



UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD Y EL SER HUMANO

CARRERA DE INGENIERÍA EN RIESGOS DE DESASTRES

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN RIESGOS DE
DESASTRES**

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

TEMA:

**“ANÁLISIS DE LA AMENAZA DE INUNDACIÓN Y ELEMENTOS
EXPUESTOS EN EL SECTOR DEL MALECÓN EN LA CIUDAD DEL TENA
PERÍODO SEPTIEMBRE-DICIEMBRE 2024”**

AUTOR(A) (ES):

**SANTANA SALTOS EDGAR SANTIAGO
VEGA VACA VICTOR JINSON**

**GUARANDA – ECUADOR
2024**

TEMA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Análisis de la amenaza de inundación y elementos expuestos en el sector del malecón en la ciudad del Tena período septiembre-diciembre 2024

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios por tenerme en su lista de favoritos y permitirme vivir esta experiencia. A mi familia, por el amor incondicional, por siempre estar a mi lado, brindándome todo el apoyo que necesitaba en los momentos más desafiantes. Agradezco a mi directora de proyecto y profesores de la carrera de ingeniería en Riesgos de Desastres, por su invaluable orientación, apoyo y paciencia a lo largo de este proceso, creando un ambiente de aprendizaje enriquecedor. Su conocimiento y dedicación han sido fundamentales para el desarrollo de este trabajo, para mi formación académica y desarrollo personal.

Un sincero agradecimiento a mis compañeros y a todos quienes, de alguna manera, han influido en mi vida y en este proyecto.

Y como dijo el tío Snoop: Por último, pero no por ello menos importante, quiero agradecerme. Por creer en mí, por nunca rendirme, por dar más de lo que recibo, por intentar hacer más bien que mal y por ser yo en todo momento y en todo lugar.

Edgar Santiago Santana Saltos

Primero, agradezco a Dios, por darme la fuerza, sabiduría y perseverancia necesarias para alcanzar esta meta. Su guía y bendición han sido mi mayor fortaleza a lo largo de este camino. A mi madre, por su amor incondicional, su apoyo constante y sus sacrificios. A mi hermana y a toda mi familia, por creer en mí, por sus palabras de aliento y por estar siempre presentes en los momentos importantes. De igual manera cada uno de mis docentes, quienes con su dedicación, paciencia y conocimientos contribuyeron a mi formación académica y personal. Gracias por compartir su experiencia y por motivarme a dar siempre lo mejor de mí. Finalmente, a mis amigos, por estar ahí en los buenos y malos momentos, por su compañía, comprensión y por ser una parte fundamental en este proceso.

Victor Jinson Vega Vaca

DEDICATORIA

A mis padres, Por su invaluable apoyo, sacrificio y compromiso a lo largo de mi formación académica. Su ejemplo de integridad, perseverancia y dedicación ha sido una guía constante en este camino. Gracias por enseñarme a no rendirme, a soñar en grande y a trabajar con humildad. Este logro es tanto mío como suyo. Los amo profundamente.

Edgar Santiago Santana Saltos

Con profunda humildad y gratitud, dedico este logro, en primer lugar, a Dios, fuente infinita de sabiduría, fortaleza y esperanza. Su presencia constante en mi vida ha sido el faro que ha guiado cada uno de mis pasos, brindándome serenidad en los momentos de incertidumbre y fuerza en los desafíos más grandes. A mi madre ejemplo de amor, sacrificio y entrega. Su apoyo incondicional, sus palabras de aliento y su fe en mí han sido el motor que me ha impulsado a seguir adelante, incluso cuando el camino se tornaba difícil. Este logro es tan suyo como mío. A mi querida hermana, compañera de vida. Gracias por estar presente en cada etapa de este proceso, celebrando mis alegrías y ofreciéndome consuelo en los momentos de duda. Con amor eterno y profunda añoranza, dedico este logro a mi abuelito y a mi papá, cuyas ausencias físicas no han impedido que sigan presentes en mi vida. Sé que desde el cielo me acompañan, me cuidan y celebran conmigo este logro. Su ejemplo de esfuerzo, valentía y amor permanece vivo en mí, guiándome siempre. Y a toda mi familia, por su respaldo incondicional, su paciencia, y por creer en mí incluso cuando yo dudaba. Gracias por estar ahí, por cada gesto, cada palabra y cada muestra de cariño. Este triunfo es también reflejo del amor que me rodea.

Con todo mi corazón, a ustedes les dedico este paso tan importante en mi vida.

Víctor Jinson Vega Vaca

**CERTIFICADO DE SEGUIMIENTO AL PROCESO
INVESTIGATIVO, EMITIDO POR EL TUTOR.**

Guaranda, 03 de febrero de 2025.

La suscrita Ingeniera María Vallejo Ilijama Mg., Directora del Proyecto de Investigación de Pre Grado de la carrera de Ingeniería en Riesgos de Desastres de la Universidad Estatal de Bolívar, en calidad de Docente – Tutor.

CERTIFICA:

Que el proyecto de investigación titulado: “ANÁLISIS DE LA AMENAZA DE INUNDACIÓN Y ELEMENTOS EXPUESTOS EN EL SECTOR DEL MALECÓN ESCÉNICO DE LA CIUDAD DEL TENA PERÍODO SEPTIEMBRE-DICIEMBRE 2024”; realizado por los señores: **Santana Saltos Edgar Santiago y Vega Vaca Victor Jinson** ha sido debidamente revisado e incorporado las observaciones realizadas durante las asesorías; en tal virtud, autorizo su presentación para la aprobación respectiva de acuerdo con el reglamento de la Universidad.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a verdad.



ING. MARÍA VALLEJO ILIJAMA.

DIRECTORA DE TRABAJO DE TITULACIÓN DE PRE GRADO

DERECHOS DE AUTOR

Yo/nosotros Santana Saltos Edgar Santiago y Víctor Jinson Vega Vaca portador/res de la Cédula de Identidad No 0202562534 y 1501270068

en calidad de autor/res y titular / es de los derechos morales y patrimoniales del Trabajo de Titulación:

Análisis de la amenaza de inundación y elementos expuestos en el sector del malecón en la ciudad de Tena en el periodo septiembre- Diciembre 2024, modalidad proyecto de investigación, de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN, concedemos a favor de la Universidad Estatal de Bolívar, una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos. Conservamos a mi/nuestro favor todos los derechos de autor sobre la obra, establecidos en la normativa citada.

Así mismo, autorizo/autorizamos a la Universidad Estatal de Bolívar, para que realice la digitalización y publicación de este trabajo de titulación en el Repositorio Digital, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

El (los) autor (es) declara (n) que la obra objeto de la presente autorización es original en su forma de expresión y no infringe el derecho de autor de terceros, asumiendo la responsabilidad por cualquier reclamación que pudiera presentarse por esta causa y liberando a la Universidad de toda responsabilidad.



Santana Saltos Edgar Santiago
edsantana@mailes.ueb.edu.ec



Víctor Jinson Vega Vaca
vicvega@mailes.ueb.edu.ec

ÍNDICE DE CONTENIDO

I.	CAPÍTULO I. FORMULACIÓN GENERAL DEL PROYECTO.....	17
1.1.	Planteamiento del Problema.....	17
1.2.	Formulación del Problema	18
1.3.	Justificación.....	18
1.4.	Objetivos: General y Específicos	19
1.4.1.	Objetivo General.....	19
1.4.2.	Objetivo Específico.....	19
1.5.	Variables.....	20
II.	CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	22
2.1.	Referencial o Georeferencial.....	22
2.2.	Antecedentes	23
2.3.	Científico.....	26
2.4.	Legal.....	44
2.5.	Conceptual.....	49
III.	CAPITULO III. METODOLOGÍA.....	51
3.1.	Tipo de Investigación	51
3.2.	Método de Investigación	52
3.3.	Técnicas e Instrumentos de Recopilación de Datos	52
3.3.1.	Técnica.....	52
3.3.2.	Instrumentos de Recopilación de Datos.....	53

3.4.	Universo, Población y Muestra	53
3.5.	Técnicas de análisis y procesamiento de la Información	53
3.5.1.	Delimitación de la cuenca y orden de ríos	54
3.5.2.	Descarga de base de datos históricos de precipitación	54
3.5.3.	Análisis de confiabilidad y heterogeneidad de los datos	54
3.5.4.	Análisis de datos de precipitación Hydrognomon	55
3.5.5.	Análisis de tormenta modelo de Dick Peschke	55
3.5.6.	Curvas IDF (Intensidad-Duración-Frecuencia)	55
3.5.7.	Aplicación del método flotador para la medición del Caudal.....	56
3.5.8.	Modelamiento hidráulico en Software Iber	57
IV.	CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	60
4.1.	Análisis, Interpretación y Discusión de Resultados	60
4.1.1.	Determinar la amenaza de inundación mediante un modelamiento hidráulico de los ríos Pano y Tena en el sector del malecón de la ciudad del Tena.	
	60	
4.1.2.	Caracterizar los elementos expuestos ante la amenaza de inundación en el sector del malecón en la ciudad del Tena.	101
4.2.	DISCUSIÓN.....	108
4.2.1.	Discusión 1.....	108
4.2.2.	Discusión 2.....	108
4.2.3.	Discusión 3.....	109
V.	CAPITULO	110

5.1.	CONCLUSIONES	110
5.2.	RECOMENDACIONES	111

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Variables.....	20
Tabla 2: Parámetros Fisiográficos de una Cuenca Hidrográfica.....	61
Tabla 3: Clasificación de áreas.....	62
Tabla 4: Clasificación del coeficiente de compacidad o Gravelius.....	62
Tabla 5: Relación forma Horton.....	63
Tabla 6: Parámetros red hidrográfica de una cuenca.....	64
Tabla 7: Clasificación del relieve de una cuenca de acuerdo con su pendiente.....	65
Tabla 8: Clases de tiempos de concentración.....	65
Tabla 9: Registro de Precipitación Máxima de 24 Horas (mm).....	71
Tabla 10: Parámetros Estadísticos Outlier	73
Tabla 11: Prueba Smirnov--Kolgomorov Pacaran	75
Tabla 12: Hydrognomon, periodos de retorno.	77
Tabla 13: Hietograma de precipitación de diseño para un periodo de retorno de 25	79
Tabla 14: Hietograma de precipitación de diseño para un periodo de retorno de 50.	81
Tabla 15: Hietograma de precipitación de diseño para un periodo de retorno de 100 años.....	84
Tabla 16: Medición de Caudal Método del Flotador.....	87
Tabla 17: Datos modelamiento hidráulico periodo de retorno 25 años.....	90
Tabla 18: Datos modelamiento hidráulico periodo de retorno 50 años.....	91
Tabla 19: Datos modelamiento hidráulico periodo de retorno 100 años.....	93
Tabla 20: Datos modelamiento hidráulico peor escenario	95
Tabla 21: Elementos Expuestos.....	104

Tabla 22: Medidas de mitigación ante la amenaza de inundación.	107
--	-----

ÍNDICE DE FIGURAS/GRÁFICAS/IMÁGENES

Ilustración 1: Mapa Área de Estudio	22
Ilustración 2. Curva Hipsométrica	66
Ilustración 3: Mapa de ubicación de la cuenca demográfica.....	67
Ilustración 4: Delimitación de la Cuenca.....	68
Ilustración 5: Número de orden de los ríos.....	69
Ilustración 6 Línea de Tendencia de la Precipitación	74
Ilustración 7 Distribución de Log Pearson III.....	76
Ilustración 8 Curva Intensidad-Duración-Frecuencia	78
Ilustración 9: Hietograma de precipitación de diseño para un periodo de retorno de 25	80
Ilustración 10 Hietograma de precipitación de diseño para un periodo de retorno de 50.	83
Ilustración 11 Hietograma de precipitación de diseño para un periodo de retorno de 100.	85
Ilustración 12 Perfil longitudinal del río	88
Ilustración 13: Modelamiento hidráulico periodo de retorno de 25 años.	89
Ilustración 14: Modelamiento hidráulico periodo de retorno de 50 años.	91
Ilustración 15: Modelamiento hidráulico periodo de retorno de 100 años.	93
Ilustración 16: Modelamiento hidráulico del peor escenario.....	95
Ilustración 17: Simulación hidráulica software Global Mapper.....	96
Ilustración 18: Surface Water Tracker.....	98
Ilustración 19: Mapa Área de Inundación.....	101
Ilustración 20: Mapa de Elementos Esenciales.....	102
Ilustración 21: Mapa de Elementos Críticos.....	103

INTRODUCCIÓN

La provincia de Napo, ubicada en el centro-norte de Ecuador, es reconocida por su riqueza cultural, biodiversidad y paisajes únicos. Sin embargo, su ubicación geográfica y topografía la hacen vulnerable a muchos fenómenos naturales, de los cuales las inundaciones son una amenaza frecuente y grave.

El propósito es analizar los elementos y su exposición frente a la amenaza de inundación para comprender los factores clave que influyen para que la amenaza de inundación se materialice en desastre.

El escenario de este proyecto de investigación fue “El Malecón escénico del Tena” que no solo un lugar para relajarse y socializar, sino que también juega un papel importante en la economía de la ciudad, cautivando tanto a personas locales como a turistas.

Debido a su cercanía a unión de los ríos Tena y Pano, la zona es propensa a inundaciones por el aumento de las precipitaciones estacionales debido a factores climáticos. Según la Secretaria Nacional de Gestión de Riesgos los eventos de inundación con mayor magnitud han sido en los años 2011 y 2017 donde se ha podido evidenciar los daños que causó este fenómeno, afectando infraestructuras vial, viviendas y medios de vida.

Los resultados obtenidos no solo contribuirán a la seguridad, bienestar de la comunidad y preservación del entorno natural del Tena sino también al desarrollo sostenible y preservación de la región Amazónica del Ecuador.

RESUMEN

Las inundaciones son fenómenos recurrentes en la ciudad, constituyendo un evento natural que se intensifica debido al aumento del caudal durante el periodo de lluvias, lo que afecta diversas localidades. El objetivo de esta investigación fue analizar la amenaza de inundación y los elementos expuestos en el sector del malecón escénico de la ciudad de Tena. Para ello, se empleó una metodología mixta que integra enfoques cualitativos y cuantitativos.

La investigación se centró en identificar la amenaza de inundación, para lo cual se recopilaron datos históricos a partir de la plataforma Power NASA. Además, se utilizaron diversas metodologías analíticas, como la técnica Outlier para la identificación de anomalías. En cuanto a los tiempos de retorno, se aplicó el software Hydromon, complementado con el método Dick Peschke. Con base en estos análisis, se desarrollaron cuatro modelos hidráulicos utilizando el software IBER, con el propósito de caracterizar los elementos expuestos en el sector del malecón escénico.

ABSTRACT

Floods are recurring phenomena in the city, constituting a natural event that intensifies due to the increase in flow during the rainy period, which affects various locations. The objective of this research was to analyze the threat of flooding and the exposed elements in the scenic boardwalk sector of the city of Tena. To achieve this, a mixed methodology was used that integrates qualitative and quantitative approaches.

The research focused on identifying the flood threat, for which historical data was collected from the Power NASA platform. In addition, various analytical methodologies were used, such as the Outlier technique for the identification of anomalies. Regarding return times, the Hydronomon software was applied, complemented by the Dick Peschke method. Based on these analyses, four hydraulic models were developed using IBER software, with the purpose of characterizing the elements exposed in the scenic boardwalk sector.

I. CAPÍTULO I. FORMULACIÓN GENERAL DEL PROYECTO

1.1. Planteamiento del Problema

La provincia de Napo, ubicada en la parte centro-norte de la cuenca amazónica, es un área de particular importancia y diversidad. Está formado por cinco cantones, tiene una superficie de 12.524,89 km² y una población, según proyecciones del INEC para 2022, estimada en 133.705 habitantes.

La ciudad de Tena, cuyo centro urbano, según el Plan Estratégico 2021-2023, alberga a unos 30.000 habitantes. Por su ubicación geográfica y topografía, Tena enfrenta grandes desafíos, uno de los más graves es el riesgo de inundaciones. La zona costera, es importante para el comercio, el turismo y la recreación, es parte fundamental de la economía local y regional.

Sin embargo, su exposición a las inundaciones es un riesgo potencial que podría tener consecuencias sociales, económicas y ambientales.

Las inundaciones siempre han sido un gran desafío para el sector, como lo demostraron los eventos catastróficos del 25 de septiembre de 2011 y el 3 de septiembre de 2017. Cuyos eventos estuvieron marcados por la devastación que causan en zonas claves de Tena.

Entre las zonas más afectadas por las fuertes lluvias y crecidas de los ríos se encuentran: Las Palmas, Terere, Pauchiacu, Palandacocha, Bellavista Baja y la costa de la ciudad. (OCHA Services, 2011)

Aunque se han realizado muchas investigaciones sobre los riesgos que plantea este fenómeno natural, cabe señalar que algunos aspectos importantes no se han considerado plenamente. Estos factores incluyen la escorrentía y las precipitaciones, que son clave para comprender y pronosticar con precisión el riesgo de inundaciones.

En este contexto, los resultados de los modelos hidráulicos se convierten en herramientas importantes para el desarrollo de planes y estrategias de mitigación, la gestión integrada y la toma de decisiones informada para minimizar el impacto de un evento determinado. Por esta razón, se propone realizar un análisis de riesgo y exposición a inundaciones, enfocándose especialmente en la unión los ríos Pano y Tena.

El objetivo principal de esta propuesta es analizar el riesgo de inundaciones a través de la identificación de áreas susceptibles y caracterizar los elementos expuestos, para implementar medidas de mitigación efectivas y oportunas.

1.2. Formulación del Problema

¿Cómo influye la amenaza de inundación sobre los elementos expuestos en el sector del malecón de la ciudad del Tena?

1.3. Justificación

La ciudad de Tena está sujeta frecuentemente a inundaciones. Los eventos de precipitación más fuertes y de mayor impacto ocurrieron en septiembre de 2011 y septiembre de 2017. Estos eventos resaltan la necesidad urgente de comprender y mitigar los riesgos de inundaciones para minimizar las pérdidas materiales, económicas y posibles pérdidas humanas.

El malecón escénico del Tena es un eje crucial para la economía local por su centro de comercio, turismo y recreación. La exposición del sector a las inundaciones plantea riesgos que pueden afectar negativamente la economía local y el bienestar de la comunidad.

La gestión de riesgos se vuelve de vital importancia debido a la falta de preparación de la comunidad para hacer frente a desastres naturales, como ha quedado evidenciado en eventos previos que resultaron en pérdidas significativas y daños materiales considerables, atribuidos en gran parte a la insuficiente planificación de la

reducción de riesgos de desastres por parte de los municipios (Robles Gruezo Frank Antonio, 2021)

Este proyecto trata de llenar estos vacíos a través de un análisis detallado de la amenaza de inundación. Esta información será extremadamente valiosa para las autoridades locales y regionales en la planificación urbana, la gestión de riesgos y las acciones preventivas a largo corto y largo plazo, garantizando respuestas apropiadas, protegiendo la economía local y mejorando la calidad de vida de la ciudad del Tena, contribuyendo así al desarrollo sostenible de la provincia de Napo.

1.4. Objetivos: General y Específicos

1.4.1. Objetivo General

Analizar la amenaza de inundación y elementos expuestos en el sector del malecón escénico en la ciudad del Tena.

1.4.2. Objetivo Específico

- Identificar la amenaza de inundación mediante un modelamiento hidráulico.
- Caracterizar los elementos expuestos ante la amenaza de inundación en el sector del malecón escénico.
- Proponer medidas de reducción de riesgo ante la amenaza de inundación.

1.5. Variables

Tabla 1: Variables

Variables	Definición Conceptual	Dimensión	Indicador	Técnicas e instrumentos	Método de medición
Variable independiente: Amenaza de Inundación	Una inundación es la ocupación por parte del agua de zonas o regiones que habitualmente se encuentran secas, como consecuencia de la aportación inusual y más o menos repentina de una cantidad de agua superior a la que puede drenar el propio cauce del río (iAgua, 2020).	Frecuencia	Número de eventos de inundación por año	Análisis de registros históricos de inundaciones	Frecuencia anual a partir de registros históricos
		Magnitud	Altura máxima alcanzada por el agua durante una inundación	Análisis de registros hidrométricos, mapas de inundación, modelos hidrológicos	Mediciones en campo utilizando estaciones hidrométricas y comparación con modelos predictivos.
		Extensión	Área geográfica afectada por una inundación	Modelamientos hidrológicos	Uso de sistemas de información geográfica (SIG) para calcular el área afectada a partir de modelos digitales de terreno y simulaciones de inundaciones.
		Intensidad	Caudal máximo del río durante una inundación	Análisis de registros hidrométricos, mapas de inundación, modelos hidrológicos	Medición directa de caudales utilizando estaciones hidrométricas y simulaciones hidrológicas.

Variable dependiente: Elementos expuestos	Situación en que se encuentran las personas, las infraestructuras, las viviendas, las capacidades de producción y otros activos humanos tangibles situados en zonas expuestas a amenazas (UNISDR - Indicadores y terminología relacionados con la reducción del riesgo de desastres, Asamblea General, Naciones Unidas, 2016).	Población	Total de la población expuesta	Mapas cartográficos de inundación y catastro urbano	Cuantificación de personas en zonas de riesgo mediante el cruce de datos de mapas de inundación y catastrales.
		Elementos esenciales	Viviendas y edificios	Inventarios de infraestructura, imágenes satelitales e inspecciones en campo	Cuantificación de edificios y viviendas expuestos mediante la revisión de inventarios y validación con imágenes satelitales y visitas in situ.
		Elementos críticos	Vías, Instituciones, Sistema de alcantarillado, Sistema Pluvial y Sistema Eléctrico (postes, cables).	Análisis de imágenes satelitales e inspecciones en campo	Identificación de infraestructura crítica en áreas de riesgo a través del análisis de imágenes satelitales y validación con inspecciones en campo.

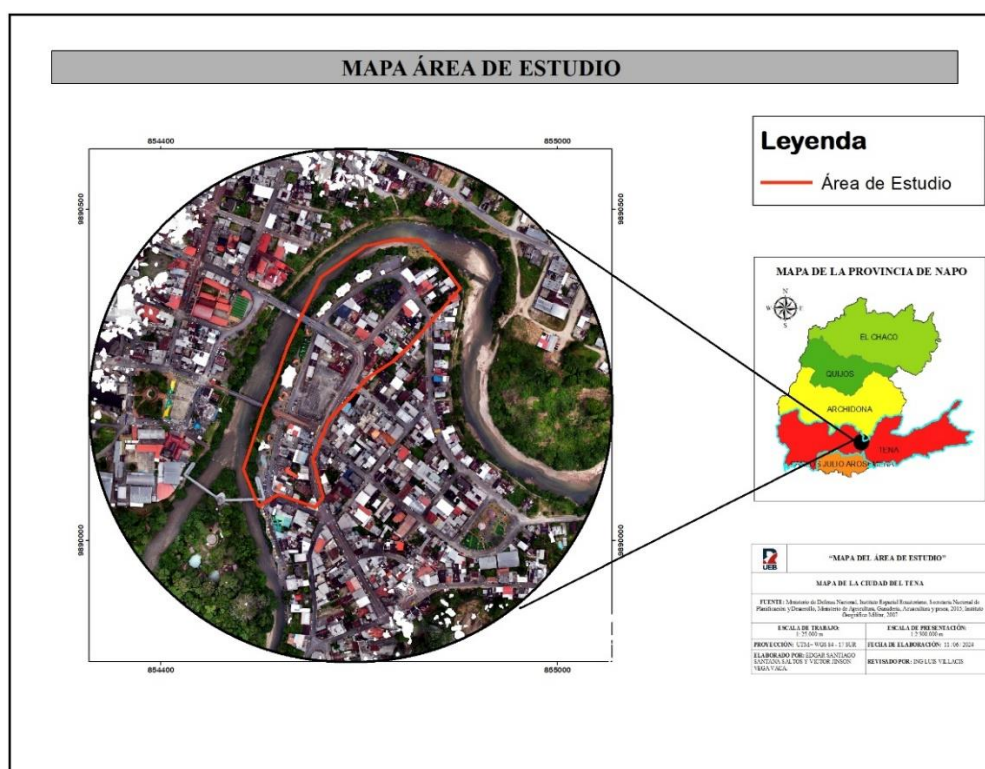
II. CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Referencial o Georeferencial

San Juan de los dos ríos de Tena, o simplemente Tena es una ciudad de Ecuador, capital de la provincia de Napo en la Región Amazónica del Ecuador. Recibe su nombre porque la ciudad se encuentra dividida en dos por el río Tena.

Está ubicada en la zona Sur de la provincia sobre el valle del río Misahuallí a una altitud de 510 msnm.. Posee un clima cálido-húmedo con temperatura promedio de 25 grados Celsius y humedad del 90 al 100 %. Tena tiene 60.880 habitantes, en el cantón viven 51 640 habitantes, 35 979 en el área rural. La ciudad está dividida en 1 parroquia, la cual se subdivide en barrios (Reseña Histórica – Gobernación de Napo, 2014).

