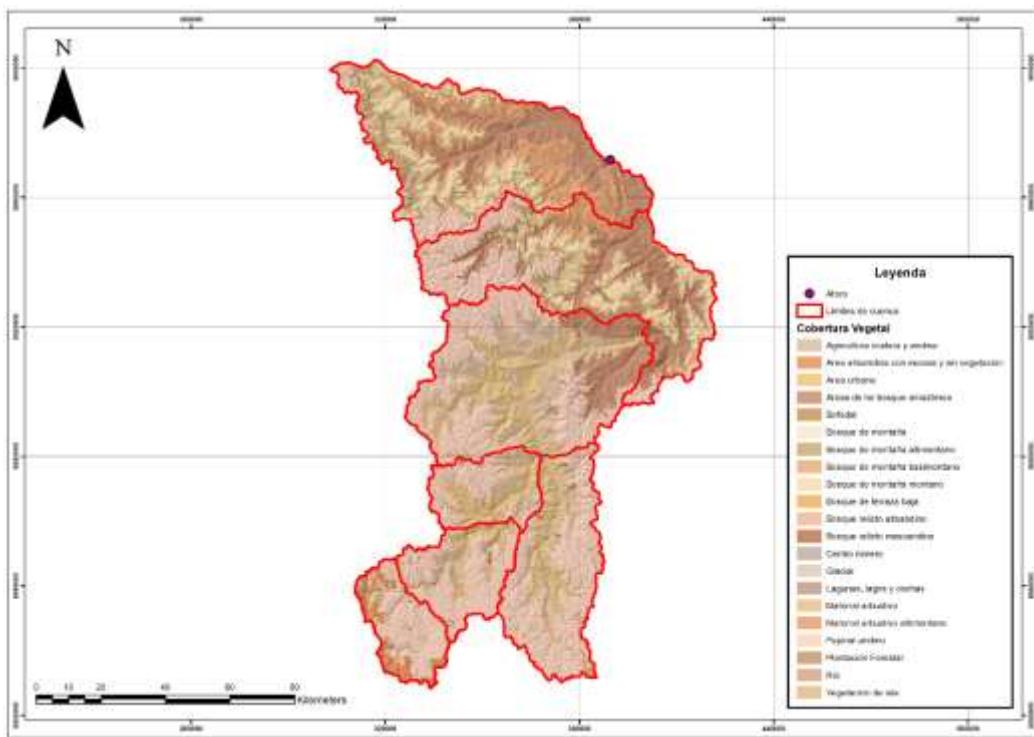
*Nota.* Con la identificación del modelo GIS de la red hídrica que compone la cuenca se pudo determinar que la longitud del cauce principal de la cuenca es de 207.17 km, el orden de red hídrica es de 05, la longitud total de los cauces que la componen es de 2,211.05 km y la pendiente promedio del cauce es de 13.09%.

**Tabla 10***Valores característicos de la cuenca*

PARÁMETROS DE CUENCA			
ÍTEM	SMB	VALOR	UND
FACTOR DE FORMA	F	0.61	S/N
FACTOR DE COMPACIDAD	K	2.75	S/N
LADO MAYOR RE	L	518.48	km
LADO MENOR RE	I	23.47	km
DENSIDAD DE DRENAJE	Dd	0.18	u/km <sup>2</sup>
ÍNDICE DE PENDIENTE	Ip	0.13	S/N

*Nota.* En la caracterización geomorfológica de la cuenca se determinaron los valores característicos que representan a la cuenca, de ello se determinó que el factor de forma es de 0.61, el factor de compacidad es de 2.75, los lados del rectángulo equivalente son de 518.48 km y 23.47 km, la densidad de drenaje de la cuenca es de 0.18 u/km<sup>2</sup> y el valor del índice de pendiente se determinó en 0.13.

**Figura 19**  
**Cobertura de suelo**



*Nota.* En la identificación de las características de suelo de la cuenca se pudo identificar un total de 21 categorías de cobertura vegetal en toda la superficie de la cuenca.

**Tabla 11**

*Cobertura vegetal de la cuenca*

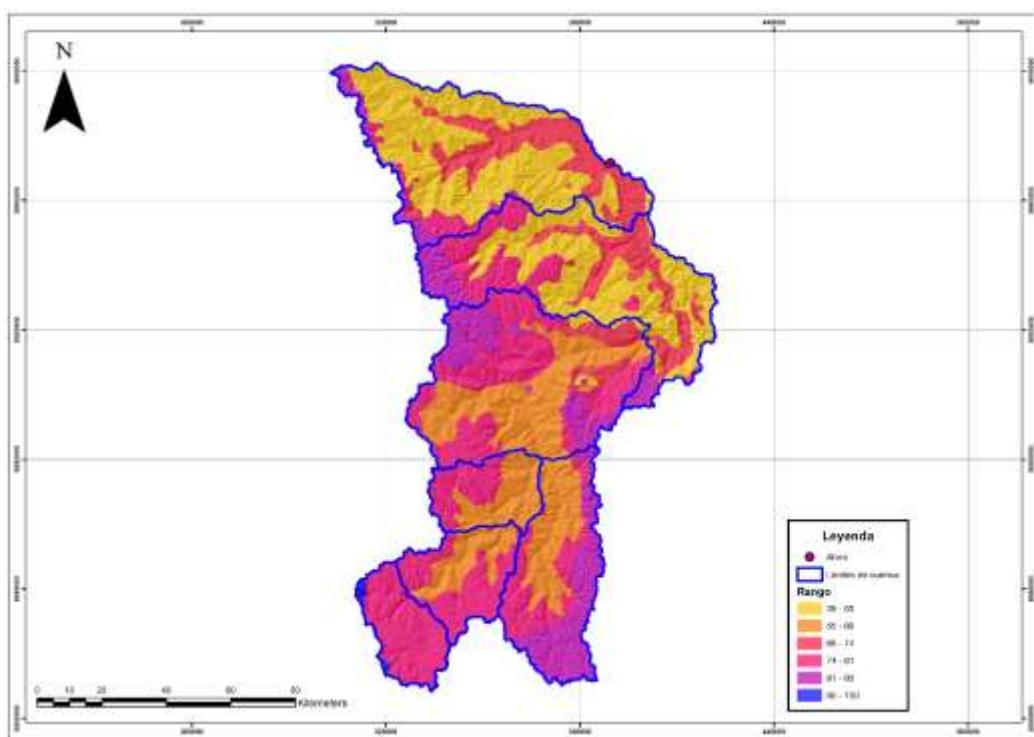
COBERTURA VEGETAL DE LA CUENCA		
TIPO	ÁREA	% ÁREA
Agricultura costera y andina	916.76 km <sup>2</sup>	7.53%
Área altoandina con escasa y sin vegetación	119.65 km <sup>2</sup>	0.98%
Área urbana	19.79 km <sup>2</sup>	0.16%
Áreas de no bosque amazónico	2208.31 km <sup>2</sup>	18.14%
Bofedal	108.68 km <sup>2</sup>	0.89%
Bosque de montaña	3.02 km <sup>2</sup>	0.02%
Bosque de montaña altimontano	416.11 km <sup>2</sup>	3.42%
Bosque de montaña basimontano	919.68 km <sup>2</sup>	7.55%
Bosque de montaña montano	1379.47 km <sup>2</sup>	11.33%
Bosque de terraza baja	2.40 km <sup>2</sup>	0.02%
Bosque relicto altoandino	3.25 km <sup>2</sup>	0.03%
Bosque relicto mesoandino	20.58 km <sup>2</sup>	0.17%

Centro minero	0.34 km2	0.00%
Glaciar	10.11 km2	0.08%
Lagunas, lagos y cochas	33.70 km2	0.28%
Matorral arbustivo	1442.83 km2	11.85%
Matorral arbustivo altimontano	33.39 km2	0.27%
Pajonal andino	4495.56 km2	36.93%
Plantación Forestal	9.71 km2	0.08%
Río	29.77 km2	0.24%
Vegetación de isla	1.38 km2	0.01%

*Nota.* Con la caracterización GIS de la superficie de la cuenca se pudo determinar que la cuenca presenta un suelo predominante de tipo Pajonal andino con un área de 4,495.56 km<sup>2</sup> que representa alrededor del 37% de la superficie total de la cuenca.

**Figura 20**

Número de curva



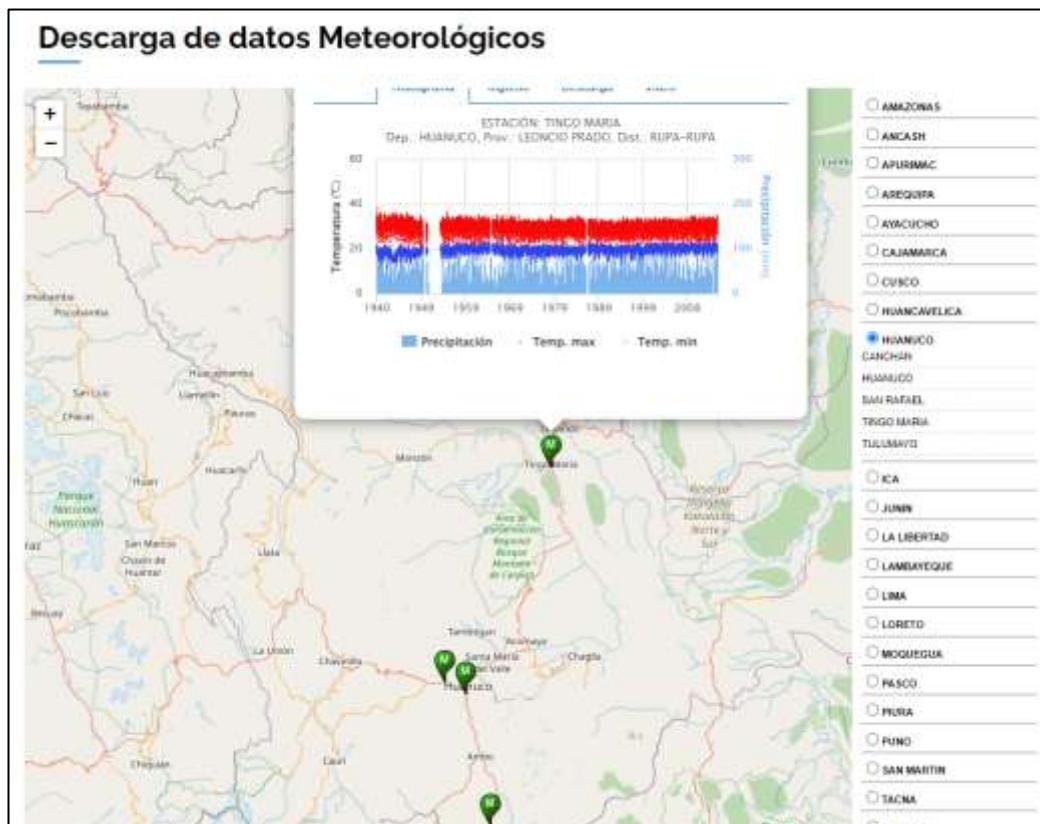
*Nota.* Al igual que para la estimación de la cobertura vegetal de la cuenca se elaboró un modelo cartográfico con los rangos del número de curva que corresponden a la cuenca, de ello se identificaron 06 rangos de valores de Número de Curva.

**Tabla 12***Estimación del número de curva*

NÚMERO DE CURVA DE LA CUENCA					
RANGO		LÍMITE INFERIOR	LÍMITE SUPERIOR	PROMEDIO	ÁREA
39.00	55.00	47.00	3,177.69	149,351.64	
55.00	66.00	60.50	2,295.20	138,859.42	
66.00	74.00	70.00	1,510.61	105,742.64	
74.00	81.00	77.50	3,693.79	286,268.78	
81.00	90.00	85.50	1,470.63	125,738.70	
90.00	100.00	95.00	26.56	2,523.49	
NÚMERO DE CURVA PROMEDIO					66.41

*Nota.* Del modelo cartográfico presentado en la figura anterior se pudo determinar las áreas de cada uno de los rangos identificados, de ello con una ponderación por áreas se pudo determinar que la cuenca en promedio presenta un número de curva de 66.41.

#### 4.1.2 PARÁMETROS HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO

**Figura 21***Estaciones de descarga de datos SENAMHI*

*Nota.* Las estaciones meteorológicas con descarga de datos para la región de Huánuco son 05 de las cuales identificando que el punto de aforo para la cuenca de interés fue el Puente Corpac la estación más cercana a esa zona es la estación de Tingo María, con ello se determinó que la estación adecuada para la caracterización de lluvias de la cuenca es la estación de Tingo María.

**Tabla 13**

*Registro de lluvia estación Tingo María*

AÑO	PRECIPITACIONES MÁXIMAS - ESTACIÓN TINGO MARÍA - SENAMHI												MÁXIM O ACUM O			
	EN	FE	MA	AB	MA	JU	JU	A G O	SE T	OC T	NO V	DI C	PRO MEDI O	MÁ XIM O		
	E	B	R	R	Y	N	L	O	T	T	V	C	ULAD O	ULAD O		
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12				
1940	78. 00	44. 00	80. 00	91. 00	48. 00	80 0	32 0	88. 00	.0 00	79. 00	64. 00	78. 00	91. 00	71.08 0	91.0 91.00	
1941	63. 00	98. 00	95. 00	55. 00	69. 00	48 0	43 0	45. 00	.2 00	25. 00	34. 00	48. 00	86. 80	59.17 0	98.0 189.00	
1942	69. 00	63. 00	79. 00	81. 00	67. 00	29 0	45 0	0.0 .0	0.0 0	22. 00	55. 00	73. 00	50. 00	52.78 0	81.0 270.00	
1943	97. 00	88. 20	57. 80	37. 20	59. 60	52 0	0.0 0	0.0 00	21. 80	86. 20	46. 20	46. 80	49.43 0	97.0 367.00		
1944	58. 60	61. 40	68. 20	68. 80	15. 60	40 .8	22 .6	52. 00	.6 0	10. 80	56. 80	45. 80	0.0 0	41.78 0	68.8 435.80	
1945	84. 80	80. 20	12 2.6	80. 10	42. 19	40 .5	74 11	71. 8	.6 5	59. 50	12 8.0	61. 1	0.0 0	70.41 0	128. 01	563.81
1946	54. 34	57. 30	66. 50	45. 00	48. 80	34 .3	52 .2	28. 40	.0 6	39. 45	35. 48	0.0 0	69. 52	44.29 0	69.5 633.33	
1947	38. 20	84. 10	57. 45	42. 07	33. 85	53 .4	58 95	43. 0	.8 0	52. 50	60. 50	70. 40	0.0 0	49.60 0	84.1 0	717.43

1948	70.	10	11	90.	57.	58	14	.1	75.	.6	45.	88.	80.	68.	72.21	111.	829.23		
	20	5.2	1.8	60	90	0	50	0	0	60	10	00	90		80				
	0	0	0																
1949	0.0	73.	97.	55.	45.	54	38	.7	53.	.5	39.	87.	28.	44.	51.43	97.3	926.53		
	0	20	30	50	50	0	10	0	0	60	00	70	00		0				
1950	73.	80.	40.	75.	0.0	0.	0.0	0.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	22.49	80.4	1006.9		
	00	40	70	80	0	00	0	00	0	0	0	0	0	0		0	3		
1951	70.	73.	90.	28.	0.0	0.	0.0	0.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	21.83	90.0	1096.9		
	50	50	00	00	0	00	0	00	0	0	0	0	0	0		0	3		
1952	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.	0.	0.0	0.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	1096.9		
	0	0	0	0	0	0	00	0	00	0	0	0	0	0			3		
1953	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.	0.0	0.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	1096.9		
	0	0	0	0	0	0	00	0	00	0	0	0	0	0			3		
1954	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	79.	20	.0	27.	.0	36.	40.	10	36.	30.50	103.	1199.9		
	0	0	0	0	0	00	00	0	00	0	00	00	0	00		00	3		
1955	40.	25.	60.	62.	49.	24	25	.5	45.	.0	22.	42.	73.	69.	44.83	73.5	1273.4		
	00	00	00	00	50	0	50	0	50	0	00	00	50	00		0	3		
1956	83.	12	73.	50.	58.	34	33	.0	28.	.0	35.	65.	73.	35.	57.59	123.	1396.4		
	3.0	00	00	00	00	0	50	0	50	0	00	60	00	00		00	3		
1957	53.	72.	70.	98.	0.0	25	37	.0	20.	.5	57.	13	40.	89.	58.29	136.	1532.4		
	50	50	50	00	0	00	0	00	0	50	0	6.0	00	00		00	3		
1958	41.	94.	48.	11	80.	0.	49.	.0	49.	.0	45.	36.	53.	53.	53.13	111.	1643.4		
	00	00	00	1.0	00	00	00	0	00	0	00	50	00	00		00	3		
1959	65.	66.	59.	0.0	68.	30	47	.0	31.	.0	32.	69.	74.	53.	49.63	74.0	1717.4		
	50	50	00	0	00	0	00	0	00	0	00	50	00	00		0	3		
1960	73.	88.	93.	66.	53.	14	23.	.5	0.	26.	58.	12	54.	4.0	56.08	124.	1841.4		
	00	00	50	00	00	0	00	0	00	0	00	00	0	00		00	3		
1961	47.	54.	75.	11	48.	78	32	.0	15.	.0	62.	52.	43.	51.	56.50	118.	1959.9		
	50	50	50	8.5	00	0	50	0	50	0	50	00	00	00		50	3		

1962	68.	63.	64.	82.	14	12	25.	61	.0	40.	50.	48.	52.	59.17	145.	2104.9	
	00	00	00	00	5.0	.0	00	.0	00	00	00	00	00		00	3	
1963	70.	34.	33.	96.	25.	10	31.	22	.5	0.0	9.0	82.	58.	39.21	96.0	2200.9	
	00	00	00	00	00	0	00	0	1	0	00	00	00		0	3	
1964	31.	66.	36.	35.	50.	26	23.	28	.0	25.	27.	25.	40.	34.38	66.0	2266.9	
	00	00	50	00	00	0	00	0	00	00	00	00	00		0	3	
1965	80.	30.	16.	57.	85.	35	35.	25	.0	20.	35.	44.	50.	42.67	85.0	2351.9	
	00	00	00	00	00	0	00	0	00	00	00	00	00		0	3	
1966	60.	60.	22.	31.	20.	12	13.	12	.0	30.	40.	35.	65.	33.33	65.0	2416.9	
	00	00	00	00	00	0	00	0	00	00	00	00	00		0	3	
1967	50.	63.	70.	44.	40.	30	40.	18	.0	25.	44.	36.	61.	43.61	70.5	2487.4	
	00	00	50	00	00	0	00	0	80	30	60	10			0	3	
1968	60.	90.	81.	57.	30.	10	40.	28	.1	34.	85.	41.	41.	50.08	90.4	2577.8	
	20	40	50	30	00	0	00	0	70	90	80	00			0	3	
1969	63.	80.	71.	57.	57.	31	69.	70	.8	56.	67.	13	45.	66.91	132.	2710.3	
	80	80	20	20	20	0	30	0	0	10	80	20	0		50	3	
1970	10	37.	12	10	68.	46	27.	48	.2	46.	11	75.	54.	71.29	124.	2834.4	
	1.4	40	4.1	7.3	50	0	90	0	0	20	8.5	50	50		10	3	
1971	41.	84.	31.	32.	21.	15	13	31	.4	72.	65.	14	48.	59.89	141.	2975.4	
	90	10	90	70	10	0	0	0	00	70	0	0	40		00	3	
1972	93.	71.	76.	37.	22.	29	35.	71	.5	39.	50.	10	92.	60.21	102.	3077.6	
	20	20	20	50	90	0	60	0	70	30	2.2	60	0		20	3	
1973	90.	10	85.	60.	68.	36	38.	51	.0	39.	52.	12	63.	67.67	121.	3198.7	
	40	4.8	80	10	40	0	00	0	50	80	1.1	50	0		10	3	
1974	70.	72.	52.	84.	50.	50	31.	51	.0	50.	68.	84.	51.	59.74	84.7	3283.4	
	70	50	00	70	00	0	60	0	20	00	30	60			0	3	

1975	86.	75.	63.	50.	55.	29	27.	52	.4	.8	51.	35.	58.	55.	53.34	86.4	3369.8		
	40	50	00	50	00	0	10	0	0	0	50	20	70	00		0	3		
1976	53.	56.	51.	55.	65.	23	18	12	.0	.9	23.	8.0	83.	86.	55.36	128.	3497.8		
	00	00	50	00	00	0	30	0	0	0	10	0	50	00		00	3		
1977	11	51.	80.	12	33.	18	29	61.	.0	.0	61.	25.	80.	33.	58.85	125.	3623.5		
	0.0	00	50	5.7	90	0	57.	50	0	0	50	40	40	30		70	3		
1978	45.	31.	49.	51.	61.	19	31	30.	.5	.0	30.	50.	58.	54.	45.33	61.8	3685.3		
	40	60	40	50	80	0	61.	80	0	0	00	00	00	00		0	3		
1979	27.	52.	74.	67.	52.	27	44.	5.	.0	60	20.	54.	70.	75.	47.68	75.3	3760.6		
	80	00	50	60	00	0	00	80	0	00	80	80	80	30		0	3		
1980	68.	81.	36.	43.	35.	49	29	36.	.9	.0	30.	45.	58.	66.	48.28	81.4	3842.0		
	90	40	00	00	00	0	00	00	0	0	00	00	70	50		0	3		
1981	11	13	80.	43.	48.	62	14	10	9.8	4.0	76.	10	10	10	75.60	134.	3976.0		
	0	0	00	70	00	0	15.	00	0	0	0	0.0	6.0	8.0		00	3		
1982	99.	73.	94.	78.	80.	41	15	63.	.0	.0	58.	42.	58.	81.	65.36	99.7	4075.7		
	70	00	80	00	00	0	58.	80	0	00	00	00	00	00		0	3		
1983	83.	10	54.	76.	32.	32	31	33.	9.0	00	20.	65.	89.	79.	58.64	109.	4184.7		
	00	9.0	00	00	00	0	00	00	0	0	00	00	00	70		00	3		
1984	68.	60.	60.	58.	80.	63	56	45.	00	00	66.	75.	59.	21.	59.32	80.0	4264.7		
	00	00	00	00	00	0	00	00	0	0	00	00	80	00		0	3		
1985	51.	10	38.	82.	15.	23	68	52.	0.0	0.0	82.	50.	74.	55.	57.54	100.	4364.7		
	00	0.0	00	00	00	0	00	00	0	0	00	00	00	50		00	3		
1986	67.	57.	62.	36.	50.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	22.94	67.3	4432.0		
	30	80	60	80	80	00	00	00	0	0	0	0	0	0		0	3		
1987	64.	47.	68.	85.	55.	31	22	23.	.4	.5	36.	76.	85.	61.	54.83	85.7	4517.7		
	50	20	10	70	00	0	90	0	0	0	90	50	00	20		0	3		

1988	79.	56.	42.	89.	53.	.20	.6	31.	3.	60.	66.	64.	44.	50.95	89.0	4606.7	
	00	60	20	00	00		0	80	70	80	70	00	00		0	3	
1989	58.	94.	85.	84.	18.	.35	.0	36.	52	.43.	58.	67.	34.	55.61	94.4	4701.1	
	40	40	00	80	70		0	80	0	00	20	00	00		0	3	
1990	76.	67.	41.	33.	70.	.47	.2	60.	.36	30.	60.	52.	86.	55.09	86.3	4787.4	
	70	00	20	00	00		0	00	.5	20	50	50	30		0	3	
1991	98.	21.	58.	67.	32.	.33	.2	27.	16	20.	42.	68.	72.	46.70	98.4	4885.8	
	40	30	40	80	40		0	90	.5	50	70	80	50		0	3	
1992	49.	79.	55.	90.	77.	.56	.8	20.	.58	56.	85.	98.	98.	68.68	98.3	4984.1	
	60	30	20	00	70		0	00	.0	20	00	30	00		0	3	
1993	10	25.	27.	62.	43.	.36	.3	48.	.40	55.	90.	80.	97.	59.29	104.	5088.1	
	4.0	00	50	00	40		0	30	.5	90	50	70	40		00	3	
1994	13	84.	46.	94.	71.	.34	.3	67.	.21	58.	82.	45.	14	74.07	149.	5237.3	
	3.0	80	50	30	30		0	40	.9	10	30	70	0		20	3	
1995	82.	98.	83.	36.	36.	.45	.3	44.	.16	44.	75.	51.	70.	57.09	98.4	5335.7	
	30	40	70	20	30		0	20	.9	50	30	30	70		0	3	
1996	68.	75.	32.	76.	63.	.50	.0	21.	.30	54.	53.	78.	44.	53.93	78.0	5413.7	
	70	30	20	00	90		0	00	.0	50	00	00	60		0	3	
1997	55.	39.	60.	51.	50.	.33	.7	51.	.23	76.	33.	68.	99.	53.53	99.8	5513.5	
	00	70	40	00	00		0	30	.7	20	60	00	80		0	3	
1998	52.	87.	74.	63.	15	.83	.6	0	.27	36.	97.	72.	54.	68.43	156.	5669.5	
	50	00	50	30	0	.0	0	40	.5	90	10	20	80		00	3	
1999	57.	78.	82.	66.	11	.52	.6.5	.2	.48.	.22	22.	26.	71.	94.	61.49	116.	5786.0
	10	30	60	30	0	0	0	0	.00	.3	70	10	80	00		50	3
2000	88.	64.	54.	24.	20.	.60	.9	85.	.20	32.	53.	51.	65.	51.91	88.5	5874.5	
	50	50	60	10	90		0	60	.5	80	40	70	40		0	3	

2001	95.	45.	71.	38.	67.	28	.3	43.	7.	88.	35.	79.	43.	53.80	95.9	59	70.4	
	90	80	80	70	70	0	0	30	40	30	50	00	90		0	3		
2002	72.	78.	12	72.	64.	46	.9	40.	28	61.	46.	65.	60.	63.41	123.	60	93.5	
	20	80	3.1	70	70	0	0	70	0	30	00	20	40		10	3		
2003	33.	10	51.	54.	14	94	.6	23.	57	58.	11	86.	10	77.49	149.	62	43.2	
	80	6.0	70	60	9.7	.6	0	50	.1	40	1.2	00	3.3		70	3		
2004	64.	67.	80.	50.	38.	13	.8	79.	27	33.	48.	68.	46.	51.43	80.0	63	23.2	
	10	80	00	00	10	0	0	60	.5	40	50	20	10		0	3		
2005	48.	92.	94.	23.	37.	43	.7	37.	25	54.	58.	66.	97.	56.76	97.5	64	20.7	
	80	60	70	30	50	0	0	50	.7	30	70	80	50		0	3		
2006	54.	10	53.	80.	41.	20	.5	42.	30	68.	68.	96.	64.	60.73	108.	65	28.7	
	8.0	00	50	90	0	0	0	00	.6	10	90	00	50		00	3		
2007	70.	35.	69.	51.	35.	4.	35.	29	27.	48.	61.	60.	44.24	70.5	65	99.2		
	50	00	80	50	80	90	50	0	80	30	80	90			0	3		
2008	69.	88.	65.	31.	34.	26	.5	35.	14	24.	95.	28.	32.	45.69	95.8	66	95.0	
	50	60	50	70	90	0	0	00	.5	60	80	80	90		0	3		
2009	78.	53.	48.	55.	65.	27	.4	35.	34	0.0	34.	41.	56.	44.28	78.2	67	73.2	
	20	00	50	50	60	0	0	50	.8	0	40	80	70		0	3		
2010	46.	64.	69.	30.	23.	26	.9	55.	22	45.	51.	68.	66.	47.53	69.9	68	43.1	
	00	40	90	30	70	0	0	70	.0	30	40	40	30		0	3		
2011	10	66.	85.	64.	44.	37	.6	21.	26	79.	47.	60.	38.	56.33	105.	69	48.1	
	5.0	30	30	00	00	0	0	70	.0	60	20	50	80		00	3		
2012	58.	51.	10	52.	43.	33	.7	9.6	15	28.	55.	48.	61.	46.87	103.	70	51.8	
	90	50	3.7	20	00	0	0	0	.8	80	10	50	60		70	3		
2013	98.	10	65.	11	32.	59	.7	18.	37	12	69.	44.	53.	68.24	121.	71	72.8	
	00	4.5	30	5.0	40	0	0	80	.8	0	1.0	20	20	00	00	3		

2014	44.	42.	73.	43.	0.0	0.	0.0	0.	56.	14	65.	75.	45.83	148.	7320.8		
	70	40	20	80	0	00	0	00	50	8.0	50	90		00	3		
									0								
2015	59.	12	55.	10	74.	21	10	8.	63.	36.	0.0	0.0	54.28	122.	7443.3		
	80	2.5	70	7.7	.8	1.2	70	10	00	0	0	0		50	3		
	0	0	0	80	0	0	0	0									
PROM																	
EDIO																	
MENS	65.	68.	64.	60.	50.	33	38.	29	40.	58.	62.	56.					
UAL	64	64	19	53	44	.6	.4		92	35	06	17					
MULTI						3	14	1									
ANUA																	
L																	

*Nota.* La estación Tingo María cuenta con un registro de lluvias histórico que comprende desde el año 1940 al 2015, de ello se pudo identificar que hay información faltante entre los períodos de 1950 a 1954, por lo cual finalmente se optó por tener en cuenta el registro histórico que comprende entre 1956 a 2015.

