

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:

“Amenaza de inundación en la zona de influencia del Río Osoloma para la regulación del uso de suelo del área urbana del cantón Echeandía. Periodo enero-mayo 2025”

AUTORES:

ERICK JAIR CARVAJAL ANDRADE

VANESSA KATHERINE CULQUI CASTAÑEDA

GUARANDA – ECUADOR

2025

TEMA

Amenaza de inundación en la zona de influencia del Río Osoloma para la regulación del uso de suelo del área urbana del cantón Echeandía. Periodo enero-mayo 2025.

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a mis padres, a mi hermana y a mi hermano, por su apoyo incondicional y constante durante todo este proceso. Su amor y acompañamiento han sido fundamentales para alcanzar esta meta. Asimismo, agradezco profundamente a los docentes, quienes con generosidad compartieron sus conocimientos y experiencias, y enriquecieron significativamente mi formación a lo largo de este camino.

ERICK JAIR CARVAJAL ANDRADE

A mis padres, por su amor, apoyo incondicional y por ser mi mayor ejemplo de esfuerzo y dedicación. Gracias por motivarme siempre a seguir adelante.

A mi hermana, por acompañarme en este proceso con su compresión y sus palabras de ánimo.

A mis docentes y tutor, cuya guía y conocimientos fueron fundamentales para el desarrollo de esta tesis.

VANESSA KATHERINE CULQUI CASTAÑEDA

DEDICATORIA

Dedico este logro a mi querida familia, especialmente a mis padres, cuya fortaleza, amor y guía han sido la base sólida que me ha permitido avanzar y superar cada obstáculo en este camino. Sin su apoyo constante y su confianza, este sueño no habría sido posible. De igual manera, dedico este triunfo a la memoria de dos grandes personas, mi amigo Romario y mi abuelita, quienes partieron de este mundo, pero cuya presencia y ánimo fueron un faro de luz durante todo este proceso. Su recuerdo vivirá siempre en mi corazón y en cada paso que doy hacia adelante.

ERICK JAIR CARVAJAL ANDRADE

Dedico este trabajo a mis padres, por ser mi mayor sostén, por su amor incondicional y por enseñarme que los sueños se alcanzan con esfuerzo, valentía y perseverancia. Gracias por creer en mí incluso en los momentos en que dudé.

A mi hermana, por su cariño, su compañía y por ser luz en los días difíciles.

A ellos, con todo mi corazón, dedico este logro.

VANESSA KATHERINE CULQUI CASTAÑEDA

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR

UEB UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD Y DEL SER HUMANO

CERTIFICADO DE SEGUIMIENTO AL PROCESO INVESTIGATIVO, EMITIDO POR EL TUTOR

Guaranda, 24 de septiembre de 2025.

Dr. Abelardo Paucar en calidad de **TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACION,** 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: **"Amenaza de inundación en la zona de influencia del río Osoloma para la regulación del uso de suelo del área urbana del cantón Echeandía. Periodo enero-mayo 2025."**; realizado por el señor; **Carvajal Andrade Erick Jair** y la señorita; **Culqui Castañeda Vanessa Katherine** ha sido debidamente revisado e incorporado las observaciones realizadas durante las asesorías; en tal virtud, autorizo su presentación para la aprobación respectiva de acuerdo al reglamento de la Universidad.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a verdad.

JOSE ABELARDO PAUCAR CAMACHO

.....

Dr. José Abelardo Paucar Camacho

Profesor Tutor

Universidad Estatal de Bolívar

DERECHOS DE AUTOR

Nosotros **Erick Jair Carvajal Andrade** y **Vanessa Katherine Culqui Castañeda** portadores de la Cédula de Identidad No **0202509964** y **1718479650** en calidad de autores y titulares de los derechos morales y patrimoniales del Trabajo de Titulación:

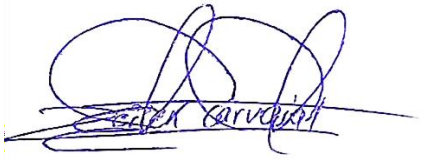
"Amenaza de inundación en la zona de influencia del Río Osoloma para la regulación del uso de suelo del área urbana del cantón Echeandía, periodo enero-mayo 2025"

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, 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.

Los autores declaran 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.