Ilustración 1: Mapa Área de Estudio



Elaboración propia-2025

2.2. Antecedentes

En el estudio titulado "**estudio de amenaza por inundación en la cabecera municipal del municipio de Garzón-Huila, mediante el software Hec-Ras en 2d para tr 10, 20 y 100 años**", realizado por (Silva & Herrera, 2019), se enfocó en analizar la amenaza por inundación, centrado en la creciente esperada con un período de retorno de 10 años en la quebrada Garzón. La cual utilizó el modelo hidráulico HEC-RAS 2D, se determinó las crecientes de la quebrada para calcular los perfiles hidráulicos de las láminas de agua. Se identificó puntos críticos donde se presenta desbordamiento, donde la quebrada Garzoncito es afluente de la quebrada Garzón.

Se categorizaron las áreas de amenaza baja, media y alta para el municipio de Garzón. Se identificó que la amenaza alta y media se ubican en los primeros 10 metros de ronda de los drenajes, mientras que el área restante se categorizó con amenaza baja. La información obtenida contribuyó al diseño de estrategias de gestión del riesgo de desastres en el municipio de Garzón, Huila.

La comprensión de este enfoque es fundamental para el desarrollo del siguiente análisis, ya que permite considerar parámetros relevantes para el modelamiento en el software Iber, los resultados de este modelamiento serán usados para la identificación de las áreas críticas, con lo que se podrá planificar las medidas de mitigación de manera efectiva.

De la misma forma este trabajo de investigación, titulado "**Vulnerabilidad Social ante amenaza por inundación en el área urbana de Florencia**", desarrollado por (Ríos, 2019), Tuvo como objetivo de analizar los factores que generan la vulnerabilidad social en una zona de amenaza por inundación y cómo estos factores son afectados por los procesos municipales de gestión del riesgo, a través de la implementación de la Política Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres en el territorio.

La metodología utilizada en este estudio fue de caso, con un enfoque cualitativo, de tipo descriptivo e interpretativo. La unidad de trabajo estuvo comprendida por el asentamiento subnormal Portal de Bajo Caldas y la unidad de observación se centró en los actores sociales. Las técnicas de recopilación de información incluyeron encuestas, entrevistas semiestructuradas, análisis espacial, resumen analítico especializado (RAE) y una matriz de evaluación y cumplimiento de la ley 1523 de 2012.

Los hallazgos del estudio indicaron que los procesos de gestión del riesgo de desastres, ejecutados por el municipio de Florencia mediante los instrumentos creados por la Política Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres, no han tenido un impacto significativo en la reducción de los factores que configuran la vulnerabilidad social en los asentamientos subnormales. Como resultado, las poblaciones asentadas en áreas de amenaza por inundación continúan expuestas a condiciones de peligro.

Este estudio permitió entender mejor los factores sociales que pueden agravar el impacto de las inundaciones en la comunidad del malecón. Esta herramienta puede ayudar a medir la efectividad de las políticas locales de gestión del riesgo de desastres y a identificar áreas de mejora.

Este enfoque de vulnerabilidad social, las metodologías empleadas, las recomendaciones estratégicas y las lecciones aprendidas ofrecieron una base sólida para desarrollar un análisis integral y efectivo sobre los elementos expuestos en el sector del Malecón escénico del Tena.

Así mismo, (Guevara Sánchez, 2023) con la investigación titulada “**Análisis de vulnerabilidad ante amenazas de Inundaciones en el cantón Caluma**”, se centró en describir y analizar los niveles de vulnerabilidad que enfrenta el cantón Caluma ante esta amenaza, considerando especialmente el desbordamiento del río Caluma, causado por los altos niveles de precipitación en la región.

La falta de estudios técnicos que consideren las vulnerabilidades de la población, la ausencia de control en las normas de construcción de viviendas y el escaso conocimiento de la población sobre las áreas de riesgo, pueden resultar en consecuencias negativas ante este fenómeno natural, por este motivo es esencial realizar este tipo de análisis para comprender la situación que experimenta la población.

A pesar de la escasez de estudios e informes técnicos emitidos por el Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias y la Unidad de Riesgos indican la presencia de varios recintos con niveles altos y medios de vulnerabilidad en el cantón Caluma. Además, hasta ahora se han producido numerosas inundaciones que han afectado negativamente a propiedades públicas y privadas, así como al bienestar general de los habitantes del estado. Por lo tanto, priorizar las acciones de prevención y mitigación para reducir el riesgo de inundaciones en el cantón de Caluma es de suma importancia. Estas medidas tienen como objetivo prevenir pérdidas de vidas y propiedades, así como aumentar la resiliencia de las personas ante futuras inundaciones. El enfoque integral e integrado para la planificación del uso de la tierra descrito en el estudio de Caluma es importante y permite que la gestión del riesgo de inundaciones se considere como parte del proceso de desarrollo sostenible y gestión ambiental. Recopilar y analizar información cualitativa y cuantitativa puede ser importante en la toma de decisiones. Esto garantiza que las decisiones se tomen basándose en datos precisos y actualizados, lo que ayuda a gestionar el riesgo de inundaciones de forma más eficaz. Este análisis puede ayudar a identificar problemas similares en la ciudad de Tena, asegurando regulaciones apropiadas sobre la construcción y el uso del suelo, incluyendo la implementación de políticas públicas de gestión de riesgos, controles de vivienda adecuados y la construcción de resiliencia comunitaria para mitigar los impactos negativos. Estos elementos son fundamentales para el proyecto de investigación ya que proporcionan una base estructurada para planificar medidas de mitigación y gestionar el área de manera sostenible y segura. (Guevara Sanchez, 2023)

Finalmente, el estudio titulado “Vulnerabilidad social en perfiles de riesgo de desastres en el contexto del cambio climático en las cuencas de los ríos Napo y Putumayo, Amazonia norte, Ecuador” de (Verdezoto Escobar, 2024) se enfoca en identificar el nivel de vulnerabilidad social que existía previamente en la cuenca del Napo, Putumayo, especialmente en zonas inundables, en el contexto de la configuración social de riesgo de desastres naturales en contexto del cambio climático. Para fines analíticos se utilizó un modelo conceptual de presión y liberación (PAR), que permite evaluar la vulnerabilidad social a partir de un enfoque progresivo dividido en tres partes: 1) causa raíz, 2) estrés dinámico y 3) condiciones peligrosas. Metodológicamente, el estudio se basa en la identificación de factores sociales, representatividad geográfica y un enfoque multiescalar. Una de las principales causas de vulnerabilidad social en las cuencas del Napo y Putumayo es la implementación de un modelo de extracción de hidrocarburos que se ha incrementado desde la década de 1970 en el norte de la Amazonia ecuatoriana. Este modelo de desarrollo es reconocido como un factor clave que afecta la estructura socioeconómica de la región. Se analizaron dos factores dinámicos de interés en el área de estudio:

Rápido crecimiento demográfico: El rápido crecimiento demográfico en la región ha llevado a una mayor demanda de recursos y servicios, exacerbando las vulnerabilidades sociales. **Deforestación relacionada con el petróleo:** La expansión de la producción de petróleo ha provocado deforestación, modificando los ecosistemas y aumentando el riesgo de inundaciones. Este estudio identifica factores específicos que contribuyen a la vulnerabilidad social y proporciona datos estadísticos para respaldar el análisis y la priorización de áreas que requieren acciones de mitigación y adaptación. Este enfoque proporciona una base científica y técnica para respaldar los resultados del modelado hidráulico, permitiendo a los tomadores de decisiones recomendar medidas de mitigación para reducir el riesgo de inundaciones.

2.3. Científico

Precipitación, duración e intensidad.

Para entender los diversos métodos en los que el agua llega a la superficie terrestre y como afectan a un área en específico, como el malecón escénico de la ciudad del Tena, es necesario comprender la duración e intensidad de las precipitaciones. Esto permitirá identificar las zonas más propensas a inundaciones.

Según (Ordoñez, 2011), generalmente, se denomina precipitación a “toda agua meteórica que cae en la superficie de la tierra en forma líquida o sólida”.

Desde el punto de vista de la ingeniería hidrológica, la precipitación, constituye la principal entrada del agua en un sistema o cuenca hidrográfica (Musy, 2001).

La precipitación varía en el espacio y en el tiempo de acuerdo con el patrón general de circulación atmosférica y con factores locales (Chow et al., 1994).

El conocimiento de la distribución y variabilidad espacio-temporal de la precipitación es importante para el planeamiento de los recursos hídricos y para diversos estudios hidrológicos (Villela & Mattos, 1975).

La duración de las precipitaciones hace referencia al tiempo en el que un volumen de agua cae sobre un área determinada (Vide, 1998).

En múltiples casos, la duración de la precipitación tiene una mayor probabilidad de incidencia en la formación de inundaciones que la cantidad de lluvia caída (Uriarte, 2006).

Por intensidad de precipitación se entiende a la cantidad de precipitación que cae sobre un área determinada en un tiempo dado (Uriarte, 2006).

El factor intensidad máxima de precipitaciones expresa la influencia de las lluvias como factor causal preparatorio o desencadenante de las inundaciones, se expresa como la cantidad de agua que cae a la superficie durante un tiempo determinado. (Maza Collaguazo, 2023)

Según los autores citados, la precipitación es cualquier forma de agua sólida o líquida que cae de la atmósfera a la superficie de la Tierra. La lluvia, la llovizna, el granizo y la nieve son ejemplos de precipitación. Para formarse, una masa de agua debe subir a la atmósfera para enfriarse y parte de su humedad condensarse.

Para desarrollar el presente proyecto de investigación, los patrones de precipitación, intensidad y duración permiten comprender su relación con las crecientes de los ríos, esta comprensión es vital para el análisis de la amenaza de inundación frente a los elementos expuestos.

Inundación

Los datos históricos relevantes y las principales características de cada tipo de inundación son de vital importancia para identificar y analizar los elementos expuestos frente a la amenaza de inundación, en el sector del Malecón escénico del Tena, subrayando la gravedad del problema.

Una inundación se produce cuando el caudal de los ríos de una cuenca supera la capacidad del cauce y se desborda, esto depende de la intensidad de las lluvias, distribución en tiempo y espacio, tamaño de las cuencas hidrológicas afectadas, de las características del suelo, del drenaje de las cuencas (Rodríguez, 2016). Según datos obtenidos en DesInventar, desde el año 1970 hasta la actualidad, las inundaciones representan el mayor número de eventos de amenaza reportados y son la principal causa de muerte por amenazas hidrometeorológicas, y la tercera causa de todas las muertes relacionadas con amenazas en el país (DesInventar 2021).

Las inundaciones en Ecuador están influenciadas por las complejas interrelaciones entre los sistemas meteorológicos, oceanográficos e hidrológicos que se encuentran en el país, como el debilitamiento de los vientos alisios, el aumento de la evaporación causada por las altas temperaturas, las intensas y estacionales precipitaciones orográficas costeras causadas por Los

Andes, y el desbordamiento de los ríos, la acumulación de agua de lluvia y la influencia de las mareas (SGR, ECHO y UNISDR, 2012).

Ecuador experimenta inundaciones recurrentes y regulares, especialmente en las cuencas costeras bajas, las cuencas amazónicas y algunas cuencas de la Cordillera de los Andes.

Según la SNGRE (SGR, ECHO, & UNISDR, 2012), los principales impulsores de las inundaciones son las precipitaciones estacionales, el fenómeno ENOS, la capacidad limitada de los sistemas de drenaje en las zonas urbanas, el represamiento de los ríos, la rotura o el desbordamiento de las presas y los embalses, las mareas de tempestad y los efectos asociados de los volcanes, como el rápido derretimiento del hielo y la nieve en la cumbre que arrastra las cenizas y los escombros que caen, las fuertes lluvias que acompañan o siguen a los eventos explosivos y la desestabilización de los ciclos hidrológicos locales (Melisa Mena, 2021)

Tipos de inundaciones.

Inundaciones fluviales (desbordamiento de ríos) Zúrich (2019) indica que esta inundación se produce cuando el nivel de agua del lago o arroyo se eleva y se desborda hacia las orillas, costas y tierras vecinas. El proceso puede originarse debido a ciclones tropicales, vientos normales y procesos cognitivos, la magnitud por desbordamiento es determinada por la duración e intensidad de la lluvia en la cuenca del río.

Inundaciones por precipitación (repentinas y aguas superficiales) Según Rodríguez (2016) una inundación pluvial se origina cuando una precipitación extrema crea una inundación independiente de una masa de agua. Pueden ocurrir en cualquier entorno, rural o urbano, incluso en áreas sin cuerpos de agua en los alrededores, los dos tipos comunes de inundación pluvial son:

Inundación de agua superficial: Ocurre cuando un sistema de drenaje urbano se desborda y el agua fluye hacia las calles, no crea una amenaza inmediata a la vida, pero puede causar daños económicos (Zúrich, 2019).

Inundaciones repentinas o súbitas: Se caracteriza por un torrente de agua intensa y a alta velocidad, cae durante un período de tiempo corto en un terreno cercano, son peligrosas y destructivas no solo por la fuerza del agua, sino también por los escombros que a menudo se arrastran en la corriente (Zúrich, 2019).

Inundaciones lentas: Se presentan cuando el agua proviene de lluvias o desbordamiento de una corriente de agua que cubre poco a poco las zonas cercanas a su cauce, llenando de agua las planicies y valles que rodean el río, así como las viviendas, construcciones, cultivos, etc. (Ninabanda, 2017).

Inundaciones lentas o progresivas: Ocurren en zonas planas cerca de los ríos cuando las precipitaciones persisten durante un largo período de tiempo. (Cruz & Karime, 2012)

Inundaciones torrenciales o súbitas: Se producen durante tormentas intensas en cuencas con pendientes pronunciadas y poca cobertura vegetal. (Cruz & Karime, 2012)

Inundaciones por afloramiento de aguas subterráneas: Ocurren de forma lenta y prolongada como resultado de precipitaciones fuertes y continuas, cuando las aguas subterráneas alcanzan la superficie. (Cruz & Karime, 2012)

Inundaciones urbanas: Son causadas por deficiencias en los sistemas de drenaje en áreas urbanas con topografía plana o cóncava, así como por el desbordamiento de ríos y arroyos que atraviesan o bordean las zonas pobladas. (Cruz & Karime, 2012)

Inundaciones fluviales: Se producen cuando las áreas del lecho del río han sido ocupadas por asentamientos humanos sin restricciones claras en los planes de desarrollo, lo

que resulta en la invasión del espacio del río o en la construcción de infraestructuras de protección que no brindan una verdadera seguridad contra las inundaciones.

Inundaciones pluviales: Estas inundaciones se deben al colapso del sistema de drenaje, principalmente debido a la urbanización y la impermeabilización de superficies (techos, calles, pisos, etc.) que no se han tenido en cuenta en los planes de desarrollo urbano y en la infraestructura de drenaje y saneamiento. (Cruz & Karime, 2012)

Conocer estos factores ayuda a identificar patrones de inundación recurrente en cuencas similares a las de Tena proporcionando un marco de referencia para entender la dinámica local, lo que permite anticipar y gestionar los riesgos de inundación en Tena, donde estos mismos factores pueden tener un impacto significativo.

La ciudad del Tena, se encuentra expuesta a dos tipos principales de inundaciones: las fluviales, causadas por el desbordamiento de los ríos Pano y Tena, y las pluviales, ocasionadas por lluvias intensas. Comprender la distinción entre estos eventos es crucial para el desarrollo de la investigación, ya que permite diseñar respuestas adaptadas a cada escenario.

Causas de la inundación

La principal causa de las inundaciones fluviales suelen ser las lluvias intensas que, la gravedad depende de la región, que se producirá en función de diversos factores meteorológicos.

Esta información es fundamental para el análisis de la amenaza de inundación frente a los elementos expuestos, ya que ayuda entender cómo se desarrolla y maneja el riesgo de inundación a lo largo del tiempo en esta localidad.

Actividades humanas: La construcción de viviendas cerca de ríos y barrancos, así como la deforestación que destruye la cobertura vegetal del suelo, son acciones que contribuyen a aumentar el riesgo de inundaciones. Cuando llueve, el agua arrastra la tierra hacia las áreas más

bajas, obstruyendo el drenaje y provocando el desbordamiento de los ríos, lo que favorece la ocurrencia de inundaciones.

Exceso de precipitación: Durante los meses de mayo a noviembre, se registra la temporada de ciclones tropicales, lo que provoca lluvias intensas que pueden afectar amplias áreas. Estas precipitaciones son generadas principalmente por masas de aire frío, conocidas como frentes fríos, y pueden resultar en inundaciones de gran magnitud. (Alcoser Serrano, 2005)

Falla de obras hidráulicas: Cuando ocurre el colapso de una presa o dique, el agua almacenada se libera de manera repentina, lo cual puede causar graves danos a las poblaciones ubicadas en zonas bajas o aguas abajo. Estas fallas en las estructuras hidráulicas representan un factor importante que contribuye a la aparición de inundaciones y sus consecuencias negativas (CENAPRED, 2001).

Consecuencias de la inundación

La energía generada por las inundaciones tiene la capacidad de transformar el paisaje y desempeña un papel esencial en los ciclos vitales de los ecosistemas fluviales, lo cual promueve la productividad de las llanuras de inundación. Sin embargo, también puede ocasionar daños significativos en la infraestructura, los bienes y las personas:

En el paisaje: Las inundaciones tienen un alto potencial de modificar tanto el curso de los ríos como las áreas propensas a inundaciones.

En los ecosistemas: Tienen efectos en el crecimiento y la mortalidad de muchas especies que se encuentran en las riberas de los ríos. Además, incrementan la fertilidad del suelo, limpian los cauces de los ríos y renuevan aguas estancadas y acuíferos.

En la infraestructura: Aumentan el riesgo de sufrir daños parciales o totales en carreteras, sistemas de telecomunicaciones, viviendas, industrias, cultivos, puentes, defensas, presas, redes de agua potable, tuberías, embalses, canales, acequias, entre otros.

En las personas: Provocan la paralización de actividades productivas, lo que se traduce en pérdidas económicas directas e indirectas tanto en el sector privado como en el público. Además, surge la calidad de vida, el desarrollo económico y el bienestar de las personas. También pueden generar conflictos relacionados con la propiedad, desencadenar migraciones y desplazamientos, tener efectos en la salud pública, propagar epidemias y causar pérdidas de vidas humanas (CENAPRED, 2001).

También encontramos consecuencias en lo siguiente: Salud, heridos, muertos, desaparecidos

Principales consecuencias sanitarias: Estancamiento del agua en áreas propensas a reproducción de vectores, líneas vitales, agua potable, alcantarillado, energía eléctrica, telecomunicaciones, transporte.

Los riesgos naturales tienden a ocurrir repetidamente en las mismas zonas geográficas de manera que están relacionados con las pautas climatológicas o las condiciones físicas de un área. Por ende, es importante realizar planes de prevención de manera que se evite estos fenómenos naturales (erupciones, terremotos, huracanes, inundaciones, etc.) y a su vez precautelar la vida de las personas de una comunidad o pueblo (MAE, 2009).

La evaluación del riesgo alude a los procesos utilizados para identificar y determinar las posibles amenazas, vulnerabilidades de un medio y su entorno, con la finalidad de desarrollar e implementar medidas de prevención, mitigación o reducción de riesgos para reducir la probabilidad de daños ante el impacto de un determinado evento (Paniagua & Rodríguez).

Infraestructuras generales: Se define una infraestructura de carácter general como aquella realización humana diseñada y dirigida por profesionales que sirven de soporte para el desarrollo de otras actividades y su funcionamiento (UNISDR, 2009).

La importancia del análisis son los efectos que producen en la infraestructura (casas) y elementos esenciales debido a las amenazas de inundación para causar daños a la comunicación, conectividad, educación, salud, autoridades de reacción, sector comercial, instituciones públicas, los centros de concentración y en importantes redes de servicios como agua, aguas residuales, electricidad y movilidad (SNGR, PNUD, 2012).

Sistema estructural: Consiste en elementos individuales que se combinan para formar una estructura. La resistencia estructural es la variable fundamental para considerar, ya que proporciona la información básica necesaria para iniciar el análisis.

Tipo de material en paredes: Se evalúa si las paredes están construidas con materiales resistentes o si se utilizan materiales menos susceptibles.

Tipo de cubierta: Se considera si la cubierta de la estructura proporciona tanto el sistema estructural como una protección adecuada contra eventos externos no deseados.

Entrepisos: Los entrepisos limitan el sistema estructural y resistente adicional.

Número de pisos: Las estructuras altas suelen ser más vulnerables que las estructuras de una sola planta, ya que requieren mayores esfuerzos y cuidados para mantener un buen comportamiento estructural.

Año de construcción: Se evalúa si la construcción cumple con los códigos de construcción adecuados para determinar su resistencia.

Estado de conservación: El grado de conservación influye en las características mecánicas del material y en la disminución de su resistencia ante la amenaza.

Características del suelo: El tipo de suelo en el que se encuentra la construcción puede facilitar o aumentar la vulnerabilidad frente a la amenaza. Un suelo firme y seco ofrece menos vulnerabilidad que uno húmedo.

Topografía del sitio: La configuración del terreno en el que se encuentra la edificación puede generar vulnerabilidades. Un terreno escarpado aumenta la vulnerabilidad de la estructura, mientras que un terreno plano o a nivel disminuye la vulnerabilidad.

Forma de construcción: La forma regular presenta menos vulnerabilidad que la forma irregular (SNGR, PNUD, 2012).

Considerando los aspectos cruciales mencionados por los autores citados, se busca entender los factores que contribuyen a la ocurrencia de inundaciones y sus impactos en diferentes áreas, permitiendo generar una base sólida para el análisis de la amenaza de inundación y elementos expuestos en el malecón escénico de Tena.

Métodos de evaluación para inundación

Los diferentes enfoques permiten evaluar la amenaza de inundación desde diferentes perspectivas, ya sea basado en datos históricos o en simulaciones hipotéticas.

El uso de simulaciones y plataformas SIG permite visualizar y analizar escenarios de inundación, fundamental para la planificación y la gestión de riesgos en el malecón. Un MDT preciso es crucial para la modelación hidrodinámica en el sector del malecón, ya que mejora la precisión de las predicciones y las evaluaciones de riesgo.

La combinación de estos mapas para diferentes periodos de retorno proporciona una visión integral de los posibles impactos de las inundaciones.

En una visión general los modelos de pérdida por inundaciones han sido desarrollados como herramientas que ayudan a mejorar la gestión integral de riesgos, estos varían a través de

las necesidades particulares de los distintos países. Los modelos pueden abarcar una amplia gama de componentes a evaluar en daño físico directo, indirecto, tangible e intangible (Giupponi et al., 2014).

Una característica importante para la especificación de los métodos de pérdida es su enfoque o filosofía. Hay dos enfoques que se utilizan normalmente en el desarrollo de las funciones de pérdida, que pueden ser empíricos o sintéticos/ingeniería. El enfoque empírico utiliza datos de pérdida recopilados después de eventos de inundación, mientras que el enfoque sintético/ingeniería utiliza datos de pérdida recopilados a través de encuestas de condiciones hipotéticas (what-if-questions), o puede existir una combinación de ambos tipos (Gerl et al., 2016).

Meyer - Multicriteria Approach

En esta investigación se desarrolló un enfoque multicriterio de evaluación de riesgo por inundación basado en SIG y cartografía. El método fue aplicado en un área piloto en el río Mulde Vereinigte en el estado federal de Sajonia (Alemania). El criterio de riesgo económico de daños se calcula mediante un enfoque de evaluación a meso-escala. El esquema metodológico de manera general incorpora: 1) el valor total de los activos en riesgo y su distribución espacial se calculan en base a los datos estadísticos oficiales, que se asignan a las correspondientes categorías de uso de suelo, y 2) las curvas relativas de profundidad-daño. Dichas funciones de daño muestran la susceptibilidad media de cada sector frente a la profundidad de la inundación (Meyer, Scheuer, & Haase, 2009).

LATIS: Este método se basa en estimar el riesgo ante una probabilidad de evento. Esta herramienta se ha implementado con éxito en Bélgica y Jamaica, e identifica las áreas de alto riesgo para las inundaciones fluviales y calcula el costo anual esperado. En el esquema metodológico, se desarrollan dos mapas: un mapa de daños y un mapa de vulnerabilidad, que

al combinarse para diferentes periodos de retorno de eventos de crecida se obtiene el mapa de riesgo económico y el mapa de riesgo social respectivamente. Este último da una visión general de las bajas de un evento por sector estadístico (p.e. género, edad, barrio, etc.). El primero presenta una visión general del costo material total producido por una crecida. Mediante el uso de múltiples mapas de peligro de inundación para diferentes períodos de retorno, los mapas de daños de salida se pueden combinar en un mapa de riesgo económico, mostrando el costo promedio anual por inundación, y los mapas de vulnerabilidad se combinan en un mapa de riesgo social, mostrando el grado de resiliencia de la población. (Glas et al. 2017).