**Tabla 14**

*Registro histórico considerado*

AÑO	PRECIPITACIONES MÁXIMAS - ESTACIÓN TINGO MARÍA - SENAMHI												MÁXIM O ACUM ULAD O		
	EN	FE	MA	AB	MA	JU	JU	A G	SE	OC	NO	DI			
	E E	B B	R R	R Y	Y N	N L	O O	T T	T V	V C	C O	O O			
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12			
1956	83.	12	73.	50.	58.	34	28.	33	35.	65.	73.	35.	57.59	123.	123.00
	00	3.0	00	00	00	.0	50	.0	00	60	00	00		00	
	0	0	0	0	0	0	0	0							
1957	53.	72.	70.	98.	0.0	25	20.	37	57.	13	40.	89.	58.29	136.	259.00
	50	50	50	00	0	.0	00	.5	50	6.0	00	00		00	
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
1958	41.	94.	48.	11	80.	0.	49.	27	45.	36.	53.	53.	53.13	111.	370.00
	00	00	00	1.0	00	00	00	.0	00	50	00	00		00	
	0	0	0	0	0	0	0	0							
1959	65.	66.	59.	0.0	68.	30	31.	47	32.	69.	74.	53.	49.63	74.0	444.00
	50	50	00	0	00	.0	00	.0	00	50	00	00		0	
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					

1960	73.	88.	93.	66.	53.	14	.5	23.	0.	26.	58.	12	4.0	54.	56.08	124.	568.00
	00	00	50	00	00	00	0	00	00	00	00	0	0	00	00	00	
1961	47.	54.	75.	11	48.	78	.0	15.	32	62.	52.	43.	51.	56.50	118.	686.50	
	50	50	50	8.5	00	0	0	50	0	50	00	00	00	50	50		
1962	68.	63.	64.	82.	14	12	25.	61		40.	50.	48.	52.	59.17	145.	831.50	
	00	00	00	00	5.0	.0	00	0		00	00	00	00	00	00		
1963	70.	34.	33.	96.	25.	10	31.	22		0.0	9.0	82.	58.	39.21	96.0	927.50	
	00	00	00	00	00	0	00	0		1	0	00	00	00	0		
1964	31.	66.	36.	35.	50.	26	23.	28		25.	27.	25.	40.	34.38	66.0	993.50	
	00	00	50	00	00	0	00	0		00	00	00	00	00	0		
1965	80.	30.	16.	57.	85.	35	35.	25		20.	35.	44.	50.	42.67	85.0	1078.5	
	00	00	00	00	00	0	00	0		00	00	00	00	00	0		
1966	60.	60.	22.	31.	20.	12	13.	12		30.	40.	35.	65.	33.33	65.0	1143.5	
	00	00	00	00	00	0	00	0		00	00	00	00	00	0		
1967	50.	63.	70.	44.	40.	30	40.	18		25.	44.	36.	61.	43.61	70.5	1214.0	
	00	00	50	00	00	0	00	0		80	30	60	10	0	0		
1968	60.	90.	81.	57.	30.	10	40.	28		34.	85.	41.	41.	50.08	90.4	1304.4	
	20	40	50	30	00	.1	00	.1		70	90	80	00	0	0		
1969	63.	80.	71.	57.	57.	31	69.	70		56.	67.	13	45.	66.91	132.	1436.9	
	80	80	20	20	20	.8	30	.0		10	80	0	20	50	0		
1970	10	37.	12	10	68.	46	27.	48		46.	11	75.	54.	71.29	124.	1561.0	
	1.4	40	4.1	7.3	50	.2	90	.0		20	8.5	50	50	0	10	0	
1971	41.	84.	31.	32.	21.	15	13	31		72.	65.	14	48.	59.89	141.	1702.0	
	90	10	90	70	10	.4	3.0	.5		00	70	1.0	40	00	00	0	
1972	93.	71.	76.	37.	22.	29	35.	71		39.	50.	10	92.	60.21	102.	1804.2	
	20	20	20	50	90	.5	60	.6		70	30	2.2	60	0	20	0	

1973	90.	10	85.	60.	68.	36	38.	51	39.	52.	12	63.	67.67	121.	1925.3		
	40	4.8	80	10	40	.0	00	.6	50	80	1.1	50		10	0		
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
1974	70.	72.	52.	84.	50.	50	31.	51	50.	68.	84.	51.	59.74	84.7	2010.0		
	70	50	00	70	00	.0	60	.3	20	00	30	60		0	0		
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
1975	86.	75.	63.	50.	55.	29	27.	52	51.	35.	58.	55.	53.34	86.4	2096.4		
	40	50	00	50	00	.4	10	.8	50	20	70	00		0	0		
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
1976	53.	56.	51.	55.	65.	23	21.	18	23.	12	83.	86.	55.36	128.	2224.4		
	00	00	50	00	00	.0	30	.9	10	8.0	50	00		00	0		
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
1977	11	51.	80.	12	33.	18	57.	29	61.	25.	80.	33.	58.85	125.	2350.1		
	0.0	00	50	5.7	90	.0	50	.0	50	40	40	30		70	0		
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
1978	45.	31.	49.	51.	61.	19	61.	31	30.	50.	58.	54.	45.33	61.8	2411.9		
	40	60	40	50	80	.5	80	.0	00	00	00	00		0	0		
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
1979	27.	52.	74.	67.	52.	27	44.	5.	20.	54.	70.	75.	47.68	75.3	2487.2		
	80	00	50	60	00	.0	60	00	80	80	80	30		0	0		
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
1980	68.	81.	36.	43.	35.	49	30.	29	36.	45.	58.	66.	48.28	81.4	2568.6		
	90	40	00	00	00	.9	00	.0	00	00	70	50		0	0		
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
1981	11	13	80.	43.	48.	62	15.	14	76.	10	10	10	75.60	134.	2702.6		
	9.8	4.0	00	70	00	.0	00	.0	70	0.0	6.0	8.0		00	0		
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
1982	99.	73.	94.	78.	80.	41	58.	15	63.	42.	58.	81.	65.36	99.7	2802.3		
	70	00	80	00	00	.0	80	.0	00	00	00	00		0	0		
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
1983	83.	10	54.	76.	32.	32	20.	31	33.	65.	89.	79.	58.64	109.	2911.3		
	00	9.0	00	00	00	.0	00	.0	00	00	00	70		00	0		
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
1984	68.	60.	60.	58.	80.	63	66.	56	45.	75.	59.	21.	59.32	80.0	2991.3		
	00	00	00	00	00	.0	00	.0	00	00	80	00		0	0		
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
1985	51.	10	38.	82.	15.	23	82.	68	52.	50.	74.	55.	57.54	100.	3091.3		
	0.0	0.0	00	00	00	.0	00	.0	00	00	00	50		00	0		
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					

1986	67.	57.	62.	36.	50.	0.	0.0	0.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	22.94	67.3	3158.6		
	30	80	60	80	80	00	0	00	0	0	0	0	0		0	0		
1987	64.	47.	68.	85.	55.	31	36.	22	23.	76.	85.	61.	54.83	85.7	3244.3			
	50	20	10	70	00	.4	90	.5	90	50	00	20		0	0			
1988	79.	56.	42.	89.	53.	20	31.	3.	60.	66.	64.	44.	50.95	89.0	3333.3			
	00	60	20	00	00	.6	80	70	80	70	00	00		0	0			
1989	58.	94.	85.	84.	18.	35	36.	52	43.	58.	67.	34.	55.61	94.4	3427.7			
	40	40	00	80	70	.0	80	.0	00	20	00	00		0	0			
1990	76.	67.	41.	33.	70.	47	60.	36	30.	60.	52.	86.	55.09	86.3	3514.0			
	70	00	20	00	00	.2	00	.5	20	50	50	30		0	0			
1991	98.	21.	58.	67.	32.	33	27.	16	20.	42.	68.	72.	46.70	98.4	3612.4			
	40	30	40	80	40	.2	90	.5	50	70	80	50		0	0			
1992	49.	79.	55.	90.	77.	56	20.	58	56.	85.	98.	98.	68.68	98.3	3710.7			
	60	30	20	00	70	.8	00	.0	20	00	30	00		0	0			
1993	10	25.	27.	62.	43.	36	48.	40	55.	90.	80.	97.	59.29	104.	3814.7			
	4.0	00	50	00	40	.3	30	.5	90	50	70	40		00	0			
1994	13	84.	46.	94.	71.	34	67.	21	58.	82.	45.	14	74.07	149.	3963.9			
	3.0	80	50	30	30	.3	40	.9	10	30	70	9.2		20	0			
1995	82.	98.	83.	36.	36.	45	44.	16	44.	75.	51.	70.	57.09	98.4	4062.3			
	30	40	70	20	30	.3	20	.9	50	30	30	70		0	0			
1996	68.	75.	32.	76.	63.	50	21.	30	54.	53.	78.	44.	53.93	78.0	4140.3			
	70	30	20	00	90	.0	00	.0	50	00	00	60		0	0			
1997	55.	39.	60.	51.	50.	33	51.	23	76.	33.	68.	99.	53.53	99.8	4240.1			
	00	70	40	00	00	.7	30	.7	20	60	00	80		0	0			
1998	52.	87.	74.	63.	15	83	16.	27	36.	97.	72.	54.	68.43	156.	4396.1			
	50	00	50	30	6.0	.0	40	.5	90	10	20	80		00	0			

1999	57.	78.	82.	66.	11	52	22											
	10	30	60	30	6.5	.2	48.	.3	22.	26.	71.	94.	61.49	116.	4512.6			
					0	0	00	0	70	10	80	00		50	0			
2000	88.	64.	54.	24.	20.	60	20											
	50	50	60	10	90	.9	85.	.5	32.	53.	51.	65.	51.91	88.5	4601.1			
					0	60	0	0	80	40	70	40		0	0			
2001	95.	45.	71.	38.	67.	28												
	90	80	80	70	70	.3	43.	7.	88.	35.	79.	43.	53.80	95.9	4697.0			
					0	30	40	30	50	00	90			0	0			
2002	72.	78.	12	72.	64.	46	28											
	20	80	3.1	70	70	.9	40.	.9	61.	46.	65.	60.	63.41	123.	4820.1			
			0	0	0	0	70	0	30	00	20	40		10	0			
2003	33.	10	51.	54.	14	94												
	80	6.0	70	60	9.7	.6	23.	57	58.	11	86.	10	77.49	149.	4969.8			
		0	0	0	0	50	0	.1	40	1.2	00	3.3		70	0			
2004	64.	67.	80.	50.	38.	13	27											
	10	80	00	00	10	.8	79.	.5	33.	48.	68.	46.	51.43	80.0	5049.8			
					0	60	0	0	40	50	20	10		0	0			
2005	48.	92.	94.	23.	37.	43	25											
	80	60	70	30	50	.7	37.	.7	54.	58.	66.	97.	56.76	97.5	5147.3			
			0	0	0	50	0	0	30	70	80	50		0	0			
2006	54.	10	53.	80.	41.	20	30											
	80	8.0	00	50	90	.5	42.	.6	68.	68.	96.	64.	60.73	108.	5255.3			
		0	0	0	0	0	00	0	10	90	00	50		00	0			
2007	70.	35.	69.	51.	35.	4.	35.	29										
	50	00	80	50	80	90	50	.1	27.	48.	61.	60.	44.24	70.5	5325.8			
					0	0	0	0	80	30	80	90		0	0			
2008	69.	88.	65.	31.	34.	26	14											
	50	60	50	70	90	.5	35.	.5	24.	95.	28.	32.	45.69	95.8	5421.6			
			0	0	0	0	00	0	60	80	80	90		0	0			
2009	78.	53.	48.	55.	65.	27	34											
	20	00	50	50	60	.4	35.	.8	0.0	34.	41.	56.	44.28	78.2	5499.8			
			0	0	0	0	50	0	0	40	80	70		0	0			
2010	46.	64.	69.	30.	23.	26	22											
	00	40	90	30	70	.9	55.	.0	45.	51.	68.	66.	47.53	69.9	5569.7			
			0	0	0	0	70	0	30	40	40	30		0	0			
2011	10	66.	85.	64.	44.	37	26											
	5.0	30	30	00	00	.6	21.	.0	79.	47.	60.	38.	56.33	105.	5674.7			
	0	0	0	0	0	0	70	0	60	20	50	80		00	0			

2012	58.	51.	10	52.	43.	33	9.6	15	28.	55.	48.	61.	46.87	103.	5778.4			
	90	50	3.7	20	00	.7	0	.8	80	10	50	60		70	0			
			0			0	0	0										
2013	98.	10	65.	11	32.	59	18.	37	12	69.	44.	53.	68.24	121.	5899.4			
	00	4.5	30	5.0	40	.7	80	.8	1.0	20	20	00		00	0			
	0		0	0		0	0	0	0									
2014	44.	42.	73.	43.	0.0	0.	0.0	0.	56.	14				148.	6047.4			
	70	40	20	80	0	00	0	00	50	8.0	65.	75.	45.83	00	0			
									0	50	90							
2015	59.	12	55.	10	74.	21	10	8.	63.	36.	0.0	0.0	54.28	122.	6169.9			
	80	2.5	70	7.7	80	.8	1.2	70	10	00	0	0		50	0			
	0		0	0		0	0											

PROM

EDIO

MENS

UAL

MULTI

ANUA

L

*Nota.* Con la selección del periodo de caracterización para la estación de Tingo María entre los años 1956 a 2015 se identificaron valores de registro faltantes los cuales fueron completados con valores de promedios mensuales del registro completo.

**Tabla 15**

*Registro histórico completo*

AÑO	PRECIPITACIONES MÁXIMAS - ESTACIÓN TINGO MARÍA - SENAMHI												PROMEDIO	MÁXIMO	MÁXIMO ACUMULADO
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC			
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12			
1956	83.00	123.00	73.00	50.00	58.00	34.00	28.50	33.00	35.00	65.60	73.00	35.00	57.59	123.00	123.00
1957	53.50	72.50	70.50	98.00	53.63	25.00	20.00	37.50	57.50	136.00	40.00	89.00	62.76	136.00	259.00
1958	41.00	94.00	48.00	111.00	80.00	33.66	49.00	27.00	45.00	36.50	53.00	53.00	55.93	111.00	370.00
1959	65.50	66.50	59.00	63.14	68.00	30.00	31.00	47.00	32.00	69.50	74.00	53.00	54.89	74.00	444.00
1960	73.00	88.00	93.50	66.00	53.00	14.50	23.00	30.05	26.00	58.00	124.00	54.00	58.59	124.00	568.00
1961	47.50	54.50	75.50	118.50	48.00	78.00	15.50	32.00	62.50	52.00	43.00	51.00	56.50	118.50	686.50
1962	68.00	63.00	64.00	82.00	145.00	12.00	25.00	61.00	40.00	50.00	48.00	52.00	59.17	145.00	831.50
1963	70.00	34.00	33.00	96.00	25.00	10.00	31.00	22.50	0.01	9.00	82.00	58.00	39.21	96.00	927.50
1964	31.00	66.00	36.50	35.00	50.00	26.00	23.00	28.00	25.00	27.00	25.00	40.00	34.38	66.00	993.50
1965	80.00	30.00	16.00	57.00	85.00	35.00	35.00	25.00	20.00	35.00	44.00	50.00	42.67	85.00	1078.50
1966	60.00	60.00	22.00	31.00	20.00	12.00	13.00	12.00	30.00	40.00	35.00	65.00	33.33	65.00	1143.50

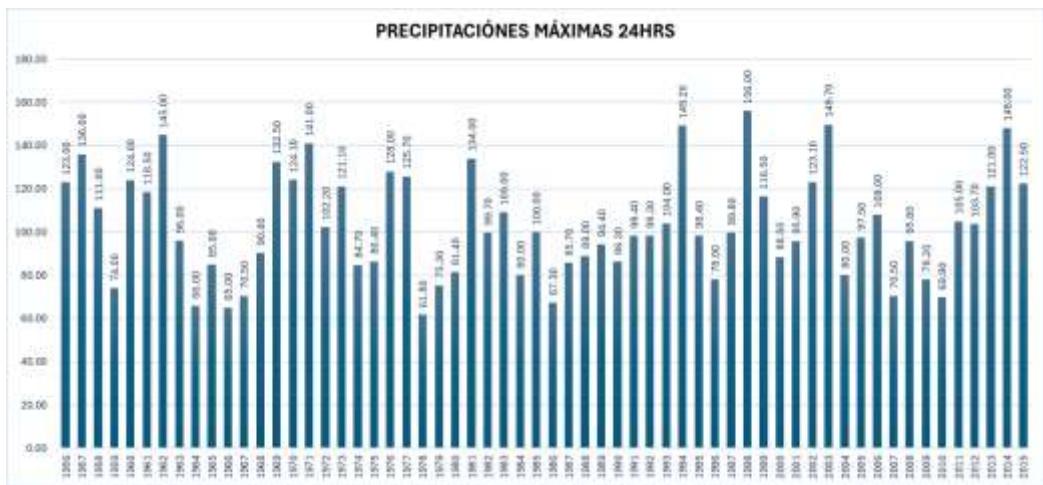
	1967	50.00	63.00	70.50	44.00	40.00	30.00	40.00	18.00	25.80	44.30	36.60	61.10	43.61	70.50	1214.00
1968	60.20	90.40	81.50	57.30	30.00	10.10	40.00	28.10	34.70	85.90	41.80	41.00	50.08	90.40	1304.40	
1969	63.80	80.80	71.20	57.20	57.20	31.80	69.30	70.00	56.10	67.80	132.50	45.20	66.91	132.50	1436.90	
1970	101.40	37.40	124.10	107.30	68.50	46.20	27.90	48.00	46.20	118.50	75.50	54.50	71.29	124.10	1561.00	
1971	41.90	84.10	31.90	32.70	21.10	15.40	133.00	31.50	72.00	65.70	141.00	48.40	59.89	141.00	1702.00	
1972	93.20	71.20	76.20	37.50	22.90	29.50	35.60	71.60	39.70	50.30	102.20	92.60	60.21	102.20	1804.20	
1973	90.40	104.80	85.80	60.10	68.40	36.00	38.00	51.60	39.50	52.80	121.10	63.50	67.67	121.10	1925.30	
1974	70.70	72.50	52.00	84.70	50.00	50.00	31.60	51.30	50.20	68.00	84.30	51.60	59.74	84.70	2010.00	
1975	86.40	75.50	63.00	50.50	55.00	29.40	27.10	52.80	51.50	35.20	58.70	55.00	53.34	86.40	2096.40	
1976	53.00	56.00	51.50	55.00	65.00	23.00	21.30	18.90	23.10	128.00	83.50	86.00	55.36	128.00	2224.40	
1977	110.00	51.00	80.50	125.70	33.90	18.00	57.50	29.00	61.50	25.40	80.40	33.30	58.85	125.70	2350.10	
1978	45.40	31.60	49.40	51.50	61.80	19.50	61.80	31.00	30.00	50.00	58.00	54.00	45.33	61.80	2411.90	
1979	27.80	52.00	74.50	67.60	52.00	27.00	44.60	5.00	20.80	54.80	70.80	75.30	47.68	75.30	2487.20	
1980	68.90	81.40	36.00	43.00	35.00	49.90	30.00	29.00	36.00	45.00	58.70	66.50	48.28	81.40	2568.60	
1981	119.80	134.00	80.00	43.70	48.00	62.00	15.00	14.00	76.70	100.00	106.00	108.00	75.60	134.00	2702.60	
1982	99.70	73.00	94.80	78.00	80.00	41.00	58.80	15.00	63.00	42.00	58.00	81.00	65.36	99.70	2802.30	
1983	83.00	109.00	54.00	76.00	32.00	32.00	20.00	31.00	33.00	65.00	89.00	79.70	58.64	109.00	2911.30	
1984	68.00	60.00	60.00	58.00	80.00	63.00	66.00	56.00	45.00	75.00	59.80	21.00	59.32	80.00	2991.30	
1985	51.00	100.00	38.00	82.00	15.00	23.00	82.00	68.00	52.00	50.00	74.00	55.50	57.54	100.00	3091.30	
1986	67.30	57.80	62.60	36.80	50.80	33.66	39.48	30.05	44.28	60.96	66.81	61.78	51.03	67.30	3158.60	
1987	64.50	47.20	68.10	85.70	55.00	31.40	36.90	22.50	23.90	76.50	85.00	61.20	54.83	85.70	3244.30	
1988	79.00	56.60	42.20	89.00	53.00	20.60	31.80	3.70	60.80	66.70	64.00	44.00	50.95	89.00	3333.30	
1989	58.40	94.40	85.00	84.80	18.70	35.00	36.80	52.00	43.00	58.20	67.00	34.00	55.61	94.40	3427.70	
1990	76.70	67.00	41.20	33.00	70.00	47.20	60.00	36.50	30.20	60.50	52.50	86.30	55.09	86.30	3514.00	
1991	98.40	21.30	58.40	67.80	32.40	33.20	27.90	16.50	20.50	42.70	68.80	72.50	46.70	98.40	3612.40	
1992	49.60	79.30	55.20	90.00	77.70	56.80	20.00	58.00	56.20	85.00	98.30	98.00	68.68	98.30	3710.70	
1993	104.00	25.00	27.50	62.00	43.40	36.30	48.30	40.50	55.90	90.50	80.70	97.40	59.29	104.00	3814.70	
1994	133.00	84.80	46.50	94.30	71.30	34.30	67.40	21.90	58.10	82.30	45.70	149.20	74.07	149.20	3963.90	
1995	82.30	98.40	83.70	36.20	36.30	45.30	44.20	16.90	44.50	75.30	51.30	70.70	57.09	98.40	4062.30	
1996	68.70	75.30	32.20	76.00	63.90	50.00	21.00	30.00	54.50	53.00	78.00	44.60	53.93	78.00	4140.30	
1997	55.00	39.70	60.40	51.00	50.00	33.70	51.30	23.70	76.20	33.60	68.00	99.80	53.53	99.80	4240.10	
1998	52.50	87.00	74.50	63.30	156.00	83.00	16.40	27.50	36.90	97.10	72.20	54.80	68.43	156.00	4396.10	
1999	57.10	78.30	82.60	66.30	116.50	52.20	48.00	22.30	22.70	26.10	71.80	94.00	61.49	116.50	4512.60	
2000	88.50	64.50	54.60	24.10	20.90	60.90	85.60	20.50	32.80	53.40	51.70	65.40	51.91	88.50	4601.10	
2001	95.90	45.80	71.80	38.70	67.70	28.30	43.30	7.40	88.30	35.50	79.00	43.90	53.80	95.90	4697.00	
2002	72.20	78.80	123.10	72.70	64.70	46.90	40.70	28.90	61.30	46.00	65.20	60.40	63.41	123.10	4820.10	
2003	33.80	106.00	51.70	54.60	149.70	94.60	23.50	57.10	58.40	111.20	86.00	103.30	77.49	149.70	4969.80	
2004	64.10	67.80	80.00	50.00	38.10	13.80	79.60	27.50	33.40	48.50	68.20	46.10	51.43	80.00	5049.80	
2005	48.80	92.60	94.70	23.30	37.50	43.70	37.50	25.70	54.30	58.70	66.80	97.50	56.76	97.50	5147.30	
2006	54.80	108.00	53.00	80.50	41.90	20.50	42.00	30.60	68.10	68.90	96.00	64.50	60.73	108.00	5255.30	
2007	70.50	35.00	69.80	51.50	35.80	4.90	35.50	29.10	27.80	48.30	61.80	60.90	44.24	70.50	5325.80	

2008	69.50	88.60	65.50	31.70	34.90	26.50	35.00	14.50	24.60	95.80	28.80	32.90	45.69	95.80	5421.60
2009	78.20	53.00	48.50	55.50	65.60	27.40	35.50	34.80	44.28	34.40	41.80	56.70	47.97	78.20	5499.80
2010	46.00	64.40	69.90	30.30	23.70	26.90	55.70	22.00	45.30	51.40	68.40	66.30	47.53	69.90	5569.70
2011	105.00	66.30	85.30	64.00	44.00	37.60	21.70	26.00	79.60	47.20	60.50	38.80	56.33	105.00	5674.70
2012	58.90	51.50	103.70	52.20	43.00	33.70	9.60	15.80	28.80	55.10	48.50	61.60	46.87	103.70	5778.40
2013	98.00	104.50	65.30	115.00	32.40	59.70	18.80	37.80	121.00	69.20	44.20	53.00	68.24	121.00	5899.40
2014	44.70	42.40	73.20	43.80	53.63	33.66	39.48	30.05	56.50	148.00	65.50	75.90	58.90	148.00	6047.40
2015	59.80	122.50	55.70	107.70	74.80	21.80	101.20	8.70	63.10	36.00	66.81	61.78	64.99	122.50	6169.90
PROMEDIO MENSUAL MULTIANUAL	69.87	71.38	64.20	64.19	55.41	35.34	40.79	31.56	45.75	61.97	69.04	63.84			

**Nota.** Con los valores completos del registro histórico se procedió a identificar los valores de precipitación máxima anual en 24hrs.

**Figura 22**

*Precipitaciones máximas en 24 hrs*



**Nota.** Con el relleno completo de la información pluviométrica de la cuenca se pudo identificar que para el año 1998 se identificó un pico crítico en la precipitación máxima llegando a 156.00 mm, esto de acuerdo con la información histórica correspondería a la presencia de un fenómeno del niño en dicho año con lo cual se evidencia que la información presentada tiene un alto grado de confiabilidad.

**Figura 23**

Prueba Outlier – Estación Tingo María



*Nota.* La identificación de los valores máximos de precipitación requirieron de una validación de información, esto inicialmente se realizó con una prueba Outlier la cual se basa en la estimación de los valores límite superior e inferior a partir de los valores promedio y la cantidad de datos que compone la muestra, de dicha prueba se pudo obtener que el límite superior para el valor de precipitación es de 197.60 mm y el límite inferior es de 50.59 mm, dichos valores como se evidencia en la figura se encuentran alejados del registro considerado en la investigación con lo cual de manera estadística se valida la información de precipitaciones presentada.