Erick Jair Carvajal Andrade



Erick Carvajal

Vanessa Katherine Culqui



Vanessa Culqui

ÍNDICE DE CONTENIDOS

AGRADECIMIENTO ..... **III**

DEDICATORIA ..... **IV**

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR Y PAR ACADÉMICO ..... **V**

ÍNDICE DE CONTENIDOS ..... **VI**

ÍNDICE DE GRÁFICOS ..... **X**

ÍNDICE DE MAPAS ..... **X**

ÍNDICE DE TABLAS ..... **XI**

INTRODUCCIÓN ..... **XIII**

RESUMEN ..... **XVI**

CAPÍTULO I **18**

1 PROBLEMA **18**

1.1 Planteamiento del Problema 18

1.2 Formulación del Problema 20

1.3 Preguntas de Investigación 20

1.4 Justificación 20

1.5 Objetivos 22

1.5.1 Objetivo general 22

1.5.2 Objetivos específicos 22

1.6 Hipótesis 22

1.7 Sistema de Variables 22

CAPÍTULO II 25

2 MARCO TEÓRICO 25

2.1 Referencial o Geo referencial 25

2.2 Aspectos Demográficos 26

2.3 Antecedentes 29

2.4 Científico 31

2.4.1 Inundaciones 31

2.4.2 Regulaciones para el uso del suelo 34

2.5 Marco Legal 38

2.5.1 Normativa internacional 38

2.5.2 Normativa Nacional 38

2.5.3 Ley Orgánica De Ordenamiento Territorial, Uso y Gestión de Suelo 39

2.5.4 Código Orgánico de Planificación y Finanzas Públicas (COPLAFID) 40

2.5.5 Ley Orgánica para la Gestión Integral del Riesgo de Desastres 40

2.5.6 Normativa Local 41

2.6 Conceptual (glosario de términos) 41

CAPITULO III. 46

4 METODOLOGÍA 46

4.1 Tipo de Investigación 46

4.2 Enfoque de la investigación 46

4.3 Métodos de Investigación 46

4.4 Técnicas e Instrumentos de Recopilación de Datos 47

4.5 Técnicas de análisis y procesamiento de la Información 55

4.5.1 Técnicas objetivo 1 55

4.5.2 Instrumentos objetivo 1 56

4.5.3 Procesamiento objetivo 1 56

4.5.4 Técnicas objetivo 2 56

4.5.5 Instrumentos objetivo 2 57

4.5.6 Procesamiento objetivo 2 57

4.5.7 Técnicas objetivo 3 57

4.5.8 Instrumentos objetivo 3 57

4.5.9 Procesamiento objetivo 3 58

5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN 59

5.1 Resultados Objetivo 1: Identificar las zonas susceptibles a inundación en la zona de influencia en del río Osoloma en el área urbana del cantón Echeandía 59

5.1.1 Caracterización de la microcuenca del Rio Chazo Juan 59

5.1.2 Sistema de orden de drenaje de la cuenca 60

5.1.3 Calcular el caudal máximo 67

5.1.4 Modelamiento Hidráulico 81

5.1.5 Zonificación de la amenaza de inundación 85

5.1.6 Mapa de Amenaza de Inundación para un Tr 50 años 85

5.1.7 Áreas en Ha. según el nivel de amenaza 86

5.1.8 Mapa de Amenaza de Inundación para un Tr 100 años 87

5.1.9 Áreas en Ha. según el nivel de amenaza 88

5.2 Resultados Objetivo 2: Delimitar las edificaciones y predios expuestas a la zona de inundación 89

5.2.1 Delimitación las edificaciones y predios expuestas a la zona de inundación 89

5.2.2 Exposición de predios o lotes a la amenaza de inundación para un tr de 100 años 90

5.3 Resultados Objetivo 3: Diseñar una propuesta para la regulación del uso del suelo para la zona urbana expuesta a la amenaza de inundación 91

5.3.1 Diseñar una propuesta para la regulación del uso del suelo para la zona expuesta a la amenaza de inundación. 91

CAPITULO V. 103

6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 103

6.1 Conclusiones 103

6.2 Recomendaciones 105

Bibliografía 106

Índice de Gráficos

Gráfico 1. Curva hipsométrica 66

Gráfico 2. Diagrama de Outlier 69

Gráfico 3. Representación de las precipitaciones máximas en un Tr de 50 años 71

Gráfico 4. Curva de intensidad, duración y frecuencia IDF 72

Gráfico 5. Hietograma de precipitación para un Tr 50 añios 76

Gráfico 6. Hietograma de precipitación para un Tr 100 año**s.....** 79

Índice de Mapas

Mapa 1. Delimitación de la cuenca hidrográfica 59

Mapa 2. Área de drenaje del rio Chazo Juan 62

Mapa 3. Calado para un Tr de 50 años. 81

Mapa 4. Velocidad para un Tr de 50 años. 82

Mapa 5. Calado para un Tr de 100 años. 83

Mapa 6. Velocidad para un Tr de 100 años. 84

Mapa 7. Nivel de amenaza de inundaciones a un Tr de 50 años 86

Mapa 8. Nivel de amenaza de inundaciones a un Tr de 100 años 87

Mapa 9. Edificaciones y predios expuestas a la zona de inundación..... 89

Mapa 10. Nivel de amenaza de inundación para un Tr 100 años 94

Mapa 11. Mapa de edificaciones expuestas en los Barrios Malecón Alto y Bajo 95

Mapa 12. Intervención y protección territorial ante la amenaza de inundación en el cantón Echeandía. 96