El levantamiento de información primaria técnica consiste en la obtención de un Modelo Digital de Terreno (MDT), mediante un levantamiento topográfico en campo (por medio de la estación total, teodolito o levantamiento topográfico con drones), de manera que sea mucho más detallado que los disponibles para uso libre que cuentan con tamaños de píxel grandes. El MDT se utilizará en la modelación hidrodinámica para el cual es imprescindible obtener modelos digitales de terreno más precisos. Este consta de dos actividades: trabajo en campo y en gabinete. (Ministerio de Medio Ambiente y Agua Viceministerio de Agua Potable y Saneamiento Básico Gobierno Autónomo Departamental de Cochabamba, 2022)

Trabajo de campo: El levantamiento en campo consiste en un levantamiento de la topografía en la torrentera de las áreas priorizadas. La metodología está en función del equipo topográfico, pudiendo seleccionar los métodos

- Para un levantamiento topográfico mediante aerofotogrametría, se pueden usar Drones.
- Para un levantamiento topográfico convencional se puede usar: Estación Total o Teodolito.

- Otros: Levantamiento topográfico utilizando receptores GNSS (Método estático y Método RTK), LIDAR (Light Detection and Ranging o Laser Imaging Detection and Ranging), Laser escáner terrestre, otros.

En esta guía se describe la metodología para un levantamiento topográfico con aerofotogrametría. Este método fue seleccionado por las siguientes razones: reducción del trabajo en campo, levantamiento de zonas extensas y de difícil acceso, reducción de gastos en logística y principalmente los productos son más precisos.

Trabajo de gabinete: Donde se realiza el proceso de evaluación de los datos obtenidos: calidad de las fotografías o posibles errores; y el post proceso de la información en el software. Es necesario utilizar un programa de procesamiento para aerofotogrametría.

Los resultados del post-proceso aerofotogramétrico deben ser evaluados de acuerdo con el levantamiento de datos de GCP y BM. Un ejemplo de la comparación de algunos puntos GCP medidos con el RTK NTRIP y con el DTM muestran los errores de coordenadas, altitud y distancia. Esto permite determinar el ajuste promedio de los DTM. Es importante considerar que los puntos GCPs utilizados para la evaluación no deben ser incluidos al post-proceso, porque son puntos independientes que quedan únicamente para la evaluación. (Ministerio de Medio Ambiente y Agua Viceministerio de Agua Potable y Saneamiento Básico Gobierno Autónomo Departamental de Cochabamba, 2022).

KULTURisk: La metodología KULTURisk considera los siguientes receptores: 1) Población, 2) Actividades económicas incluyendo: i) edificios, ii) infraestructuras, iii) agricultura, 3) Sistemas naturales y seminaturales, y 4) Patrimonio cultural. (Giupponi et al., 2014; Ronco, Gallina, Torresan, Zabeo, Semenzin et al., 2014).

RAM: El método de evaluación rápida (RAM por sus siglas en inglés Rapid Appraisal Method), derivado de una estimación rápida de los daños producidos por las inundaciones a las

empresas australianas, asigna un valor base de pérdida promedio a los edificios individuales, independientemente del daño que pueda influir de las características de la crecida. (NRE, 2000).

Flood simulation scenarios and a GIS platform: Presenta una estimación basada en escenarios de simulación de inundaciones y una plataforma de SIG para daños directos a áreas urbanizadas y áreas agrícolas. (Pistrika, 2010).

Flood risk assessment and mapping for the Lebanese watersheds: El proyecto fue diseñado para Líbano, elaborando una metodología para evaluar los daños físicos directos tangibles causados por inundaciones. Mientras que los daños indirectos e intangibles están fuera del alcance del proyecto. (Abdallah & Hdeib, 2016).

ICPR: Este modelo fue desarrollado para su aplicación en Alemania a nivel de meso-escala. El modelo evalúa los daños producidos para el sector comercial (pérdidas de edificaciones, contenidos e inventario). Se basa en el uso de funciones relativas de profundidad, daño en conjunto con los mapas de uso del suelo (CORINE Land Cover). (ICPR, 2001).

La combinación de estos enfoques proporciona una base sólida para la gestión del riesgo de inundaciones en el malecón del Tena. La implementación de técnicas avanzadas como la aerofotogrametría para obtener MDT precisos, junto con el uso de SIG, permitirá una evaluación detallada para una propuesta efectiva de medidas de mitigaciónn.

Indicadores de exposición y susceptibilidad

En el caso de exposición y/o susceptibilidad física, ES, los indicadores que cumplen mejor esa función son los que reflejan población susceptible, activos, inversiones, producción, medios de sustento, patrimonios esenciales y actividades humanas. También pueden considerarse como indicadores de este tipo los que reflejan tasas de crecimiento y densificación poblacional, agrícola o urbana. Dichos indicadores son los siguientes:

- ES1. Crecimiento poblacional, tasa promedio anual en %
- ES2. Crecimiento urbano, tasa promedio anual en %
- ES3. Densidad poblacional en personas por área (5Km 2)
- ES4. Porcentaje de población pobre con ingresos menores a US\$ 1 diario PPP
- ES5. Stock de capital en millones de dólares por cada 1000 km2
- ES6. Valor de importaciones y exportaciones de bienes y servicios en% del PIB
- ES7. Inversión fija interna del gobierno en porcentaje del PIB
- ES8. Tierra arable y cultivos permanentes en porcentaje del área del suelo

Estos indicadores son variables que reflejan una noción de susceptibilidad ante la acción de eventos peligrosos, cualquiera que sea la naturaleza y severidad de los mismos. “Estar expuesto y ser susceptible” es una condición necesaria para que exista riesgo. No obstante que, en rigor, sería necesario establecer si la exposición es relevante ante cada tipo de amenaza factible, es posible admitir que ciertas variables constituyen una situación comparativamente adversa, suponiendo que las amenazas naturales existen como un factor externo permanente sin precisar su caracterización. (Banco Interamericano de Desarrollo, 2015)

Medidas de reducción de riesgos ante inundaciones

Las medidas estructurales y no estructurales son fundamentales para una gestión integral del riesgo de inundaciones, porque incluyen construcciones físicas y técnicas de ingeniería destinadas a mitigar los impactos de las inundaciones, las medidas no estructurales, como los planes de educación y divulgación complementan las medidas estructurales y en conjunto serán esenciales para mejorar la resiliencia a largo plazo del sector del malecón.

Medidas estructurales

Se refiere a cualquier construcción física para reducir o evitar los posibles impactos de las amenazas, o la aplicación de técnicas de ingeniería para lograr la resistencia y la resiliencia de las estructuras o de los sistemas frente a las amenazas. Este tipo de medidas nunca pueden eliminar por completo el riesgo de inundaciones. No obstante, por su presencia física, pueden dar una falsa idea de seguridad, que puede conducir al uso inadecuado de la tierra en las zonas protegidas (Farías et al.2020).

Obras por realizarse

Por corregir y/o solucionar estos efectos de las inundaciones, es necesaria:

- Reconstrucción de los caminos vecinales que comunican a los centros de producción
- Construcción de canales de drenaje y desagüe, albarradas, muros de contención, terraplenes, camellones y dragado de ríos.
- Práctica de los sistemas forestales y agroforestales, que son grandes reguladores del clima. (Pinto, 2013)

Precauciones estructurales y de techado

A menudo pensamos en los sótanos y la planta baja de los edificios como los puntos problemáticos de las inundaciones, pero los daños en los techos también pueden ser un área importante de inundación, especialmente en inundaciones causadas por lluvias de alta intensidad, tormentas y vientos fuertes. Los techos dañados pueden provocar la pérdida o el daño de equipos, suministros y daños estructurales, principalmente en los niveles superiores del edificio.

Por supuesto, muchas otras áreas de los edificios tienen una exposición potencial a inundaciones. Asegúrese de que su empresa tenga planes regulares de inspección y planes de

mantenimiento para todas las áreas sobre el edificio, que incluyan: Sistemas de techado, paneles de pared, sistemas de drenaje, puertas y ventanas (Zurich, 2023)

Medidas no estructurales

En la investigación realizada por (Farías et al. 2020) se establecieron las siguientes medidas no estructurales:

- 1) Implementar planes de educación y divulgación sobre las acciones de gestión de riesgo de inundación, planes de ordenamiento del municipio, y manejo de cuencas;
- 2) Realizar mantenimiento a las obras hidráulicas de control y protección;
- 3) Diseñar e implementar SAT.

La metodología empleada para la implementación del SAT se fundamentó en las instrucciones y recomendaciones presentadas en el Manual para docentes sobre Gestión para la Reducción del Riesgo de Desastres y Sistemas de Alerta Temprana (UNESCO, 2012).

Acciones que se deben hacer para prevenir los fenómenos de inundación Las áreas con riesgo de inundaciones deben ser identificadas y excluidas como zonas de desastre, por otro lado, se debe tener en cuenta que el cuidado y protección de los bosques juega un papel esencial, debido a que éstos actúan como reservorios de agua, es por ello que se recomienda mantener sus bosques intactos especialmente en las riveras de los ríos. La construcción de muros o defensas a 23 orillas de los ríos pueden ser también de mucha utilidad. Si usted se encuentra en un área propensa a inundaciones y se producen fuertes precipitaciones, evite quedarse en aquellas zonas bajas o cerca de las cuencas de los ríos, trate de desplazarse a zonas más altas del lugar. Se debe estar pendientes de las noticias del Instituto Meteorológico para saber qué hacer en caso de que se den problemas mayores y cumplir con el Plan de Prevención de Inundaciones; alertar a la población ante cualquier cambio en el nivel de agua. (Valle, 2015)

Tener una defensa digital

Vivimos en un mundo cada vez más digital, pero si las computadoras, los discos duros y las redes de servidores que almacenan información vital se dañan en una inundación, entonces los activos virtuales se pierden o dañan con la misma facilidad que los físicos. Los documentos importantes y datos digitales deben respaldarse regularmente en un centro de datos o área de almacenamiento ubicada fuera del sitio y que no esté en riesgo por el mismo evento de inundación.

Tener las herramientas adecuadas a la mano

Más allá de los equipos y componentes principales, usted quiere asegurarse de contar con el inventario adecuado para atender las reparaciones y tomar las acciones necesarias de manera inmediata, tanto en las fases de respuesta como en la de recuperación de su Plan de Respuesta a Emergencias. Las herramientas requeridas pueden incluir: Palas, azadas o azadones, bombas sumergibles, equipo de protección personal (EPP), que incluye caretas, guantes, cascos, etc., sopladores y deshumidificadores

Todos estos elementos deben almacenarse en un lugar de fácil acceso. Esté preparado para los procedimientos de apagado y atado. Durante la fase de respuesta de su Plan de Respuesta a Emergencias para inundaciones, es posible que deba apagar algunos equipos y/o servicios críticos. Para asegurarse de hacerlo de manera segura, debe tener diagramas y planos detallados que muestran las ubicaciones de las válvulas de cierre y palancas, así como los niveles de acción adecuados para las diferentes etapas de un evento de inundación. Deben incluirse planes, instrucciones y diagramas de apagado, pero no necesariamente limitarse a: fuentes de energía, incluyendo gas y electricidad, válvulas de agua y reflujo, otros servicios.

Se debe usar la misma práctica para el atado del equipo que no se puede mover durante el evento. Cuando sea necesario atar el equipo, es posible que deba hacerse muy rápidamente.

Proporcione instrucciones y capacitación detallada para ayudar a acelerar este proceso sin comprometer la seguridad de su gente. (Zúrich, 2023)

De acuerdo con la información citada se determina a las medidas estructurales como acciones físicas son fundamentales para gestionar y controlar el flujo de agua durante eventos de inundación, protegiendo así a la comunidad y sus activos. Las medidas no estructurales son igualmente importantes para aumentar la conciencia pública, mejorar la preparación y facilitar una respuesta efectiva ante eventos de inundación.

Con base en estas acciones se podrá desarrollar planes detallados y capacitaciones para garantizar una respuesta coordinada y segura en caso de emergencia en las áreas con riesgo de inundaciones, generando una cultura de gestión de riesgos y un compromiso continuo con la seguridad y el bienestar de la población.

2.4. Legal

Para el marco legal, se adoptó un enfoque progresivo que va de lo macro a lo micro, abarcando cada una de las leyes y normativas aplicables en la gestión y reducción de riesgos. En primera instancia, se analizaron los marcos legales internacionales, los cuales proporcionan un contexto global y directrices amplias para la gestión de riesgos. Estos marcos incluyen tratados, convenios y resoluciones adoptados por organismos multilaterales, estableciendo estándares y buenas prácticas que los países deben considerar en sus legislaciones nacionales. Para ello, nos basamos en el Marco de Sendai y sus cuatro prioridades

Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres y su aplicación

El principal propósito del Marco de Sendai 2015-2030 es la reducción sustancial del riesgo de desastres y de las pérdidas ocasionadas por los desastres, tanto en vidas, medios de subsistencia y salud, así como en bienes económicos, físicos, sociales, culturales y ambientales de las personas, las empresas, las comunidades y los países.

Las 4 Prioridades:

1. Comprender el riesgo de desastres.
2. Fortalecer la gobernanza del riesgo de desastres para gestionar dicho riesgo
3. Invertir en la reducción del riesgo de desastres para la resiliencia.
4. Aumentar la preparación para casos de desastre a fin de dar una respuesta eficaz y “reconstruir mejor” en los ámbitos de la recuperación, la rehabilitación y la reconstrucción (Marco de Sendai para la Reducción de Riesgos de Desastres, 2015).

Posteriormente, se examinaron las leyes nacionales, las cuales adaptan y amplían los principios internacionales a las particularidades del contexto específico del país. Estas leyes nacionales son cruciales, ya que establecen las responsabilidades y competencias de las distintas instituciones y actores involucrados en la gestión de riesgos para ello se tomó en cuenta la Constitución de la República del Ecuador específicamente en el Título V.

Constitución de la República del Ecuador

TÍTULO V: ORGANIZACIÓN TERRITORIAL DEL ESTADO

Capítulo cuarto: Régimen de competencias

Art. 261.- “El Estado central tendrá competencias exclusivas sobre:

8. El manejo de desastres naturales...”.

Art. 264.- “Los gobiernos municipales tendrán las siguientes competencias exclusivas sin perjuicio de otras que determine la ley:

1. Planificar el desarrollo provincial y formular los correspondientes planes de ordenamiento territorial, de manera articulada con la planificación nacional, regional, cantonal y parroquial.

Sección novena: Gestión del riesgo

Art. 389.- “El Estado protegerá a las personas, las colectividades y la naturaleza frente a los efectos negativos de los desastres de origen natural o antrópico mediante la prevención ante el riesgo, la mitigación de desastres, la recuperación y mejoramiento de las condiciones sociales, económicas y ambientales, con el objetivo de minimizar la condición de vulnerabilidad.

El sistema nacional descentralizado de gestión de riesgo está compuesto por las unidades de gestión de riesgo de todas las instituciones públicas y privadas en los ámbitos local, regional y nacional. El Estado ejercerá la rectoría a través del organismo técnico establecido en la ley. Tendrá como funciones principales, entre otras:

2. Generar, democratizar el acceso y difundir información suficiente y oportuna para gestionar adecuadamente el riesgo.

3. Asegurar que todas las instituciones públicas y privadas incorporen obligatoriamente, y en forma transversal, la gestión de riesgo en su planificación y gestión.

5. Articular las instituciones para que coordinen acciones a fin de prevenir y mitigar los riesgos, así como para enfrentarlos, recuperar y mejorar las condiciones anteriores a la ocurrencia de una emergencia o desastre.

6. Realizar y coordinar las acciones necesarias para reducir vulnerabilidades y prevenir, mitigar, atender y recuperar eventuales efectos negativos derivados de desastres o emergencias en el territorio nacional.

Art. 390.- Los riesgos se gestionan bajo el principio de descentralización subsidiaria, que implica la responsabilidad directa de las instituciones dentro de su ámbito geográfico. Cuando sus capacidades para la gestión del riesgo sean insuficientes, las instancias de mayor

ámbito territorial y mayor capacidad técnica y financiera brindarán el apoyo necesario con respeto a su autoridad en el territorio y sin relevarlos de su responsabilidad” (CRE, 2021).

Finalmente, se abordaron las normativas y regulaciones locales, esenciales para la implementación efectiva de las políticas de gestión y reducción de riesgos. Estas normativas detallan los procedimientos y acciones específicas que deben llevarse a cabo para cumplir con las leyes nacionales e internacionales, asegurando así una gestión de riesgos integral y adaptada a las necesidades y características particulares de cada comunidad. Para ello, se tomó en cuenta el Capítulo IV: Del Ejercicio de las Competencias Constitucionales del Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD).

Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización
(COOTAD)

Capítulo IV: Del Ejercicio de las Competencias Constitucionales

Art. 60.- Atribuciones del Alcalde o Alcaldesa. - Le corresponde al Alcalde o Alcaldesa:

d) Presentar proyectos de ordenanzas al concejo municipal en el ámbito de competencias del gobierno autónomo descentralizado municipal;

i) Resolver administrativamente todos asuntos correspondientes a su cargo; expedir, previo conocimiento del concejo, la estructura orgánico-funcional del gobierno autónomo descentralizado municipal; nombrar y remover a los funcionarios de dirección, procurador síndico y demás servidores públicos de libre nombramiento y remoción del gobierno autónomo descentralizado municipal;

Art. 140.- Ejercicio de la competencia de gestión de riesgos. - La gestión de riesgos que incluye las acciones de prevención, reacción, mitigación, reconstrucción y transferencia, para enfrentar todas las amenazas de origen natural o antrópico que afecten al territorio se gestionan

de manera concurrente y de forma articulada por todos los niveles de gobierno de acuerdo con las políticas y los planes emitidos por el organismo nacional responsable, de acuerdo con la Constitución y la ley.

Los gobiernos autónomos descentralizados municipales adoptarán obligatoriamente normas técnicas para la prevención y gestión de riesgos en sus territorios con el propósito de proteger las personas, colectividades y la naturaleza, en sus procesos de ordenamiento territorial.

Para el caso de riesgos sísmicos los Municipios expedirán ordenanzas que reglamenten la aplicación de normas de construcción y prevención.

La gestión de los servicios de prevención, protección, socorro y extinción de incendios, que de acuerdo con la Constitución corresponde a los gobiernos autónomos descentralizados municipales, se ejercerá con sujeción a la ley que regule la materia. Para tal efecto, los cuerpos de bomberos del país serán considerados como entidades adscritas a los gobiernos autónomos descentralizados municipales, quienes funcionarán con autonomía administrativa y financiera, presupuestaria y operativa, observando la ley especial y normativas vigentes a las que estarán sujetos”.

Art. 155.- “Sanción. - Las autoridades o funcionarios públicos que no cumplan con las disposiciones y obligaciones señaladas, dentro de los plazos determinados en la Constitución, este Código y por el Consejo Nacional de Competencias, serán sancionados con la destitución de sus funciones por parte de la autoridad nominadora correspondiente, a solicitud del Consejo Nacional de Competencias, siguiendo el procedimiento administrativo correspondiente y respetando las garantías del debido proceso. Esta sanción se comunicará a la Contraloría General del Estado para los fines legales respectivos. El incumplimiento de las obligaciones contempladas en este Código será motivo de enjuiciamiento político por parte de la Función

Legislativa, si se tratase de autoridades sometidas a fiscalización por parte de esta función del Estado” (COOTAD, 2010).

2.5. Conceptual

Adaptabilidad: Capacidad o habilidad de una comunidad para adaptarse a los cambios del entorno con el objetivo de asegurar su supervivencia y sostenibilidad.

Análisis de riesgos: La modelación hidráulica se trata del desarrollo de un modelo que pretende reproducir determinados fenómenos, estados o procesos relacionados con el flujo del agua (enfoque prevencion.pdf, 2021).

Evaluación de amenaza: Es el proceso mediante el cual se determina la posibilidad de que un fenómeno se manifieste, con un determinado grado de severidad, durante un período de tiempo definido y en un área determinada. Representa la recurrencia estimada y la ubicación geográfica de eventos probables (enfoque prevencion.pdf, 2021).

Inundación: es la ocupación por parte del agua de zonas o regiones que habitualmente se encuentran secas, como consecuencia de la aportación inusual y más o menos repentina de una cantidad de agua superior a la que puede drenar el propio cauce del río (iAgua, 2020).

Mitigación: Implementación de medidas preventivas o correctivas para reducir la probabilidad de que un riesgo se convierta en un desastre y minimizar su impacto si ocurre.

Modelamiento hidráulico: La modelación hidráulica se trata del desarrollo de un modelo que pretende reproducir determinados fenómenos, estados o procesos relacionados con el flujo del agua.

Resiliencia: Capacidad que tiene un sistema, una comunidad o una sociedad expuestos a una amenaza para resistir, absorber, adaptarse, transformarse y recuperarse de sus efectos de manera oportuna y eficiente, en particular mediante la preservación y la restauración de sus

estructuras y funciones básicas (UNISDR - Indicadores y terminología relacionados con la reducción del riesgo de desastres, Asamblea General, Naciones Unidas, 2016).

Riesgo de desastres: Es la probable pérdida de vidas o daños ocurridos en una sociedad o comunidad en un período de tiempo específico, que está determinado por la amenaza, vulnerabilidad y capacidad de respuesta (UNISDR - Indicadores y terminología relacionados con la reducción del riesgo de desastres, Asamblea General, Naciones Unidas, 2016).

III. CAPITULO III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo de Investigación

Para el presente proyecto de investigación titulada “Análisis de la amenaza de inundación y elementos expuestos en el sector del malecón escénico de la ciudad de Tena en el periodo septiembre- diciembre 2024. Se ha centrado en el tipo investigación analítica descriptiva ya que se presenta como una herramienta esencial para determinar cada uno de los componentes esenciales de nuestro análisis. A través de su enfoque metódico y sistemático, nos permite comprender la naturaleza y características de los fenómenos en estudio , lo que permite obtener una visión detallada y precisa de los elementos involucrados.

A través de la investigación descriptiva, podemos identificar y analizar variables clave, establecer relaciones y proporcionar una sólida base de conocimiento sobre el tema. Este enfoque nos brinda la posibilidad de recopilar información detallada sobre la población y los elementos expuestos. Enfoque de la investigación

El enfoque mixto se consolida como una estrategia fundamental en nuestra investigación, al permitir la integración de las fortalezas de los métodos cualitativos y cuantitativos. Esta combinación proporcionará una visión profunda y detallada, asegurando que cada aspecto del problema planteado sea abordado desde perspectivas complementarias. De esta manera, se construirá una base de conocimiento sólida y significativa que sustente los objetivos planteados.

Desde la perspectiva cuantitativa, utilizaremos una extensa base de datos históricos sobre precipitaciones. Estos datos serán procesados y analizados para generar insumos fundamentales para el modelamiento hidráulico. Este proceso nos permitirá simular, con un alto nivel de precisión, los comportamientos y dinámicas del sistema hídrico en el área de estudio.

Por otro lado, desde el enfoque cualitativo, se llevará a cabo una caracterización detallada de los elementos expuestos, los cuales comprenden infraestructura, población y bienes esenciales en las zonas susceptibles al impacto.

La integración de ambos enfoques permitirá generar una comprensión profunda y compleja de los factores intervinientes en el fenómeno de estudio. A su vez, esta comprensión facilitará la elaboración de estrategias y recomendaciones efectivas, orientadas a mitigar los impactos negativos y optimizar la gestión del riesgo. Este enfoque mixto, por tanto, no solo enriquece la investigación, sino que también la posiciona como una herramienta robusta para la toma de decisiones.

3.2. Método de Investigación

El método empírico fue esencial en nuestra investigación, ya que permitió recopilar datos históricos detallados sobre precipitaciones e inundaciones en la zona de estudio. Estos datos fueron fundamentales para establecer patrones y tendencias a lo largo del tiempo, que son cruciales para el análisis y modelado de fenómenos hidrológicos.

Además, se realizaron mediciones directas del caudal del río en la zona de estudio, lo que permitió obtener un perfil hidrográfico preciso. Estas mediciones contribuyeron a caracterizar el comportamiento dinámico del río bajo diferentes condiciones hidrometeorológicas, proporcionando información clave para la evaluación de la capacidad de transporte del río y su respuesta ante eventos extremos de precipitación.

3.3. Técnicas e Instrumentos de Recopilación de Datos

3.3.1. Técnica

Fuente Bibliográfica: Para abordar a fondo el tema de investigación, es necesario recopilar datos de fuentes confiables, como repositorios de universidades públicas o privadas

y geoportales de instituciones sin fines de lucro. Esta información se analizará cuidadosamente para contribuir en el desarrollo del proyecto de investigación.

3.3.2. Instrumentos de Recopilación de Datos

Para procesar la información, se consideró trabajar con varios programas, software y equipos mencionados a continuación:

ArcMap, AutoCad, PIX4D, Excel, Gobal Mapper, Hydrognomon, Iber y Dron.

3.4. Universo, Población y Muestra

El estudio se ha llevado a cabo mediante unidades de análisis, las cuales proporcionan una estructura sólida para la investigación y permiten la recopilación de información clave. Estas unidades representan el núcleo del análisis, ya que posibilitan la identificación de patrones, la comprensión de relaciones y la detección de tendencias dentro del fenómeno estudiado.

3.5. Técnicas de análisis y procesamiento de la Información

Para alcanzar los objetivos planteados, se emplearon herramientas digitales como plataformas, programas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) y metodologías específicas. Estas herramientas se utilizaron con el propósito de lograr cada uno de los objetivos establecidos en el proyecto de investigación titulada “Análisis de la amenaza de inundación y elementos expuestos en el sector del malecón de la ciudad de Tena en el periodo septiembre-diciembre 2024.