**Figura 24**

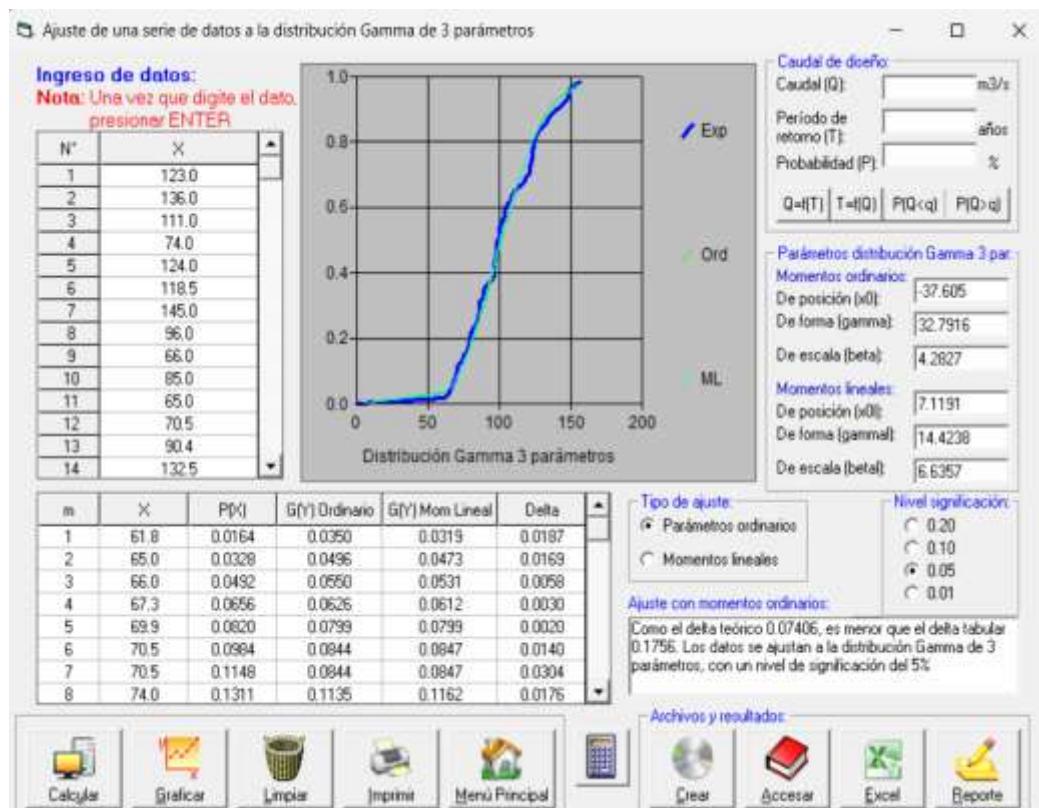
Prueba de doble masa Estación Tingo María



*Nota.* Adicionalmente a la prueba Outlier en la investigación se ejecutó una prueba de validación visual con el análisis de doble masa para la estación, con ello se pudo identificar que la estación comparada con una línea recta presenta un ajuste de casi de 0.99 presentando un adecuado ajuste en la serie de valores identificados.

**Figura 25**

Análisis de ajuste – Hidroesta Gamma 3 Parámetros



*Nota.* Con los valores de precipitación máxima se compararon con la distribución Gamma 3 parámetros con lo cual se pudo identificar que la variación es de 0.07406.

**Tabla 16**

Prueba de Kolmogorov – Smirnov

PRUEBA DE BONDAD KOLMOGOROV - SMIRNOV	
DISTRIBUCIÓN	VALOR DE VARIACIÓN
NORMAL	0.0869
LOGNORMAL 2P	0.0817
LOGNORMAL 3P	0.0829
GAMMA 2P	0.0792
GAMMA 3P	0.07406
LOGPEARSON T-3	No se ajusta

GUMBEL	0.0999
LOGGUMBEL	0.1116

*Nota.* Con las distribuciones ajustadas para la serie de valores de precipitación máxima se pudo identificar que la distribución que mejor se ajusta a la muestra es la de Gamma de 3 parámetros con el valor mínimo de variación de 0.07406.

**Tabla 17**

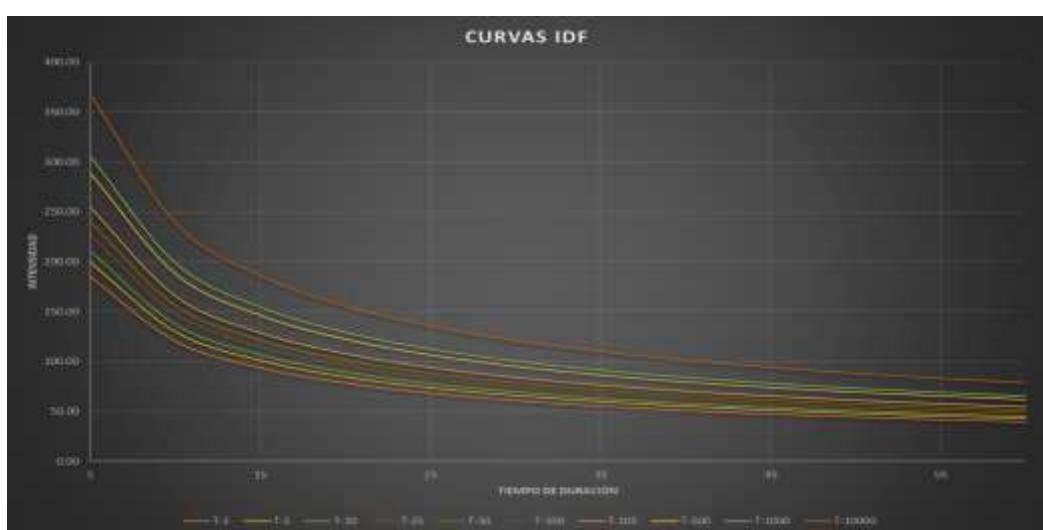
*Estimación de lluvias en períodos de retorno*

LLUVIAS EN PERIODOS DE RETORNO			
PERIODO DE RETORNO	PRECIPITACIÓN	PROBABILIDAD DE NO EXCEDENCIA	PRECIPITACIÓN AJUSTADA
2	101.41 mm	0.50000	114.59 mm
5	122.95 mm	0.80000	138.93 mm
10	135.03 mm	0.90000	152.58 mm
25	148.55 mm	0.96000	167.86 mm
50	157.64 mm	0.98000	178.13 mm
100	166.05 mm	0.99000	187.64 mm
105	166.61 mm	0.99048	188.27 mm
500	183.62 mm	0.99800	207.49 mm
1000	190.49 mm	0.99900	215.25 mm
10000	209.36 mm	0.99990	236.58 mm

*Nota.* De la identificación de la mejor distribución de ajuste para la serie de datos se estimaron los valores de lluvia para diferentes períodos de retorno, esto con la finalidad de elaborar las curvas IDF que caractericen a la estación.

**Figura 26**

*Curvas IDF cuenca*



*Nota.* Con la determinación de los valores de precipitación en diferentes períodos de retorno se pudo determinar los coeficientes para el cálculo de las curvas IDF, las cuales fueron  $K=473.191$ ,  $m=0.080$  y  $n=0.619$ , con dichos valores se pudo determinar cada uno de los valores de IDF para los diferentes períodos de retorno.

**Tabla 18**

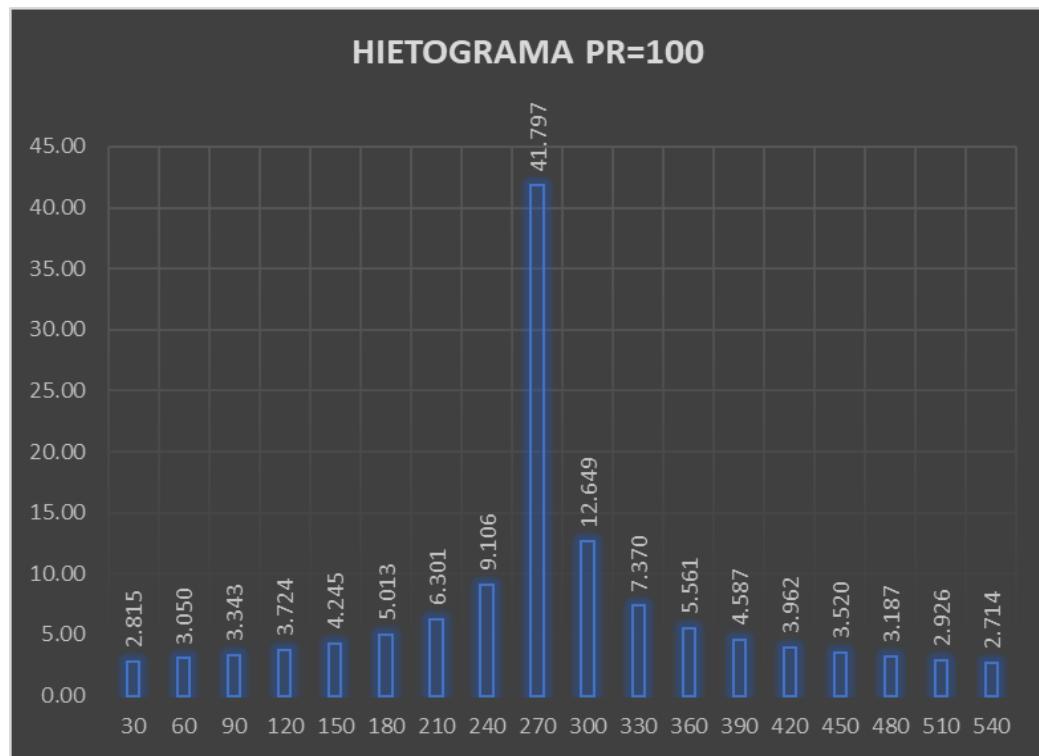
*Hietograma de diseño*

INST (min)	INT(mm/h)	LLUVIA ACUMULA DA (mm)	VARIACIÓN	INT PARCIAL (mm/h)	LLUVIA ALTERNA DA (mm)	ImPa	LLUVIA ACUM (mm)
30	83.594	41.797	41.797	83.594	2.815	5.630	2.815
60	54.446	54.446	12.649	25.297	3.050	6.099	5.865
90	42.368	63.552	9.106	18.212	3.343	6.686	9.208
120	35.461	70.922	7.370	14.741	3.724	7.448	12.932
150	30.889	77.223	6.301	12.601	4.245	8.490	17.177
180	27.595	82.784	5.561	11.123	5.013	10.027	22.190
210	25.085	87.797	5.013	10.027	6.301	12.601	28.491
240	23.096	92.385	4.587	9.175	9.106	18.212	37.597
270	21.473	96.630	4.245	8.490	41.797	83.594	79.394
300	20.118	100.592	3.962	7.925	12.649	25.297	92.042
330	18.967	104.316	3.724	7.448	7.370	14.741	99.413
360	17.973	107.836	3.520	7.040	5.561	11.123	104.974
390	17.105	111.179	3.343	6.686	4.587	9.175	109.562
420	16.338	114.367	3.187	6.375	3.962	7.925	113.524
450	15.656	117.416	3.050	6.099	3.520	7.040	117.044
480	15.043	120.342	2.926	5.852	3.187	6.375	120.231
510	14.489	123.158	2.815	5.630	2.926	5.852	123.158
540	13.986	125.872	2.714	5.429	2.714	5.429	125.872

*Nota.* Para la investigación de modelos de inundación en la zona del puente Corpac, se elaboró un modelo de caudal con un período de retorno de 100 años para lo cual se hizo necesaria la estimación de los valores de hietograma por la metodología de los bloques alternados, la cuenca presentó un tiempo de concentración de 9 horas o 540 minutos y a partir de ello se determinaron los valores de intensidades como se muestra en la tabla anterior.

**Figura 27**

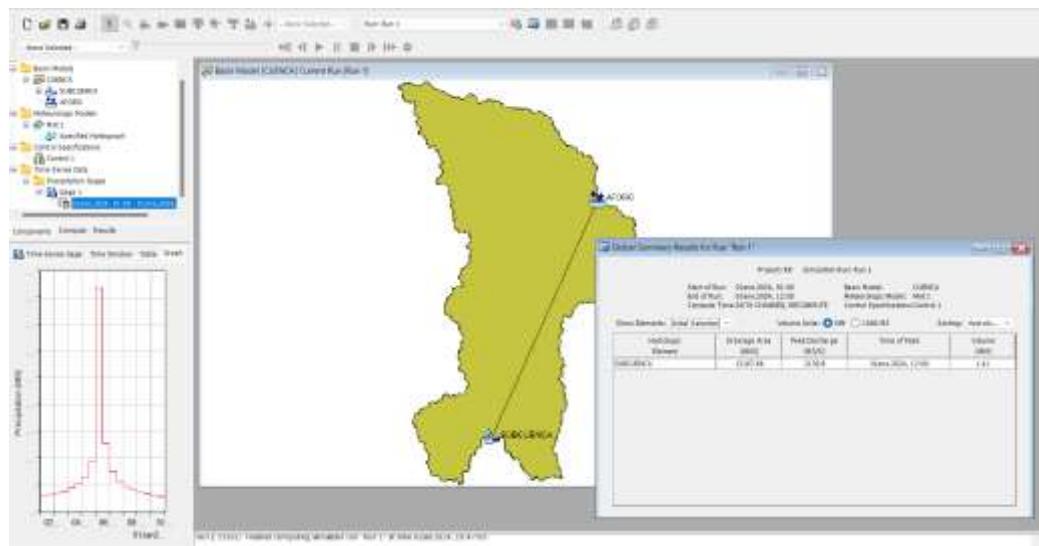
Hietograma de diseño PR 100 años



*Nota.* En la caracterización de los valores de intensidad por el bloque alterno se identificó que el pico presenta una intensidad de 41.797 mm/h en un periodo de 270 min en el medio del transcurso de la tormenta que comprende los 540 min del tiempo de concentración de la cuenca.

**Figura 28**

Modelo HEC-HMS



*Nota.* Con la identificación de los parámetros de cuenca y la determinación de los valores hidrológicos de la cuenca se determinó el

valor de caudal para un periodo de retorno de 100 años aplicando la metodología SCS.

**Tabla 19**

*Valor de caudal PR 100 años*

CAUDAL CRÍTICO		
AÑOS	CAUDAL	VALOR REAJUSTADO
100	2,139.80	2,781.74

*Nota.* Del modelo SCS elaborado en software HEC-HMS se pudo determinar que el valor de caudal para un periodo de retorno de 100 años es de 2,139.80 m<sup>3</sup>/s, dicho valor de acuerdo con los valores de riesgo para la zona se reajusto al 2,781.74 m<sup>3</sup>/s teniendo así el caudal crítico para 100 años.

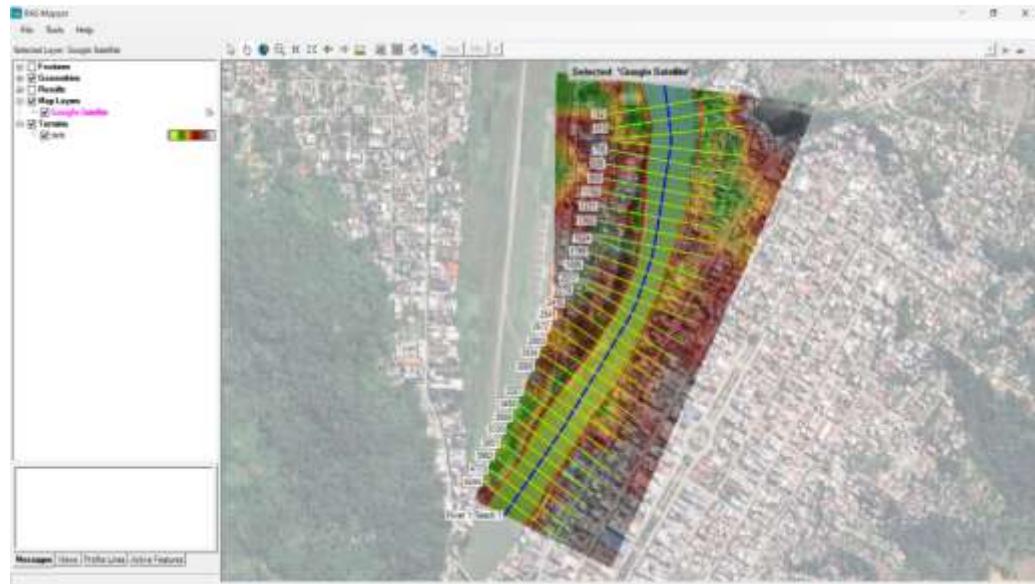
**Figura 29**

*Modelo topográfico de la zona*



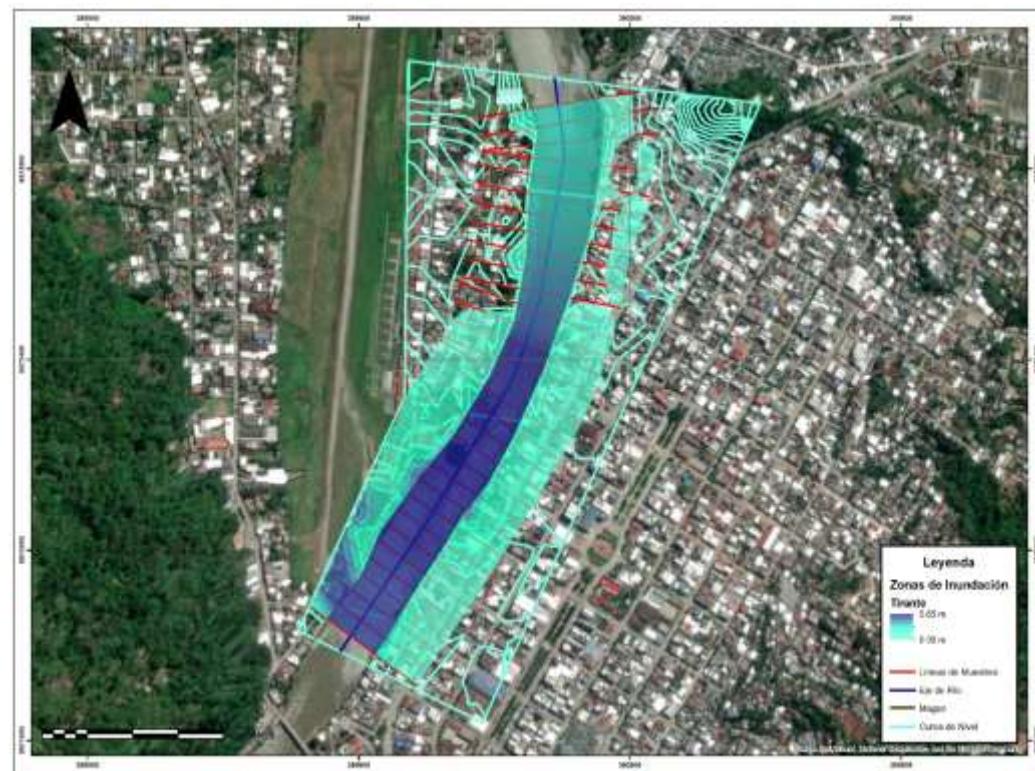
*Nota.* Con la determinación de los valores de caudal para un PR de 100 años se procedió a elaborar un modelo de inundación bidimensional en la zona, para ello se requirió de un modelo topográfico con el cual poder determinar las zonas de inundación.

**Figura 30**  
*Modelo HEC-RAS*



*Nota.* Con la obtención del modelo topográfico y las curvas de caracterización del modelo como el eje del cauce, los márgenes del río y las líneas de muestro se pudo elaborar el modelo de inundación bidimensional para la zona del puente Corpac.

**Figura 31**  
*Modelo cartográfico de inundación*



*Nota.* Del modelo de inundación en la zona de del puente Corpac se pudo identificar que el tirante hidráulico llega hasta casi los 6.00 m de altura obteniendo así que la inundación se daría en ambos márgenes del cauce debido a que la zona se caracteriza por ser plana en la parte de la zona urbana, facilitando así el desborde del río Huallaga.

**Tabla 20**

*Llanura de inundación*

ÁREA DE CAUCE	ÁREAS DE INUNDACIÓN		ÁREA TOTAL DE INUNDACIÓN
	ÁREA DE INUNDACIÓN MARGEN DERECHO	ÁREA DE INUNDACIÓN MARGEN IZQUIERDO	
15.10 ha	13.10 ha	7.99 ha	21.10 ha

*Nota.* Con los modelos cartográficos de inundación se pudo determinar las áreas de faja marginal que se forman a ambos lados del río Huallaga a la altura del puente Corpac, de la cual se pudo determinar que la faja marginal del margen derecho comprende un área de 13.10 ha y para el margen izquierdo un área de 7.99 ha, estimado así que el área de inundación total estimado es de 21.10 ha.

#### 4.1.3 DETERMINACIÓN DE LA VULNERABILIDAD

Para la determinación del peligro se tomó en consideración los parámetros según lo estableció por el CENEPRED, los valores de tirante obtenidos del modelo Hec-Ras, el tipo de Cobertura de Suelo y los valores de pendiente del terreno analizado.

**Figura 32**

*Identificación de las Coberturas Vegetales del área*



*Nota.* De la identificación de los límites del área de interés y a partir de la aplicación de clasificaciones supervisadas de la imagen satelital de la zona de interés se pudo clasificar a las 5 coberturas de la zona, identificando así a los Accesos, Cauce, Edificaciones Urbanas, Vegetación Densa y Vegetación Pobre caracterizando así cada uno de los parámetros de identificación.

**Figura 33**

*Intervalos de pendiente*



*Nota.* Con el modelo topográfico elaborado para la zona de interés y con la reclasificación de pendientes porcentuales se pudo determinar que la zona de interés presenta una pendiente característica de planicie ya que no hay variaciones considerables en las cotas levantadas.

**Tabla 21**

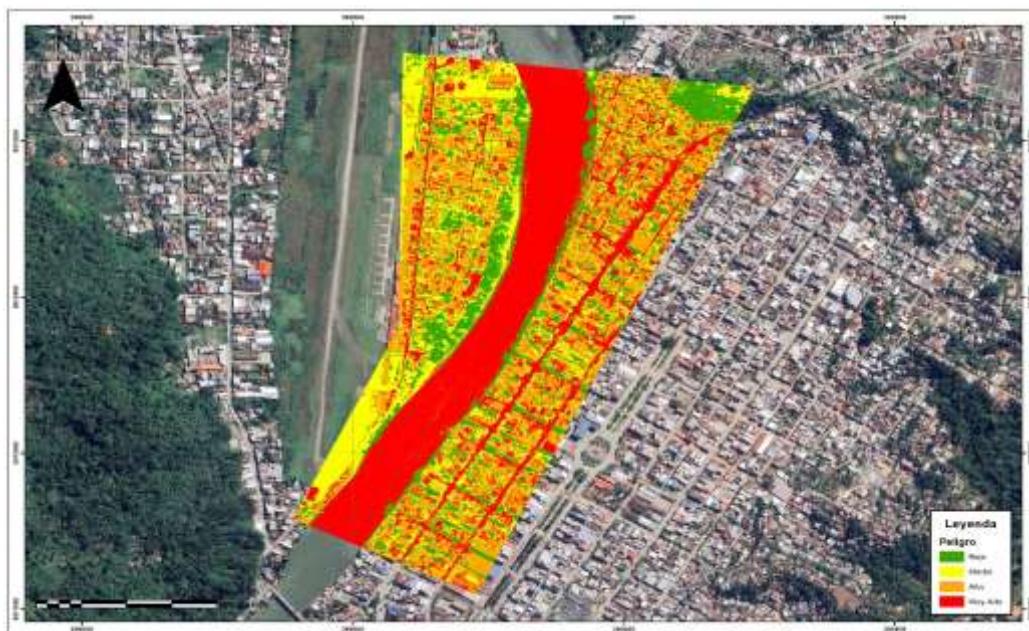
*Factores de ponderación del Peligro*

Factores condicionantes	Tirante	Cobertura vegetal	Pendiente
<b>Tirante</b>	1.00	3.00	5.00
<b>Cobertura vegetal</b>	0.333	1.00	3.00
<b>Pendiente</b>	0.200	0.333	1.00
<b>SUMA</b>	1.53	4.33	9.00
<b>1/SUMA</b>	0.65	0.23	0.11

*Nota.* Con la aplicación de los factores ponderantes para cada uno de los parámetros evaluados finalmente se pudo determinar a partir de las intersecciones de los valores el mapa de peligrosidad de la zona de interés.

**Figura 34**

*Mapa de peligrosidad*



*Nota.* Con la aplicación de cada uno de los factores ponderantes finalmente se pudo obtener los valores de peligro clasificados para cada una de las áreas de la zona de interés identificando así que el mayor valor de peligrosidad se encuentra en las partes cercanas al cauce y a los accesos pavimentados en la zona debido a su impermeabilidad.

**Tabla 22**

*Rangos de peligrosidad*

Nivel de Peligro	Rango		
Peligro Muy Alto	0.499	$\leq P \leq$	0.803
Peligro Alto	0.347	$\leq P <$	0.499
Peligro Medio	0.263	$\leq P <$	0.347
Peligro Bajo	0.218	$\leq P <$	0.263

*Nota.* Con los valores ponderantes se lograron determinar los rangos de ponderación para la caracterización del peligro en la zona y con ello se

pudo representar de manera cartográfica los valores de peligrosidad para la zona de interés.

Para la identificación de los valores de vulnerabilidad de la zona se aplicó un modelo de lotización satelital y con información estadística del INEI se pudo determinar las condiciones en las que se encuentran los lotes de interés identificando así los valores de vulnerabilidad para la zona de interés.

**Tabla 23**

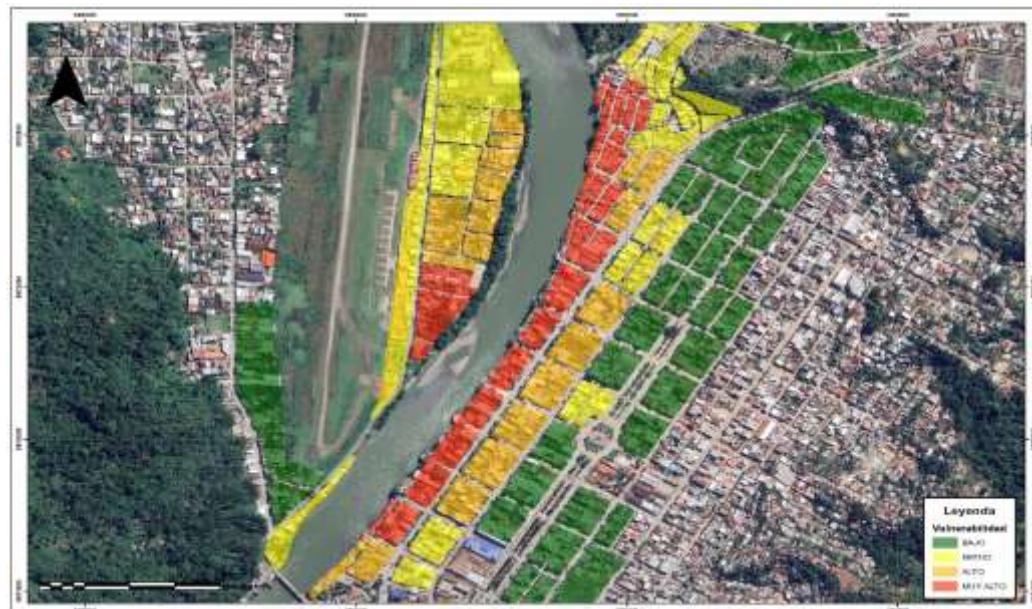
*Identificación de las dimensiones analizadas*

Exposición	Fragilidad	Resiliencia
Cantidad de personas en cada lote	Edad de los grupos poblacionales Condición de discapacidad	Conocimiento sobre desastres ocurridos anteriormente Capacitación en gestión de riesgos por parte de autoridades Motivación para participar en campañas de prevención de riesgos

*Nota.* En la caracterización de la vulnerabilidad se aplicó lo establecido por el CENEPRED determinando las dimensiones de Exposición, Fragilidad y Resiliencia, cada una de estas dimensiones fueron caracterizadas en los parámetros Sociales, Económicos y Ambientales analizados en la zona de interés.