Para obtener los resultados correspondientes al objetivo 1, se emplearon diversas técnicas para analizar y procesar la información, diseñadas para garantizar la precisión y la relevancia de los datos recopilados.

3.5.1. Delimitación de la cuenca y orden de ríos

Para delimitar la cuenca, se empleó el método tradicional de la divisoria de aguas, que consiste en identificar las líneas de mayor altura que separan las aguas que fluyen hacia diferentes cuerpos receptores. De este modo, se estableció el contorno exacto de la cuenca en estudio. Asimismo, para caracterizar la red hidrográfica interna de la cuenca, se utilizó el método de Strahler, el cual permite jerarquizar los cursos de agua según su orden, desde los arroyos de menor orden hasta el río principal.

3.5.2. Descarga de base de datos históricos de precipitación

La obtención de la base de datos históricos de precipitación se llevó a cabo mediante la plataforma digital NASA POWER (Prediction Of Worldwide Energy Resources).

Para el proceso se delimitó cuidadosamente el área de estudio dentro de la plataforma, asegurando que los datos descargados correspondieran específicamente a la región de interés. La información recopilada abarcó un periodo de 22 años, desde 2001 hasta 2023, con registros detallados de precipitación a nivel horario. Este nivel de granularidad permitió extraer los valores máximos de precipitación registrados en cada año, proporcionando datos críticos para evaluar el patrón.

Estos datos son fundamentales para comprender la dinámica de las precipitaciones en la zona de estudio, identificar tendencias a lo largo del tiempo y realizar análisis que permitan evaluar riesgos asociados, como inundaciones.

3.5.3. Análisis de confiabilidad y heterogeneidad de los datos

Para el análisis de confiabilidad y heterogeneidad de los datos se aplicó la metodología de Outliers la cual se utiliza para identificar y tratar los valores atípicos dentro de un conjunto de datos. Los valores atípicos son aquellos que se desvían considerablemente de la tendencia general del resto de los datos y pueden distorsionar los resultados del análisis si no se manejan correctamente.

3.5.4. Análisis de datos de precipitación Hydrognomon

Una vez realizado el análisis de confiabilidad y heterogeneidad de los datos, estos fueron importados al software Hydrognomon, donde se aplicó la prueba estadística Smirnov-Kolmogorov-Pakaran. Según la distribución exponencial, se utilizó la prueba estadística Log Pearson III para obtener los valores correspondientes al período de retorno.

3.5.5. Análisis de tormenta modelo de Dick Peschke

Dado el interés en analizar los máximos diarios de precipitación, se seleccionó el método de tormenta modelo Dick Peschke. Ya que este permite trabajar con periodos más extensos y duraciones que varían desde 15 minutos hasta 24 horas. En nuestro caso, nos centramos en los máximos de 24 horas. Este método consiste en discretizar las precipitaciones en diferentes duraciones, y para los diversos períodos de retorno, se aplicará mediante la siguiente ecuación.

$$P_D = P_{24h} \times \left(\frac{D}{1440} \right)^{0.25}$$

Donde:

P_D = precipitación máxima de duración D , en mm

P_{24h} = precipitación máxima de 24 horas, en mm

D = duración de la precipitación, en horas

3.5.6. Curvas IDF (Intensidad-Duración-Frecuencia)

Son una herramienta que permite estimar la intensidad de la lluvia para una duración y una frecuencia determinadas. La intensidad de la lluvia es la cantidad de agua que cae por unidad de tiempo y de superficie, y se mide en mm/h. La duración es el tiempo que dura el evento de lluvia, y se mide en minutos u horas. La frecuencia es la probabilidad de que se

supere una determinada intensidad de lluvia, y se expresa en años o en porcentaje (Carles, 2024).

A continuación, para el cálculo de las curvas IDF se utilizará mediante esta ecuación:

$$I = \frac{P_D}{D}$$

Donde:

i: Es igual a la intensidad de la lluvia.

P: Lámina de precipitación.

t: Unidad de tiempo que se expresa en mm/h.

Es fundamental destacar que, para generar una curva IDF, se requiere contar con una base de datos históricos de correspondiente a una estación meteorológica cercana al área de intervención. Utilizando software como Hydrognomon, es posible obtener los resultados de las precipitaciones máximas para diferentes períodos de retorno, aplicando diversas pruebas estadísticas. Entre ellas, se utiliza la prueba de ajuste estadístico Smirnov-Kolmogorov, que es aplicable a cualquier distribución teórica. Sin embargo, esta prueba no proporciona un ajuste exacto, sino una aproximación a la realidad.

3.5.7. Aplicación del método flotador para la medición del Caudal

Se aplicó el método del flotador para medir el caudal, utilizando materiales como:

Cinta métrica

Estacas milimétricas

Esferas flotantes

Cronómetro para medir el tiempo de recorrido del flujo en una distancia de 10 metros.

Esta actividad se llevó a cabo con el fin de crear el perfil topográfico del cuerpo de agua que atraviesa el sector del Malecón Escénico de la ciudad de Tena. Para ello, se seleccionó un punto de referencia y se registraron 6 mediciones de la velocidad del flujo del río, lo que permitió obtener un promedio del caudal. De manera adicional, se determinó la profundidad del río, identificando su cauce principal y la zona de sedimentación.

3.5.8. Modelamiento hidráulico en Software Iber

Según es autor (García Feal, 2021) menciona que Iber es un modelo numérico que resuelve las ecuaciones de aguas someras en dos dimensiones utilizando el método de los volúmenes finitos y mallas no estructuradas. Está orientado principalmente a la simulación de flujos de lámina libre en cuencas de ríos y estuarios no estratificados. Además de resolver la hidrodinámica, Iber también incorpora una serie de módulos que amplían su funcionalidad como el módulo de calidad de aguas, el módulo de hidrología o el módulo de transporte de sedimentos.

A través de este modelamiento hidráulico realizado con el software IBER, se podrán identificar de manera precisa las zonas susceptibles a inundaciones en el sector del Malecón Escénico de la ciudad de Tena.

Para cumplimiento del Objetivo 2 se realizó el sobre posicionamiento de capas geoespaciales, integrando los resultados del modelado hidráulico generado mediante el software Iber con los datos proporcionados por el Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantonal de Tena. Esta superposición permitió establecer una relación directa entre las áreas afectadas por la amenaza de inundación y los elementos expuestos en dichas zonas.

El análisis consideró la clasificación de los elementos expuestos en diferentes categorías, tales como la población, elementos esenciales y elementos críticos. En el caso de la población, se utilizó la información proporcionada por los catastros otorgados por el GAD

local, los cuales incluyen datos detallados de las viviendas en la zona de estudio. Para estimar la cantidad de personas expuestas en cada área, se asumió un promedio de 4 personas por vivienda, según los datos oficiales del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC).

En cuanto a los elementos esenciales y elementos críticos, se identificaron a partir de la información suministrada por el GAD local. Esta información permitió reconocer y clasificar los elementos clave para el funcionamiento de la localidad.

De la misma manera cada una de estas categorías fue representada de forma detallada en mapas temáticos generados mediante el software ArcGIS. Estas representaciones cartográficas integraron información del modelado hidráulico y datos geoespaciales proporcionados por fuentes locales, lo que permitió visualizar de manera precisa la ubicación y características de los elementos expuestos en relación con las áreas de mayor riesgo.

Una vez alcanzados los objetivos establecidos 1 y 2, los cuales se enfocan en la identificación de la amenaza de inundación y en la caracterización de los elementos expuestos, se procederá a proponer medidas de reducción de riesgo ante la amenaza de inundación.

En cuanto a las estrategias de reducción de riesgos incluirán medidas preventivas, estructurales y no estructurales. Las medidas preventivas consistirán en acciones de sensibilización y educación dirigidas a la comunidad, con el fin de aumentar la conciencia sobre los riesgos asociados a las inundaciones y promover la adopción de prácticas resilientes en la construcción y el uso del territorio. En cuanto a las medidas estructurales, estas implicarán la mejora de la infraestructura existente, incluyendo la construcción o adecuación de sistemas de drenaje pluvial, la implementación de barreras o diques, así como la reubicación de elementos críticos fuera de las zonas de alto riesgo. Por otro lado, las medidas no estructurales se enfocarán en mejorar los mecanismos de gobernanza, fortaleciendo la capacidad de

respuesta ante emergencias mediante la capacitación del personal local y la creación de planes de contingencia y evacuación.

IV. CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Análisis, Interpretación y Discusión de Resultados

4.1.1. Determinar la amenaza de inundación mediante un modelamiento hidráulico de los ríos Pano y Tena en el sector del malecón de la ciudad del Tena.

El análisis de la amenaza de inundación en el sector del malecón escénico de la ciudad del Tena permitirá comprender los factores que contribuyen al riesgo de inundación en la zona. Este análisis incluye los patrones históricos de inundaciones, los niveles de caudal de los ríos Pano y Tena, así como las condiciones geográficas y climáticas que influyen en la dinámica fluvial, entonces partiendo de un enfoque técnico basado en el uso de herramientas de modelamiento hidráulico, que incluyen la recopilación y análisis de datos hidrometeorológicos, así como información topográfica de la zona de estudio, se definieron diferentes escenarios de caudales para analizar las posibles áreas de inundación y su alcance. Los modelamientos permitieron identificar las dinámicas de flujo, niveles máximos de agua y áreas de mayor susceptibilidad, proporcionando una visión precisa y fundamentada de la amenaza de inundación en el área.

A continuación, se detallan los parámetros considerados para su elaboración

Delimitación de la cuenca

Para comprender la geometría y las características físicas de la cuenca, incluyendo la forma en que se acumula y desplaza el agua durante eventos de precipitaciones extremas, es necesario conocer los parámetros morfométricos de la cuenca.

Estos parámetros proporcionan información esencial para modelar la amenaza de inundación en el sector del malecón de la ciudad del Tena.

Tabla 2: Parámetros Fisiográficos de una Cuenca Hidrográfica.

PARÁMETROS FISIOGRÁFICOS DE UNA CUENCA HIDROGRÁFICA				
	PARÁMETROS	UNIDAD DE MEDIDA	Cuenca Hidrográfica	
Parámetros de forma de la cuenca	Área total de la cuenca	km ²	815,9130	
	Perímetro de la cuenca	km	199,04	
	Longitud de río principal	km	44,73	
	Centroides	Este X	m	724741,10
		Norte Y	m	9826497,06
	Ancho promedio de la cuenca	km	18,24	
	Coefficiente de compacidad	-	1,97	
	Factor de forma	-	0,4079	
	Radio de Circularidad	km	0,2588	

Nota: En esta tabla muestra los valores de los parámetros fisiográficos de la cuenca de estudio.

El área de la cuenca de los dos ríos es de 815.9130 km² cuyo valor es verificado a través de la tabla de clasificación de áreas lo que permite determinar que es una cuenca ya que supera los 300 km², desde esta perspectiva se desarrolla el presente proyecto. En relación con el ancho de la cuenca que es de 18.24 km y la longitud del río de 44.73 km., sugieren que es una cuenca ni alargada ni ensanchada, información relevante para el cálculo de parámetros posteriores.

Tabla 3: Clasificación de áreas.

ÁREA (km ²)	NOMBRE
< 5	Unidad
5 – 20	Sector
20 – 100	Microcuenca
100 – 300	Subcuenca
> 300	Cuenca

Fuente: Jiménez, Materón (1986), citado por Reyes, 2014

El coeficiente de compacidad con un valor de 1.97 y el factor de forma con un valor de 0.4079, corroboran que la cuenca tiene una forma alargada de acuerdo con sus respectivas clasificaciones.

Tabla 4: Clasificación del coeficiente de compacidad o Gravelius.

Kc	Clasificación	Interpretación Ambiental
1 a 1,25	Casi redonda a oval-redonda	Alta tendencia a inundaciones
1,25 a 1,5	Oval redonda a oval-alargada	Mediana tendencia a inundaciones
1,5 a 1,75	Oval alargada a alargada	Baja tendencia a la inundación
> 1,75	Alargada	Cuencas propensas a la conservación

Fuente: (Villela e Matos, 1975).

Tabla 5: Relación forma Horton

Rango de Valores	Forma de la Cuenca
< 0,22	Muy Alargada
0,22 – 0,30	Alargada
0,3 – 0,37	Ligeramente alargada
0,37 – 0,45	Ni alargada ni ensanchada
0,45 – 0,60	Ligeramente ensanchada
0,60 – 0,80	Ensanchada
0,80 – 1,12	Muy Ensanchada
> 1,20	Rodeando el desagüe

Fuente: (Strahler, 1957).

El área total de la cuenca permite calcular el volumen de escorrentía, mientras que el perímetro y la longitud del río influyen en la dinámica y el tiempo de traslado del flujo. Luego de analizar el coeficiente de compacidad, el factor de forma y el radio de circularidad se puede definir que es una cuenca propensa a la conservación, con riesgos de acumulación en áreas bajas, información que proporciona una base sólida para el modelamiento hidráulico y la gestión del riesgo en la zona estudiada.

Tabla 6: Parámetros red hidrográfica de una cuenca

PARÁMETROS RED HIDROGRÁFICA DE UNA CUENCA			
Parámetros de la red hidrográfica de la cuenca	PARÁMETROS	UNIDAD DE MEDIDA	Cuenca Hidrográfica
		Tipo de corriente	
	Orden 1	26	52,5
	Orden 2	12	44,3
	Orden 3	11	21,8
	Orden 4	2	1,6
	N° Total de ríos	51	120,1
	Grado de ramificación	4	4
	Frecuencia de densidad de los ríos (Dr)	ríos/km ²	0,1472
	Cotas del cauce principal		
	Altitud máxima (Hmax)	Msnm	4467
	Altitud mínima (Hmin)	Msnm	2163
	Pendiente media del río principal (Sm)	m/m	51,51%
	Altura media del río principal (H)	Msnm	1152
	Tiempo de concentración (Tc)	Horas	0,2715

Nota: En esta tabla muestra los valores de los parámetros de la red hidrográfica de la cuenca de estudio.

Las cotas registradas para la cuenca tienen una altura mínima de 2163 msnm y 4467 msnm en una altura máxima. La pendiente media del río para la cuenca es de 51,51% del porcentaje del terreno que se ubica en una clase fuerte de acuerdo con los rangos de la pendiente del cauce.

Tabla 7: Clasificación del relieve de una cuenca de acuerdo con su pendiente.

Rangos de Pendiente (%)	Descripción
00 – 4	Nula o casi nivel
4 – 8	Ligeramente inclinada
8 – 15	Ligeramente inclinada a moderadamente empinada
15 – 25	Moderadamente empinada
25 – 50	Empinada
50 – 75	Muy empinada
> 75	Extremadamente empinada

Fuente: (Alcántara 2018)

El tiempo de concentración tiene un valor de 0.2715 horas, lo que corresponde a la clase de tiempo rápido, de acuerdo con los estudios realizados del tiempo de concentración esto se define como el tiempo mínimo necesario para que todo el sistema (todos los puntos de la cuenca) esté aportando agua de escorrentía (agua que cae y se transporta por el lecho del río) de forma simultánea al punto de salida, punto de desagüe o punto de cierre (Ospina & Mancipe, 2016). Está determinado por el tiempo que tarda una gota de agua que cae en el punto hidrológicamente más lejano de la cuenca hasta que llegue al punto de salida de la misma (Botero & Vélez, 2010).

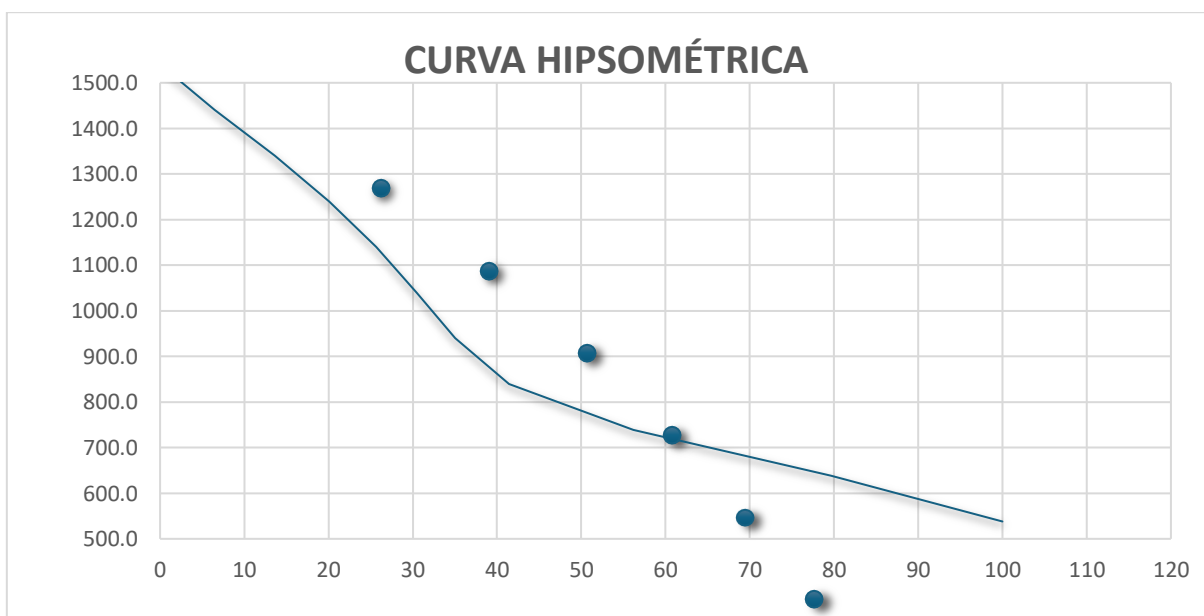
Tabla 8: Clases de tiempos de concentración.

Rangos de Tc	Clases
< 40	Rápido
40 – 80	Moderado
> 80	Lento

Fuente: (Baldeon, 2016)

Los resultados obtenidos de los parámetros de la red hidrográfica de la cuenca revelan un grado de ramificación de orden 4, lo que indica una estructura de red bien distribuida. Esta configuración sugiere una cuenca compleja con múltiples afluentes interconectados, lo cual puede influir significativamente en la rapidez y el volumen de agua, que alcanza el malecón durante eventos de precipitaciones extremas (intensas o prolongadas).

Ilustración 2. Curva Hipsométrica



Nota: El gráfico muestra la variación de altitud de la cuenca.

El gráfico de la curva hipsométrica de la cuenca de los ríos Pano y Tena es comparando con las curvas propuestas por Strahler (J. C. Aguilar & Naranjo, 2018), donde se puede evidenciar que la curva hipsométrica de la cuenca es sedimentaria y representa un río viejo.

Las cuencas en esta etapa suelen presentar un flujo más lento y controlado. Sin embargo, durante tormentas intensas la capacidad limitada del sistema de drenaje puede

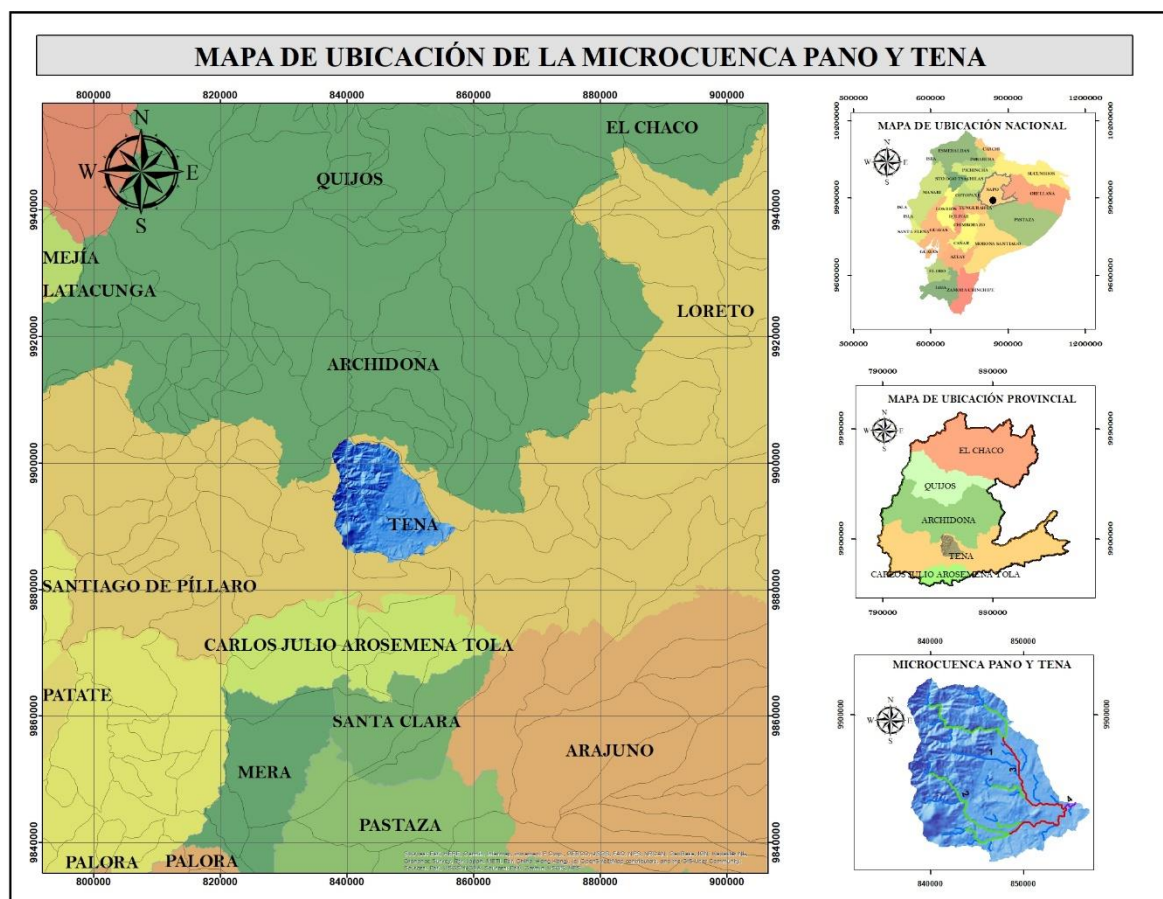
provocar desbordamientos, aumentando el riesgo de inundaciones y generando impactos negativos en los elementos expuestos.

A través de la caracterización hipsométrica se considera parámetros como la variación de elevación, su relación con el área de la cuenca y su influencia directa en la amenaza de inundación.

La delimitación de la cuenca es un aspecto fundamental para la modelación de escenarios de inundaciones, ya que permite determinar el cauce principal y el drenaje de la zona de estudio, el malecón de la ciudad del Tena.

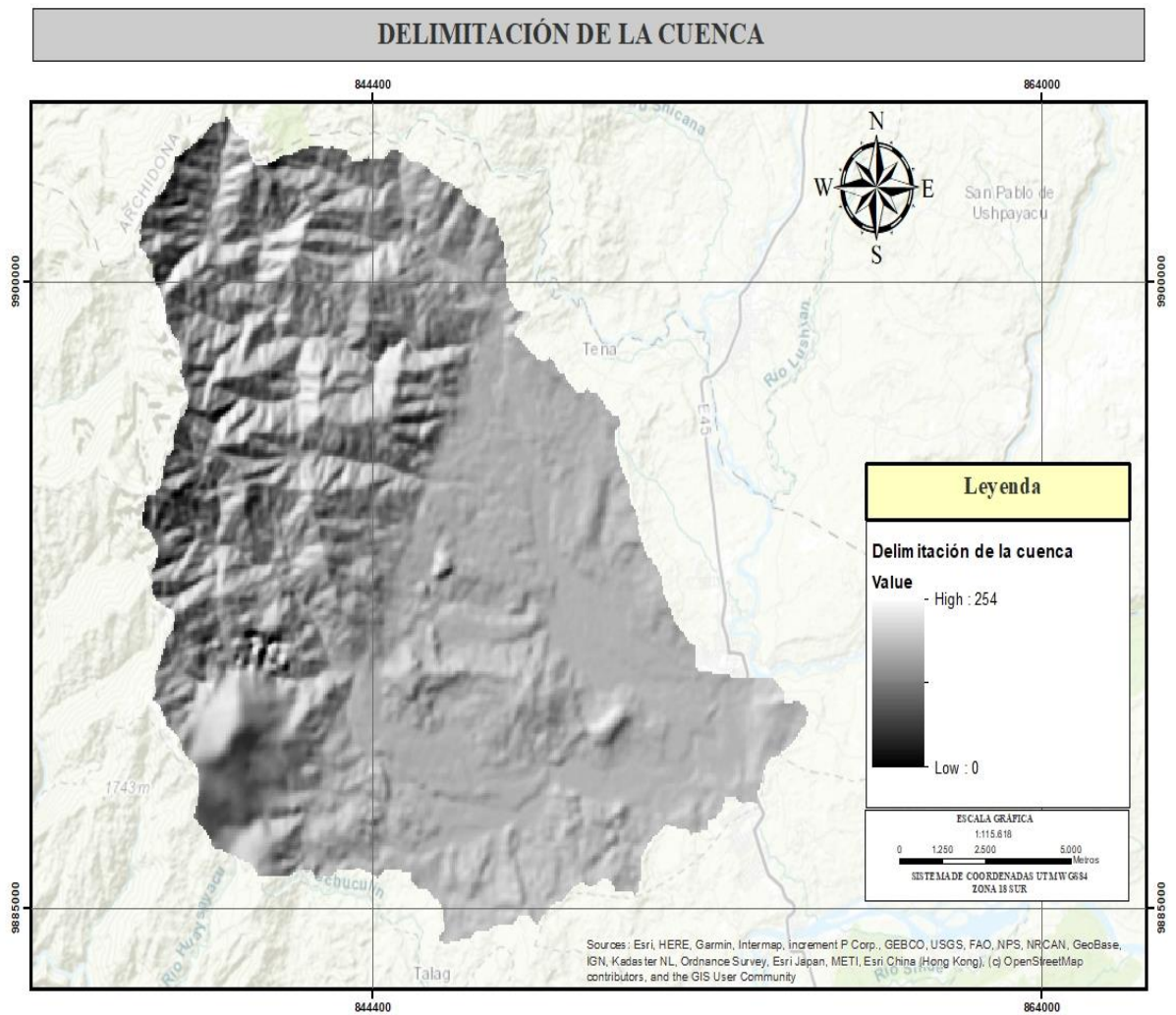
Este proceso facilita el análisis de los parámetros morfométricos.

Ilustración 3: Mapa de ubicación de la cuenca demográfica

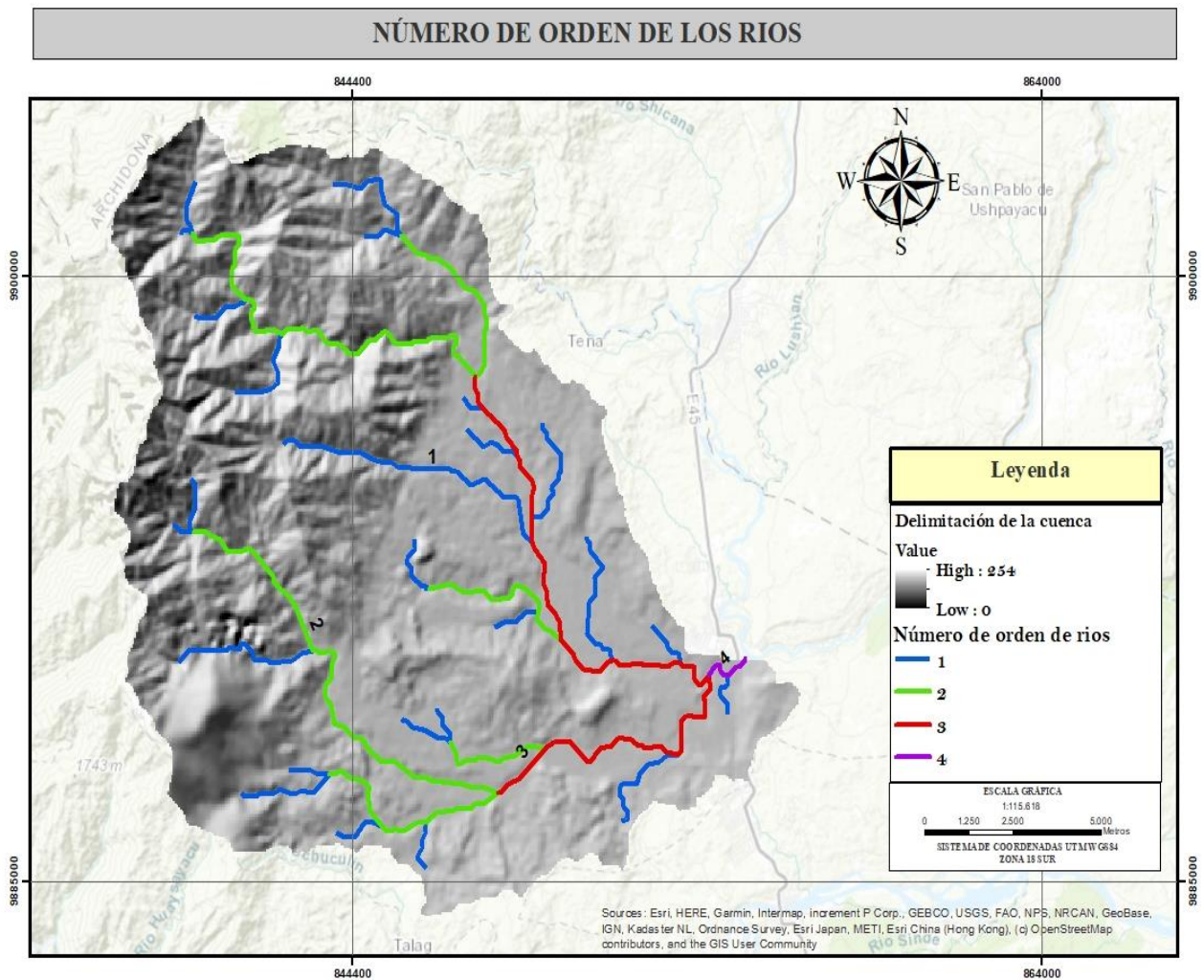


Elaboración propia-2025

Ilustración 4: Delimitación de la Cuenca



Elaboración propia-2025

Ilustración 5: Número de orden de los ríos*Elaboración propia-2025*

Este índice refleja el grado de ramificación o bifurcación de la cuenca, en el cual se maneja el orden de las corrientes (A. Ramírez et al., 2015).

Donde mayor sea el número de orden, será mayor el potencial erosivo, mayor el transporte de sedimentos y por tanto mayor también la escorrentía directa que otra cuenca de igual área, también se puede determinar que cuanto más alto es el orden de la cuenca mayor es su grado de desarrollo fluvial (Demetrio, 2016).

En relación con los resultados las áreas bajas, como el malecón, están expuestas a flujos convergentes de diversos órdenes, lo que incrementa el riesgo de inundaciones

durante eventos extremos de precipitación. El análisis de estos parámetros proporciona una comprensión más profunda del comportamiento hidráulico y de la dinámica fluvial en la zona de estudio

Tabla 9: Registro de Precipitación Máxima de 24 Horas (mm)

Estación:		PAWER NASA												
Parámetro:		Precipitación Máxima 24 Hr (mm)												
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Pmax24	Log(P24hr)
2001	2,07	1,21	1,38	0,78	1,72	2,58	1,29	1,07	1,43	0,99	0,96	1,58	2,6	0,41
2002	0,97	1,1	1,99	1,88	2,24	2,33	1,71	1,19	1,16	1,75	1,8	2,09	2,3	0,37
2003	2,05	2,41	1,67	1,73	1,45	1,57	3,63	0,75	2,19	1,58	2,54	1,9	3,6	0,56
2004	1,73	0,85	2,45	2,02	4,41	1,23	1,87	3	1,81	1,44	1,84	1,87	4,4	0,64
2005	0,63	0,88	1,87	3,07	1,35	1,15	0,39	0,71	1,34	1,24	3,43	1,08	3,4	0,54
2006	0,93	4,85	1,82	1,6	1,8	2,45	1,15	1,45	0,69	0,96	0,3	1,5	4,9	0,69
2007	2,42	0,72	2,01	0,92	1,97	4,11	1,87	1,9	0,99	2,32	2,43	1,29	4,1	0,61
2008	1,82	3,4	3,13	4,17	2,57	3,25	1,75	2,25	4,39	2,32	0,7	1,64	4,4	0,64
2009	2,28	3,21	1,68	4,43	0,44	0,34	1,16	2,19	1,08	3,43	1,14	1,79	4,4	0,65
2010	1,69	2,89	1,66	3,94	1,84	2,03	1,48	0,51	1,41	1,48	1,6	2,3	3,9	0,60
2011	3,2	3,28	1,38	2,82	1,4	1,23	1,8	2,03	2,43	2,76	3,03	3,13	3,3	0,52
2012	1,82	2,13	2,19	2,19	2,66	2,25	1,04	2,89	2	2,19	2,17	1,11	2,9	0,46

2013	1,39	2,22	3,1	2,54	3,07	3,3	1,98	1,35	1,53	2,39	2,84	2,16	3,3	0,52
2014	2,59	1,42	2,03	0,85	2,86	1,87	0,88	1,14	1,97	3,24	1,6	2,25	3,2	0,51
2015	3,51	3,34	3,29	7,57	3,06	1,82	2,46	2,26	1,87	1,79	5,07	2,52	7,6	0,88
2016	2,67	2,38	4,12	3,92	3,14	3,01	6,51	1,77	4,66	2,54	3,2	1,36	6,5	0,81
2017	4,94	3,42	5,67	2,02	3,51	7,57	2,85	2,76	4,82	3,1	4,86	5,6	7,6	0,88
2018	5,8	6,4	3,33	3,45	3,19	3,75	5,3	2,43	2	2,54	2,79	2,33	6,4	0,81
2019	3,59	2,25	2,86	2,7	3,41	3,22	1,9	5,55	2,49	2,59	1,38	3,48	5,6	0,74
2020	3,19	3,25	1,35	6,77	2,99	2,42	3,74	1	1,79	7,73	3,21	2,44	7,7	0,89
2021	3,92	2,03	3,43	3,94	4,69	5,51	1,77	1,65	1,98	3,08	2,13	3,86	5,5	0,74
2022	3,07	3,54	4,39	4,78	2,87	2,76	2,28	2,38	2,58	6,34	3,79	3,55	6,3	0,80
2023	3,76	1,14	4,73	9,11	5,36	2,28	2,51	2,68	3,59	4,39	5,35	4,5	9,1	0,96

Fuente: Plataforma NASA POWER DATA ACCESS VIEWER

Los datos de precipitación máxima por hora que se obtuvieron a través de la plataforma NASA POWER DATA ACCESS VIEWER, desde el año 2001 hasta el año 2023.

Posteriormente, se organizaron en una tabla con un rango mensual de cada año, calculando los promedios correspondientes. Estos resultados permiten identificar los meses con mayor precipitación.

Tabla 10: Parámetros Estadísticos Outlier

PARÁMETROS ESTADÍSTICOS	P24hr	Log(P24hr)
Número de datos (N)	23,00	23,000
Sumatoria	113,10	15,222
Valor Máximo	9,11	0,960
Valor Mínimo	2,33	0,367
Media:	4,92	0,662
Varianza:	3,53	0,027
Desviación Estándar:	1,88	0,165
Coefficiente Variación:	0,38	0,250
Coefficiente de Sesgo:	0,64	0,0722
Se Considera:	Aplicar pruebas para detectar datos dudosos altos y bajos	
n=	23,00	
Kn=	2,448	
Kn:	Valor recomendado, varía según el valor de n (significancia: 10%)	
Umbral de datos dudosos altos (xH: unidad. Logarítmicas)		
$x_H = \bar{x} + k_n \cdot S$		
	xH=	1,07
Precipitación máxima aceptaba		
PH=	10 ^{xH}	PH= 11,64 Mm

NO EXISTEN DATOS DUDOSOS ALTO DE LA MUESTRA

Umbral de datos dudosos bajos (x_L : unidad. Logarítmicas)

$$x_L = \bar{x} - k_n \cdot S$$

$$x_L = 0,26$$

Precipitación mínima aceptaba

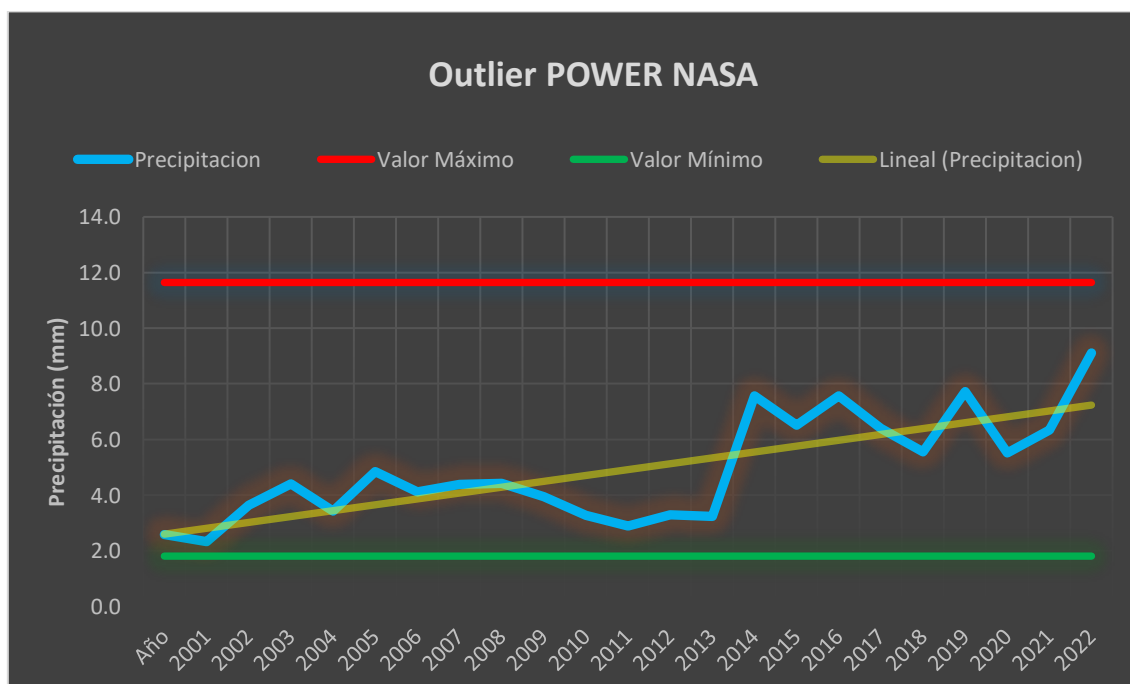
$$PH = 10^{x_H}$$

$$PL = 1,81 \text{ mm}$$

NO EXISTEN DATOS DUDOSOS MINIMO DE LA MUESTRA

Nota: Se puede observar los datos que han sido interpretados con relación a los parámetros que permitirán evidenciar si existen datos dudosos o atípicos. Este análisis es fundamental para reducir la incertidumbre asociada a los datos de precipitación, garantizando así la calidad y confiabilidad de modelamiento.

Ilustración 6 Línea de Tendencia de la Precipitación



Nota: En el gráfico se puede evidenciar que en los años 2019 y 2022 se representa un incremento del nivel de precipitación, pero no sobrepasan el valor máximo y no se encuentran fuera de rango de esa manera se evidencia que no existen datos dudosos.

Período de retorno

Con los resultados de precipitación corregidos, se realizó las pruebas para obtener los periodos de retorno, que permiten analizar el comportamiento del nivel de agua en el río frente a diferentes eventos extremos, tales como precipitaciones intensas en períodos cortos y prolongados

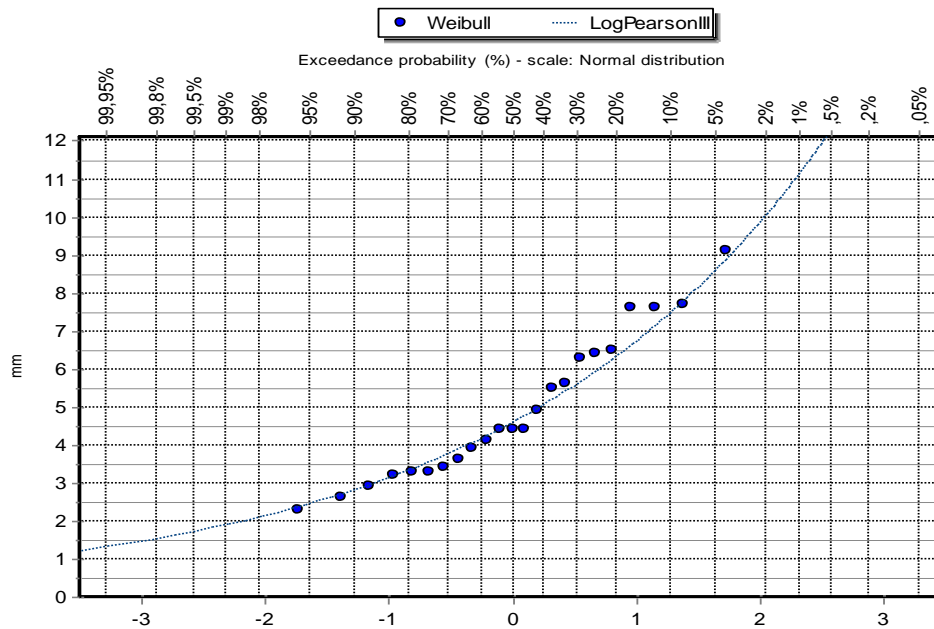
Tabla 11: Prueba Smirnov--Kolgomorov Pacaran

PRUEBA SMIRNOV--KOLGOMOROV PACARAN					
Kolmogorov-Smirnov test for:All data	a=1%	a=5%	a=10%	Attained a	DMax
Normal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	59,61%	0,14899
Normal (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	60,93%	0,14734
LogNormal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	95,46%	0,09583
Galton	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	86,75%	0,11334
Exponential	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	84,94%	0,11615
Exponential (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	94,61%	0,09811
Gamma	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	92,72%	0,10251
Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	88,27%	0,11085
Log Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	97,41%	0,08931
EV1-Max (Gumbel)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	95,60%	0,09542
EV2-Max	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	36,22%	0,18113
EV1-Min (Gumbel)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	19,09%	0,21468
EV3-Min (Weibull)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	73,78%	0,13135
GEV-Max	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	89,04%	0,10954
GEV-Min	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	92,56%	0,10284
GEV-Max (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	98,13%	0,08609
GEV-Min (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99,42%	0,07674
EV1-Max (Gumbel, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	98,19%	0,0858
EV2-Max (L-Momments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	76,42%	0,12796
EV1-Min (Gumbel, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	21,29%	0,20936
EV3-Min (Weibull, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	75,25%	0,12947
Pareto (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99,93%	0,0651
GEV-Max (kappa specified)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	76,67%	0,12763
GEV-Min (kappa specified)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	39,14%	0,1766
GEV-Max (kappa specified, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	90,49%	0,10693
GEV-Min (kappa specified, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	40,44%	0,17465

Nota: Valores de la prueba Smirnov – Kolgomorov

Se demuestra el nivel de significancia DMAX, valor que sí se ajusta a los parámetros del análisis. Para verificar las puntuaciones de los datos de precipitación, la prueba con mejor aceptación fue la de Log Pearson III.

Ilustración 7 Distribución de Log Pearson III



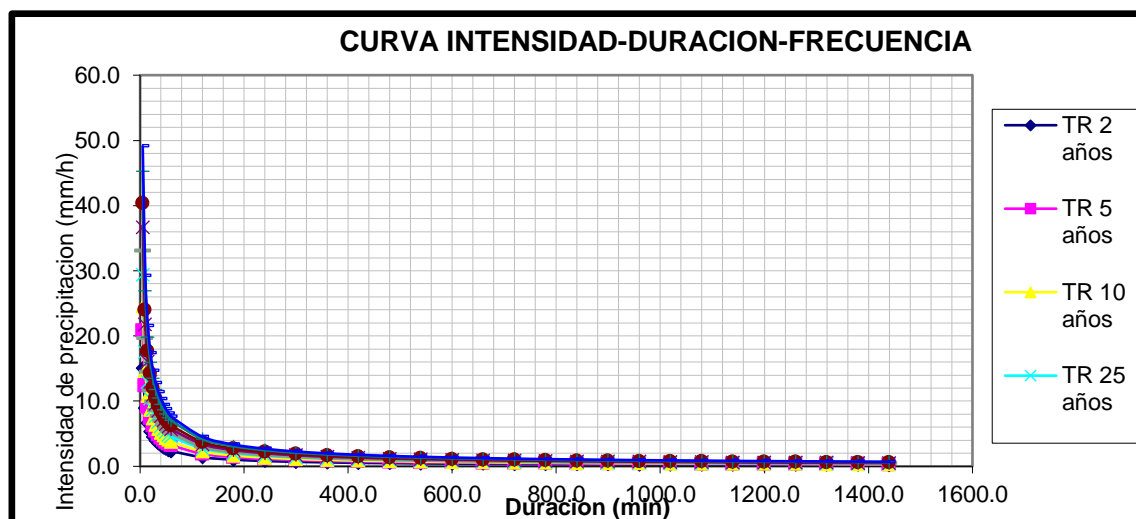
Nota: En el gráfico se puede observar la serie estadística de Log Pearson III, que es la que más se acerca a los puntos y se ajusta a la muestra de los datos que se analizaron.

Tabla 12: Hydrognomon, periodos de retorno.

Precipitación Diaria Máximas Probables para distintas frecuencias			
T (años)	Hydrognomon Pmax(mm)	Pmax Corregido (mm)	Probabilidad de no excedencia P
2	4,584	5,179	0,500000
5	6,32	7,142	0,800000
10	7,476	8,448	0,900000
25	8,942	10,105	0,960000
50	10,039	11,344	0,980000
100	11,140	12,588	0,995000
200	12,253	13,846	0,998000
500	13,752	15,539	0,999000
1000	14,911	16,850	0,999900
Factor de corrección		1,13	

Nota: En la tabla se puede evidenciar los valores probables de precipitación máxima para los diferentes años.

Según la Organización Meteorológica Mundial, en su Guía de Prácticas Hidrológicas, explica que estudios de miles de años-estaciones de datos pluviométricos indican que, al multiplicar las cantidades máximas anuales de lluvia diaria u horaria, para un solo intervalo fijo de observaciones de una a 24 horas por el factor 1.13, se producirán valores que se aproximan mucho a los que se obtendrán de un análisis de los máximos reales. Se requieren ajustes menores cuando las cantidades máximas observadas se determinan a partir de dos o más intervalos de observación fijos. (LINSLEY et al., 1977).

Ilustración 8 Curva Intensidad-Duración-Frecuencia

Elaboración propia-2025

A través, de este análisis de la intensidad de las precipitaciones efectuadas de acuerdo con la duración, a los diferentes periodos de retornos, se puede observar una tendencia a disminuir, ya que las lluvias empiezan fuertes durante los primeros minutos y a medida que va transcurriendo la duración y el tiempo disminuye su intensidad.

Hietogramas

Los hietogramas de precipitación de diseño son un componente clave para el modelamiento hidráulico, ya que muestra la intensidad de la precipitación durante diferentes duraciones y tiempos de retorno. Estos hietogramas se obtuvieron utilizando el modelo de Dick Peschke, lo que permite calcular la precipitación máxima en intervalos de tiempo específicos.

Tabla 13: Hietograma de precipitación de diseño para un periodo de retorno de

25

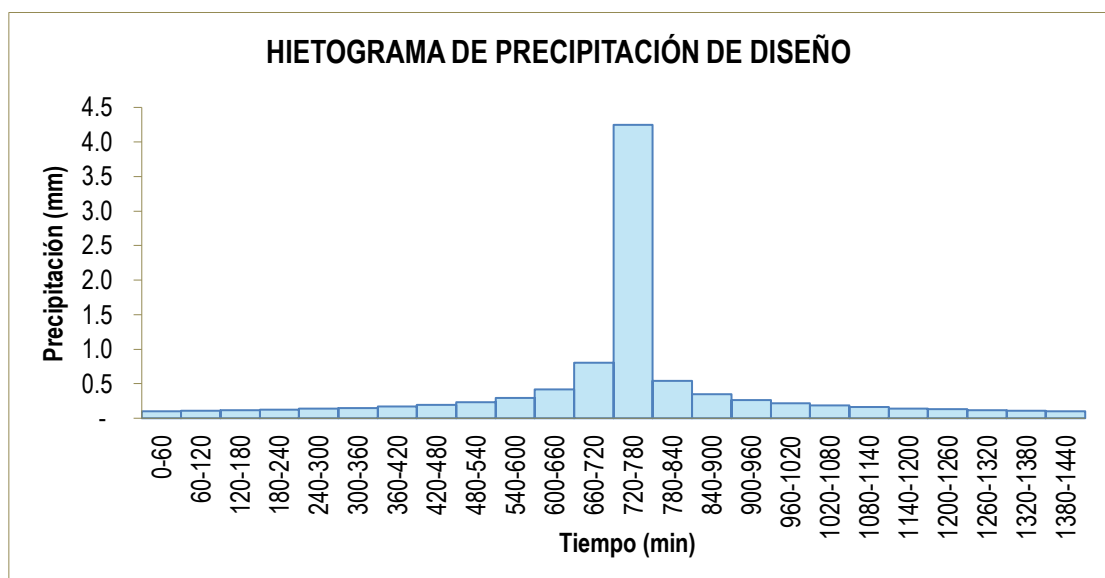
HIETOGRAMA DE PRECIPITACION DE DISEÑO					
K =	51,265	$I = \frac{51.2646 \times T^{0.1802}}{D^{0.750}}$			
T =	25				
m =	0,1802				
n =	0,750				
METODO DEL BLOQUE ALTERNO					
Duración	Intensidad	Profundidad acumulada	Profundidad incremental	Tiempo	Precipitación
min	mm/Hr	mm	mm	min	mm
60	4,247	4,247	4,247	0-60	0,099
120	2,525	5,050	0,803	60-120	0,106
180	1,863	5,589	0,539	120-180	0,114
240	1,501	6,006	0,417	180-240	0,124
300	1,270	6,350	0,345	240-300	0,136
360	1,108	6,646	0,296	300-360	0,151
420	0,987	6,907	0,261	360-420	0,170
480	0,893	7,142	0,234	420-480	0,196
540	0,817	7,355	0,213	480-540	0,234
600	0,755	7,552	0,196	540-600	0,296
660	0,703	7,734	0,182	600-660	0,417
720	0,659	7,904	0,170	660-720	0,803
780	0,620	8,064	0,160	720-780	4,247
840	0,587	8,214	0,151	780-840	0,539

900	0,557	8,357	0,143	840-900	0,345
960	0,531	8,493	0,136	900-960	0,261
1020	0,507	8,623	0,130	960-1020	0,213
1080	0,486	8,747	0,124	1020-1080	0,182
1140	0,467	8,866	0,119	1080-1140	0,160
1200	0,449	8,981	0,114	1140-1200	0,143
1260	0,433	9,091	0,110	1200-1260	0,130
1320	0,418	9,197	0,106	1260-1320	0,119
1380	0,404	9,300	0,103	1320-1380	0,110
1440	0,392	9,399	0,099	1380-1440	0,103

Nota 1: Cálculo de la intensidad para el periodo de retorno de 25 años.