**Figura 35**

*Mapa de vulnerabilidad*



*Nota.* En la identificación de las zonas vulnerables se tomaron en cuenta a partir de la lotización satelital, cada una de ellas de acuerdo a los parámetros y descriptores fueron analizados obteniendo así una caracterización de vulnerabilidad en la zona determinando así que el margen derecho del río es el más vulnerable debido a que no se identificó una cobertura natural que sirva como barrera a diferencia del margen izquierdo del río.

**Tabla 24**

*Rangos de vulnerabilidad*

Nivel de vulnerabilidad	Rangos		
Vulnerabilidad Muy Alta	0.518	$\leq v <$	0.881
Vulnerabilidad Alta	0.298	$\leq v <$	0.518
Vulnerabilidad Media	0.156	$\leq v <$	0.298
Vulnerabilidad Baja	0.080	$\leq v <$	0.156

*Nota.* Con los valores ponderantes se lograron determinar los rangos de ponderación para la caracterización de la vulnerabilidad en la zona. Finalmente, con ello se pudo elaborar la información cartográfica para la vulnerabilidad de la zona.

Para la estimación del riesgo en la zona de interés se pudo determinar que en la unión de los valores ponderados de peligro y vulnerabilidad al aplicar una intersección entre ellas se determinaron los valores de riesgo en la zona obteniéndose que:

**Figura 36**

*Mapa de riesgo*



*Nota.* Con la estimación de los valores de peligro y vulnerabilidad se pudo determinar que el nivel de riesgo en la zona es predominantemente Muy alto a Alto debido a que para el margen derecho de la zona no presenta una estructura de contención de desborde los caudales del río Huallaga esto pues afectando a la zona urbana cercana a los cauces y mientras más nos alejemos de los márgenes el nivel de riesgo disminuye de manera considerable.

**Tabla 25**

*Rangos del Riesgo*

Nivel del Riesgo	Rango		
Riesgo Muy alto	0.258	$\leq R <$	0.707
Riesgo Alto	0.103	$\leq R <$	0.258
Riesgo Medio	0.041	$\leq R <$	0.103
Riesgo Bajo	0.001	$\leq R <$	0.041

*Nota.* Finalmente del modelo de peligrosidad y vulnerabilidad con la aplicación de la matriz Saaty se lograron determinar los valores de riesgo en la zona con la cual se pudo caracterizar la cartografía en la zona de interés.

#### 4.1.4 FORMULACIÓN DE PROPUESTA TÉCNICA (DIQUE)

Para el diseño de las medidas estructurales consideradas en la investigación se realizó un análisis en el software River, con lo cual se pudo obtener la siguiente información.

**Figura 37**

*Predimensionamiento de enrocado*



*Nota.* Interfáz de predimensionamiento software River.

El diseño preliminar del dique recto propone una corona de 4.00 metros de ancho y una altura estructural de 3.30 metros, completamente protegida con enrocado. Incluye una uña de 1.10 metros de altura y 1.60 metros de ancho, que refuerza la base frente a la socavación. La altura total de la defensa es de 4.40 metros, lo que indica un diseño robusto frente a condiciones hidráulicas exigentes.

**Figura 38**

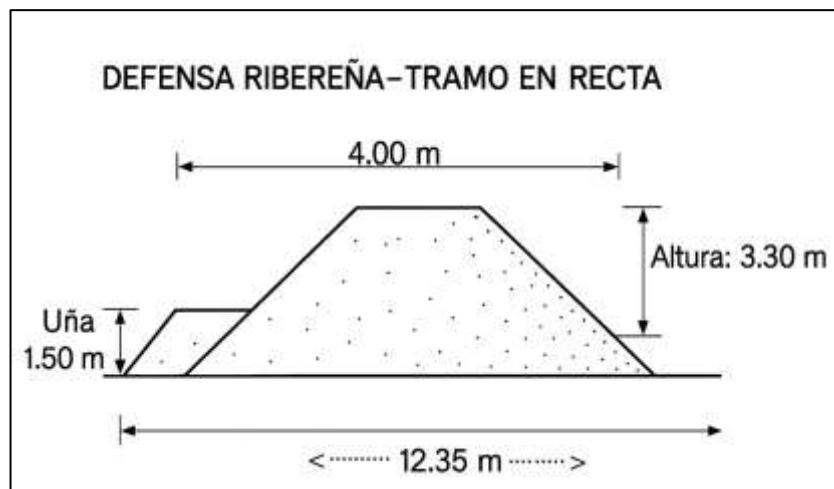
*Modelo finalizado de estructuración*



Nota. Modelamiento de estructura para estabilidad de dique

El diseño muestra un dique enrocado lateral con una altura estructural de 3.30 m y un enrocado que cubre toda su altura. La uña tiene 1.50 m de alto y 2.20 m de ancho, lo que refuerza eficazmente la base ante socavación. El borde libre se ha fijado en 2.06 m, lo que garantiza seguridad hidráulica ante crecidas extremas. El caudal de diseño es 2139.80 m<sup>3</sup>/s, y la velocidad del flujo alcanza 10.24 m/s, lo que indica condiciones hidráulicas severas. Para estas condiciones, el cálculo del diámetro del enrocado ( $D_{50}$ ) arroja 19.61 cm según Maynard y 6.29 cm según Isbash, siendo el valor seleccionado de diseño 13.00 cm. Ambos métodos coinciden en que el diseño es estable frente al deslizamiento y al volteo.

**Figura 39**  
**Modelo final de estructuración**



*Nota.* Modelo de esquema finalizado.

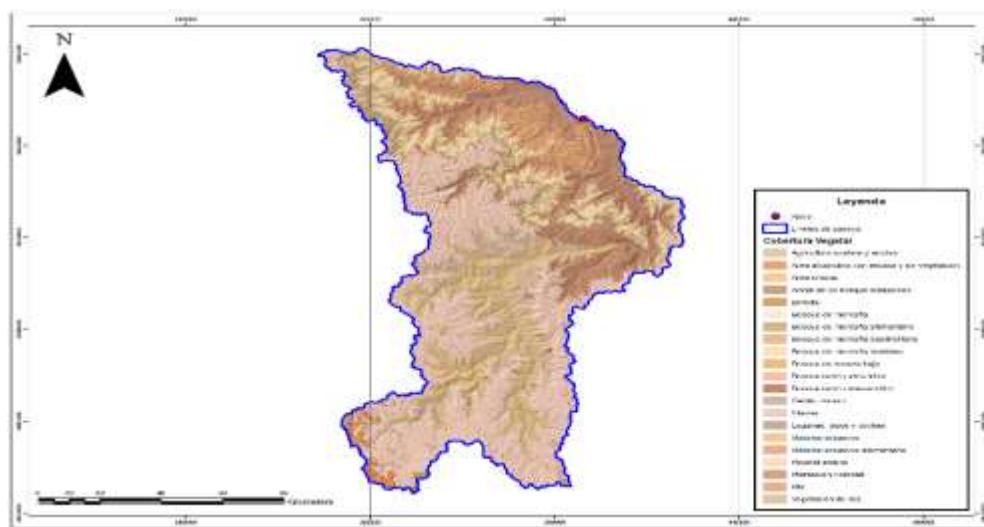
Con la estructuración del dique de contención se pudo validar la estabilidad del dique con el cual se mitigan los efectos de inundación en la zona de la investigación.

## 4.2 CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS

H<sub>G</sub>: El análisis geoespacial del riesgo de inundación fluvial mediante ArcGIS permite sustentar técnicamente el diseño de un dique de contención que contribuya a reducir la vulnerabilidad en el tramo Puente Corpac – Tingo María.

**Figura 40**

### *Cobertura de suelo de la cuenca*



La identificación de los distintos tipos de cobertura de suelo, junto con la caracterización completa de la geomorfología de la cuenca, permitió realizar una caracterización integral de la misma. Esta información fue incorporada en el análisis geoespacial mediante ArcGIS, lo cual sustentó técnicamente la determinación del caudal en el tramo Puente Corpac. Dicho sustento resultó clave para justificar el diseño de un dique de contención orientado a reducir la vulnerabilidad frente a inundaciones, en concordancia con la hipótesis planteada.

**Figura 41**  
*Modelo cartográfico de inundación*



Con los valores de caudal obtenidos para el periodo de retorno analizado, se elaboró el modelo de inundación correspondiente. A partir de este modelo, se identificaron las zonas de inundación en ambos márgenes del río Huallaga. Esta información fue representada cartográficamente mediante el software ArcGIS, lo cual permitió sustentar técnicamente la magnitud del riesgo de inundación. Este análisis geoespacial sirvió como base para justificar la necesidad de implementar un dique de contención, contribuyendo así a la reducción de la vulnerabilidad en el tramo Puente Corpac, en línea con la hipótesis planteada.

**Tabla 26**

*Llanura de inundación*

ÁREA DE CAUCE	ÁREAS DE INUNDACIÓN		ÁREA TOTAL DE INUNDACIÓN
	ÁREA DE INUNDACIÓN MARGEN DERECHO	ÁREA DE INUNDACIÓN MARGEN IZQUIERDO	
15.10 ha	13.10 ha	7.99 ha	21.10 ha

La identificación bidimensional cartográfica de las zonas de inundación permitió determinar las áreas correspondientes a las fajas marginales en ambos márgenes del cauce del río Huallaga. Esta delimitación se logró mediante el modelo cartográfico elaborado en ArcGIS, el cual discretizó con

precisión la zona del cauce y los desplazamientos anómalos del agua. Esta información fue clave para sustentar técnicamente la necesidad de diseñar un dique de contención, con el propósito de reducir la vulnerabilidad del tramo Puente Corpac frente al riesgo de inundaciones, en concordancia con la hipótesis formulada.

**Tabla 27**

*Registro de tirantes HEC-RAS – Sin dique*

<b>id_sec cion</b>	<b>tirante_cri tico_m</b>	<b>ancho_super ior_T_m</b>	<b>velocida d_ms</b>	<b>WS_EI ev_m</b>	<b>EG_Slope _m_m</b>	<b>Flow_Ar ea_m2</b>	<b>Top_Wi dth_m</b>
4244	4.87	145.1	3.58	645.53	0.003	654.95	131.52
4113	5.04	213.53	3.06	645.45	0.002	923.92	186.09
3982	5.29	211.56	2.92	645.33	0.002	962.08	184.24
3851	4.5	204.47	3.38	645.17	0.003	828.46	179.29
3720	4.4	166.07	3.47	645.02	0.003	676.7	148.91
3589	4.74	160.94	3.34	644.93	0.003	743.21	145.66
3458	4.64	178.46	3.12	644.93	0.002	785.73	157.34
3327	5.59	147.56	3.25	644.7	0.002	719.03	131.51
3196	5.5	141.71	3.38	644.64	0.003	699	128.12
3065	5.14	164.23	3.21	644.58	0.002	763.91	146.01
2934	5.09	149.56	3.23	644.41	0.002	743	135.75
2803	5.9	142.83	3.32	644.44	0.002	729.94	124.69
2672	5.79	130.89	3.45	644.33	0.003	683.86	117.61
2541	5.51	130.89	3.48	644.08	0.003	654.29	115.51
2410	5.48	125.37	3.62	644.01	0.003	643.56	112.38
2279	5.38	120.39	3.86	643.83	0.003	594.2	106.92
2148	5.3	116.3	4.27	643.67	0.004	577.46	103.16
2017	5.43	114.77	4.21	643.46	0.004	575.24	103.47
1886	5.2	115.65	4.44	643.38	0.005	534.97	100.7
1755	4.31	110.27	5.56	643.05	0.009	426.79	96.83
1624	4.3	117.75	5.38	642.57	0.009	442.62	102.66
1493	4.07	126.07	4.92	642.22	0.008	468.23	110.13
1362	3.98	130.71	5.03	642	0.008	483.38	115.68
1231	3.94	141.42	4.69	641.51	0.008	505.67	123.39
1100	4.04	148.41	4.29	641.14	0.006	566.15	134.38
969	4.18	158.11	4.03	640.94	0.005	594.08	142.47
838	4	162.88	3.76	640.82	0.005	609.34	147.77
706	4.09	168.14	3.67	640.47	0.005	633.44	150.63
575	4.07	169.28	3.71	640.35	0.005	630.54	151.22
444	3.81	168.42	3.8	640.17	0.005	615.02	151.24
313	4.01	176.48	3.79	639.85	0.005	633.59	154.61
182	2.98	173.85	4.89	639.61	0.011	487.34	155.52

*Nota.* Registros obtenidos del modelo hidráulico.

Con los registros obtenidos mediante el modelo HEC-RAS, se determinaron los valores de los tirantes críticos y los anchos de cauce correspondientes al caudal asociado a un periodo de retorno de 100 años. a reducir la vulnerabilidad en el tramo Puente Corpac, de acuerdo con la hipótesis planteada.

**Tabla 28***Registro de tirantes HEC-RAS – Con dique*

<b>id_sec cion</b>	<b>tirante_cri tico_m</b>	<b>ancho_super ior_T_m</b>	<b>velocida d_ms</b>	<b>WS_EI ev_m</b>	<b>EG_Slope _m_m</b>	<b>Flow_Ar ea_m2</b>	<b>Top_Wi dth_m</b>
4244	4.28	131.52	3.86	645.43	0.003354	562.65	131.52
4113	4.22	186.09	3.32	645.25	0.002268	784.89	186.09
3982	4.51	184.24	3.24	645.15	0.00209	831.5	184.24
3851	3.88	179.29	3.73	645.03	0.00292	696.12	179.29
3720	3.94	148.91	3.85	644.9	0.003143	586.53	148.91
3589	4.25	145.66	3.58	644.76	0.002623	619.68	145.66
3458	4.2	157.34	3.41	644.64	0.002316	661.05	157.34
3327	4.71	131.51	3.51	644.54	0.002432	619.89	131.51
3196	4.74	128.12	3.58	644.44	0.002512	607.68	128.12
3065	4.39	146.01	3.52	644.34	0.002375	641.52	146.01
2934	4.62	135.75	3.51	644.24	0.002322	626.82	135.75
2803	4.93	124.69	3.54	644.15	0.002328	615.23	124.69
2672	4.89	117.61	3.79	644.04	0.002693	575.37	117.61
2541	4.91	115.51	3.85	643.93	0.002758	567.12	115.51
2410	4.9	112.38	3.96	643.81	0.002928	551.03	112.38
2279	4.81	106.92	4.25	643.67	0.003455	514.11	106.92
2148	4.69	103.16	4.51	643.51	0.004027	483.98	103.16
2017	4.71	103.47	4.48	643.35	0.003957	487.01	103.47
1886	4.55	100.7	4.76	643.16	0.004669	458.59	100.7
1755	3.82	96.83	5.89	642.85	0.009049	370.1	96.83
1624	3.7	102.66	5.72	642.46	0.00897	379.75	102.66
1493	3.65	110.13	5.41	642.06	0.008174	401.48	110.13
1362	3.52	115.68	5.32	641.72	0.008304	407.41	115.68
1231	3.47	123.39	5.06	641.36	0.007684	427.85	123.39
1100	3.53	134.38	4.56	641.01	0.006114	474.02	134.38
969	3.55	142.47	4.27	640.74	0.005307	506.2	142.47
838	3.57	147.77	4.1	640.52	0.004869	527.12	147.77
706	3.55	150.63	4.05	640.32	0.004784	534.25	150.63
575	3.51	151.22	4.07	640.12	0.004906	530.74	151.22
444	3.45	151.24	4.12	639.92	0.005186	522.06	151.24
313	3.45	154.61	4.03	639.7	0.005005	533.08	154.61
182	2.67	155.52	5.19	639.36	0.01137	414.87	155.52

Nota. Registros obtenidos del modelo hidráulico.

Al igual que los valores de estimación del modelo HEC-RAS para el modelo sin dique se hizo un procesamiento para el modelo aplicando las medidas de protección frente a las inundaciones generando así una mejora en el encauzamiento del río.

**Tabla 29***Prueba de Normalidad Shapiro – Wilk (Sin dique)*

<b>Variable</b>	<b>W</b>	<b>p-valor</b>	<b>Decisión</b>
Tirante crítico (m)	0.943	0.09	No se rechaza normalidad
Ancho superior T (m)	0.944	0.094	No se rechaza normalidad

Velocidad (m/s)	0.91	0.011	Se rechaza normalidad
Área de flujo (m <sup>2</sup> )	0.971	0.52	No se rechaza normalidad

Nota. Prueba de normalidad aplicada a los datos sin dique.

Con el análisis de la normalidad se pudo determinar que para el caso del escenario sin dique la prueba de normalidad no es recomendada para dicha variable, esta puede ser abordada mediante la metodología de las pruebas no paramétricas o pruebas robustas.

**Tabla 30**

*Prueba de Normalidad Shapiro – Wilk (Con dique)*

Variable	W	p-valor	Decisión
Tirante crítico (m)	0.916	0.016	Se rechaza normalidad
Ancho superior T (m)	0.951	0.149	No se rechaza normalidad
Velocidad (m/s)	0.91	0.011	Se rechaza normalidad
Área de flujo (m <sup>2</sup> )	0.965	0.373	No se rechaza normalidad

Nota. Prueba de normalidad aplicada a los datos con dique.

Con el análisis de la prueba de normalidad para el caso del cauce con el dique se pudo determinar que para las variables de tirante crítico esta no se ajusta a la prueba de normalidad, con la cual se plantea el análisis por pruebas no paramétricas como son las de Wilcoxon pareada.

**Tabla 31**

*Prueba pareada (Sin dique – Con dique)*

Variable	Media con	Media sin	Δ (sin – con)	Prueba	Estadístico	p-valor
Tirante crítico (m)	4.11	4.71	<b>0.59</b>	Wilcoxon	0	<0.001
Ancho superior T (m)	134.23	151	<b>16.77</b>	t pareada	23.674	<0.001
Velocidad (m/s)	4.19	3.88	<b>-0.31</b>	Wilcoxon	0	<0.001
Área de flujo (m <sup>2</sup> )	547.49	643.43	<b>95.94</b>	t pareada	25.967	<0.001

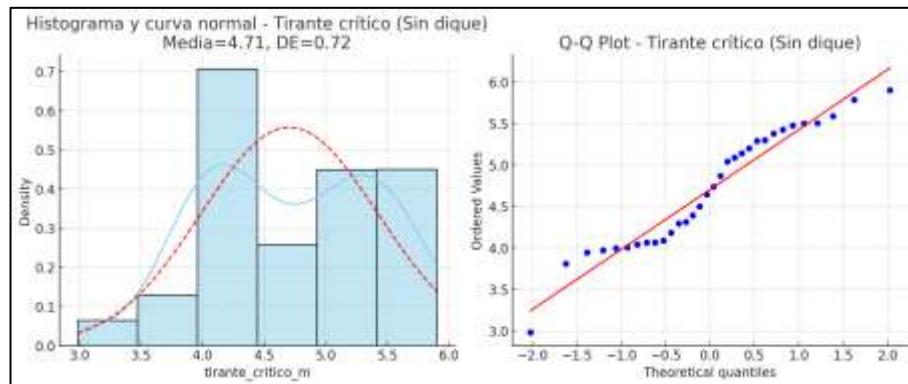
Nota. Prueba estadística pareada para comparación de resultados.

Con los análisis de los estadísticos se pudo determinar que tanto el tirante como el área de flujo se incrementa significativamente sin la posición del dique, mientras que el ancho superior se ensancha en 16 m sin la presencia del dique el cual presenta una variación significativa. Finalmente,

con relación a la velocidad esta se reduce en promedio en 0.31 m/s sin el dique el cual también compone una diferencia significativa.

**Figura 42**

*Prueba de normalidad para tirantes críticos (Sin Dique)*

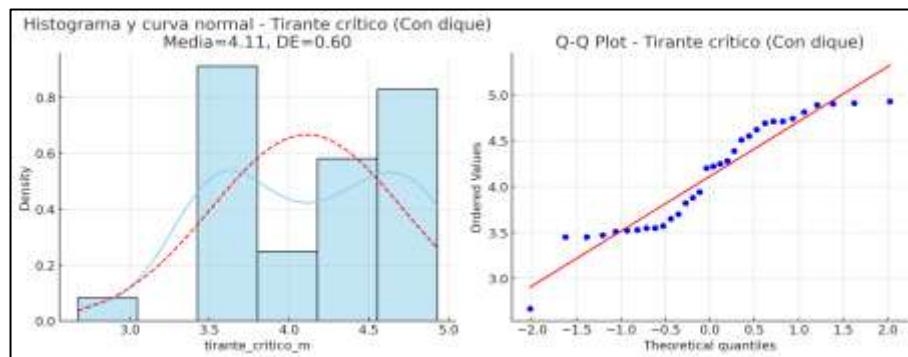


Nota. Histograma de valores de tirantes.

En ausencia de dique, los tirantes críticos se ajustan mejor a una distribución normal, lo cual facilita aplicar pruebas paramétricas. Además, se confirma que los valores tienden a ser más altos que en el escenario con dique.

**Figura 43**

*Prueba de normalidad para tirantes críticos (Con Dique)*



Se observa que la distribución del tirante crítico (media = 4.11 m, DE = 0.60) no sigue perfectamente una forma de campana; se aprecia cierta dispersión y agrupamientos en valores cercanos a 3.5–4.0 m y 4.5–4.9 m. La curva normal ajustada (línea roja) no se superpone del todo a la densidad observada, lo que confirma cierta desviación de la normalidad. Los tirantes con dique no siguen una distribución normal, aunque la media y mediana son cercanas, lo que sugiere cierta simetría.

Con el desarrollo del análisis se pudo determinar que la aplicación del software ArcGIS en el análisis del riesgo por inundaciones en el río Huallaga permitió obtener resultados precisos y técnicamente sustentados. Esta precisión validó el uso de herramientas geoespaciales como base para la toma de decisiones estructurales, específicamente en el diseño de un dique de contención. En consecuencia, se demostró que la hipótesis planteada fue verdadera, descartándose la hipótesis nula, ya que el análisis geoespacial sustentó técnicamente una solución estructural para reducir la vulnerabilidad en el tramo Puente Corpac.

## **CAPÍTULO V**

### **DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

Paredes (2023) desarrolló un estudio titulado “Evaluación del nivel de riesgo de inundación por la quebrada Tumbillan en la localidad de Bellavista viejo de la provincia de Jaén, región Cajamarca”, cuyo objetivo fue evaluar el riesgo de inundación mediante el uso de modelos hidrológicos y herramientas geoespaciales. Para ello, se recopiló información histórica de precipitaciones, se realizó un levantamiento topográfico y se utilizaron Sistemas de Información Geográfica (SIG) para identificar zonas vulnerables bajo distintos escenarios de lluvia. Los resultados permitieron establecer áreas de alto riesgo y justificar la implementación de obras hidráulicas, sistemas de alerta temprana y programas de educación comunitaria como medidas clave de mitigación. En el presente estudio, se aplicaron técnicas geoespaciales mediante ArcGIS y modelos hidrológicos y hidráulicos para analizar el riesgo de inundación en el tramo Puente Corpac – Tingo María, en el río Huallaga. La identificación de zonas vulnerables permitió estimar un área total de inundación de 21.10 ha y establecer la necesidad de un dique de contención como medida estructural de mitigación. Asimismo, el análisis morfológico de la cuenca y la validación estadística de variables hidráulicas reforzaron la solidez técnica del diseño propuesto. En comparación con el estudio de Paredes (2023), ambos trabajos coincidieron en la utilidad de los modelos geoespaciales y del análisis de riesgo para proponer medidas de mitigación frente a inundaciones. Sin embargo, mientras que el estudio de Paredes incluyó recomendaciones de carácter social e institucional, el presente trabajo se centró en sustentar técnicamente una solución estructural específica mediante el análisis geoespacial y estadístico del comportamiento hidrológico e hidráulico de la cuenca. Esta diferencia metodológica resalta cómo el enfoque técnico del presente estudio permitió demostrar la hipótesis planteada, confirmando que el análisis geoespacial mediante ArcGIS permitió sustentar el diseño de un dique de contención para reducir la vulnerabilidad en el tramo evaluado.

Portella (2020), en su tesis titulada “Evaluación del riesgo de inundación del río Cascajal en el entorno del caserío de Síncope (distrito de Olmos) y

análisis de alternativas de solución”, analizaron los factores que contribuyen a las inundaciones en dicha zona, utilizando modelos hidráulicos y datos topográficos e hidrológicos. El estudio permitió identificar zonas críticas de alta vulnerabilidad y propuso medidas de mitigación, destacando la urgencia de una planificación integral con participación comunitaria para reducir los impactos negativos de las inundaciones. En la presente investigación, se abordó el análisis del riesgo de inundación fluvial en el tramo Puente Corpac – Tingo María, aplicando el modelo RUSLE y técnicas geoespaciales en la cuenca del río Huallaga. A través del uso de ArcGIS y modelos hidráulicos, se identificaron zonas vulnerables, se delimitaron las fajas marginales y se planteó como medida de mitigación la construcción de un dique de contención. La caracterización geomorfológica, el modelado digital del terreno y la validación estadística de los parámetros hidráulicos reforzaron la justificación técnica de dicha solución. En comparación con el estudio de Portella (2020), ambos trabajos coincidieron en identificar áreas críticas expuestas a inundaciones mediante modelos hidráulicos y topográficos. No obstante, la presente investigación fue más específica en la evaluación de soluciones estructurales, respaldadas por un análisis geoespacial detallado. Esta aproximación permitió sustentar técnicamente el diseño del dique propuesto, en concordancia con la hipótesis formulada, y demostró cómo el uso de ArcGIS fue clave para reducir la vulnerabilidad en el tramo analizado del río Huallaga.

Coz (2023), en su tesis titulada “Evaluación de los niveles de riesgo por inundación fluvial; en las riberas del centro poblado de Cayrán, distrito de San Francisco de Cayrán, provincia de Huánuco 2022”, tuvieron como propósito identificar zonas vulnerables, analizar la recurrencia y severidad de eventos de inundación, y proponer medidas de mitigación. Mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) y el análisis de datos históricos, llevaron a cabo una evaluación detallada de las condiciones topográficas, climáticas y del uso del suelo en el área de estudio. Sus hallazgos señalaron que las zonas más afectadas se ubicaban en las riberas bajas del cauce del río, donde la deforestación y la falta de infraestructura adecuada incrementaban el nivel de riesgo. Como respuesta, propusieron medidas estructurales como diques y canales, así como acciones de reforestación y

educación en gestión del riesgo. En la presente investigación, se desarrolló un análisis geoespacial en la cuenca del río Huallaga, centrado en el tramo Puente Corpac – Tingo María, con el objetivo de identificar zonas inundables y sustentar el diseño de un dique de contención. Se emplearon técnicas geoespaciales mediante ArcGIS, además de modelos hidrológicos y datos geomorfológicos, lo cual permitió delimitar las fajas marginales, caracterizar el comportamiento hidráulico del cauce y estimar con precisión el área vulnerable. La validación estadística de variables como tirante y ancho de flujo reforzó técnicamente la propuesta de mitigación estructural. En comparación, ambos estudios coincidieron en la identificación de zonas vulnerables por inundación y en la necesidad de implementar medidas estructurales para reducir el riesgo. No obstante, mientras Coz (2023) plantearon un enfoque integral con componentes sociales y ambientales, el presente estudio se enfocó en el sustento técnico del diseño de un dique de contención, basado en análisis geoespacial y modelación hidráulica. Esta diferencia metodológica reafirmó la hipótesis planteada, al demostrar que el análisis geoespacial mediante ArcGIS permitió sustentar técnicamente una solución estructural para reducir la vulnerabilidad en el tramo evaluado.