Ilustración 9: Hietograma de precipitación de diseño para un periodo de retorno

de 25



Elaboración propia-2025

Como se puede observar que, de acuerdo con los diferentes datos de precipitación, su punto máximo de intensidad ocurre entre los 660-780 minutos para un periodo de retorno de 25 años es importante desarrollar este tipo de análisis gráficos estadísticos, porque permite discernir una percepción de un evento en curso y como puede desenvolverse en un escenario de inundación.

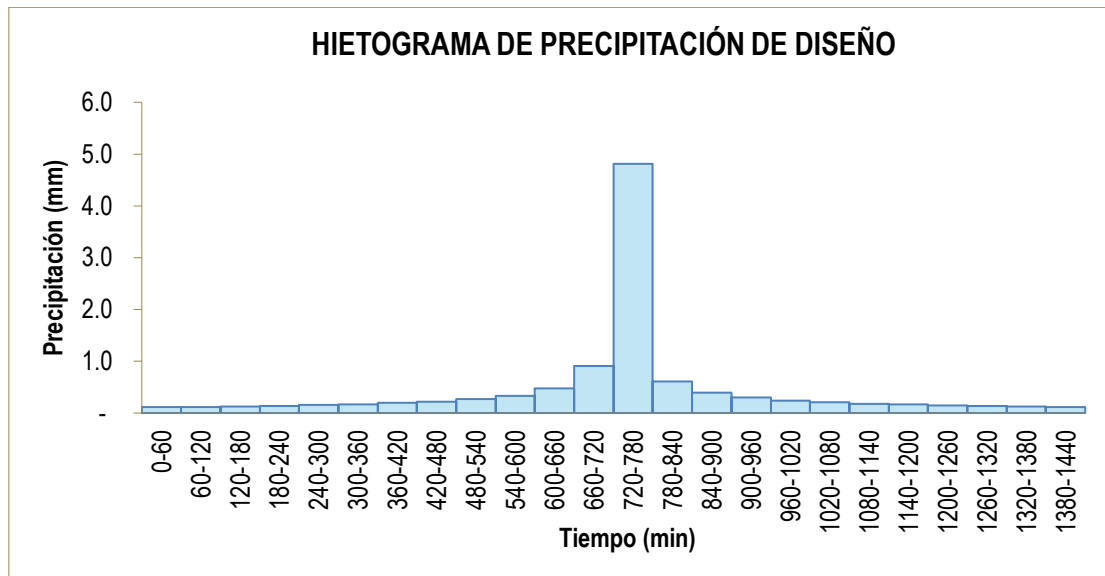
Tabla 14: Hietograma de precipitación de diseño para un periodo de retorno de 50.

HIETOGRAMA DE PRECIPITACION DE DISEÑO					
K =	51,265	$I = \frac{51.2646 \times T^{0.1802}}{D^{0.750}}$			
T =	50				
m =	0,1802				
n =	0,750				
METODO DEL BLOQUE ALTERNO					
Duración	Intensidad	Profundidad acumulada	Profundidad incremental	Tiempo	Precipitación
min	mm/hr	mm	mm	min	Mm
60	4,811	4,811	4,811	0-60	0,113
120	2,861	5,722	0,910	60-120	0,120
180	2,111	6,332	0,610	120-180	0,130
240	1,701	6,804	0,472	180-240	0,141
300	1,439	7,195	0,390	240-300	0,154
360	1,255	7,530	0,336	300-360	0,171
420	1,118	7,826	0,296	360-420	0,193
480	1,011	8,092	0,266	420-480	0,222

540	0,926	8,334	0,242	480-540	0,266
600	0,856	8,556	0,222	540-600	0,336
660	0,797	8,762	0,206	600-660	0,472
720	0,746	8,955	0,193	660-720	0,910
780	0,703	9,136	0,181	720-780	4,811
840	0,665	9,307	0,171	780-840	0,610
900	0,631	9,469	0,162	840-900	0,390
960	0,601	9,623	0,154	900-960	0,296
1020	0,575	9,770	0,147	960-1020	0,242
1080	0,551	9,910	0,141	1020-1080	0,206
1140	0,529	10,045	0,135	1080-1140	0,181
1200	0,509	10,175	0,130	1140-1200	0,162
1260	0,490	10,300	0,125	1200-1260	0,147
1320	0,474	10,420	0,120	1260-1320	0,135
1380	0,458	10,537	0,116	1320-1380	0,125
1440	0,444	10,650	0,113	1380-1440	0,116

Nota: Calculo de la intensidad para el periodo de retorno de 50 años.

Ilustración 10 Hietograma de precipitación de diseño para un periodo de retorno de 50.



Elaboración propia-2025

Como se puede observar que, de acuerdo con los diferentes datos de precipitación, su punto máximo de intensidad ocurre entre los 660-780 minutos para un periodo de retorno de 50 años es importante desarrollar este tipo de análisis gráficos estadísticos, porque permite discernir una percepción de un evento en curso y como puede desenvolverse en un escenario de inundación.

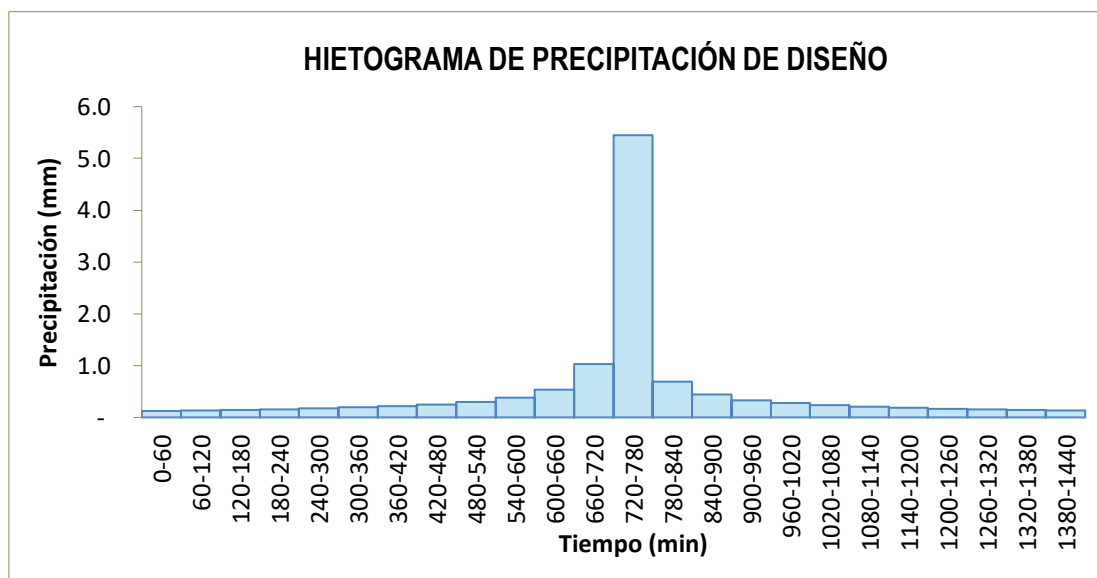
Tabla 15: Hietograma de precipitación de diseño para un periodo de retorno de 100 años

HIETOGRAMA DE PRECIPITACION DE DISEÑO					
	K =	51,265		$I = \frac{51.2646 \times T^{0.1802}}{D^{0.750}}$	
	T =	100			
	m =	0,1802			
	n =	0,750			
METODO DEL BLOQUE ALTERNO					
Duración	Intensidad	Profundidad acumulada	Profundidad incremental	Tiempo	Precipitación
Min	mm/Hr	mm	mm	min	Mm
60	5,451	5,451	5,451	0-60	0,128
120	3,241	6,483	1,031	60-120	0,137
180	2,391	7,174	0,692	120-180	0,147
240	1,927	7,709	0,535	180-240	0,159
300	1,630	8,152	0,442	240-300	0,175
360	1,422	8,532	0,380	300-360	0,194
420	1,267	8,867	0,335	360-420	0,218
480	1,146	9,168	0,301	420-480	0,252
540	1,049	9,442	0,274	480-540	0,301
600	0,969	9,694	0,252	540-600	0,380
660	0,903	9,928	0,234	600-660	0,535
720	0,846	10,146	0,218	660-720	1,031
780	0,796	10,351	0,205	720-780	5,451
840	0,753	10,545	0,194	780-840	0,692
900	0,715	10,728	0,183	840-900	0,442
960	0,681	10,903	0,175	900-960	0,335

1020	0,651	11,069	0,167	960-1020	0,274
1080	0,624	11,229	0,159	1020-1080	0,234
1140	0,599	11,381	0,153	1080-1140	0,205
1200	0,576	11,528	0,147	1140-1200	0,183
1260	0,556	11,670	0,141	1200-1260	0,167
1320	0,537	11,806	0,137	1260-1320	0,153
1380	0,519	11,938	0,132	1320-1380	0,141
1440	0,503	12,066	0,128	1380-1440	0,132

Nota: Cálculo de la intensidad para el periodo de retorno de 100 años.

Ilustración 11 Hietograma de precipitación de diseño para un periodo de retorno de 100.



Elaboración propia-2025

Como se puede observar que, de acuerdo con los diferentes datos de precipitación, su punto máximo de intensidad ocurre entre los 660-780 minutos para un periodo de retorno de 100 años es importante desarrollar este tipo de análisis gráficos estadísticos,

porque permite discernir una percepción de un evento en curso y como puede desenvolverse en un escenario de inundación.

Los datos de duración e intensidad de la precipitación son fundamentales para modelar el incremento del caudal en los ríos durante eventos extremos, lo cual es esencial para evaluar el comportamiento del flujo de agua y su relación con la amenaza de inundación.

La profundidad acumulada e incremental de la precipitación facilita la estimación del volumen total de agua caída y su impacto potencial en el desbordamiento en el área del malecón.

Los intervalos de tiempo de precipitación son cruciales para ajustar el modelo hidráulico, permitiendo prever el momento en que el caudal podría superar la capacidad del sistema de drenaje.

Perfil longitudinal del río.

Tras realizar la medición del ancho del río en el campo, específicamente en el punto de desbordamiento, se obtuvo una longitud de 28 metros. Durante este proceso, se registraron mediciones de profundidad a intervalos de un metro, lo que permitió elaborar el perfil del río. Este análisis facilita la identificación de las zonas de mayor profundidad, donde el caudal es más significativo, y de las áreas de menor profundidad, que podrían representar puntos críticos de sedimentación. Estas zonas de sedimentación pueden restringir el flujo del agua, incrementando el riesgo de inundaciones en el área de estudio.

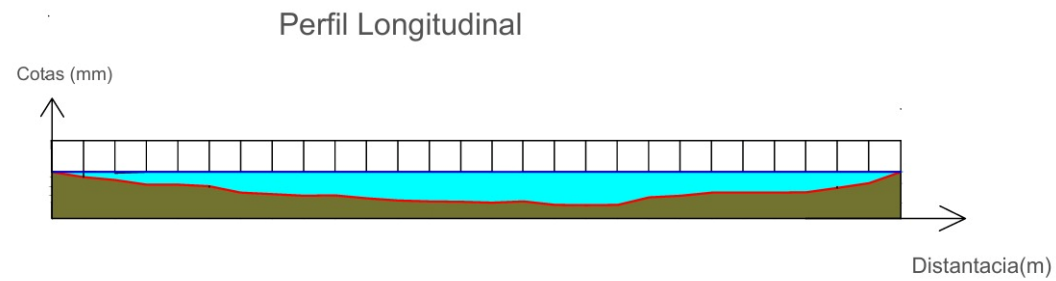
Tabla 16: Medición de Caudal Método del Flotador

Tiempos en segundos		Distancia recorrida en metros	velocidad	Profundidad (Cada 1 metro		Ancho del Río	Cálculo del Área m ²	Caudal m ³ /s
1	14,99	10	0,70	0	Punto 1	28	18,12	12,65
2	13,97			0,16	Punto 2			
3	11,03			0,25	Punto 3			
4	13,27			0,4	Punto 4			
5	12,15			0,4	Punto 5			
6	20,53			0,45	Punto 6			
PROMEDIO	14,323333			0,65	Punto 7			
				0,7	Punto 8			
				0,75	Punto 9			
				0,74	Punto 10			
				0,83	Punto 11			
				0,9	Punto 12			
				0,93	Punto 13			
				0,94	Punto 14			
				0,97	Punto 15			
				0,93	Punto 16			
				1,04	Punto 17			
				1,05	Punto 18			
				1,04	Punto 19			
				0,8	Punto 20			
				0,75	Punto 21			
				0,65	Punto 22			

0,65	Punto 23
0,65	Punto 24
0,64	Punto 25
0,5	Punto 26
0,35	Punto 27
0	Punto 28
0,647	PROMEDIO

Elaboración propia-2025

Ilustración 12 Perfil longitudinal del río

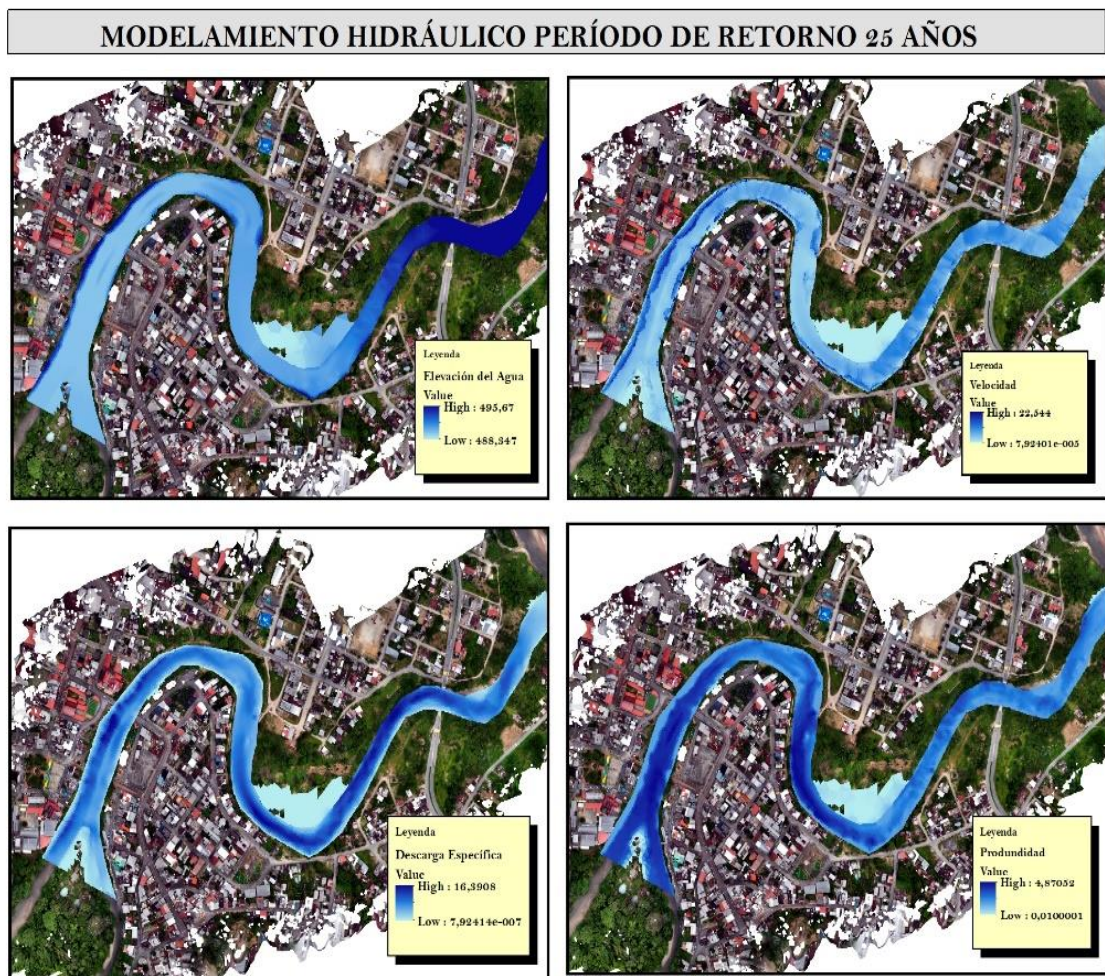


Elaboración propia-2025

Modelamiento hidráulico Software Iber.

Para realizar los modelamientos correspondientes a cada periodo de retorno, se usó la duración y la precipitación obtenidas de los hietogramas a través del modelo de Dick Peschke.

Ilustración 13: Modelamiento hidráulico periodo de retorno de 25 años.



Elaboración propia-2025

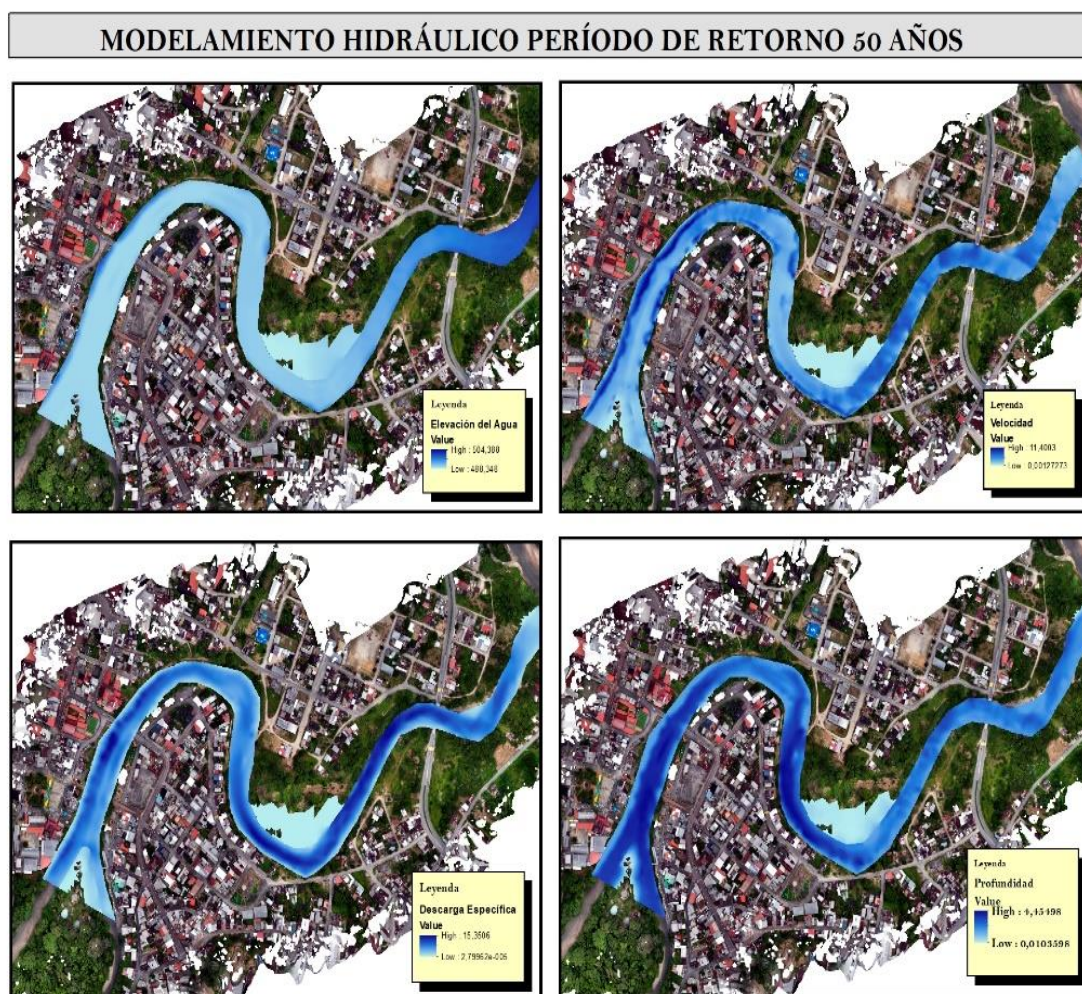
Tabla 17: Datos modelamiento hidráulico periodo de retorno 25 años

Elevación del agua		Velocidad	
Alto:	495,67 msnm	Alto:	22,544 m/s
Bajo:	488,347 msnm	Bajo:	7,92401 e-005 m/s
Descarga Específica		Profundidad	
Alto:	16,3908 m ²	Alto:	4,87052 m
Bajo:	7,92414e-007 m ²	Bajo:	0,0100001 m

En el siguiente mapa se puede observar el modelamiento hidráulico realizado en el Software IBER para un periodo de retorno de 25 años.

El período de retorno de 25 años revela aspectos críticos en la cuenca. En cuanto a la elevación del agua, se identifican zonas de mayor altura con bajo riesgo de inundación, mientras que las áreas más bajas son vulnerables a desbordamientos. La velocidad del flujo resalta las áreas críticas, donde el flujo podría causar mayores daños.

La descarga específica revela las áreas en las cuales el volumen de agua descargado podría concentrarse, señalando así los puntos vulnerables a inundaciones. Por otro lado, la profundidad destaca las regiones con mayor acumulación de agua durante un evento de retorno de 25 años, lo que resulta fundamental para identificar las zonas menos profundas o de sedimentación que son propensas a inundarse.

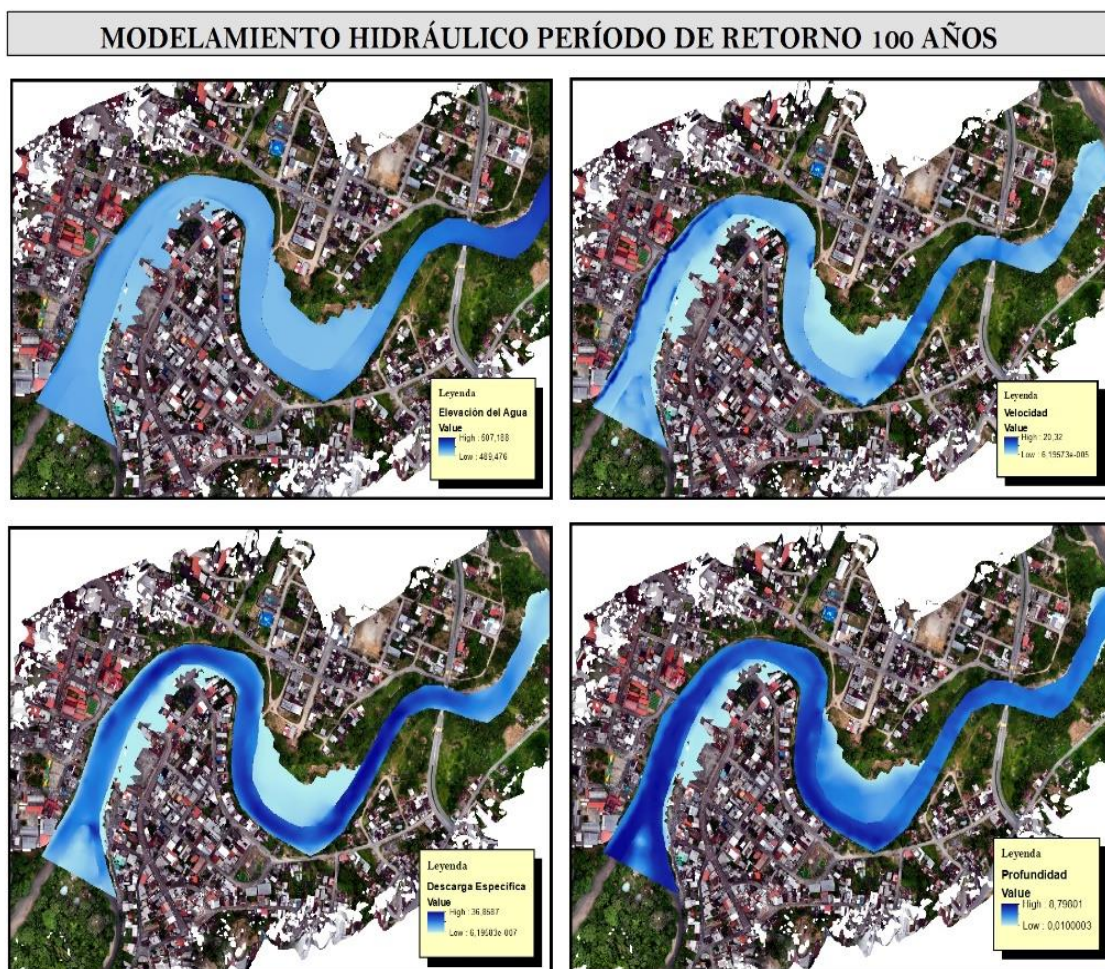
Ilustración 14: Modelamiento hidráulico periodo de retorno de 50 años.

Elaboración propia-2025

Tabla 18: Datos modelamiento hidráulico periodo de retorno 50 años

Elevación del agua		Velocidad	
Alto:	504,388 msnm	Alto:	11,4003 m/s
Bajo:	488,348 msnm	Bajo:	0,00127273 m/s
Descarga Específica		Profundidad	
Alto:	15,3506 m ²	Alto:	4,45498 m
Bajo:	2,79962e-005 m ²	Bajo:	0,0103598 m

En el análisis correspondiente al periodo de retorno de 50 años, se evidencia un aumento en el nivel de agua, lo cual impacta de manera significativa a las áreas urbanas del malecón. En lo que respecta a la velocidad del flujo, se observa una intensificación en el comportamiento del río, lo que incrementa el riesgo estructural en puntos críticos de la zona de estudio. La descarga específica indica una mayor concentración del flujo en áreas vulnerables, lo que podría agravar los efectos de las inundaciones. Así mismo, la profundidad revela que las áreas menos profundas o de sedimentación experimentan una mayor acumulación de agua, lo que incrementa el riesgo de inundación en dichas áreas.

Ilustración 15: Modelamiento hidráulico periodo de retorno de 100 años.

Elaboración propia-2025

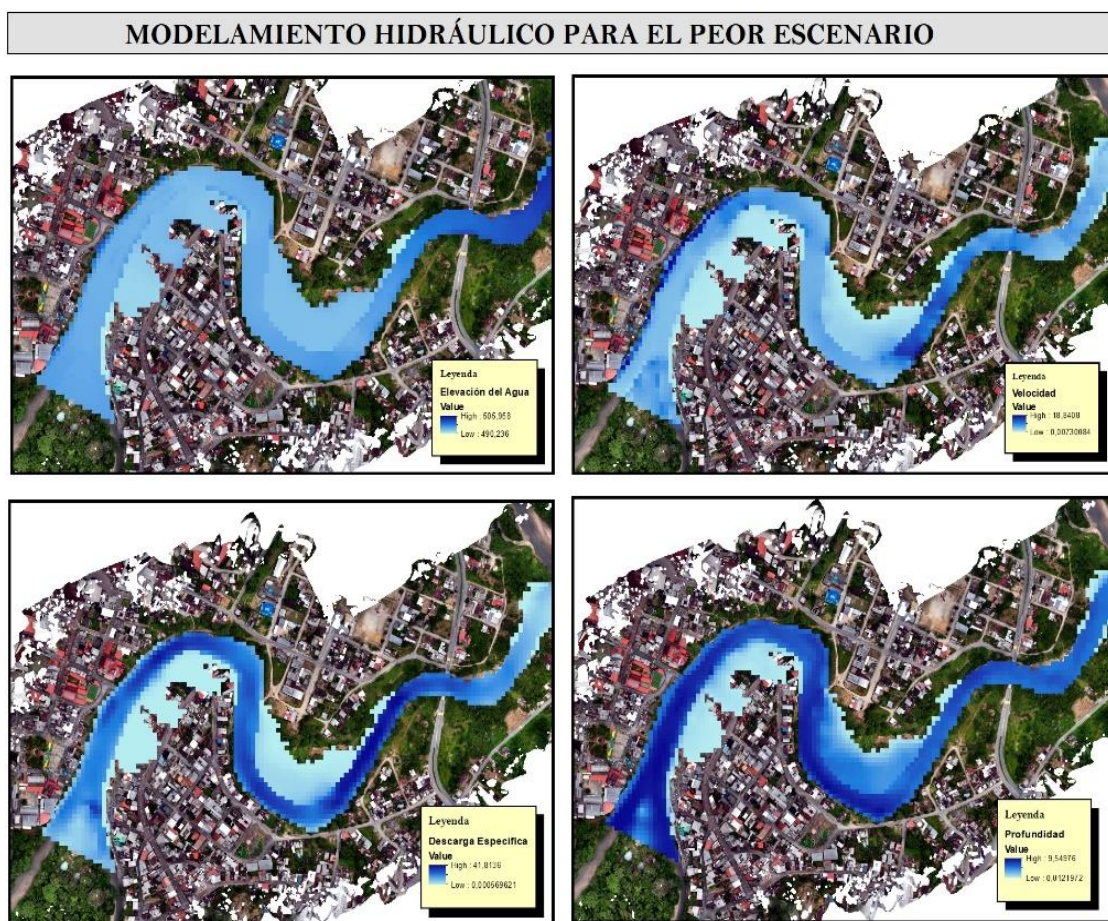
Tabla 19: Datos modelamiento hidráulico periodo de retorno 100 años

Elevación del agua		Velocidad	
Alto:	507,188 msnm	Alto:	20,32
Bajo:	489,476 msnm	Bajo:	6,19573e-005
Descarga Específica		Profundidad	
Alto:	36,8587 m ²	Alto:	8,79801 m
Bajo:	6,19583e-007 m ²	Bajo:	0,0100003 m

En el período de retorno de 100 años, se observa un incremento de precipitación en los niveles máximos de agua, lo que provoca inundaciones extensas en el sector del malecón. En cuanto a la velocidad del flujo, los valores extremos aumentan, lo que incrementa el riesgo de erosión severa y daño estructural en la zona. La descarga específica señala las áreas con mayor riesgo de impacto debido al flujo de agua. Mientras que, la profundidad muestra que ciertas zonas alcanzan profundidades extremas, lo que indica puntos de mayor vulnerabilidad a las inundaciones.

Modelación del peor escenario de inundación

En base al periodo de retorno de 100 años, siendo este el que tuvo un incremento de mayor precipitación, se realizó un modelamiento del peor escenario con los datos de intensidad del hietograma de precipitación de diseño de dicho periodo de retorno, que permitió identificar las áreas susceptibles a inundaciones y los diferentes niveles de calado en metros, representados mediante una escala cromática.

Ilustración 16: Modelamiento hidráulico del peor escenario.

Elaboración propia-2025

Tabla 20: Datos modelamiento hidráulico peor escenario

Elevación del agua		Velocidad	
Alto:	495,67 msnm	Alto:	18,84 m/s
Bajo:	488,347 msnm	Bajo:	0,073 m/s
Descarga Específica		Profundidad	
Alto:	41,01 m ²	Alto:	9,54 m
Bajo:	0,0006 m ²	Bajo:	0,01219 m

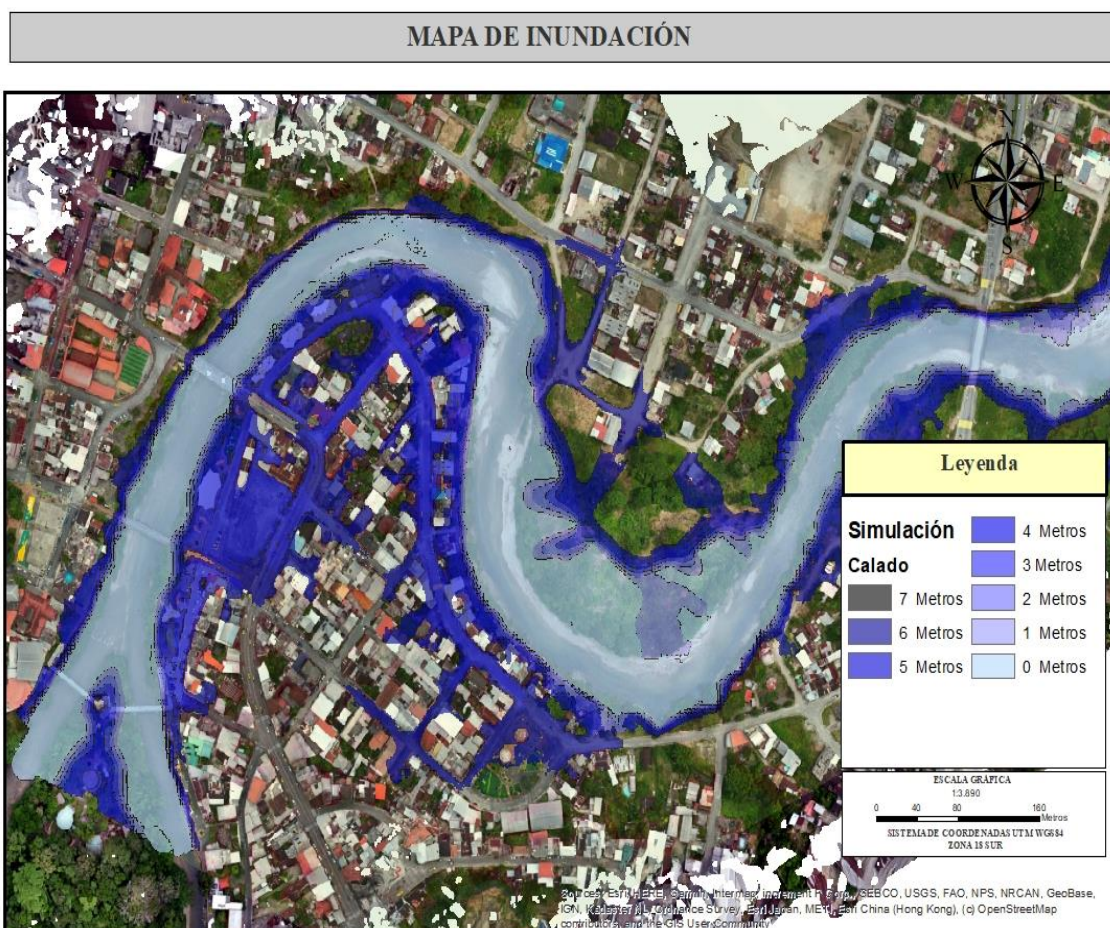
Al superponer el mapa de inundación con el mapa urbano, se confirma que la amenaza afectaría a viviendas como a infraestructuras de una manera crítica, como calles principales y redes de servicios básicos.

Este análisis es crucial para delimitar las zonas de alto riesgo y realizar una gestión integral de la misma.

Validación del modelamiento

Estos resultados fueron comparados, con un modelamiento en el software Global Mapper y capturas de imágenes satelitales de la aplicación Surface Water Tracker, para su validación.

Ilustración 17: Simulación hidráulica software Global Mapper.

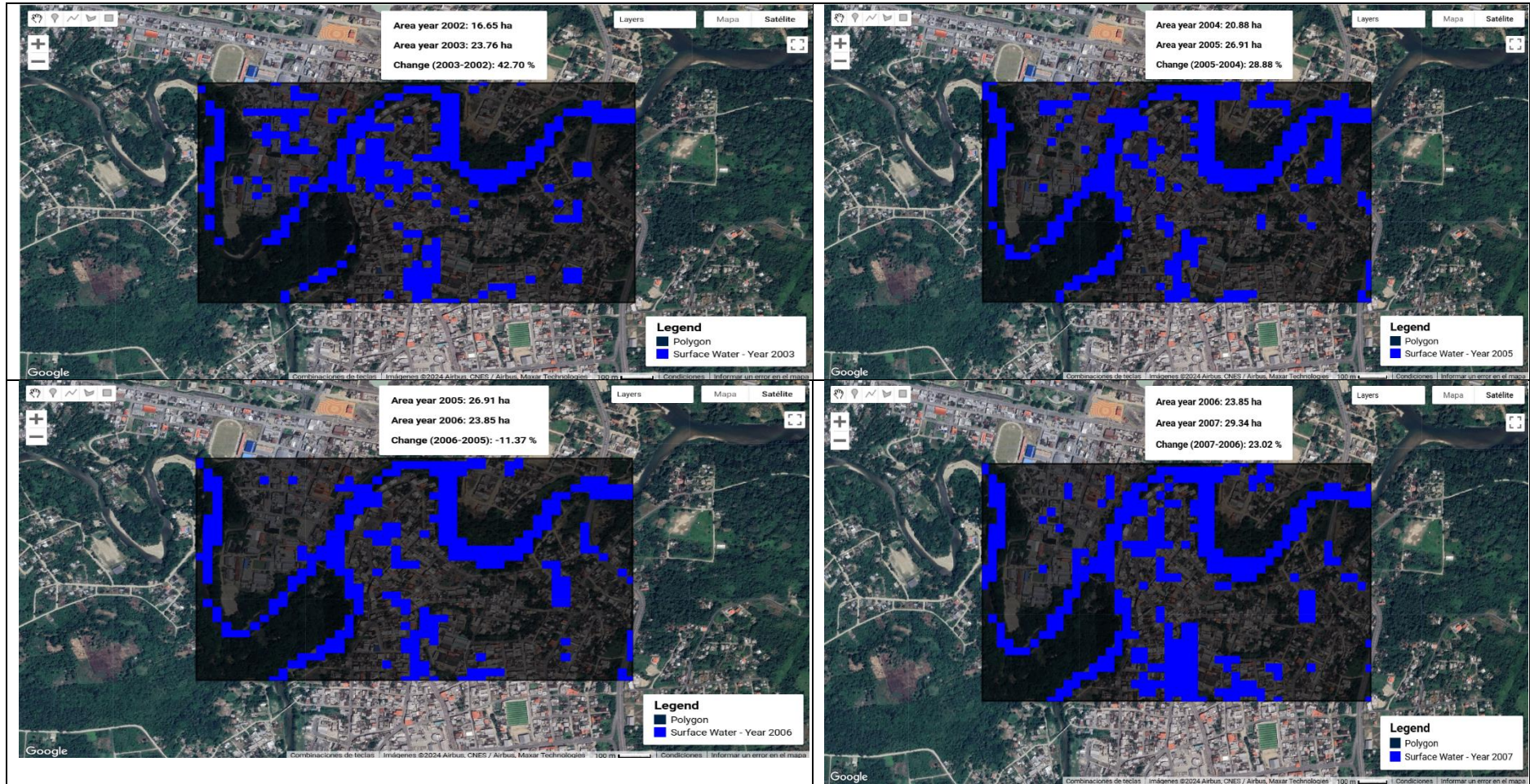


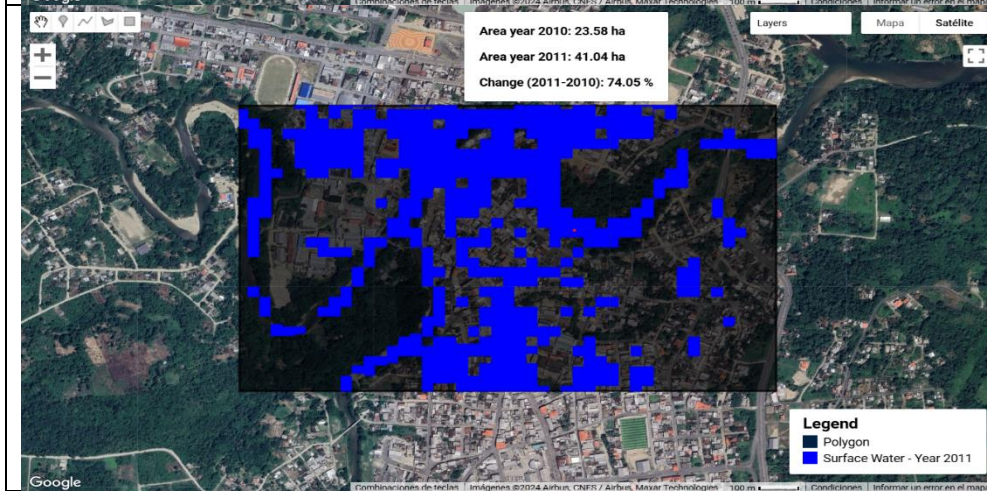
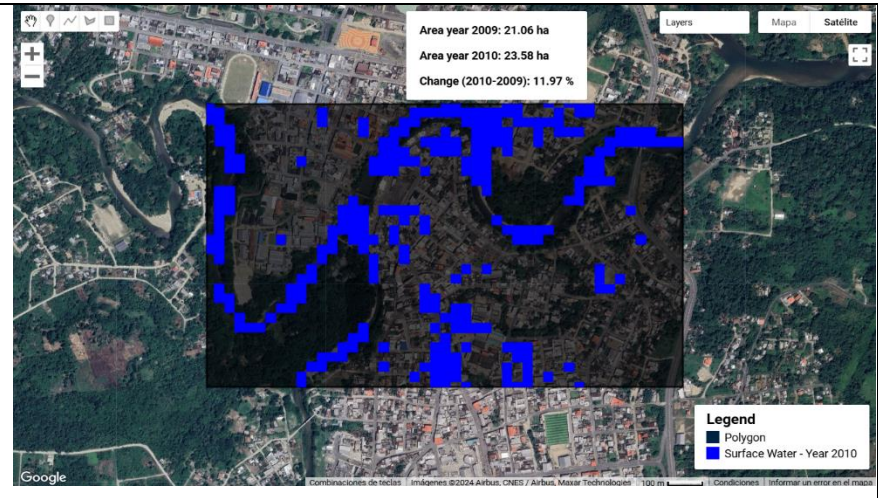
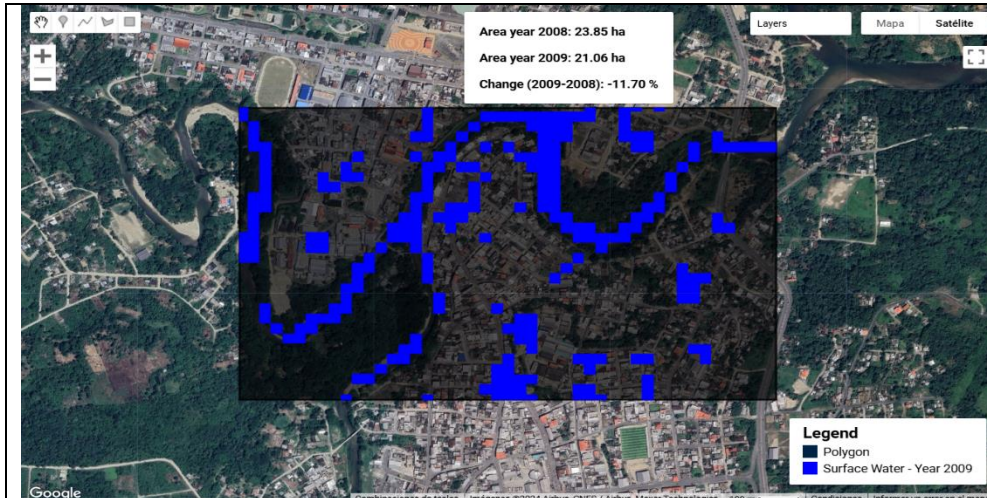
Elaboración propia-2025

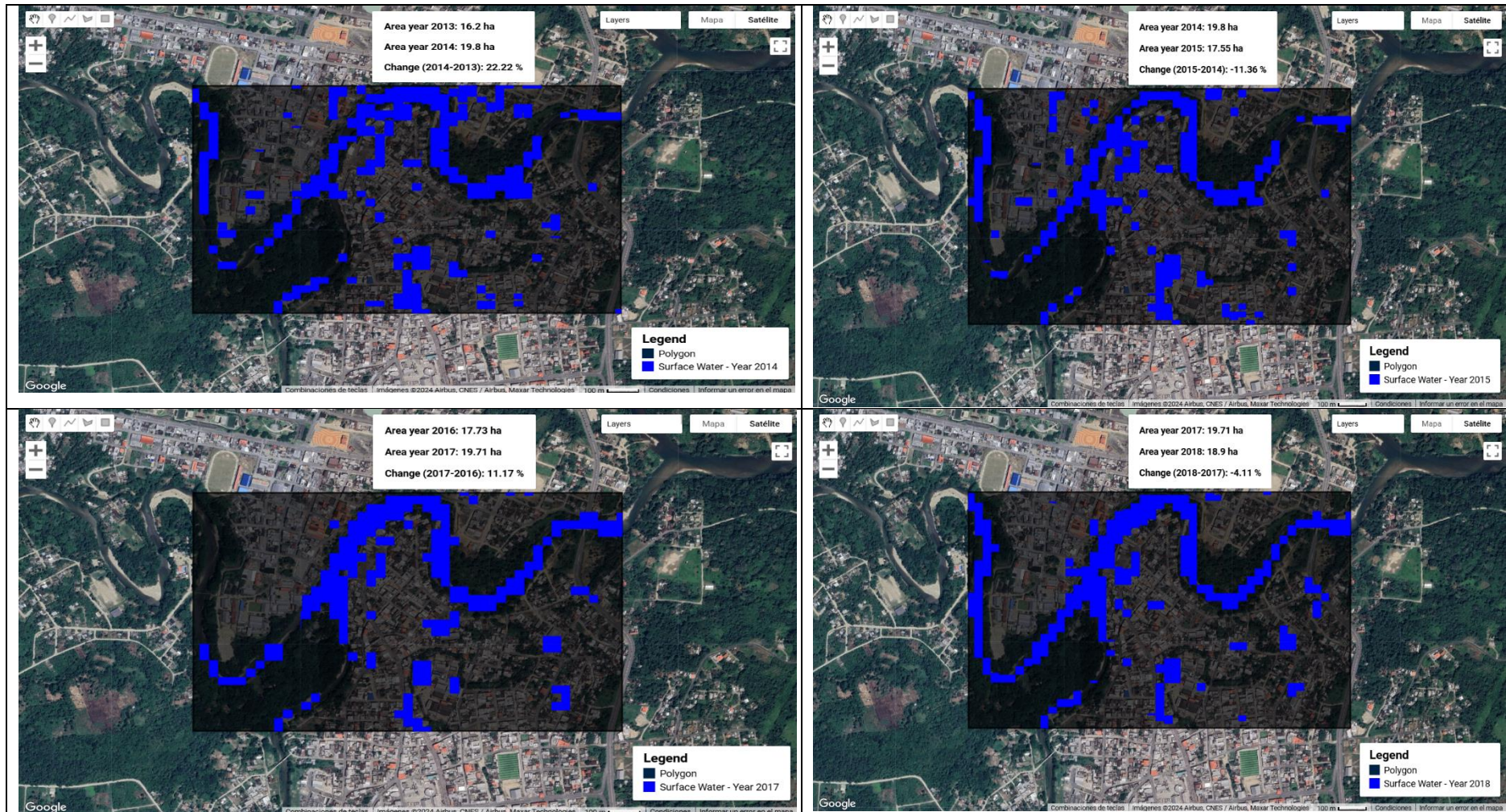
Mediante el Software Global Mapper se realizó el modelamiento para la validación del peor escenario, el cual presenta un resultado similar al de modelamiento hidráulico en el Software Iber.

En este modelamiento se observa que las zonas más afectadas están ubicadas cerca de los márgenes de los ríos, con calados de hasta 7 metros (en tonos de gris), impactando las áreas urbanizadas del malecón y sus alrededores. Las zonas menos afectadas, con calados de 1-2 metros (en tonos de azul claro), se encuentran más alejadas de los ríos, mostrando menor vulnerabilidad.

Ilustración 18: Surface Water Tracker





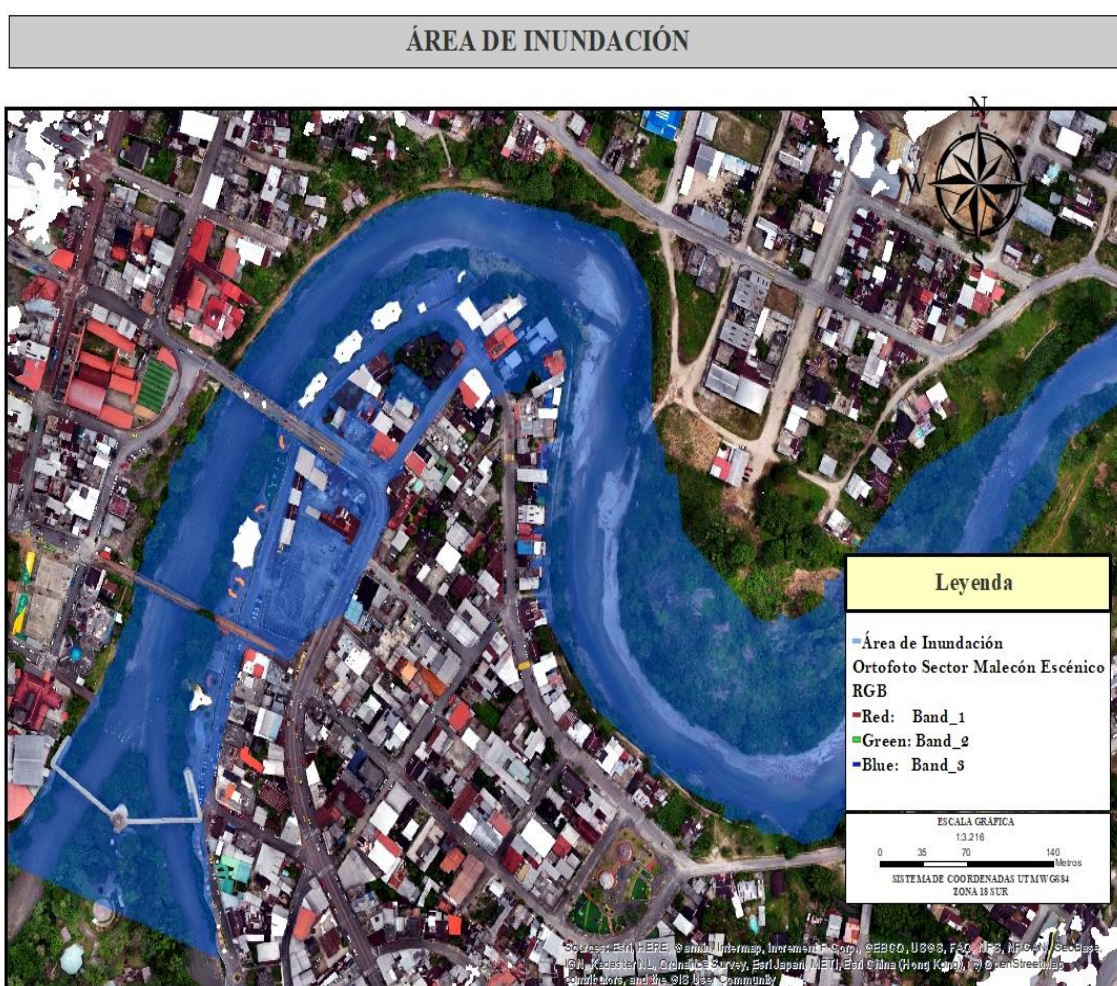


Fuente: Surface Water Tracker - GeoStyle

4.1.2. Caracterizar los elementos expuestos ante la amenaza de inundación en el sector del malecón en la ciudad del Tena.