## CONCLUSIONES

De la evaluación del riesgo de inundación pluvial se pudo concluir, que la propuesta de mitigación ante inundaciones incluye un dique enrocado lateral de 3.30 m de altura, con uña de 1.50 m de alto por 2.20 m de ancho, y un borde libre de 2.06 m, adecuado para enfrentar caudales de 2139.80 m<sup>3</sup>/s y velocidades de 10.24 m/s.

Con relación a la evaluación de los modelos digitales de terreno se pudo concluir, el factor de forma es de 0.61, el factor de compacidad es de 2.75, los lados del rectángulo equivalente son de 518.48 km y 23.47 km, la densidad de drenaje de la cuenca es de 0.18 u/km<sup>2</sup> y el valor del índice de pendiente se determinó en 0.13.

Del análisis en los cambios de los parámetros hidrológicos e hidráulicos del río se pudo concluir, del modelo SCS elaborado en software HEC-HMS se pudo determinar que el valor de caudal para un periodo de retorno de 100 años es de 2,139.80 m<sup>3</sup>/s, dicho valor de acuerdo con los valores de riesgo para la zona se reajusto al 2,781.74 m<sup>3</sup>/s teniendo así el caudal crítico para 100 años.

De la identificación y mapeo de las zonas de mayor vulnerabilidad a inundaciones se pudo concluir, en los márgenes del cauce del río Huallaga por inundaciones se pudo determinar que la faja marginal del margen derecho comprende un área de 13.10 ha y para el margen izquierdo un área de 7.99 ha, estimado así que el área de inundación total estimado es de 21.10 ha. Encontrándose en un nivel de riesgo alto.

En la formulación de medidas técnicas para la mitigación del riesgo por inundaciones se concluyó, el diámetro del enrocado seleccionado fue de 13.00 cm, resultado de promediar los valores obtenidos por los métodos de Maynard e Isbash, garantizando la estabilidad del diseño ante deslizamientos y volteo.

## **RECOMENDACIONES**

Se recomienda implementar la construcción del dique enrocado lateral propuesto, asegurando que su diseño estructural se adecue a las condiciones hidráulicas de la zona y contribuya eficazmente a mitigar el riesgo de inundaciones.

Se recomienda continuar utilizando modelos digitales de terreno generados con datos topográficos confiables, ya que permiten una delimitación precisa de las zonas susceptibles a inundación.

Se recomienda adoptar el caudal crítico ajustado como parámetro base en el diseño de obras hidráulicas, al representar adecuadamente las condiciones hidrológicas extremas del río Huallaga.

Se recomienda priorizar las zonas identificadas como de mayor vulnerabilidad en las estrategias de intervención y gestión del riesgo, considerando su exposición frente a eventos de inundación.

Se recomienda emplear un tamaño de enrocado que garantice la estabilidad estructural del dique, considerando criterios técnicos validados para asegurar su resistencia frente a procesos de erosión y socavación.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- López Tarabochia, M. (2024). *Lluvias extremas e inundaciones: especialistas explican por qué golpean actualmente a países de América del Sur.* Obtenido de <https://es.mongabay.com/2017/04/lluvias-inundaciones-americadelsur-ninocostero/>
- Allegro Giusto. (19 de febrero de 2021). *Vatican News.* Obtenido de <https://www.vaticannews.va/es/mundo/news/2021-02/amazonia-peruana-miles-damnificados-por-lluvias.html>
- Arias Gallegos, W. (2018). *Introducción a la Metodología de la Investigación.* Lima: Universidad de Lima.
- CENEPRED. (2020). *Capacidades en Gestión del Riesgo de Desastres en el Perú.* Lima.: Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres.
- CEPAL. (s.f.). *Sede subregional de la CEPAL en México.* Obtenido de <https://www.cepal.org/es/acerca/sedes-subregionales-oficinas/cepal-mexico/cambio-climatico>
- Climántica. (s.f.). Obtenido de <http://es.contenidos.climantica.org/unidades/3/a-auga-en-movimento/un-movimento-ciclico/os-procesos-do-ciclo-hidroloxico>
- Comercio, E. (19 de Diciembre de 2018). *Info Inundaciones.* Obtenido de <https://infoinundaciones.com/noticias/el-nino-se-eleva-a-73-probabilidad-de-que-ocurra-en-la-costa-peruana-al-2019/>
- Condori Ojeda , P. (2021). *Universo, población y muestra.* Editorial Académica.
- Coz, K. (2023). *Evaluación de los niveles de riesgo por inundación fluvial, en las riberas del centro poblado de Cayrán, Distrito de San Francisco de Cayrán, Provincia de Huánuco.* Universidad Nacional Hermilio Valdizán.
- Delgado Sánchez, J. C. (2018). *Gestión de riesgos de desastres naturales: inundaciones fluviales en el Perú.* Lima: Universitaria del Perú.
- Esri. (2020). *Introducing ArcGIS: A Guide for Beginners.* Esri Press.

- FloodSmart. (2020). *¿Cuál es su riesgo de inundación?* Obtenido de <https://www.floodsmart.gov/es/mapas-de-inundacion/riesgo-de-inundacion>
- FutureWater. (2020). *Modelos hidrológicos y SPHY.* Obtenido de <https://www.futurewater.es/soluciones/modelos-hidrologicos-sphy/>
- Gobierno Regional de Lima. (14 de Setiembre de 2017). *Sinia.* Obtenido de <https://sinia.minam.gob.pe/novedades/pronostican-que-lluvias-intensas-continuaran-zona-alto-andina-region>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la Investigación.* Lima: McGraw-Hill.
- Hernández, L. (2016). *Hidrología aplicada en regiones andinas.* LIMA: Editorial Universitaria.
- IDIGER. (2020). *Riesgo por Inundación.* Obtenido de <https://www.idiger.gov.co/rinundacion>
- INEI. (2019). *Estadísticas de Gestión de Riesgos de Desastres.* LIMA: Instituto Nacional de Estadística e Informática.
- Info Inundaciones. (28 de Febrero de 2020). *Más de 2 millones de habitantes expuestos a nivel muy alto de riesgo por lluvias.* Obtenido de <https://infoinundaciones.com/noticias/mas-de-2-millones-de-habitantes-expuestos-a-nivel-muy-alto-de-riesgo-por-lluvias/>
- Instituto De Ciencias De La Atmosfera Y Cambio Cli. (25 de Enero de 2024). *Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático.* Obtenido de <https://www.atmosfera.unam.mx/el-deshielo-de-los-glaciares-supera-pronosticos-hechos-por-cientificos/>
- Instituto Nacional de Defensa Civil. (2020). *Informe de Inundaciones.* Lima: INDECI.
- Instituto Nacional de Defensa Civil. (2022). *Técnicas de Modelado y Simulación de Inundaciones en el Perú.* Lima: INDECI.
- Jiménez, F. (2019). *Ingeniería Hidráulica en el Perú.* Lima: Editorial UNI.
- La Razón. (20 de Febrero de 2024). *El Servicio Nacional de Meteorología e Hidrografía del Perú alertó que las precipitaciones pluviales son causadas por la ausencia del Anticiclón del Pacífico Sur.* Obtenido de <https://larazon.pe/fuertes-lluvias-rayos-truenos-e-inundaciones-en-el-norte-peruano/>

- López Mariano, M. E., & Carmen Quispe, E. Y. (2022). *Análisis hidrológico e hidráulico para la evaluación de riesgo de inundación fluvial por desborde del Río Huallaga en el sector de Huayopampa, distrito de Amarilis, provincia de Huánuco 2021*. Huánuco: Universidad Nacional Hermilio Valdizan.
- Ministerio del Ambiente del Perú. (2021). *Identificación y Mapeo de Áreas Vulnerables: Herramientas y Aplicaciones en el Contexto Peruano*. Lima: Ministerio del Ambiente.
- Molina Chocano, J. (2021). *Modelado Hidrológico con ArcGIS: Aplicaciones en la Gestión de Recursos Hídricos en Perú*. LIMA: Editorial Hidrología Peruana.
- Morales, A. (2018). *Impacto del cambio climático en la hidrología peruana*. AREQUIPA: Ediciones Andinas.
- Morales, A. (2019). *Impacto del cambio climático en la hidrología peruana*. AREQUIPA: Ediciones Andinas.
- Municipalidad Provincial de Leoncio Prado. (2022). *Plan de Desarrollo Urbano de Tingo María*. Tingo María: Municipalidad Provincial de Leoncio Prado.
- Paredes Delgado, R. I. (2023). “*Evaluación del nivel de riesgo de inundación por la quebrada Tumbillan en la localidad de Bellavista viejo de la provincia de Jaén, región Cajamarca*.” . Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca.
- Peña, J. (2017). *Hidrología y gestión de recursos hídricos*. LIMA: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Pérez Silva, J. (2022). *Evaluación del diseño hidráulico y estructural de las defensas ribereñas del río Mantaro*. Universidad Continental.
- Perú., M. d. (2021). *Identificación y Mapeo de Áreas Vulnerables: Herramientas y Aplicaciones en el Contexto Peruano*. LIMA: Ministerio del Ambiente.
- Pimentel Salas, V. (2019). *Aplicación de ArcGIS en la Simulación de Inundaciones en Cuencas Hidrográficas*. LIMA: Ediciones Hidráulicas Peruanas.
- Ponce, V. (2014). *Hidrología: Fundamentos y aplicaciones*. TRUJILLO: Ediciones Académicas.

- Quora. (s.f.). Obtenido de <https://es.quora.com/C%C3%B3mo-la-deforestaci%C3%B3n-afecta-al-suelo>
- Rodríguez, L. (2018). *Hidrología Aplicada en el Perú*. Trujillo: Editorial UPAO.
- Salazar, P. (2020). *Evaluación de Desastres Naturales en el Perú*. Arequipa: Editorial UNSA.
- Sánchez, R. (2018). *Desastres naturales y planificación territorial en Perú*. Trujillo: Editorial San Marcos.
- Sánchez, R. (2019). *Desastres naturales y planificación territorial en Perú*. Trujillo: Editorial San Marcos.
- Sanchez, R. (2020). *Metodología de la Investigación en Ciencias Sociales*. Lima: Editorial PUCP.
- Santamaría Huertas, C. (2020). *Herramientas SIG en la Gestión de Recursos Hídricos*. LIMA: Ediciones Técnicas Peruanas.
- SENAMHI. (2019). *Aplicación de Tecnologías de Información Geográfica en la Gestión de Inundaciones*. LIMA: SENAMHI.
- SINAGIR. (2020). *Manual para la elaboración de mapas de riesgo*. Sistema Nacional para la Gestión Integral del Riesgo.
- Smith, K., & Petley, D. N. (2009). *Environmental Hazards: Assessing Risk and Reducing Disaster*. Routledge.
- Torres, M. (2020). *Cambio Climático y Riesgos Hidrológicos en el Perú*. Iquitos: Editorial UNAP.
- UNISDR. (2015). *Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction*. United Nations: Office for Disaster Risk Reduction.
- Vargas, R. (2015). *Hidráulica de ríos y control de inundaciones*. . AREQUIPA: Ediciones San Marcos.
- Vargas, R. (2020). *Hidráulica de ríos y control de inundaciones*. Arequipa: Ediciones San Marcos.
- Vega Rodríguez, , A. M. (2020). *Análisis y gestión de riesgos en zonas de inundación fluvial en el Perú*. Lima: Instituto Peruano de Estudios del Riesgo.
- Wikipedia. (s.f.). Obtenido de [https://es.wikipedia.org/wiki/R%C3%ADo\\_Huallaga](https://es.wikipedia.org/wiki/R%C3%ADo_Huallaga)
- Wikipedia. (2024). *Defensa ribereña*. Obtenido de [https://es.wikipedia.org/wiki/Defensa\\_ribere%C3%A1a](https://es.wikipedia.org/wiki/Defensa_ribere%C3%A1a)

Woessner, W., & Poeter, E. (2020). *Introducción a los ensayos hidráulicos en hidrogeología*. Obtenido de <https://gw-project.org/es/books/una-introduccion-a-las-pruebas-hidraulicas-en-hidrogeologia-metodos-basicos-de-bombeo-y-packer/>

## **COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

Cubillos Nolorve, B. K. (2025). *Evaluación del nivel de riesgo de inundación fluvial del río Huallaga mediante ArcGIS en el tramo del puente Corpac – Tingo María, 2024*. [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio institucional UDH.

## **ANEXOS**

# ANEXO 1

## RESOLUCIÓN DE APROBACIÓN DEL PROYECTO DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

**UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO**  
**Facultad de Ingeniería**

**RESOLUCIÓN N° 1978-2024-D-FI-UDH**

Huánuco, 10 de setiembre de 2024

Visto, el Oficio N° 1364-2024-C-PAIC-FI-UDH, mediante el cual el Coordinador Académico de Ingeniería Civil, remite el dictamen de los jurados revisores, del Trabajo de Investigación (Tesis) intitulado: "**EVALUACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO DE INUNDACIÓN FLUVIAL DEL RÍO HUALLAGA MEDIANTE ArcGIS EN EL TRAMO DEL PUENTE CORPAC -TINGO MARÍA, 2024.**", presentado por el (la) Bach. **Brayam Kenedy CUBILLOS NOLORVE**.

### CONSIDERANDO:

Que, mediante Resolución N° 006-2001-R-AU-UDH, de fecha 24 de julio de 2001, se crea la Facultad de Ingeniería, y;

Que, mediante Resolución de Consejo Directivo N° 076-2019-SUNEDU/CD, de fecha 05 de junio de 2019, otorga la Licencia a la Universidad de Huánuco para ofrecer el servicio educativo superior universitario, y;

Que, mediante Resolución N° 1395-2024-D-FI-UDH, de fecha 24 de junio de 2024, perteneciente al Bach. **Brayam Kenedy CUBILLOS NOLORVE**, se le designó como ASESOR(A) a la Mg. Ingrid Delia Dignarda Arteaga Espinoza, docente adscrito al Programa Académico de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería, y;

Que, según Oficio N° 1364-2024-C-PAIC-FI-UDH, del Coordinador Académico quien informa que los JURADOS REVISORES del Trabajo de Investigación (Tesis) intitulado: "**EVALUACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO DE INUNDACIÓN FLUVIAL DEL RÍO HUALLAGA MEDIANTE ArcGIS EN EL TRAMO DEL PUENTE CORPAC -TINGO MARÍA, 2024.**", presentado por el (la) Bach. **Brayam Kenedy CUBILLOS NOLORVE**, integrado por los siguientes docentes: Mg. Yenerit Pamela Malpartida Valderrama (Presidente), Mg. Leonel Mario Aguilar Alcantara (Secretario) y Mg. Fatima Rosaria Cecilio Reyes (Vocal), quienes declaran APTO para ser ejecutado el Trabajo de Investigación (Tesis), y;

Estando a las atribuciones conferidas al Decano de la Facultad de Ingeniería y con cargo a dar cuenta en el próximo Consejo de Facultad.

### SE RESUELVE:

**Artículo Primero.** - APROBAR, el Trabajo de Investigación (Tesis) y su ejecución intitulado: "**EVALUACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO DE INUNDACIÓN FLUVIAL DEL RÍO HUALLAGA MEDIANTE ArcGIS EN EL TRAMO DEL PUENTE CORPAC -TINGO MARÍA, 2024.**", presentado por el (la) Bach. **Brayam Kenedy CUBILLOS NOLORVE** para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Civil, del Programa Académico de Ingeniería Civil de la Universidad de Huánuco.

**Artículo Segundo.** - El Trabajo de Investigación (Tesis) deberá ejecutarse hasta un plazo máximo de 1 año de su Aprobación. En caso de incumplimiento podrá solicitar por única vez la ampliación del mismo (6 meses).

### REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVESE



*(Firma Decano)*

Fac. de Ingeniería - PAIC - Asesor - Exp. Graduando - Internado - Archivo.  
SCD/TJML/vts

## ANEXO 2

### RESOLUCIÓN DE NOMBRAMIENTO DE JURADOS

#### **UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO** *Facultad de Ingeniería*

#### **RESOLUCIÓN N° 0074-2025-D-FI-UDH**

Huánuco, 23 de enero de 2025

Visto, el Of. N° 037-2025-C-PAIC-FI-UDH y el Exp. N° 525655-0000000256, presentado por el Coordinador del Programa Académico de Ingeniería Civil, quien informa que el (la) Bach. Bach. **Brayam Kenedy CUBILLOS NOLORVE**, solicita Revisión del informe final del Trabajo de Investigación (Tesis) intitulada: "**EVALUACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO DE INUNDACIÓN FLUVIAL DEL RÍO HUALLAGA MEDIANTE ArcGIS EN EL TRAMO DEL PUENTE CORPAC -TINGO MARÍA, 2024**".

#### **CONSIDERANDO:**

Que, de acuerdo al Art. N° 38 y 39 del Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, es necesaria la revisión del Trabajo de Investigación (Tesis) por la Comisión de Grados y Títulos del Programa Académico de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, de la Universidad de Huánuco; y,

Que, para tal efecto es necesario nombrar al jurado Revisor y/o evaluador, compuesta por tres miembros docentes de la Especialidad, y;

Estando a las atribuciones conferidas al Decano de la Facultad de Ingeniería y con cargo a dar cuenta en el próximo Consejo de Facultad.

#### **SE RESUELVE:**

**Artículo Primero.** - NOMBRAR, al Jurado Revisor que evaluará el informe final del Trabajo de Investigación (Tesis) intitulada: "**EVALUACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO DE INUNDACIÓN FLUVIAL DEL RÍO HUALLAGA MEDIANTE ArcGIS EN EL TRAMO DEL PUENTE CORPAC -TINGO MARÍA, 2024**", presentado por el (la) Bach. Bach. **Brayam Kenedy CUBILLOS NOLORVE** del Programa Académico de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, conformado por los siguientes docentes:

- Mg. Yenerit Pamela Malpartida Valderrama PRESIDENTE
- Mg. Leonel Mario Aguilar Alcantara SECRETARIO
- Mg. Yessica Julia Verastegui Ayala VOCAL

**Artículo Segundo.** - Los miembros del Jurado Revisor tienen un plazo de siete (07) días hábiles como máximo, para emitir el informe y opinión acerca del Informe Final del Trabajo de Investigación (Tesis).

**REGISTRESE, COMUNIQUESE Y ARCHIVESE.**



## ANEXO 3

### MATRIZ DE CONSISTENCIA

TÍTULO: "EVALUACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO DE INUNDACIÓN FLUVIAL DEL RÍO HUALLAGA MEDIANTE ArcGIS EN EL TRAMO DEL PUENTE CORPAC -TINGO MARÍA, 2024."

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
<b>Problema General:</b> ¿Cómo puede el análisis geoespacial del riesgo de inundación fluvial mediante ArcGIS sustentar el diseño de un dique de contención en el tramo Puente Corpac – Tingo María?	<b>Objetivo general</b> Evaluar el riesgo de inundación fluvial del río Huallaga mediante ArcGIS, para sustentar el diseño de un dique de contención como medida de mitigación en el tramo Puente Corpac – Tingo María.	<b>H1:</b> El análisis geoespacial del riesgo de inundación fluvial mediante ArcGIS permite sustentar técnicamente el diseño de un dique de contención que contribuya a reducir la vulnerabilidad en el tramo Puente Corpac – Tingo María.	<b>Técnicas:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis Geoespacial con ArcGIS.</li> <li>• Revisión documental.</li> </ul>
<b>Problemas Específicos:</b> ¿Qué grado de precisión presentan los modelos digitales de terreno (MDT) generados en ArcGIS para delimitar áreas susceptibles a inundaciones, contrastándolos con datos históricos y eventos registrados en la zona de estudio?  ¿Cómo varían los parámetros hidrológicos e hidráulicos del río Huallaga bajo distintos escenarios de precipitaciones	<b>Objetivos específicos</b> Evaluar la precisión de los modelos digitales de terreno (MDT) generados en ArcGIS para la delimitación de áreas susceptibles a inundaciones, contrastándolos con datos históricos y eventos registrados en la zona de estudio.  Analizar los cambios en los parámetros hidrológicos e hidráulicos del río Huallaga bajo distintos escenarios de precipitaciones extremas	<hr/> <b>VARIABLES</b> <hr/> <b>Variable Independiente:</b> Análisis geoespacial del riesgo de inundación fluvial mediante ArcGIS.	<b>Instrumentos:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Software ArcGIS.</li> <li>• Formularios de Campo.</li> </ul>

extremas mediante modelación en ArcGIS, para prever la ocurrencia y magnitud de eventos de inundación?	mediante modelación en ArcGIS, para prever la ocurrencia y magnitud de eventos de inundación.	<b>Variable Dependiente:</b> Sustento técnico para el diseño de un dique de contención.
¿Cuáles son las zonas de mayor vulnerabilidad a inundaciones utilizando herramientas SIG (ArcGIS), en el tramo del Puente Corpac -Tingo María?	Identificar y mapear las zonas de mayor vulnerabilidad a inundaciones utilizando herramientas SIG (ArcGIS), en el tramo del Puente Corpac -Tingo María.	<b>Variable interviniente:</b> Reducción de la vulnerabilidad
Puente Corpac -Tingo María?	Formular una propuesta técnica de mitigación	
¿Cómo puede contribuir el diseño de un dique de contención, complementado con medidas no estructurales, a la mitigación del riesgo de inundación fluvial en las zonas críticas, identificado mediante análisis geoespacial con ArcGIS del tramo Puente Corpac – Tingo María?	del riesgo de inundación fluvial mediante el diseño de un dique de contención en las zonas críticas identificadas, complementado con medidas no estructurales del tramo Puente Corpac – Tingo María.	

DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	POBLACIÓN Y MUESTRA
<b>Enfoque:</b> Cuantitativo.	<b>Población</b>
<b>Alcance o Nivel:</b> Aplicativo o práctico.	Todos los sectores y comunidades ubicados a lo largo del tramo del puente Corpac - Tingo María, que son potencialmente vulnerables a inundaciones fluviales.
<b>Diseño:</b> no experimental.	<b>Muestra</b> En esta investigación, la muestra se define entre el Puente Corpac y Jr. Burga la cual comprende

---

aproximadamente 1.00 km de cauce del río  
Huallaga.

---

**ANEXO 4**  
**MAPA DE UBICACIÓN DEL PROYECTO EN ESTUDIO**



Fuente. Google Earth.

## ANEXO 5

### ÁREA DE ESTUDIO



# **ANEXO 6**

## **INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

**ANEXO 7**  
**REGISTRO DE PRECIPITACIÓN ESTACIÓN TINGO MARÍA**  
**SENAMHI**

Etiquetas de fila	Máx. de 38	Etiquetas de columna												Total general
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
1940	78	44	80	91	48	80	88	32	79	64	78	91	91	91
1941	63	98	95	55	69	48	45	43. 2	25	34	48	86. 8	86.	98
1942	69	63	79	81	67	29. 3	0	45	22	55	73	50	81	
1943	97	88.	57.	37.	59.	52.	0	0	21.	86.	46.	46.	97	
		2	8	2	6	3			8	2	2	8		
1944	58.6	61.	68.	68.	15.	40.	52	22.	10.	56.	45.	0	68.8	
		4	2	8	6	8		6	8	8	8			
1945	84.8	80.	12	80.	42.	40.	71.	74.	59.	128	61.	0	128.01	
		2	2.6	1	19	55	11	68	5	.01	12			
1946	54.34	57.	66.	45	48.	34.	28.	52.	39.	35.	0	69.	69.52	
		3	5	8	38	4	26	45	48		52			
1947	38.2	84.	57.	42.	33.	53.	43.	58.	52.	60.	70.	0	84.1	
		1	45	07	85	4	95	8	5	5	4			
1948	70.2	10	11	90.	57.	58.	75.	14.	45.	88.	80	68.	111.8	
		5.2	1.8	6	9	1	5	6	6	1		9		
1949	0	73.	97.	55.	45.	54.	53.	38.	39.	87	28.	44	97.3	
		2	3	5	5	7	1	5	6		7			
1950	73	80.	40.	75.	0	0	0	0	0	0	0	0	80.4	
		4	7	8										
1951	70.5	73. 5	90	28	0	0	0	0	0	0	0	0	90	
1952	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1953	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1954	0	0	0	0	79	20	27	25	36	40	10 3	36	103	
1955	40	25	60	62	49. 5	24. 5	45. 5	25	22	42	73. 5	69	73.5	
1956	83	12 3	73	50	58	34	28. 5	33	35	65. 6	73	35	123	

1957	53.5	72. 5	70. 5	98	0	25	20	37. 5	57. 5	136	40	89	136
1958	41	94	48	11 1	80	0	49	27	45	36. 5	53	53	111
1959	65.5	66. 5	59	0	68	30	31	47	32	69. 5	74	53	74
1960	73	88	93. 5	66	53	14. 5	23	0	26	58	12 4	54	124
1961	47.5	54. 5	75. 5	11 8.5	48	78	15. 5	32	62. 5	52	43	51	118.5
1962	68	63	64	82	14 5	12	25	61	40	50	48	52	145
1963	70	34	33	96	25	10	31	22. 5	0.0 1	9	82	58	96
1964	31	66	36. 5	35	50	26	23	28	25	27	25	40	66
1965	80	30	16	57	85	35	35	25	20	35	44	50	85
1966	60	60	22	31	20	12	13	12	30	40	35	65	65
1967	50	63	70. 5	44	40	30	40	18	25.	44.	36.	61.	70.5
1968	60.2	90. 4	81. 5	57. 3	30	10. 1	40	28. 1	34. 7	85. 9	41. 8	41	90.4
1969	63.8	80. 8	71. 2	57. 2	57. 2	31. 8	69. 3	70	56. 1	67. 8	13 2.5	45. 2	132.5
1970	101.4	37. 4	12 4.1	10 7.3	68. 5	46. 2	27. 9	48	46. 2	118 .5	75. 5	54. 5	124.1
1971	41.9	84. 1	31. 9	32. 7	21. 1	15. 4	13 3	31. 5	72	65. 7	14 1	48. 4	141
1972	93.2	71. 2	76. 2	37. 5	22. 7	29. 50	35. 50	71. 6	39. 6	50. 5	10 3	92. 2.2	102.2
1973	90.4	10 4.8	85. 8	60. 1	68. 4	36 36	38 38	51. 6	39. 5	52. 8	12 1.1	63. 5	121.1
1974	70.7	72. 5	52 7	84. 50	50 50	31. 6	51. 3	50. 2	68	84. 3	51. 6	84.7	
1975	86.4	75. 5	63 5	50. 5	55 4	29. 1	27. 8	52. 5	51. 2	35. 7	58. 5	55	86.4
1976	53	56 5	51. 55	65 65	23	21. 3	18. 9	23. 1	128	83. 5	86	128	
1977	110	51 5	80. 5.7	12 9	33. 18	57. 5	29 29	61. 5	25. 4	80. 4	33. 3	125.7	