Para la obtención del objetivo 2, la identificación de la amenaza de inundación, a través del modelamiento hidráulico de los ríos Pano y Tena, proporciona una base científica y técnica para comprender la dinámica del riesgo en el sector del malecón de la ciudad del Tena.

Ilustración 19: Mapa Área de Inundación



Elaboración propia-2025

A través del sobre posicionamiento de las capas geoespaciales obtenidas a través del GAD del Tena, se procedió a caracterizar los elementos esenciales y críticos,

Tabla 21: Elementos Expuestos

Elementos expuestos		Afectación	Total	
Población	Familias		89	356
		Viviendas Completas	6	
		Viviendas 1 Planta	58	
		Viviendas 2 Planta	23	
Elementos Esenciales	Viviendas y Edificios	Viviendas 3 Planta	2	116
		Administrativos	5	
		Alimentación	1	
		Comercio	13	
		Hospedaje	5	
		Turismos	3	
		Sistema Hídrico	888,49 m	
	Sistema Pluvial	888,49 m	1	
	Sistema Eléctrico	Postes	26	26
		Cableado Eléctrico	888,49 m	1
Elementos Críticos	Sistema de Alcantarillado	888,49 m	1	
	Vías	Av. Francisco de Orellana	595,99 m	1
		SN	108,53 m	1
	Instituciones	Av. 15 de Noviembre	184,5 m	1
		Banco del Austros	1	1
		Cruz Roja	1	1
		Cooperativa de la Policía Nacional	1	1

Elaboración propia-2025

Conocer la cantidad de familias y de personas, junto con las edificaciones y la infraestructura crítica comprendida, permite analizar no solo el impacto físico, sino también las implicaciones sociales, económicas y ambientales.

Este enfoque es crucial para desarrollar estrategias adecuadas de mitigación que reduzcan el riesgo de inundación y los efectos secundarios para la comunidad, ya que se evidencia las áreas prioritarias de intervención, tanto a nivel estructural como no estructural.

4.1.3. Proponer medidas de reducción de riesgo ante la amenaza de inundación en el sector del malecón de la ciudad del Tena.

Con base en los resultados obtenidos a partir del modelamiento hidráulico utilizando el software Iber, y tras la caracterización detallada de los elementos expuestos en el sector del malecón escénico de la ciudad de Tena, se ha identificado la necesidad de implementar medidas específicas orientadas a la mitigación del riesgo asociado a la amenaza de inundaciones. Este análisis ha permitido comprender los comportamientos hidrológicos y los posibles escenarios de desbordamiento, considerando las variaciones de caudales, las características topográficas y las condiciones de uso del suelo en la zona afectada.

Para abordar este riesgo, se han propuesto una serie de medidas tanto estructurales como no estructurales, adaptadas a las particularidades de la región. Las medidas estructurales incluyen la construcción y/o rehabilitación de infraestructuras hidráulicas, tales como canales de drenaje, muros de contención y sistemas de protección, que permiten reducir la exposición de los elementos mencionados ante eventos extremos. Por otro lado, las medidas no estructurales abarcan acciones como la educación y

concientización comunitaria, la planificación urbana sostenible y la mejora de los protocolos de respuesta ante emergencias.

Se ha prestado especial atención a dos problemas principales que contribuyen a la exacerbación de la amenaza de inundaciones en la zona: la acumulación de sedimentos en los cauces fluviales y la falta de conocimiento y preparación de la población ante estos eventos. La acumulación de sedimentos disminuye la capacidad de los cauces para transportar grandes volúmenes de agua, lo que incrementa el riesgo de desbordamiento. Asimismo, la carencia de conciencia y capacitación en gestión de riesgos dificulta la adopción de medidas preventivas efectivas.

La implementación de las medidas propuestas no solo sería de ayuda para mitigar el impacto de las inundaciones, sino también para fortalecer la resiliencia de la comunidad ante futuros eventos climáticos extremos, promoviendo un enfoque integral y sostenible en la gestión del riesgo. A continuación, se presentan en detalle las medidas de reducción de riesgos, agrupadas según su naturaleza estructural y no estructural, destacando su relevancia y el impacto esperado en el sector del malecón escénico de la ciudad de Tena

Tabla 22: Medidas de mitigación ante la amenaza de inundación.

MEDIDAS DE MITIGACIÓN ANTE LA AMENAZA DE INUNDACIÓN					
Zona de amenaza	Problemática	Medidas	Tipo	Estrategia	Responsable
Malecón Escénico de la ciudad de Tena	La acumulación de sedimentos reduce la capacidad de los cauces para transportar grandes volúmenes de agua	Estructurales	Preventiva	Mantenimiento de los sistemas de drenaje	Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal Tena
				Dragado del río Pano y Tena para garantizar su capacidad hidráulica	Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal Tena
	Carencia de conocimiento y preparación por parte de la población frente a estos eventos.	No estructurales	Preventiva	Educación y concientización de la población	Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal Tena conjuntamente con la SGR
				Plan de emergencia	Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal Tena, Cuerpo de Bomberos e Instituciones de la localidad
				Regulación del uso del suelo en la zona de influencia	Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal Tena
				Monitoreo constante de las estaciones Hidrometeoro lógicas	Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal Tena

4.2. DISCUSIÓN

4.2.1. Discusión 1

Los resultados obtenidos en la investigación revelan que el sector del malecón escénico de la ciudad del Tena presenta una alta exposición de los elementos ante la amenaza de inundación debido a su cercanía al cauce del río y la baja capacidad de drenaje.

Al comparar estos hallazgos con el estudio realizado por (Molina, 2023), se observó que ambos casos presentan patrones similares de inundación, donde la recurrencia de precipitaciones extremas y la falta de estructura adecuada agravan el impacto de estos eventos.

Por otra parte, en el estudio de (Naranjo & Flores, 2023), se encontró que la cobertura vegetal y la permeabilidad del suelo afectan directamente en la capacidad de infiltración del agua, lo que puede extrapolarse al caso de Tena, donde la falta de vegetación en ciertas áreas podría estar contribuyendo a la acumulación de agua en momentos de precipitaciones extremas.

4.2.2. Discusión 2

El análisis de los elementos expuestos reveló que, tanto viviendas y comercios al igual que los sistemas de abastecimiento de agua, alcantarillado y vías de acceso pueden verse gravemente afectadas en caso de materializarse la amenaza de inundación.

Este resultado concuerda con el estudio realizado por (Naranjo & Flores, 2023), donde se destaca que la vulnerabilidad de las edificaciones está directamente relacionada con los materiales de construcción y la antigüedad de las estructuras, un hallazgo similar que se observa en el malecón del Tena donde algunas edificaciones presentan materiales poco resistentes al contacto prolongado con el agua.

Mientras que en el estudio realizado por (Cisneros & Granja, 2023), se identificó la vulnerabilidad estructural, pero con mayor énfasis en la percepción comunitaria.

4.2.3. Discusión 3

Los resultados del proyecto de investigación sugieren que la implementación de infraestructuras de drenaje mejoradas, combinadas con estrategias de reforestación en las zonas cercanas al río, podrían reducir de manera significativa el riesgo de inundación en el Malecón escénico.

En el estudio de (Naranjo & Flores, 2023), se propusieron medidas similares, incluyendo la reubicación de ciertos edificios en condición de vulnerabilidad. Sin embargo, en el caso Tena, una estrategia viable basada en la naturaleza podría ser el uso de humedales artificiales para mejorar la absorción del suelo.

Por su parte en el estudio de (Cisneros & Granja, 2023), se enfatizan estrategias preventivas, pero con un enfoque comunitario, destacando la educación ambiental y la responsabilidad ciudadana en gestión de riesgos.

V. CAPITULO

5.1. CONCLUSIONES

- La calibración e incorporación de las bases de datos meteorológicos, al igual que los datos empíricos que se obtienen en campo, son fundamentales para el análisis de la dinámica fluvial, ya que mejoran la precisión del modelamiento hidráulico al momento de identificar las áreas de mayor susceptibilidad a inundaciones.
- El sobre posicionamiento de capas geoespaciales con el área identificada en el modelamiento hidráulico, permitió visualizar los elementos expuestos tanto esenciales como críticos, facilitando la cuantificación y la elaboración de los mapas.
- La implementación de este conjunto de medidas es clave para reducir la exposición de los elementos expuestos, ya que están orientadas a mitigar el riesgo de inundación en la zona.

5.2. RECOMENDACIONES

- La actualización de las bases de datos meteorológicos, al igual que los datos empíricos que se obtienen en campo son fundamentales para mejorar la precisión de futuros modelamientos hidráulicos.
- Ampliar la base de datos incluyendo variables socioeconómicas, que pueden permitir realizar cálculos de posibles pérdidas económicas.
- Con base en las medidas planteadas, se propone la elaboración de un plan integral de control de inundaciones que ayude a fortalecer la educación y sensibilización de la comunidad sobre los riesgos de desastres.

BIBLIOGRAFÍA

- Alcántara Boza, F. A., Torres Rojas, C., Lucas Vidal, L. R., & Bravo Loor, J. D. (2021). Simulación y análisis de inundaciones en cabeceras de cuenca, utilizando el software IBER en diferentes tramos. *Revista del Instituto de investigación de la Facultad de minas, metalurgia y ciencias geográficas*, 24(47), Article 47. <https://doi.org/10.15381/iigeo.v24i47.20637>
- Banco Interamericano de Desarrollo. (2015). *Indicadores de Riesgo de Desastre y de Gestión de Riesgos: Programa para América Latina y el Caribe: Bolivia*. Inter-American Development Bank. <https://doi.org/10.18235/0009607>
- Carles. (2024, febrero 14). *Curvas Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF)*. https://geogarnet.com/2024/02/14/curvas-intensidad-duracion-frecuencia-idf/Enfoque_-_prevencion.pdf. (s. f.-a). Recuperado 18 de junio de 2024, de https://www.predes.org.pe/wp-content/uploads/2017/12/enfoque_-_prevencion.pdf
- Enfoque_-_prevencion.pdf*. (s. f.-b). Recuperado 18 de junio de 2024, de https://www.predes.org.pe/wp-content/uploads/2017/12/enfoque_-_prevencion.pdf
- Especialista en Modelamiento Hidráulico e Hidrológico con HEC-RAS y Geo-R*. (s. f.). Recuperado 18 de junio de 2024, de <https://ieditorial.net/certificado-dise%C3%B1o-profesional-y-cad/190802-Curso-Hec-Ras.html>
- Farias, B., Marquez, A., Guevara, E., & Rey, D. (2020). Plan de Gestión Sustentable de Riesgo de Inundación: Una Propuesta desde Carabobo, Venezuela. *Revista de Estudios Latinoamericanos sobre Reducción del Riesgo de Desastres REDER*, 4(1), Article 1. <https://doi.org/10.55467/reder.v4i1.42>

- García Feal, O. (2021). *Desarrollo y optimización del modelo hidráulico iber+:* *Aplicación a eventos de riesgo* (p. 1) [Http://purl.org/dc/dcmitype/Text, Universidade de Vigo]. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=287039>
- Glosario-terminos-grd-cenepred.pdf*. (s. f.). Recuperado 4 de agosto de 2024, de <https://dimse.cenepred.gob.pe/simse/cenepred/docs/glosario-terminos-grd-cenepred.pdf>
- Godoy, F. (2022a, septiembre 15). *¿Descubre las mejores técnicas de investigación para tu proyecto!* Tesis y Másters Colombia. <https://tesisymasters.com.co/tecnicas-de-investigacion/>
- Godoy, F. (2022b, septiembre 15). *¿Descubre las mejores técnicas de investigación para tu proyecto!* Tesis y Másters Colombia. <https://tesisymasters.com.co/tecnicas-de-investigacion/>
- Guevara Sanchez, N. S. (2023). *ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD ANTE AMENAZAS DE INUNDACIONES EN EL CANTÓN CALUMA, PROVINCIA BOLÍVAR*.
- iAgua, redaccion. (2020, septiembre 22). *¿Qué es una inundación?* [Text]. iAgua; iAgua. <https://www.iagua.es/respuestas/que-es-inundacion>
- Inundaciones afectan a barrios de parte baja de Tena—Ecuador | ReliefWeb*. (2011, septiembre 25). <https://reliefweb.int/report/ecuador/inundaciones-afectan-barrios-de-parte-baja-de-tena>
- Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030*. (s. f.).
- MARN - Sección Educativa—Riesgo*. (s. f.). Recuperado 4 de agosto de 2024, de <https://www.snet.gob.sv/ver/seccion+educativa/riesgo/>
- Maza Collaguazo, J. V., Ochoa Tapia, M. X., Castillo García, H. L., & Paladines, J. S. (2023). Propuesta de medidas preventivas ante inundaciones. Caso Barrio Reina

del Cisne de Cariamanga, Provincia de Loja. *CEDAMAZ*, 13(1), Article 1.

<https://doi.org/10.54753/cedamaz.v13i1.1842>

Melisa Mena, Konstantin Scheffczyk, Manuel Urrutia, Brenda Huerta, & Yvonne Walz.

(2021). *Evaluación del riesgo de inundación en Ecuador*.

Metodología_de_la_investigación._Rutas_cuantitativa__cualitativa_y_mixta-libre.pdf.

(s. f.). Recuperado 8 de julio de 2024, de

[https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/64591365/Metodolog%C3%ADa_de_la_investigaci%C3%B3n._Rutas_cuantitativa__cualitativa_y_mixta-](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/64591365/Metodolog%C3%ADa_de_la_investigaci%C3%B3n._Rutas_cuantitativa__cualitativa_y_mixta-libre.pdf?1601784484=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DMETODOLOGIA_DE_LA_INVESTIGACION_LAS_RUTA.pdf&Expires=1720480466&Signature=PQ-i47sfDuzbpj-h34C3YSMfe8uTdRa5aE84eXubM49-zc8OqFFIogRnQkZfRIUZ7JbALviP9uosR2cD5vY8Nez5ED46rGZMaLITgZ7i-bI0i4Ywny7t4WVi1TK52VutNmv0M7byrN-XHYq5bBlihAizWPSB4nXJhFVdG~iqUBv~lpgrzgqAKcnG8qRmOJI4mjziZHCYq7Am1rzhny1j1z0iVBsB53BW8Z2xQr3s1-3n1GRc6LXPb9CghbpXZkqOtLJEc4sj395OQQ33ymb109ezA82cr8IgzLZUYdVftekUG809v8TT40ebrFzw~KGZQVMLbqbZz3U8~JkNF7KbeXw__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA)

libre.pdf?1601784484=&response-content-

disposition=inline%3B+filename%3DMETODOLOGIA_DE_LA_INVESTIGACION_LAS_RUTA.pdf&Expires=1720480466&Signature=PQ-i47sfDuzbpj-

h34C3YSMfe8uTdRa5aE84eXubM49-

zc8OqFFIogRnQkZfRIUZ7JbALviP9uosR2cD5vY8Nez5ED46rGZMaLITgZ7i

bI0i4Ywny7t4WVi1TK52VutNmv0M7byrN-

XHYq5bBlihAizWPSB4nXJhFVdG~iqUBv~lpgrzgqAKcnG8qRmOJI4mjziZH

CYq7Am1rzhny1j1z0iVBsB53BW8Z2xQr3s1-

3n1GRc6LXPb9CghbpXZkqOtLJEc4sj395OQQ33ymb109ezA82cr8IgzLZUYd

VftekUG809v8TT40ebrFzw~KGZQVMLbqbZz3U8~JkNF7KbeXw__&Key-

Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA

Molina, F. I. Z. (2023). *TUTOR DEL TRABAJO: JULIO GARROTE REVILLA*.

Navas Muñoz, M. J., Matovelle Bustos, C., Vélez Arcentales, A., & Córdova, F. (2022).

Evaluación de modelos hidráulicos unidimensionales y bidimensionales para la generación de mapas de inundaciones en un río de montaña. *AlfaPublicaciones*,

4(1), Article 1. <https://doi.org/10.33262/ap.v4i1.181>

Ortiz, D. J. B. (s. f.). *UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR*.

Prado, K. C. N. (s. f.). *PRESENTADO POR LA BACHILLER:*

Quispe, P. M. C. (2023). *TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO AGRÍCOLA.*

Reseña Histórica – Gobernación de Napo. (2014).
<https://www.gobernacionnapo.gob.ec/new/resena-historica/>

Rios, B. Y. C. (2019). *VULNERABILIDAD SOCIAL ANTE AMENAZA POR INUNDACIÓN EN EL ÁREA URBANA DE FLORENCIA, CAQUETÁ. ESTUDIO DE CASO, ASENTAMIENTO SUBNORMAL PORTAL DE BAJO CALDAS.*

Robles Gruezo Frank Antonio. (2021). *PROPUESTA DE UNA AGENDA DE REDUCCIÓN DE RIESGOS DE INUNDACIÓN POR TSUNAMI EN LA PARROQUIA TACHINA EN EL CANTÓN Y PROVINCIA DE ESMERALDAS.*
 Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

Rodríguez, M., & Mendivelso, F. (2018a). Diseño de investigación de corte transversal.
Revista Médica Sanitas, 21(3), Article 3.

Rodríguez, M., & Mendivelso, F. (2018b). Diseño de investigación de corte transversal.
Revista Médica Sanitas, 21(3), Article 3.

Secme-1623_1.pdf. (s. f.). Recuperado 14 de diciembre de 2024, de
http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/108147/secme-1623_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Total13, P. de N. de E. B. E. O. nombres: C. de la A. E. • P. E. de octubre de 1959SuperficiePuesto 9 ° ° •, Densidad7, 342 km² km²Población• Total104 047 hab hab •, & Napo, 84 hab/km² hab/km²GentilicionapenseTena capital de. (s. f.).
Provincia de Napo—EcuRed. Recuperado 26 de julio de 2024, de
https://www.ecured.cu/Provincia_de_Napo#Descripci.C3.B3n

Total13, P. de N. de E. B. E. O. nombres: C. de la A. E. • P. E. de octubre de 1959SuperficiePuesto 9 ° ° •, Densidad7, 342 km² km²Población• Total104 047 hab hab •, & Napo, 84 hab/km² hab/km²GentilicionapenseTena capital de. (2024, julio 27). *Provincia de Napo—EcuRed*.
https://www.ecured.cu/Provincia_de_Napo#Descripci.C3.B3n

Valdiviano, O. M. L. (2024a). *MEDIDAS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES*.

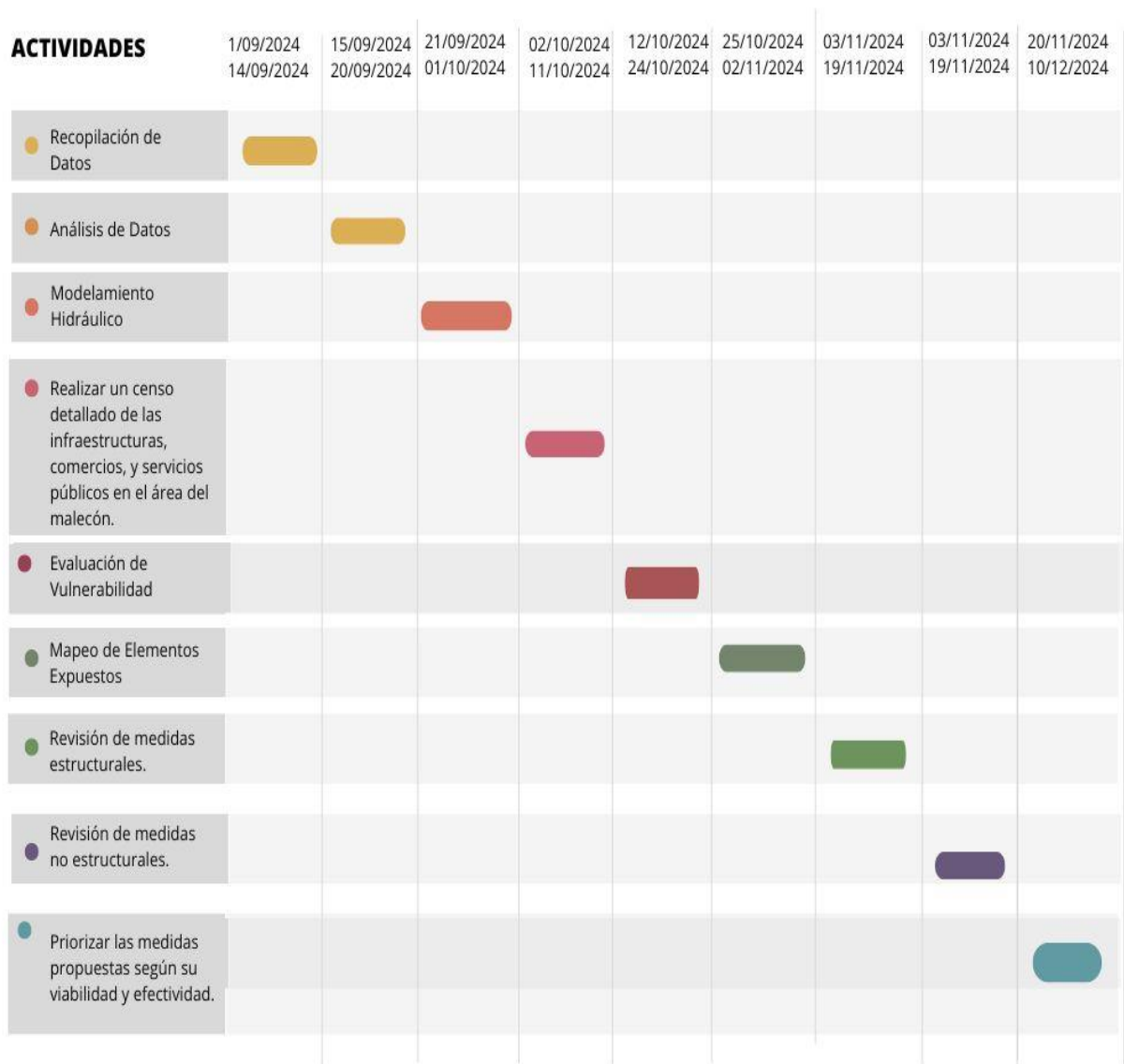
Valdiviano, O. M. L. (2024b). *MEDIDAS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES*.

Valdivielso, A. (2020a, octubre 21). *¿Qué es la divisoria de aguas?* [Text]. iAgua; iAgua.
<https://www.iagua.es/respuestas/que-es-divisoria-aguas>

Valdivielso, A. (2020b, octubre 21). *¿Qué es la divisoria de aguas?* [Text]. iAgua; iAgua.
<https://www.iagua.es/respuestas/que-es-divisoria-aguas>

Yumbo, L. D. S. (2016). *EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL AL PARQUE AMAZÓNICO “LA ISLA” DE LA CIUDAD DE TENA, POR LAS EVENTUALIDADES DE INUNDACIÓN, APLICANDO LA MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE IMPACTOS, PARA PROPONER UN PLAN DE MANEJO AMBIENTAL*.

ANEXOS

Cronograma de (GANTT)

Presupuesto Ejecutado

Presupuesto	
Actividades	Costo
Recopilación de Datos	\$200
Análisis de Datos	\$50
Modelamiento Hidráulico	\$150
Realizar un censo detallado de las infraestructuras, comercios, y servicios públicos en el área del malecón.	\$400
Evaluación de Vulnerabilidad	\$300
Mapeo de Elementos Expuestos	\$150
Revisión de medidas estructurales.	\$150
Revisión de medidas no estructurales.	\$100
Priorizar las medidas propuestas según su viabilidad y efectividad.	\$100
Total	\$1,600

Fotografías de campo (Medición de caudal y levantamiento topográfico (Dron).