1978	45.4	31.	49.	51.	61.	19.	61.	31	30	50	58	54	61.8
		6	4	5	8	5	8						
1979	27.8	52	74.	67.	52	27	44.	5	20.	54.	70.	75.	75.3
		5	6				6	8	8	8	8	3	
1980	68.9	81.			36	43	35	49.	30	29	36	45	81.4
		4					9				7	5	
1981	119.8	13	80	43.	7	48	62	15	14	76.	100	10	10
		4						7		7	6	8	134
1982	99.7	73	94.		78	80	41	58.	15	63	42	58	99.7
		8						8					
1983	83	10			54	76	32	32	20	31	33	65	79.
		9									7		109
1984	68	60	60	58	80	63	66	56	45	75	59.	21	80
											8		
1985	51	10			38	82	15	23	82	68	52	50	55.
		0										5	100
1986	67.3	57.	62.	36.	50.		0	0	0	0	0	0	67.3
		8	6	8	8								
1987	64.5	47.	68.	85.	55		31.	36.	22.	23.	76.	85	61.
		2	1	7			4	9	5	9	5		85.7
1988	79	56.	42.		89	53	20.	31.	3.7	60.	66.	64	44
		6	2				6	8		8	7		89
1989	58.4	94.	85	84.	18.	35	36.	52	43	58.	67	34	94.4
		4		8	7		8		2				
1990	76.7	67	41.		33	70	47.	60	36.	30.	60.	52.	86.
		2					2		5	2	5	5	3
1991	98.4	21.	58.	67.	32.	33.	27.	16.	20.	42.	68.	72.	
		3	4	8	4	2	9	5	5	7	8	5	98.4
1992	49.6	79.	55.		90	77.	56.		56.	85	98.	98	98.3
		3	2			7	8		2		3		
1993	104	25	27.		62	43.	36.	48.	40.	55.	90.	80.	97.
		5				4	3	3	5	9	5	7	104
1994	133	84.	46.	94.	71.	34.	67.	21.	58.	82.	45.	14	
		8	5	3	3	3	4	9	1	3	7	9.2	149.2
1995	82.3	98.	83.	36.	36.	45.	44.	16.	44.	75.	51.	70.	
		4	7	2	3	3	2	9	5	3	3	7	98.4
1996	68.7	75.	32.		76	63.	50	21	30	54.	53	78	44.
		3	2			9			5		6	6	78
1997	55	39.	60.	51	50	33.	51.	23.	76.	33.	68	99.	99.8
		7	4			7	3	7	2	6		8	

			74.	63.	15	83	16.	27.	36.	97.	72.	54.	
1998	52.5	87	5	3	6	4	5	9	1	2	8		156
1999	57.1	78.	82.	66.	11	52.	48	22.	22.	26.	71.	94	116.5
2000	88.5	3	6	3	6.5	2	3	7	1	8			88.5
2001	95.9	64.	54.	24.	20.	60.	85.	20.	32.	53.	51.	65.	
2002	72.2	5	6	1	9	9	6	5	8	4	7	4	
2003	33.8	45.	71.	38.	67.	28.	43.	7.4	88.	35.	79	43.	95.9
2004	64.1	8	8	7	7	3	3	3	3	5			
2005	48.8	78.	12	72.	64.	46.	40.	28.	61.	46	65.	60.	123.1
2006	54.8	8	3.1	7	7	9	7	9	3	2	4		
2007	70.5	10	51.	54.	14	94.	23.	57.	58.	111	86	10	
2008	69.5	6	7	6	9.7	6	5	1	4	.2	3.3		149.7
2009	78.2	67.	80	50	38.	13.	79.	27.	33.	48.	68.	46.	
2010	46	8	8	1	8	6	5	4	5	2	1		80
2011	105	92.	94.	23.	37.	43.	37.	25.	54.	58.	66.	97.	
2012	58.9	6	7	3	5	7	5	7	3	7	8	5	97.5
2013	98	10	51.	51.	35.	4.9	35.	29.	27.	48.	61.	60.	
2014	44.7	88.	65.	31.	34.	26.	35	14.	24.	95.	28.	32.	
2015	59.8	6	5	7	9	5	5	6	8	8	9		95.8
<b>Total general</b>	<b>133</b>	<b>13</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>15</b>	<b>94.</b>	<b>13</b>	<b>74.</b>	<b>12</b>	<b>148</b>	<b>14</b>	<b>14</b>	<b>156</b>
		<b>4</b>	<b>4.1</b>	<b>5.7</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>3</b>	<b>68</b>	<b>1</b>	<b>148</b>	<b>1</b>	<b>9.2</b>	

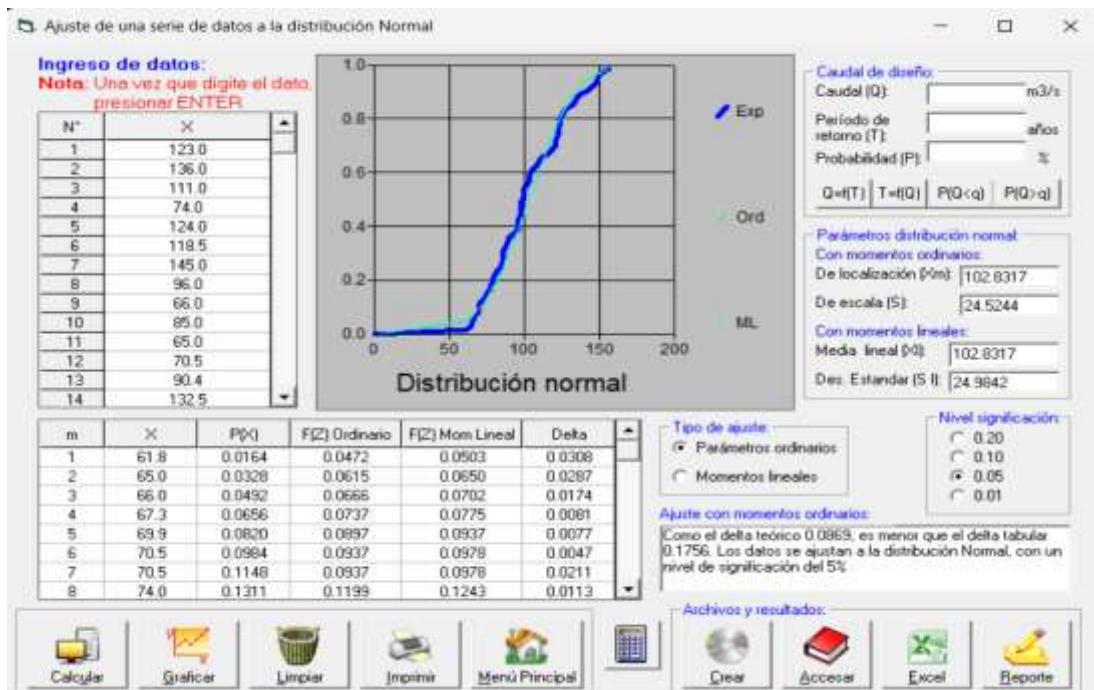
## ANEXO 8

### ANÁLISIS OUTLIER ESTACIÓN TINGO MARÍA

ANÁLISIS OULIER		
ESTADÍSTICO	LLUVIA	LOG (LLUVIA)
CANTIDAD DE DATOS	60.00	60.00
SUMA	6,169.90	120.00
MÁXIMO	156.00	2.19
MÍNIMO	61.80	1.79
MEDIA	56.11	2.00
VARIANZA	601.45	0.01
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	24.52	0.10
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	0.44	0.05
COEFICIENTE DE SESGO	0.35	-0.06
CONCLUSIÓN 01:	Aplicar pruebas para detectar datos dudosos altos y bajos	
LLUVIA MÁXIMA ACEPTADA	197.60	
LLUVIA MÍNIMA ACEPTADA	50.59	
CONCLUSIÓN 02:	No existen datos dudosos mínimos ni máximos	

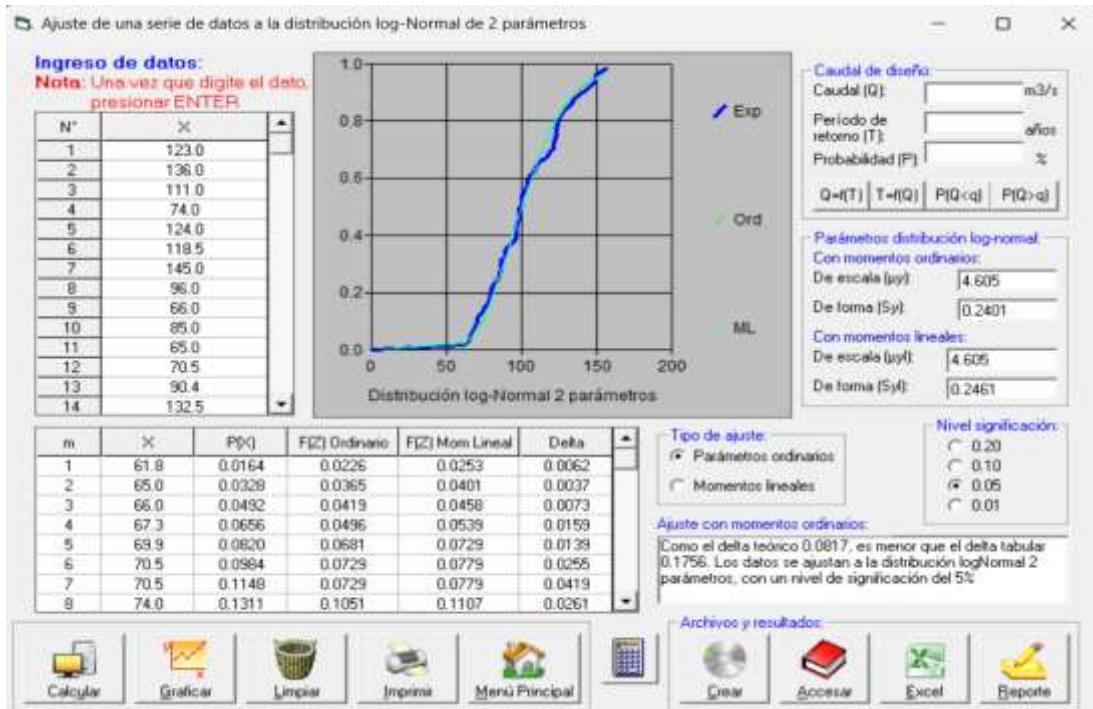
## ANEXO 9

### DISTRIBUCIÓN NORMAL



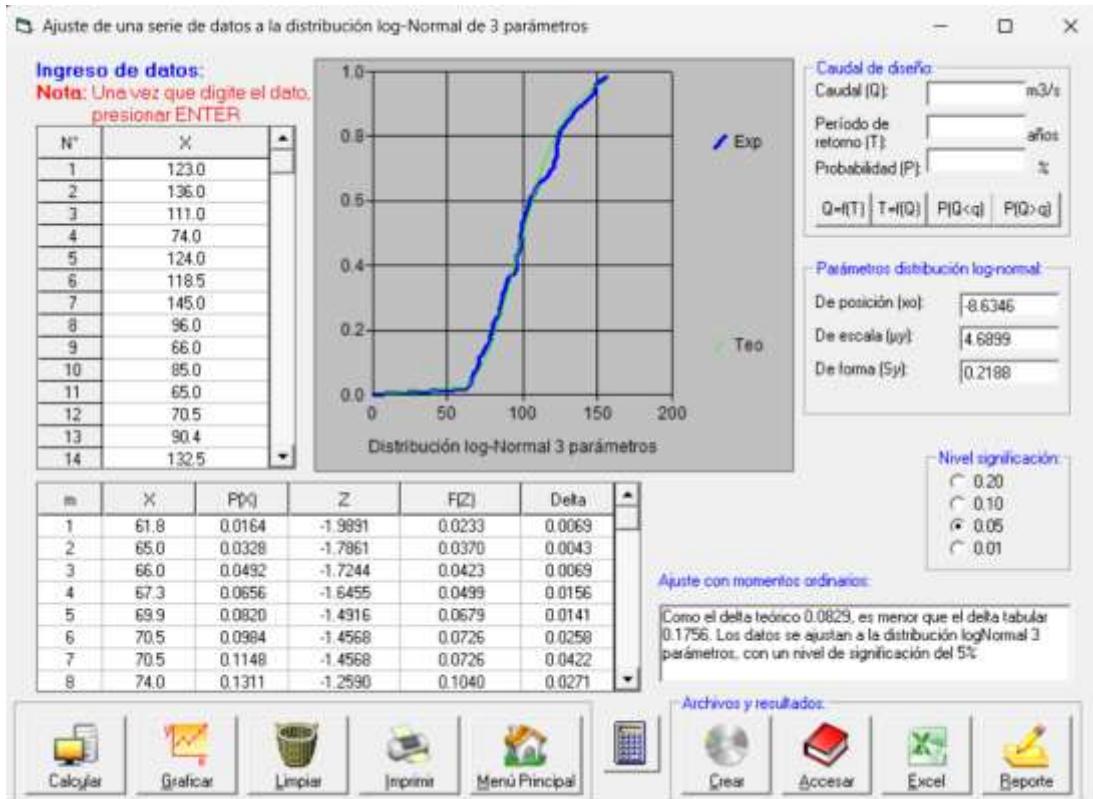
## ANEXO 10

### DISTRIBUCIÓN LOG NORMAL 2 PARÁMETROS



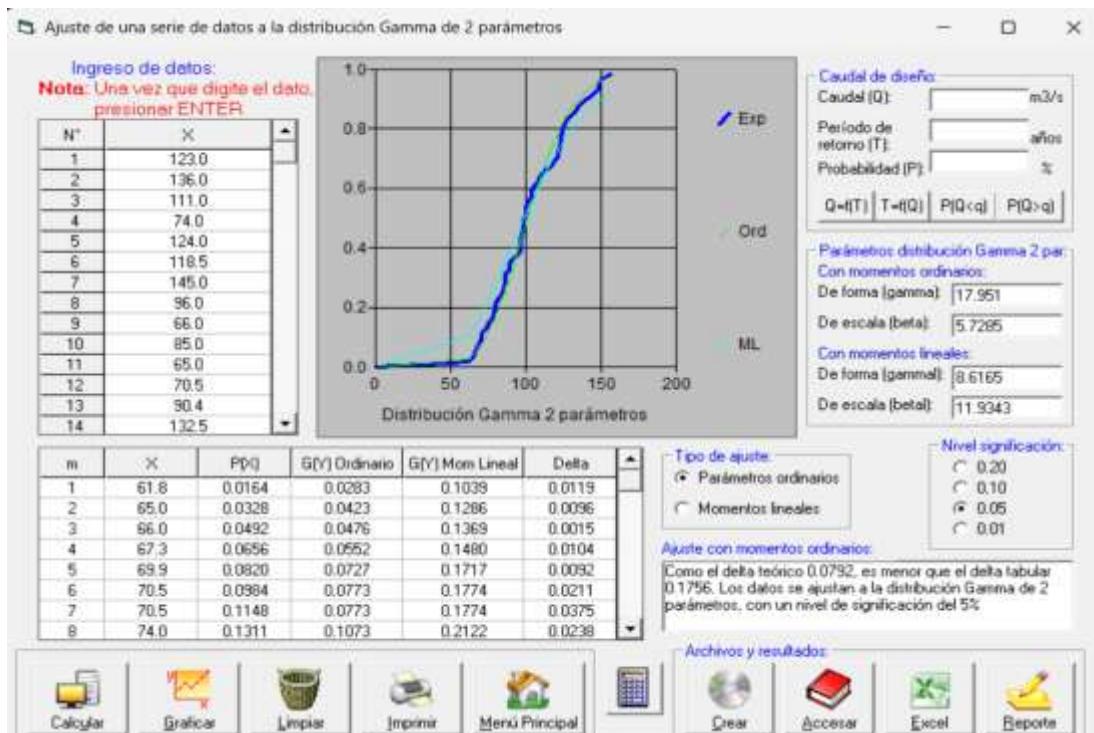
## ANEXO 11

### DISTRIBUCIÓN LOG NORMAL 3 PARÁMETROS



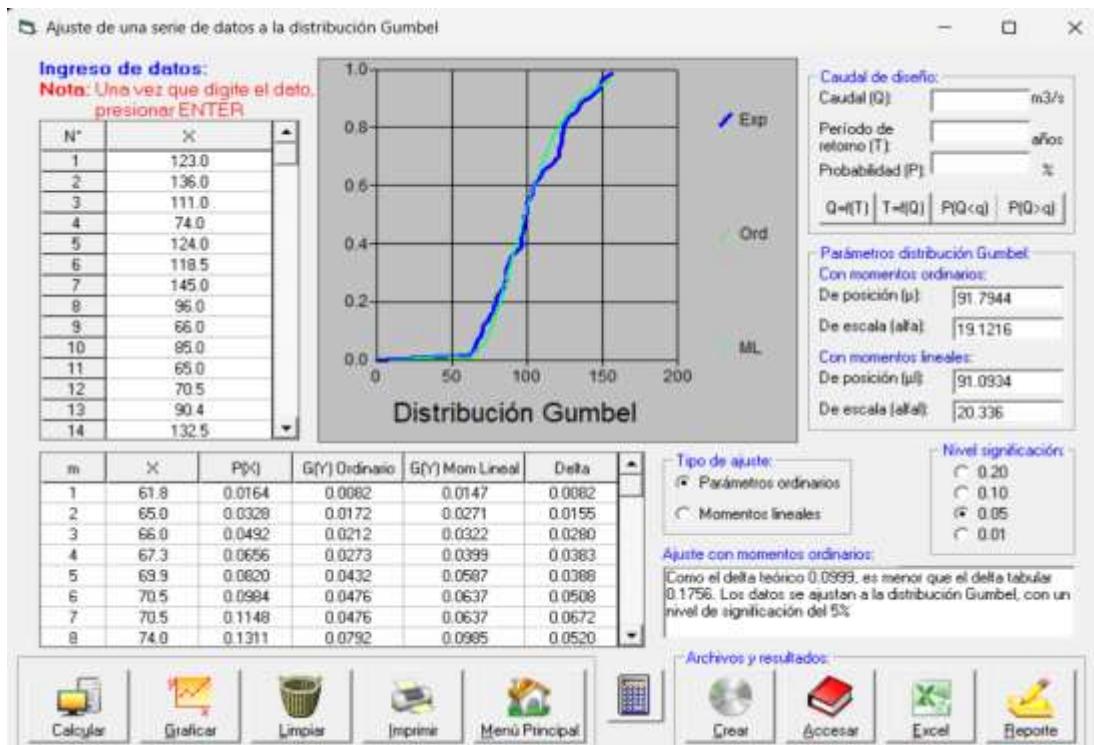
## ANEXO 12

### DISTRIBUCIÓN GAMMA 2 PARÁMETROS



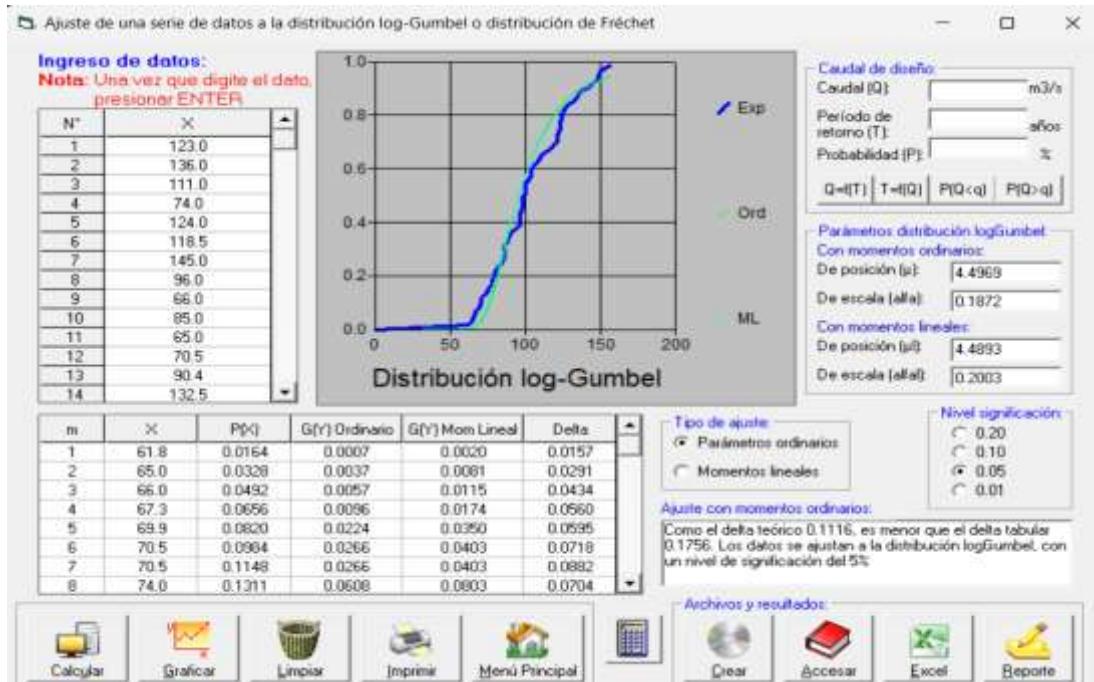
## ANEXO 13

### DISTRIBUCIÓN GUMBEL



## ANEXO 14

### DISTRIBUCIÓN LOG GUMBEL



## ANEXO 15

### ÁREA BAJO LA CURVA

INFERI OR	SUPERI OR	MEDI A	SUPERFI CIE	ACUMULA DA	SUPERFI CIE BAJO LA CV	% DE SUPERFI CIE	CIE SOBRE LA CURVA
					SUPERFI CIE	% DE SUPERFI CIE	CIE SOBRE LA CURVA
668	1274	971.0 0	816.81	816.81	11357.66	6.71	93.29
1274	1779	1526. 50	1008.69	1825.49	10348.98	8.29	85.01
1779	2254	2016. 50	1190.12	3015.62	9158.86	9.78	75.23
2254	2696	2475. 00	1263.16	4278.78	7895.70	10.38	64.85
2696	3125	2910. 50	1387.07	5665.84	5056.53	11.39	53.46
3125	3531	3328. 00	1452.10	7117.94	5056.53	11.93	41.53

3531	3911	3721. 00	1686.65	8804.59	3369.89	13.85	27.68
3911	4267	4089. 00	2020.41	10824.99	1349.48	16.60	11.08
4267	5691	4979. 00	1349.48	12174.47	0.00	11.08	0.00

---

## ANEXO 16

### CARACTERIZACIÓN DE RÍOS

CARACTERIZACIÓN DE LOS RÍOS					
# ORDEN	REP	LONG	REPE	PENDIENTE	PRODUCTO
1	223	1098.77	105770	15.75	1665883.74
2	42	532.68	51284	12.60	646191.63
3	10	372.44	35851	9.52	341229.96
4	3	206.39	19806	6.59	130513.91
5	1	0.77	68	8.60	584.50
Longitud Total		2211.05	212779	2784403.75	
Pendiente promedio				13.09	

## ANEXO 17

### CLASIFICACIÓN DE PENDIENTES

PENDIENTE DE LA CUENCA				
RANGO		PROM	REPE	MULT
INF	SUP			
0 %	10 %	5	77887431	389437155
10 %	20 %	15	27051	405765
20 %	30 %	25	1707	42675
30 %	40 %	35	367	12845
40 %	50 %	45	104	4680
50 %	60 %	55	49	2695
60 %	70 %	65	23	1495
70 %	80 %	75	16	1200
80 %	90 %	85	11	935
90 %	100 %	95	12	1140
Total		77916771	389910585	
Pendiente promedio de la Cuenca				5.00

## **ANEXO 18**

### **PANEL FOTOGRÁFICO**



Foto de defensa ribereña con gaviones al lado izquierdo del río.



Foto de defensa ribereña con gaviones al lado izquierdo del río.



Foto de levantamiento topográfico a orillas del río Huallaga en el puente CORPAC.



Foto de levantamiento topográfico a orillas del río Huallaga.



Foto del levantamiento de puntos con la mira a orillas del río Huallaga.



Foto del levantamiento topográfico con estación total.



Foto del puente corpac.



Foto de Estribo del puente CORPAC.



Foto de puente CORPAC.



estructura del puente corpac.



foto de la sección del rio con vista de gaviones.



foto de una sección del rio en donde no cuenta con defensas ribereñas.

## ANEXO19

### INFORME TOPOGRÁFICO

#### **ESTUDIO TOPOGRÁFICO**

##### **1. PRESENTACIÓN**

El presente Informe sintetiza el estudio topográfico para la tesis: **“EVALUACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO DE INUNDACIÓN FLUVIAL DEL RÍO HUALLAGA MEDIANTE ArcGIS EN EL TRAMO DEL PUENTE CORPAC -TINGO MARÍA, 2024”**, cuyo objetivo del Estudio es saber las dimensiones tridimensionales del terreno, describiendo los elementos naturales y artificiales del área de estudio, que tiene como fin el planteamiento de un dique de encausamiento en el cauce del río Huallaga.

Los trabajos topográficos comprendidos en el presente informe se refieren al levantamiento topográfico detallado de la zona por donde se va proyectar el trazo, sus accesos, así como el levantamiento de los cauces de quebradas y/o ríos.

Para cada una de las actividades descritas, se ha realizado los siguientes trabajos:

- ✓ Colocación de Bench Mark (BM's), registrados mediante las tomas fotográficas correspondientes.
- ✓ Nivelación diferencial de las cotas de los BM's y de las poligonales de apoyo.
- ✓ Presentación de planos a escala 1:1000 con curvas de nivel cada 1m.
- ✓ Levantamiento topográfico de los accesos (como mínimo 100 metros a cada lado del puente proyectado).

- ✓ Levantamiento topográfico del río Huallaga se tomó como referencia la recomendación establecida en la normativa teniendo como mínimo 20 m de retiro a partir del margen del cauce.
- ✓ Secciones Transversales tanto en la dirección longitudinal como en la dirección transversal, cada 10 metros en tramos curvos y cada 20 metros en tramos tangentes a escales 1/100 y 1/250.

Previamente al inicio del Estudio de Topografía se procedió a recopilar toda la información existente, tanto Cartográfica como Geodésica del área de estudio. Se consideró la carta nacional del IGN, la Proyección Cartográfica Universal Transversal de Mercator, Datum – WGS-84. Plano catastral al cual fue geo referenciado a los planos topográficos del presente estudio topográfico.

Es importante mencionar que los levantamientos topográficos se efectuaron basándose en puntos de apoyo con medida directa utilizando la estación total como equipo de precisión ya existente, cuyos puntos de apoyo han sido ubicados y referenciados teniendo como base los puntos "BM-1 "al "BM-2", cuyo azimut y posición se georreferencian a los puntos de control geodésicos con una precisión de 1 cm de radio, estos puntos fueron ubicados estratégicamente para el replanteo de la ejecución del puente.

## **2. GENERALIDADES**

La Universidad de Huánuco, en cumplimiento de los requisitos establecidos para la obtención del grado académico de Ingeniero Civil, exige la elaboración y sustentación de un trabajo de investigación. En este marco, el presente informe topográfico constituye un insumo técnico complementario orientado a respaldar el desarrollo y presentación de la tesis de investigación.

El informe recopila, procesa y analiza la información topográfica levantada en el área de estudio, con el propósito de proporcionar datos precisos y confiables que sirvan como base para la formulación de modelos, cálculos y propuestas técnicas dentro del trabajo de investigación. De esta manera, se garantiza la validez de los resultados y se fortalece el sustento científico y metodológico del proyecto de tesis.

## **2.1 NOMBRE DEL PROYECTO**

**“EVALUACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO DE INUNDACIÓN FLUVIAL  
DEL RÍO HUALLAGA MEDIANTE ArcGIS EN EL TRAMO DEL  
PUENTE CORPAC -TINGO MARÍA, 2024”**

## **2.2 OBJETIVOS**

El objetivo del presente Estudio Topográfico es proporcionar información básica y necesaria tales como:

- ✓ Ubicar en coordenadas UTM la ubicación exacta del área de interés.
- ✓ Verificar las condiciones y características físicas del cauce del río.
- ✓ Colocar puntos de Bench Mark (BM's), para el control del levantamiento topográfico.
- ✓ Nivelar diferencialmente las cotas de los BM's.
- ✓ Presentar planos a escala 1:1000 con curvas de nivel cada 1m.
- ✓ Levantar la topografía de los accesos
- ✓ Levantar la topografía del río Huallaga
- ✓ Presentar secciones transversales de los accesos y del cauce del río, cada 10 metros en tramos curvos y cada 20 metros en tramos tangentes a escales 1/100 y 1/250.

## **2.3 UBICACIÓN**

### **2.3.1 UBICACIÓN POLÍTICA DEL PUENTE CORPAC**

- Ubicación Política Administrativa del Proyecto:

**Cód. Ubigeo**

<b>❖ Departamento</b>	:	<b>HUÁNUCO</b>	<b>100000</b>
<b>❖ Provincia(s)</b>	:	<b>LEONCIO PRADO</b>	<b>100600</b>
<b>❖ Distrito(s)</b>	:	<b>RUPA RUPA</b>	<b>100601</b>

- El área de estudio del proyecto se encuentra ubicado en:

- ❖ **Departamento:**HUÁNUCO
- ❖ **Provincia:**LEONCIO PRADO
- ❖ **Distrito:**RUPA RUPA
- ❖ **Localidad:**TINGO MARÍA
- ❖ **Río:**RÍO HUALLAGA
- ❖ **Puente:**PUENTE CORPAC

➤ La zona del proyecto tiene como límite político con los siguientes distritos:

- ❖ **Por el Norte:** Con el Distrito de Mariano Dámaso Beraún
- ❖ **Por el Sur:** Con el Distrito de José Crespo y Castillo
- ❖ **Por el Este:** Con el Distrito de Pucayacu
- ❖ **Por el Oeste:** Con el Distrito de Hermilio Valdizán

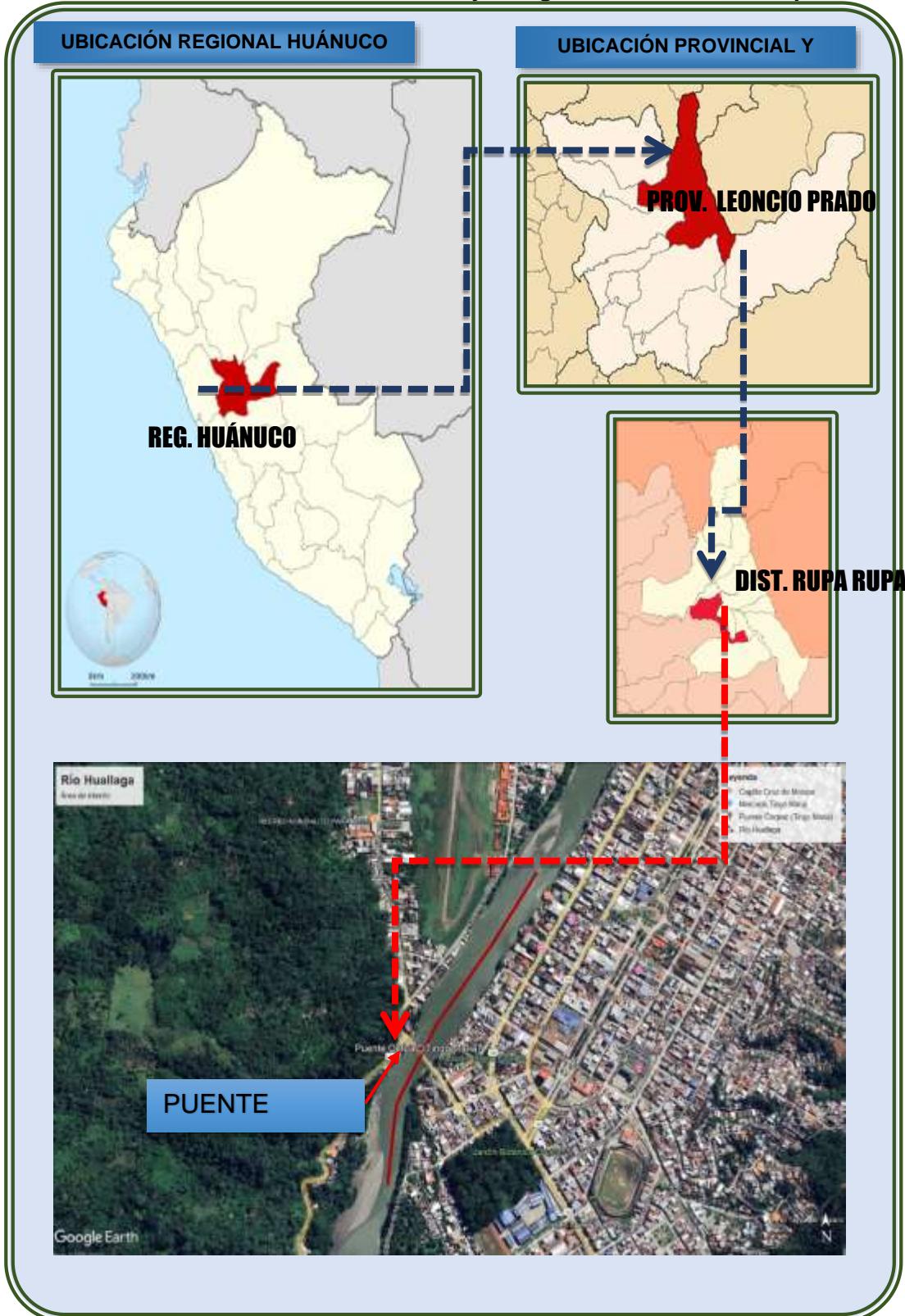
### **2.3.2 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL PUENTE CORPAC**

El área de estudio del proyecto se encuentra ubicado en:

**Cuadro Nº 2-1: Ubicación Geográfica del Puente Corpac**

NOMBRE DEL PUENTE	LUZ EXISTENTE (M)	LUZ PROYECTADA (M)	COORDENADAS UTM - LUZ EXISTENTE				Altitud Media (msn m)
			PUNTO DE INICIO (PI)		PUNTO TERMINO (PT)		
PUENTE CORPAC	100	100	ESTE 389486.33	NORTE 8971574.83	ESTE 389420.57	NORTE 8971651.57	650

**FIGURA N° 2-1: Ubicación Política y Geográfica del Puente Corpac**



*Fuente: Equipo Consultor*

## 2.4 ACCESIBILIDAD – VÍAS DE COMUNICACIÓN

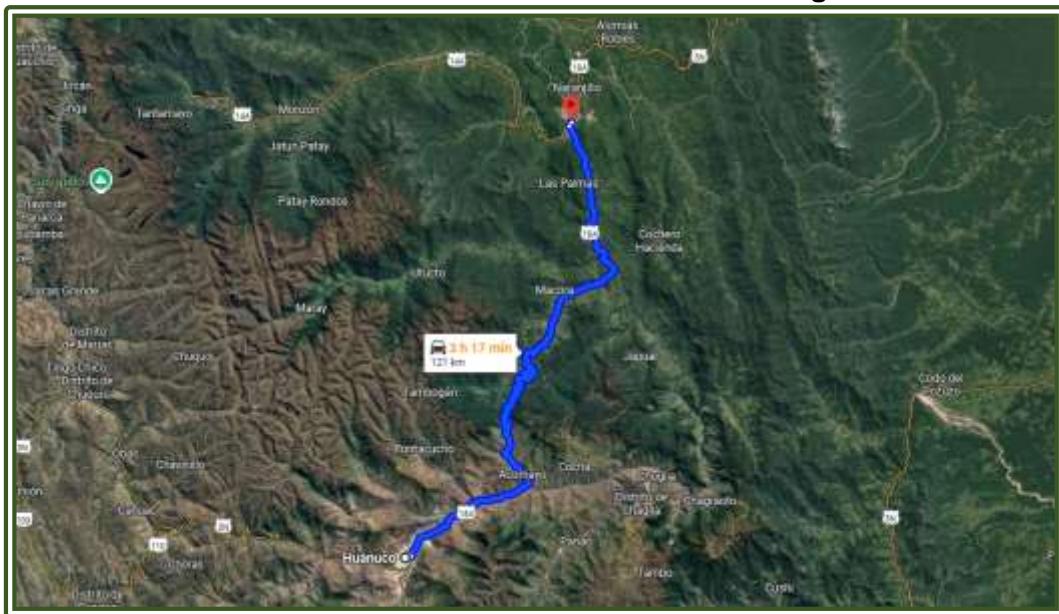
El acceso a la zona del proyecto (Huánuco – Leoncio Prado – Distrito Rupa Rupa - al Puente Corpac), se cuenta con la siguiente ruta, mostrado en el cuadro N° 2-2.

**Cuadro N° 2-2: Accesibilidad o ruta a la Zona del Proyecto**

ACCESO AL PUENTE CORPAC	DESDE	HASTA	TIPO DE VÍA	DISTANCIA	TIEMPO
	Huánuco	Tingo María	Asfaltado	121 km	3h 17 min
TOTAL =				121 km	3h 17 min

Fuente: Equipo Consultor

**FIGURA N° 2-3: Ruta de Acceso - Huánuco a Tingo María**



## 2.5 CLIMATOLOGÍA

### 2.5.1 VARIABLES CLIMATOLÓGICAS

los veranos son cortos, cálidos y mayormente nublados y los inviernos son cortos, calurosos y parcialmente nublados. Durante el transcurso del año, la

temperatura generalmente varía de 19 °C a 30 °C y rara vez baja a menos de 17 °C o sube a más de 32 °C.

En base a la puntuación de turismo, la mejor época del año para visitar Tingo María para actividades de tiempo caluroso es desde finales de Mayo hasta finales de Agosto.

**FIGURA N° 2-5: Variables climatológicas en la ciudad de Tingo María – Huánuco**

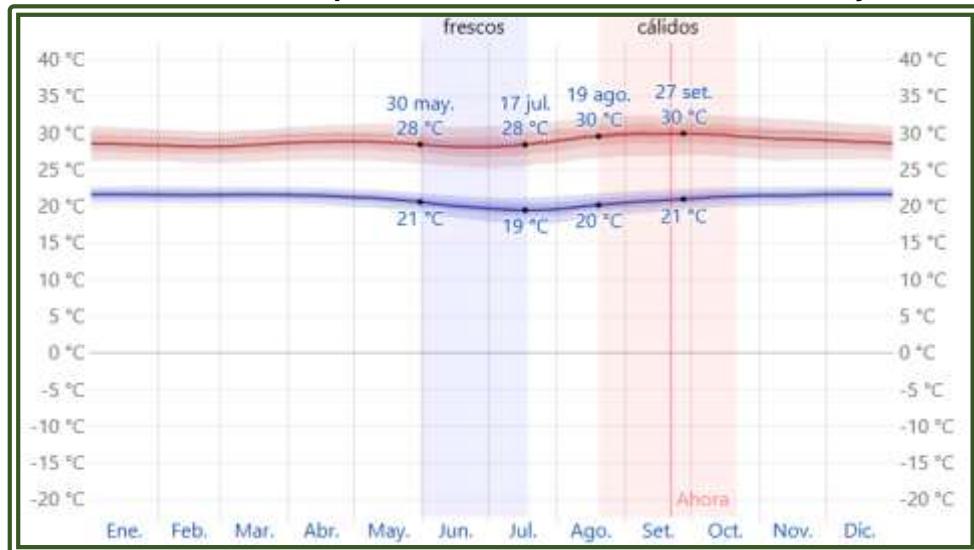


#### 2.5.1.1 Temperatura Promedio en la Zona del Proyecto

La temporada calurosa dura 2.0 meses, del 19 de agosto al 21 de octubre, y la temperatura máxima promedio diaria es más de 30 °C. El mes más cálido del año en Tingo María es Octubre, con una temperatura máxima promedio de 30 °C y mínima de 21 °C.

La temporada fresca dura 1.6 meses, del 30 de mayo al 18 de julio, y la temperatura máxima promedio diaria es menos de 28 °C. El mes más frío del año en Tingo María es Julio, con una temperatura mínima promedio de 20 °C y máxima de 28 °C.

**FIGURA N° 2-6: Temperatura Promedio en la Zona del Proyecto.**

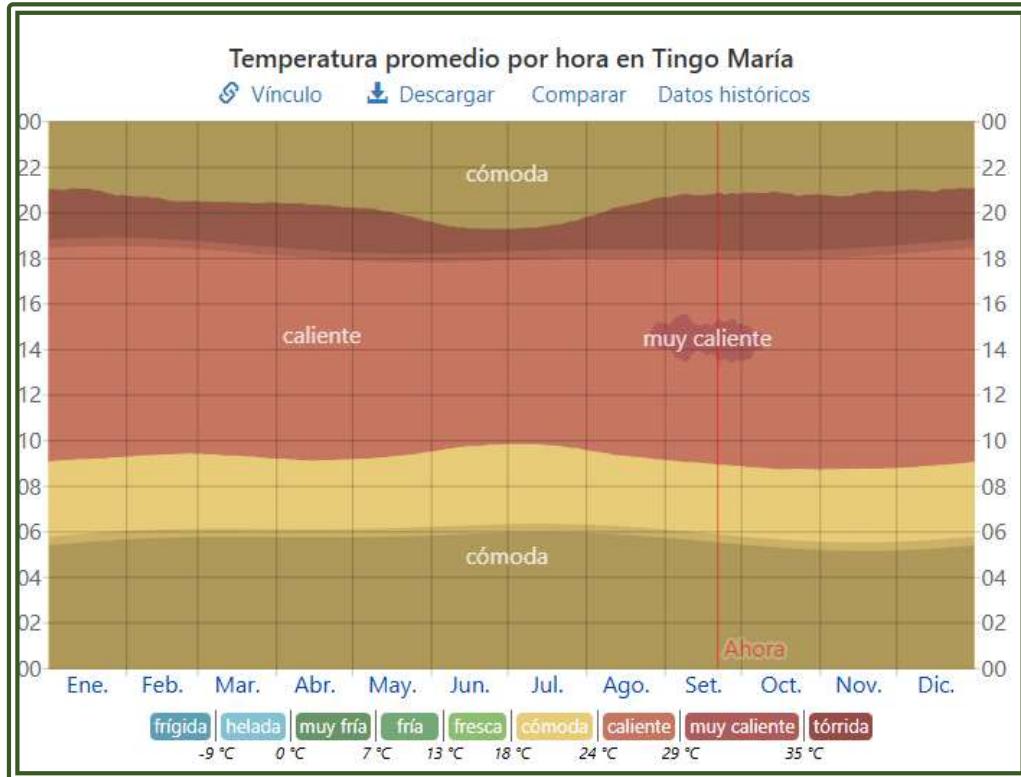


Promedio	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.
Máxima	28 °C	28 °C	28 °C	29 °C	29 °C	28 °C	28 °C	29 °C	30 °C	30 °C	29 °C	29 °C
Temp.	24 °C	23 °C	23 °C	24 °C	25 °C	25 °C	25 °C					
Mínima	22 °C	22 °C	22 °C	21 °C	21 °C	20 °C	20 °C	20 °C	21 °C	21 °C	21 °C	22 °C

La figura siguiente muestra una ilustración compacta de las temperaturas promedio por hora de todo el año. El eje horizontal es el día del año, el eje vertical es la hora y el color es la temperatura promedio para ese día y a esa hora.

La temperatura promedio por hora, codificada por colores en bandas. Las áreas sombreadas superpuestas indican la noche y el crepúsculo civil.

**FIGURA N° 2-7: Temperatura promedio por hora en la Zona del Proyecto**



### 2.5.1.2 Nubes

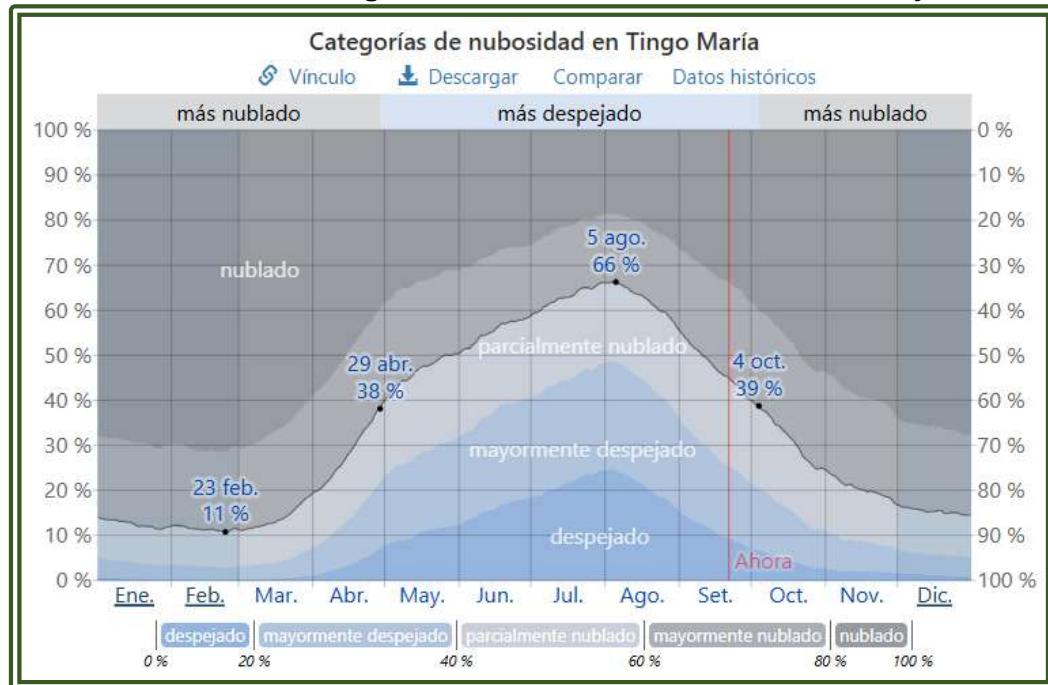
La parte más despejada del año en Tingo María comienza aproximadamente el 29 de abril; dura 5.2 meses y se termina aproximadamente el 4 de octubre.

El mes más despejado del año en Tingo María es Julio, durante el cual en promedio el cielo está despejado, mayormente despejado o parcialmente nublado el 63 % del tiempo.

La parte más nublada del año comienza aproximadamente el 4 de octubre; dura 6.8 meses y se termina aproximadamente el 29 de abril.

El mes más nublado del año en Tingo María es Febrero, durante el cual en promedio el cielo está nublado o mayormente nublado el 89 % del tiempo.

**FIGURA N° 2-8: Categorías de Nubosidad en la Zona del Proyecto**



### 2.5.1.3 Precipitación

Un día mojado es un día con por lo menos 1 milímetro de líquido o precipitación equivalente a líquido. La probabilidad de días mojados en Tingo María varía considerablemente durante el año.

La temporada más mojada dura 6.3 meses, de 16 de octubre a 26 de abril, con una probabilidad de más del 33 % de que cierto día será un día mojado. El mes con más días mojados en Tingo María es Febrero, con un promedio de 14.3 días con por lo menos 1 milímetro de precipitación.

La temporada más seca dura 5.7 meses, del 26 de abril al 16 de octubre. El mes con menos días mojados en Tingo María es Julio, con un promedio de 4.6 días con por lo menos 1 milímetro de precipitación.

Entre los días mojados, distinguimos entre los que tienen solamente lluvia, solamente nieve o una combinación de las dos. El mes con más días con solo lluvia en Tingo María es Febrero, con un promedio de 14.3 días. En base a esta categorización, el tipo más común de precipitación durante el año es solo lluvia, con una probabilidad máxima del 53 % el 25 de febrero.

**FIGURA N° 2-9: Probabilidad diaria de Precipitación en Zona del Proyecto**



#### 2.5.1.4 Lluvia

Para mostrar la variación durante un mes y no solamente los totales mensuales, mostramos la precipitación de lluvia acumulada durante un período de 31 días en una escala móvil centrado alrededor de cada día del año. Tingo María tiene una variación extremada de lluvia mensual por estación.

Llueve durante el año en Tingo María. El mes con más lluvia en Tingo María es Febrero, con un promedio de 157 milímetros de lluvia.

El mes con menos lluvia en Tingo María es Agosto, con un promedio de 27 milímetros de lluvia.

**FIGURA N° 2-10: Promedio mensual de lluvia en la Zona del Proyecto**



#### 2.5.1.5 Sol

La duración del día en Tingo María no varía considerablemente durante el año, solamente varía 40 minutos de las 12 horas en todo el año. En 2025, el día más

corto es el 20 de junio, con 11 horas y 35 minutos de luz natural; el día más largo es el 21 de diciembre, con 12 horas y 40 minutos de luz natural.

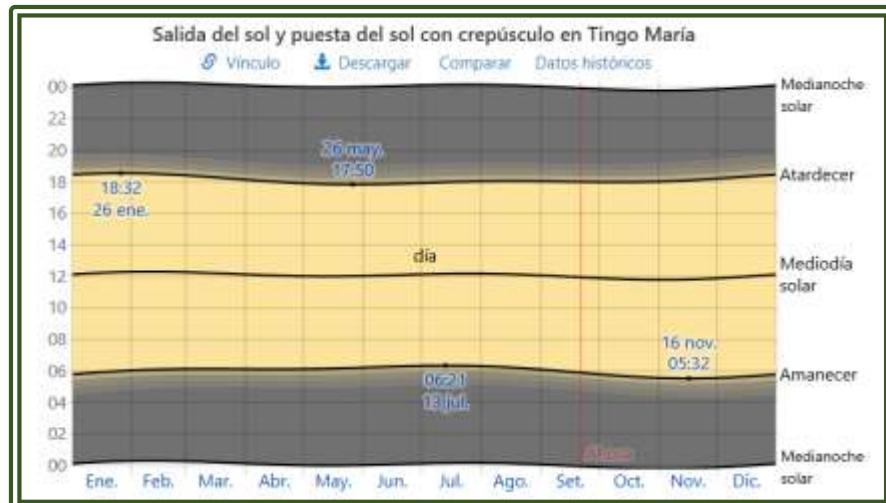
**FIGURA N° 2-11: Horas de luz natural y crepúsculo en la Zona del Proyecto**



La salida del sol más temprana es a las 05:32 el 16 de noviembre, y la salida del sol más tardía es 49 minutos más tarde a las 06:21 el 13 de julio. La puesta del sol más temprana es a las 17:50 el 26 de mayo, y la puesta del sol más tardía es 43 minutos más tarde a las 18:32 el 26 de enero.

No se observó el horario de verano (HDV) en Tingo María durante el 2025.

**FIGURA N° 2-12: Salida del sol y puesta del sol con crepúsculo en la Zona del Proyecto**



### **2.5.1.6 Altitud Promedio del Puente Corpac**

El puente Corpac se encuentra a 647 m s. n. m.

## **2.6 METODOLOGÍA DE TRABAJO**

Antes de iniciar los trabajos se realizó un reconocimiento de campo, con la finalidad de determinar el estado situacional del puente, sus accesos y cauce del río.

## **3. DESCRIPCIÓN DE LOS RECURSOS Y EQUIPOS TOPOGRÁFICOS**

### **3.1 PROCEDIMIENTO DE LOS RECURSOS Y EQUIPOS A USAR**

La visita al Puente Corpac, se realizó en el mes de enero del 2025. Antes de iniciar los trabajos se realizó un reconocimiento de campo con la finalidad de determinar el estado situacional del Puente, sus accesos y cauce del Río.

### **3.2 RECURSOS Y EQUIPOS EMPLEADOS**

#### **3.2.1 PERSONAL**

Para el desarrollo del presente trabajo se contó con un grupo las cuales están conformados:

- ✓ 01 tesista como jefe de grupo y supervisor del Levantamiento Topográfico
- ✓ 01 personal Técnico para el manejo de ESTACION TOTAL
- ✓ 01 ayudante

#### **3.2.2 EQUIPO TOPOGRÁFICO ESTACIÓN TOTAL SOUDH N°6**

- ✓ 01 ESTACION TOTAL “SOUDH”
- ✓ 01 trípode metálico para Estación
- ✓ 03 bastones
- ✓ 03 porta prismas
- ✓ 03 radios WalkieTakie Motorolas
- ✓ 02 cámara Fotográfica Digital
- ✓ Flexómetros de 3m, 5m y cinta métrica de 70 metros
- ✓ 03 machetes

**FIGURA N° 3-1: Equipo Topográfico Estación Total Soudh N° 6**



*Fuente Equipo Técnico*

## **ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA SOUTH N°6**

### ***MEDICION DE DISTANCIAS***

- ✓ Sistema EDM: Laser Clase 3R
- ✓ Con Un Prisma: 5,000 m.
- ✓ Con Tarjeta Reflectiva: 600 m.
- ✓ Sin Prisma (con Laser): 600 m.

### ***TIEMPO DE MEDICIÓN***

- ✓ Con Prisma: Tracking :0.1s, Fino 0.3s
- ✓ Con Tarjeta Reflectiva :0.3s
- ✓ Sin Prisma (con Laser): 0.3-3s
- ✓ Corrección Atmosférica: Auto Corrección
- ✓ Constante de Prisma: Entrada Manual.

### ***MEDICION DE ANGULO***

- ✓ Método de Medición : Absoluto Continuo
- ✓ Codificador de disco : 79mm
- ✓ Lectura Mínima: 1" / 5"
- ✓ Precisión: 2"
- ✓ Método de detección Horizontal: Dual – Vertical

### ***TELESCOPIO***

- ✓ Imagen: Directa
- ✓ Longitud: 154mm

- ✓ Apertura Efectiva: 45mm, (EDM:50mm)
- ✓ Aumento: 30x
- ✓ Campo de Visión:  $1^\circ 30'$
- ✓ Enfoque Mínimo: 3"
- ✓ Enfoque Mínimo de Distancia: 1.4m

### **COMPENSADOR**

- ✓ Sistema: Eje Dual Líquido-Eléctrico
- ✓ Rango de Trabajo:  $\pm 4'$
- ✓ Precisión: 1"

### **PLOMADA LASER**

- ✓ Precisión: 1.5mm (en 1.5m InsHt)
- ✓ Longitud de Onda : 630nm—670nm
- ✓ Potencia de Laser: 0.4Mw

#### **3.2.3 Equipo de Computo**

- ✓ 02 COMPUTACORAS PORTATILES (Laptop Toshiba Intel Core i7 y Asus GTX Core i7)
- ✓ 01 Impresora
- ✓ 01 Plotter

#### **3.2.4 Software para el Proceso Topográfico**

- ✓ Software de gabinete SGO (Oficina de geomática South) V. 1.01
- ✓ AUTOCAD versión 2021
- ✓ AUTOCAD CIVIL 3D versión 2021
- ✓ Office 2021
- ✓ Google Earth Pro 2021
- ✓ Arcgis 10.5

## **4. INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA**

La información cartográfica de la ubicación del Puente Corpac se encuentra en el siguiente cuadro:

**Cuadro N° 4-1: Información Cartográfica del Puente Corpac**

SISTEMA COORDENADAS:	DE	Planas
-------------------------	----	--------

SISTEMA DE PROYECCIÓN CARTOGRÁFICA:	Universal Transversal Mercator (UTM)
DATUM:	World Geodetic System 1984, Datum (WGS84)
ZONA PROYECCIÓN:	DE 18 S

#### ***DESCRIPCIÓN DE LOS PUNTOS DE CONTROL***

## **5. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO**

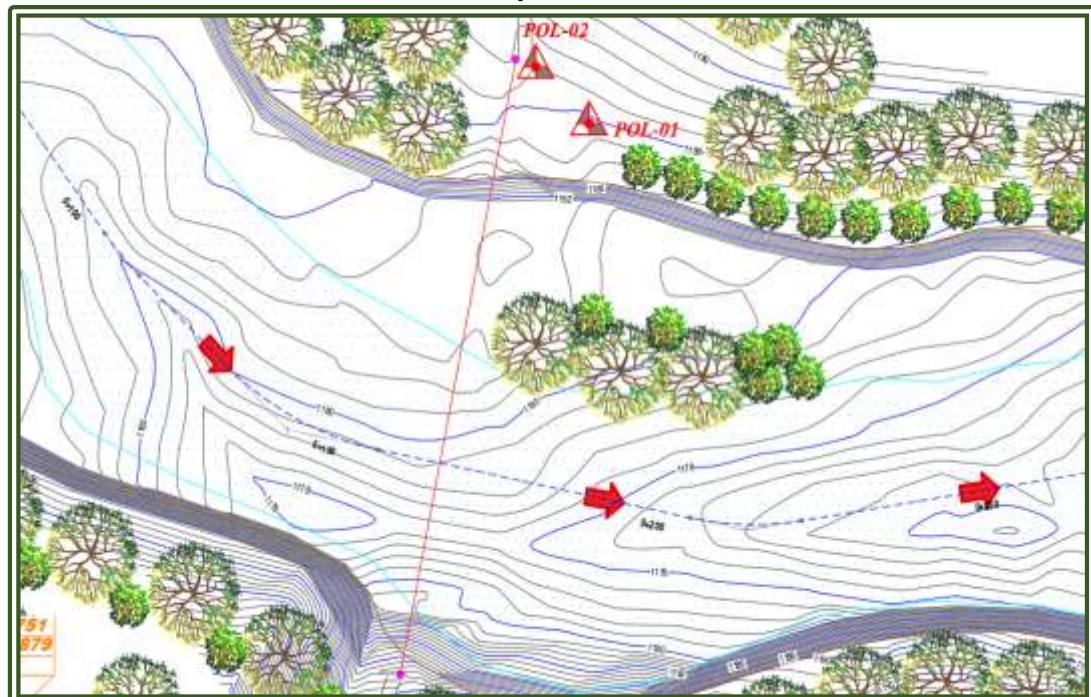
A continuación, detallaremos paso a paso el levantamiento topográfico realizado entre el Puente Corpac y Jr. Burga.

### **5.1 INSTALACIÓN DE PUNTOS DE CONTROL GEODÉSICO “POL”**

En la toma de datos del Levantamiento Topográfico de los accesos y cauce del río.

Se colocó los Puntos de Control Geodésico: el “**POL- 01**” y “**POL-02**” en la ruta de acceso al margen Izquierdo del puente Corpac.

**FIGURA N° 6-1 Instalación del POL- 01 en la ruta de acceso al margen izquierdo.**



- Como se aprecia en la figura anterior, se ubicaron los POL – 01 y POL – 02, al margen Izquierdo del Río, se ubicaron estratégicamente para evitar que estas sean demolidas durante su ejecución.

## 6. CONCLUSIONES

- El Puente Corpac está ubicado en las siguientes coordenadas:

**Cuadro N° 9-1: Cuadro de Coordenadas UTM del Puente Corpac**

NOMBRE DEL PUENTE	LUZ EXISTENTE (M)	LUZ PROYECTADA (M)	COORDENADAS UTM - LUZ EXISTENTE				Altitud Media (msnm)
			PUNTO DE INICIO (PI)	PUNTO TERMINO (PT)	ESTE	NORTE	
PUENTE CORPAC	100	100	389486.33	8971574.83	389420.57	8971651.57	650

- Se colocaron 2 Bench Mark (BM's) en el levantamiento topográfico:

**Cuadro N° 9-4: Cuadro de BM's**

CUADRO DE BM'S			
DESCRIPCION	ESTE	NORTE	COTA
BM-01	323644.835	9047010.235	1189.478
BM-02	323645.816	9047021.817	1190.195

- Se hizo el levantamiento Topográfico del Rio Huallaga aguas arriba 1000 metros.

# **7. ANEXOS**

# **7.1 PUNTOS DE CONTROL TOPOGRÁFICO**

### CUADRO DE BM'S

DESCRIPCION	ESTE	NORTE	COTA
BM-01	389706.5126	8971757.178	651.4025
BM-02	390106.5126	8972597.178	648.0648

### NUBE PUNTOS ESTACIÓN TOTAL

N° DE PUNTOS	ESTE	NORTE	COTA	DESCRIPCIÓN
1	389826.5126	8971677.178	651.5245	TN
2	389866.5126	8971677.178	652.2218	TN
3	389706.5126	8971717.178	652.0056	TN
4	389746.5126	8971717.178	651.9727	TN
5	389786.5126	8971717.178	651.3182	TN
6	389826.5126	8971717.178	651.8089	TN
7	389866.5126	8971717.178	652.4092	TN
8	389906.5126	8971717.178	652.0829	TN
9	389626.5126	8971757.178	648.4449	TN
10	389666.5126	8971757.178	649.6688	TN
11	389706.5126	8971757.178	651.4025	BM-1
12	389746.5126	8971757.178	652.4222	TN
13	389786.5126	8971757.178	651.8887	TN
14	389826.5126	8971757.178	651.776	TN
15	389866.5126	8971757.178	652.2009	TN
16	389906.5126	8971757.178	652.1069	TN
17	389546.5126	8971797.178	640.7383	TN
18	389586.5126	8971797.178	640.4434	TN
19	389626.5126	8971797.178	640.3002	TN
20	389666.5126	8971797.178	646.7989	TN
21	389706.5126	8971797.178	650.3562	TN
22	389746.5126	8971797.178	651.4902	TN
23	389786.5126	8971797.178	652.019	TN
24	389826.5126	8971797.178	651.7931	TN
25	389866.5126	8971797.178	651.9927	TN
26	389906.5126	8971797.178	651.9538	TN
27	389946.5126	8971797.178	652.8507	TN
28	389506.5126	8971837.178	649.3369	TN
29	389546.5126	8971837.178	640.3704	TN
30	389586.5126	8971837.178	640.1564	TN
31	389626.5126	8971837.178	640.1184	TN
32	389666.5126	8971837.178	640.0824	TN
33	389706.5126	8971837.178	649.3098	TN
34	389746.5126	8971837.178	650.4924	TN

35	389786.5126	8971837.178	651.2194	TN
36	389826.5126	8971837.178	651.6158	TN
37	389866.5126	8971837.178	651.77	TN
38	389906.5126	8971837.178	651.1228	TN
39	389946.5126	8971837.178	650.6345	TN
40	389506.5126	8971877.178	646.38	TN
41	389546.5126	8971877.178	640.7979	TN
42	389586.5126	8971877.178	639.9836	TN
43	389626.5126	8971877.178	639.9457	TN
44	389666.5126	8971877.178	639.9112	TN
45	389706.5126	8971877.178	648.9074	TN
46	389746.5126	8971877.178	650.7407	TN
47	389786.5126	8971877.178	651.434	TN
48	389826.5126	8971877.178	651.4138	TN
49	389866.5126	8971877.178	651.5994	TN
50	389906.5126	8971877.178	650.5197	TN
51	389946.5126	8971877.178	649.3572	TN
52	389986.5126	8971877.178	649.2104	TN
53	389546.5126	8971917.178	640.9593	TN
54	389586.5126	8971917.178	639.8083	TN
55	389626.5126	8971917.178	639.772	TN
56	389666.5126	8971917.178	639.7398	TN
57	389706.5126	8971917.178	639.7105	TN
58	389746.5126	8971917.178	651.3553	TN
59	389786.5126	8971917.178	652.5479	TN
60	389826.5126	8971917.178	651.1147	TN
61	389866.5126	8971917.178	651.4359	TN
62	389906.5126	8971917.178	651.1655	TN
63	389946.5126	8971917.178	649.7526	TN
64	389986.5126	8971917.178	649.8462	TN
65	389546.5126	8971957.178	640.4254	TN
66	389586.5126	8971957.178	642.8331	TN
67	389626.5126	8971957.178	639.6028	TN
68	389666.5126	8971957.178	639.5732	TN
69	389706.5126	8971957.178	639.5423	TN
70	389746.5126	8971957.178	639.5072	TN
71	389786.5126	8971957.178	650.9771	TN
72	389826.5126	8971957.178	649.9649	TN
73	389866.5126	8971957.178	650.2358	TN
74	389906.5126	8971957.178	651.2335	TN
75	389946.5126	8971957.178	650.566	TN
76	389986.5126	8971957.178	650.5994	TN
77	389546.5126	8971997.178	639.1999	TN
78	389586.5126	8971997.178	644.0006	TN
79	389626.5126	8971997.178	646.0741	TN
80	389666.5126	8971997.178	639.4087	TN
81	389706.5126	8971997.178	639.3752	TN

82	389746.5126	8971997.178	639.3377	TN
83	389786.5126	8971997.178	649.0421	TN
84	389826.5126	8971997.178	648.648	TN
85	389866.5126	8971997.178	648.3605	TN
86	389906.5126	8971997.178	649.9089	TN
87	389946.5126	8971997.178	650.2887	TN
88	389986.5126	8971997.178	649.9665	TN
89	390026.5126	8971997.178	650.5249	TN
90	389586.5126	8972037.178	644.9727	TN
91	389626.5126	8972037.178	646.6457	TN
92	389666.5126	8972037.178	639.2432	TN
93	389706.5126	8972037.178	639.2049	TN
94	389746.5126	8972037.178	639.1686	TN
95	389786.5126	8972037.178	639.1337	TN
96	389826.5126	8972037.178	646.5857	TN
97	389866.5126	8972037.178	646.568	TN
98	389906.5126	8972037.178	648.3723	TN
99	389946.5126	8972037.178	649.4826	TN
100	389986.5126	8972037.178	649.3144	TN
101	390026.5126	8972037.178	649.9731	TN
102	389586.5126	8972077.178	639.7692	TN
103	389626.5126	8972077.178	644.4471	TN
104	389666.5126	8972077.178	646.4987	TN
105	389706.5126	8972077.178	639.0339	TN
106	389746.5126	8972077.178	638.998	TN
107	389786.5126	8972077.178	638.9639	TN
108	389826.5126	8972077.178	638.9291	TN
109	389866.5126	8972077.178	645.5737	TN
110	389906.5126	8972077.178	647.4631	TN
111	389946.5126	8972077.178	648.6994	TN
112	389986.5126	8972077.178	649.6106	TN
113	390026.5126	8972077.178	650.4589	TN
114	390066.5126	8972077.178	650.5368	TN
115	389626.5126	8972117.178	644.8736	TN
116	389666.5126	8972117.178	645.5382	TN
117	389706.5126	8972117.178	643.4837	TN
118	389746.5126	8972117.178	638.8255	TN
119	389786.5126	8972117.178	638.7887	TN
120	389826.5126	8972117.178	638.7517	TN
121	389866.5126	8972117.178	640.2273	TN
122	389906.5126	8972117.178	647.1313	TN
123	389946.5126	8972117.178	648.2033	TN
124	389986.5126	8972117.178	649.5737	TN
125	390026.5126	8972117.178	650.8472	TN
126	390066.5126	8972117.178	651.1794	TN
127	389626.5126	8972157.178	649.0362	TN
128	389666.5126	8972157.178	649.278	TN

129	389706.5126	8972157.178	644.8334	TN
130	389746.5126	8972157.178	638.6483	TN
131	389786.5126	8972157.178	638.6111	TN
132	389826.5126	8972157.178	638.5741	TN
133	389866.5126	8972157.178	638.5388	TN
134	389906.5126	8972157.178	646.7995	TN
135	389946.5126	8972157.178	647.7072	TN
136	389986.5126	8972157.178	648.7748	TN
137	390026.5126	8972157.178	650.4627	TN
138	390066.5126	8972157.178	650.9745	TN
139	390106.5126	8972157.178	650.9631	TN
140	389666.5126	8972197.178	649.0603	TN
141	389706.5126	8972197.178	647.5009	TN
142	389746.5126	8972197.178	646.3939	TN
143	389786.5126	8972197.178	638.4332	TN
144	389826.5126	8972197.178	638.3988	TN
145	389866.5126	8972197.178	638.3663	TN
146	389906.5126	8972197.178	638.341	TN
147	389946.5126	8972197.178	647.2111	TN
148	389986.5126	8972197.178	647.976	TN
149	390026.5126	8972197.178	649.6321	TN
150	390066.5126	8972197.178	650.3297	TN
151	390106.5126	8972197.178	649.8805	TN
152	389666.5126	8972237.178	647.3299	TN
153	389706.5126	8972237.178	648.0232	TN
154	389746.5126	8972237.178	648.7844	TN
155	389786.5126	8972237.178	648.2549	TN
156	389826.5126	8972237.178	638.221	TN
157	389866.5126	8972237.178	638.1949	TN
158	389906.5126	8972237.178	638.17	TN
159	389946.5126	8972237.178	647.7045	TN
160	389986.5126	8972237.178	647.4673	TN
161	390026.5126	8972237.178	648.7109	TN
162	390066.5126	8972237.178	649.971	TN
163	390106.5126	8972237.178	649.064	TN
164	390146.5126	8972237.178	649.0112	TN
165	389706.5126	8972277.178	646.9154	TN
166	389746.5126	8972277.178	645.9306	TN
167	389786.5126	8972277.178	647.4222	TN
168	389826.5126	8972277.178	647.228	TN
169	389866.5126	8972277.178	638.0222	TN
170	389906.5126	8972277.178	637.9989	TN
171	389946.5126	8972277.178	637.9782	TN
172	389986.5126	8972277.178	647.0924	TN
173	390026.5126	8972277.178	648.1554	TN
174	390066.5126	8972277.178	649.1074	TN
175	390106.5126	8972277.178	648.9371	TN

176	390146.5126	8972277.178	649.0693	TN
177	389706.5126	8972317.178	646.9498	TN
178	389746.5126	8972317.178	647.0051	TN
179	389786.5126	8972317.178	647.8722	TN
180	389826.5126	8972317.178	648.009	TN
181	389866.5126	8972317.178	637.8482	TN
182	389906.5126	8972317.178	637.8269	TN
183	389946.5126	8972317.178	637.808	TN
184	389986.5126	8972317.178	648.3906	TN
185	390026.5126	8972317.178	648.3784	TN
186	390066.5126	8972317.178	648.5796	TN
187	390106.5126	8972317.178	648.8103	TN
188	390146.5126	8972317.178	648.6627	TN
189	390186.5126	8972317.178	649.4474	TN
190	389706.5126	8972357.178	647.4334	TN
191	389746.5126	8972357.178	648.7974	TN
192	389786.5126	8972357.178	649.0547	TN
193	389826.5126	8972357.178	648.0898	TN
194	389866.5126	8972357.178	648.19	TN
195	389906.5126	8972357.178	637.6523	TN
196	389946.5126	8972357.178	637.6375	TN
197	389986.5126	8972357.178	637.6226	TN
198	390026.5126	8972357.178	647.5312	TN
199	390066.5126	8972357.178	647.7325	TN
200	390106.5126	8972357.178	648.6825	TN
201	390146.5126	8972357.178	647.8338	TN
202	390186.5126	8972357.178	649.1346	TN
203	389706.5126	8972397.178	648.5723	TN
204	389746.5126	8972397.178	650.5896	TN
205	389786.5126	8972397.178	650.3055	TN
206	389826.5126	8972397.178	648.6009	TN
207	389866.5126	8972397.178	649.199	TN
208	389906.5126	8972397.178	638.4104	TN
209	389946.5126	8972397.178	637.4676	TN
210	389986.5126	8972397.178	637.4536	TN
211	390026.5126	8972397.178	646.5153	TN
212	390066.5126	8972397.178	646.8854	TN
213	390106.5126	8972397.178	648.2467	TN
214	390146.5126	8972397.178	647.6339	TN
215	390186.5126	8972397.178	648.4116	TN
216	390226.5126	8972397.178	649.7908	TN
217	389706.5126	8972437.178	650.3721	TN
218	389746.5126	8972437.178	652.3968	TN
219	389786.5126	8972437.178	651.5563	TN
220	389826.5126	8972437.178	649.2976	TN
221	389866.5126	8972437.178	648.4207	TN
222	389906.5126	8972437.178	647.8645	TN

223	389946.5126	8972437.178	637.2985	TN
224	389986.5126	8972437.178	637.2856	TN
225	390026.5126	8972437.178	637.2744	TN
226	390066.5126	8972437.178	646.0383	TN
227	390106.5126	8972437.178	646.7089	TN
228	390146.5126	8972437.178	648.0359	TN
229	390186.5126	8972437.178	647.972	TN
230	390226.5126	8972437.178	648.0722	TN
231	389706.5126	8972477.178	652.1779	TN
232	389746.5126	8972477.178	653.4361	TN
233	389786.5126	8972477.178	651.9309	TN
234	389826.5126	8972477.178	649.9944	TN
235	389866.5126	8972477.178	649.1175	TN
236	389906.5126	8972477.178	648.2822	TN
237	389946.5126	8972477.178	637.1281	TN
238	389986.5126	8972477.178	637.1185	TN
239	390026.5126	8972477.178	637.1076	TN
240	390066.5126	8972477.178	645.8988	TN
241	390106.5126	8972477.178	646.0829	TN
242	390146.5126	8972477.178	648.396	TN
243	390186.5126	8972477.178	649.5347	TN
244	390226.5126	8972477.178	648.3006	TN
245	390266.5126	8972477.178	647.3206	TN
246	389706.5126	8972517.178	652.0991	TN
247	389746.5126	8972517.178	652.2189	TN
248	389786.5126	8972517.178	650.6466	TN
249	389826.5126	8972517.178	650.71	TN
250	389866.5126	8972517.178	650.8517	TN
251	389906.5126	8972517.178	651.2225	TN
252	389946.5126	8972517.178	649.7991	TN
253	389986.5126	8972517.178	636.9552	TN
254	390026.5126	8972517.178	636.9426	TN
255	390066.5126	8972517.178	649.198	TN
256	390106.5126	8972517.178	648.0757	TN
257	390146.5126	8972517.178	648.3274	TN
258	390186.5126	8972517.178	647.7188	TN
259	390226.5126	8972517.178	647.0974	TN
260	390266.5126	8972517.178	646.4157	TN
261	389706.5126	8972557.178	651.2784	TN
262	389746.5126	8972557.178	650.9514	TN
263	389786.5126	8972557.178	649.3381	TN
264	389826.5126	8972557.178	651.4724	TN
265	389866.5126	8972557.178	652.2938	TN
266	389906.5126	8972557.178	651.4527	TN
267	389946.5126	8972557.178	649.7885	TN
268	389986.5126	8972557.178	636.7933	TN
269	390026.5126	8972557.178	636.7791	TN

270	390066.5126	8972557.178	636.7645	TN
271	390106.5126	8972557.178	649.2241	TN
272	390146.5126	8972557.178	647.5446	TN
273	390186.5126	8972557.178	646.3044	TN
274	390226.5126	8972557.178	645.509	TN
275	390266.5126	8972557.178	646.0331	TN
276	390306.5126	8972557.178	646.9556	TN
277	389706.5126	8972597.178	649.8867	TN
278	389746.5126	8972597.178	649.5881	TN
279	389786.5126	8972597.178	648.6092	TN
280	389826.5126	8972597.178	650.4249	TN
281	389866.5126	8972597.178	651.9579	TN
282	389906.5126	8972597.178	649.7485	TN
283	389946.5126	8972597.178	645.3878	TN
284	389986.5126	8972597.178	636.6323	TN
285	390026.5126	8972597.178	636.6171	TN
286	390066.5126	8972597.178	636.6012	TN
287	390106.5126	8972597.178	648.0648	BM-2
288	390146.5126	8972597.178	646.9655	TN
289	390186.5126	8972597.178	645.191	TN
290	390226.5126	8972597.178	645.6895	TN
291	390266.5126	8972597.178	647.0408	TN
292	390306.5126	8972597.178	648.2329	TN
293	389706.5126	8972637.178	647.8097	TN
294	389746.5126	8972637.178	648.2344	TN
295	389786.5126	8972637.178	648.1779	TN
296	389826.5126	8972637.178	649.0407	TN
297	389866.5126	8972637.178	650.8347	TN
298	389906.5126	8972637.178	649.2657	TN
299	389946.5126	8972637.178	646.3007	TN
300	389986.5126	8972637.178	636.4721	TN
301	390026.5126	8972637.178	636.4557	TN
302	390066.5126	8972637.178	636.4386	TN
303	390106.5126	8972637.178	646.9055	TN
304	390146.5126	8972637.178	647.1742	TN
305	390186.5126	8972637.178	644.0198	TN
306	390226.5126	8972637.178	643.9581	TN
307	390266.5126	8972637.178	645.4305	TN
308	390306.5126	8972637.178	646.5211	TN
309	389706.5126	8972677.178	645.5804	TN
310	389746.5126	8972677.178	647.8032	TN
311	389786.5126	8972677.178	647.7467	TN
312	389826.5126	8972677.178	648.2134	TN
313	389866.5126	8972677.178	649.4911	TN
314	389906.5126	8972677.178	650.8621	TN
315	389946.5126	8972677.178	650.0887	TN
316	389986.5126	8972677.178	636.3125	TN

317	390026.5126	8972677.178	636.2951	TN
318	390066.5126	8972677.178	636.2772	TN
319	390106.5126	8972677.178	636.2596	TN
320	390146.5126	8972677.178	646.9949	TN
321	390186.5126	8972677.178	644.3725	TN
322	390226.5126	8972677.178	641.9762	TN
323	390266.5126	8972677.178	644.1919	TN
324	390306.5126	8972677.178	645.8908	TN
325	390346.5126	8972677.178	646.9615	TN
326	389706.5126	8972717.178	643.5986	TN
327	389746.5126	8972717.178	646.0141	TN
328	389786.5126	8972717.178	647.3154	TN
329	389826.5126	8972717.178	647.7795	TN
330	389866.5126	8972717.178	648.3393	TN
331	389906.5126	8972717.178	650.5632	TN
332	389946.5126	8972717.178	650.5572	TN
333	389986.5126	8972717.178	636.1531	TN
334	390026.5126	8972717.178	636.1355	TN
335	390066.5126	8972717.178	636.1178	TN
336	390106.5126	8972717.178	636.1001	TN
337	390146.5126	8972717.178	645.7045	TN
338	390186.5126	8972717.178	644.7251	TN
339	390226.5126	8972717.178	643.878	TN
340	390266.5126	8972717.178	645.4372	TN
341	390306.5126	8972717.178	646.7877	TN
342	390346.5126	8972717.178	647.5613	TN
343	389746.5126	8972757.178	645.1071	TN
344	389786.5126	8972757.178	646.602	TN
345	389826.5126	8972757.178	648.5001	TN
346	389866.5126	8972757.178	648.7328	TN
347	389906.5126	8972757.178	649.3051	TN
348	389946.5126	8972757.178	649.4904	TN
349	389986.5126	8972757.178	635.9938	TN
350	390026.5126	8972757.178	635.9761	TN
351	390066.5126	8972757.178	635.9584	TN
352	390106.5126	8972757.178	635.9407	TN
353	390146.5126	8972757.178	644.4142	TN
354	390186.5126	8972757.178	645.0987	TN
355	390226.5126	8972757.178	645.0639	TN
356	390266.5126	8972757.178	645.8012	TN
357	390306.5126	8972757.178	647.6846	TN
358	390346.5126	8972757.178	648.1611	TN
359	390386.5126	8972757.178	648.3588	TN
360	389746.5126	8972797.178	646.452	TN
361	389786.5126	8972797.178	648.0448	TN
362	389826.5126	8972797.178	650.3339	TN
363	389866.5126	8972797.178	650.0638	TN

364	389906.5126	8972797.178	648.2544	TN
365	389946.5126	8972797.178	648.4091	TN
366	389986.5126	8972797.178	635.8347	TN
367	390026.5126	8972797.178	635.8169	TN
368	390066.5126	8972797.178	635.7991	TN
369	390106.5126	8972797.178	635.7813	TN
370	390146.5126	8972797.178	643.4435	TN
371	390186.5126	8972797.178	645.2908	TN
372	390226.5126	8972797.178	643.8068	TN
373	390266.5126	8972797.178	645.7597	TN
374	390306.5126	8972797.178	648.5557	TN
375	390346.5126	8972797.178	649.0219	TN
376	390386.5126	8972797.178	650.1755	TN
377	389746.5126	8972837.178	647.6548	TN
378	389786.5126	8972837.178	649.616	TN
379	389826.5126	8972837.178	651.2727	TN
380	389866.5126	8972837.178	649.2849	TN
381	389906.5126	8972837.178	646.8621	TN
382	389946.5126	8972837.178	646.7193	TN
383	389986.5126	8972837.178	642.7142	TN
384	390026.5126	8972837.178	635.6578	TN
385	390066.5126	8972837.178	635.64	TN
386	390106.5126	8972837.178	635.6222	TN
387	390146.5126	8972837.178	641.6596	TN
388	390186.5126	8972837.178	645.083	TN
389	390226.5126	8972837.178	643.6883	TN
390	390266.5126	8972837.178	645.588	TN
391	390306.5126	8972837.178	649.4009	TN
392	390346.5126	8972837.178	651.5811	TN
393	390386.5126	8972837.178	654.2563	TN
394	390426.5126	8972837.178	655.4539	TN
395	389746.5126	8972877.178	648.8575	TN
396	389786.5126	8972877.178	648.8688	TN
397	389826.5126	8972877.178	648.3697	TN
398	389866.5126	8972877.178	646.8995	TN
399	389906.5126	8972877.178	645.4804	TN
400	389946.5126	8972877.178	644.3381	TN
401	389986.5126	8972877.178	642.2701	TN
402	390026.5126	8972877.178	635.4987	TN
403	390066.5126	8972877.178	635.4809	TN
404	390106.5126	8972877.178	635.463	TN
405	390146.5126	8972877.178	640.6242	TN
406	390186.5126	8972877.178	644.0536	TN
407	390226.5126	8972877.178	646.3361	TN
408	390266.5126	8972877.178	648.1946	TN
409	390306.5126	8972877.178	651.2783	TN
410	390346.5126	8972877.178	658.2301	TN

411	390386.5126	8972877.178	661.3148	TN
412	390426.5126	8972877.178	660.8907	TN
413	389746.5126	8972917.178	645.9719	TN
414	389786.5126	8972917.178	645.8029	TN
415	389826.5126	8972917.178	645.4666	TN
416	389866.5126	8972917.178	645.1685	TN
417	389906.5126	8972917.178	646.1325	TN
418	389946.5126	8972917.178	641.8126	TN
419	389986.5126	8972917.178	635.3435	TN
420	390026.5126	8972917.178	635.3257	TN
421	390066.5126	8972917.178	635.3108	TN
422	390106.5126	8972917.178	635.2944	TN
423	390146.5126	8972917.178	641.0146	TN
424	390186.5126	8972917.178	642.9937	TN
425	390226.5126	8972917.178	646.5764	TN
426	390266.5126	8972917.178	650.3304	TN
427	390306.5126	8972917.178	654.503	TN
428	390346.5126	8972917.178	662.8848	TN
429	390386.5126	8972917.178	668.2894	TN
430	390426.5126	8972917.178	670.4742	TN
431	390466.5126	8972917.178	672.1886	TN
432	389746.5126	8972957.178	642.607	TN
433	389786.5126	8972957.178	643.0102	TN
434	389826.5126	8972957.178	643.2931	TN
435	389866.5126	8972957.178	645.3531	TN
436	389906.5126	8972957.178	646.5029	TN
437	389946.5126	8972957.178	640.2764	TN
438	389986.5126	8972957.178	635.1693	TN
439	390026.5126	8972957.178	635.1484	TN
440	390066.5126	8972957.178	635.1291	TN
441	390106.5126	8972957.178	635.1134	TN
442	390146.5126	8972957.178	643.6497	TN
443	390186.5126	8972957.178	644.2742	TN
444	390226.5126	8972957.178	646.0622	TN
445	390266.5126	8972957.178	648.7407	TN
446	390306.5126	8972957.178	653.2428	TN
447	389746.5126	8972997.178	641.7964	TN
448	389786.5126	8972997.178	642.9821	TN
449	389826.5126	8972997.178	643.7278	TN
450	389866.5126	8972997.178	648.1707	TN
451	389906.5126	8972997.178	647.1993	TN
452	389946.5126	8972997.178	638.8341	TN