Índice de tablas

Tabla 1. Operacionalización de la variable dependiente: amenaza de inundación..... 23

Tabla 2. Operacionalización de la variable dependiente: Regulación uso de suelo..... 24

Tabla 3. Población por sexo 26

Tabla 4. Población por área urbana y rural..... 26

Tabla 5. Distribución de etnias..... 27

Tabla 6. Niveles de amenaza de inundaciones 52

Tabla 7. Orden de drenaje 61

Tabla 8. Morfometría de la cuenca..... 63

Tabla 9. Hipsometría de la cuenca hidrográfica 65

Tabla 10. Datos obtenidos y organizados de precipitaciones en el Cantón Echeandía periodo 2001-2024 67

Tabla 11. Parámetros estadísticos comprendidos entre los años 2001-2024..... 68

Tabla 12. Precipitaciones diarias máximas posibles para distintas frecuencias 70

Tabla 13. Caudales máximos para diferentes periodos de retorno para una distribución Gumbel..... 73

Tabla 14. Calculo del tiempo de retorno de 50 años 74

Tabla 15. Calculo del tiempo de retorno de 100 años 77

Tabla 16. Incremento - Comparativo entre el caudal Tr 50 y Tr 100..... 79

Tabla 17. Niveles de amenaza de inundación..... 85

Tabla 18. Nivel de amenaza expuesta en Ha a un Tr de 50 años 87

Tabla 19. Nivel de amenaza expuesta en Ha a un Tr de 100 años 88

Tabla 20. Exposición de predios o lotes a la amenaza de inundación para un tr de 100 años ……90

Tabla 21. Matriz de propuesta estructural 91

Tabla 22. Matriz de propuesta no estructural 92

Tabla 23. Uso del suelo urbano “cantón Echeandia" 98

Tabla 24. Conservación ecológica y riesgo 100

Tabla 25. Propuestas de medidas estructurales y no estructurales..... 102

INTRODUCCIÓN

Ecuador se enfrenta a una creciente vulnerabilidad ante los eventos hidrometeorológicos extremos, particularmente las inundaciones. La ubicación geográfica del país, su topografía y la influencia de fenómenos climáticos como El Niño, lo convierten en un territorio altamente susceptible a estos desastres naturales. (Marcello, 2005)

Las inundaciones, que afectan tanto a zonas urbanas como rurales, representan una amenaza constante para la seguridad de las comunidades, la infraestructura y la economía del país. Según datos de la Secretaría de Gestión de Riesgos, en los últimos años, las inundaciones han causado pérdidas económicas estimadas en millones de dólares, afectando a personas y desplazando a miles de familias. Esta situación se ve agravada por factores como el cambio climático, la deforestación, la expansión urbana desordenada y la falta de planificación territorial adecuada. (Inundaciones y deslaves afectarían directamente a 40.000 familias, según Gestión de Riesgos: estos son los elementos para la mochila de emergencia de 24 horas, 2023)

La gestión del riesgo de inundaciones se ha convertido en una prioridad para el gobierno ecuatoriano, que ha implementado diversas políticas y programas para fortalecer la prevención, mitigación y respuesta ante estos eventos (Planificación, 2024). Sin embargo, persisten desafíos importantes en la aplicación de estas medidas, especialmente en lo que respecta a la regulación del uso del suelo en áreas de riesgo y la participación activa de las comunidades en la gestión de riesgos de desastres.

En este contexto nacional, el cantón Echeandía, ubicado en la provincia de Bolívar, emerge como un ejemplo concreto de la problemática de las inundaciones y la necesidad de implementar soluciones integrales. La recurrencia de desbordamientos del río Osoloma, en particular, ha

generado graves impactos en la población local, afectando viviendas, infraestructura y actividades económicas.

Eventos como los ocurridos en abril de 2017, febrero de 2020, mayo de 2023 y febrero de 2024, evidencian la vulnerabilidad de la zona urbana de Echeandía ante las crecidas del río Osoloma. En el último evento, el colapso de cuatro viviendas en el barrio Malecón Alto, debido a la fuerza del agua y la erosión, se hizo notorio la urgencia de abordar este problema de manera efectiva. A pesar de los estudios previos sobre la vulnerabilidad de la región, la falta de medidas concretas para la regulación del uso del suelo y la mitigación de riesgos persiste.

La ausencia de un marco regulatorio eficiente y de infraestructura adecuada ha permitido el desarrollo de edificaciones en zonas altamente susceptibles a inundaciones, agrava las consecuencias de estos eventos y se presentan en forma recurrente el ciclo de afectaciones para la población local. Ante esta situación, la presente investigación se plantea como un aporte significativo para la gestión del riesgo de inundaciones en el cantón Echeandía.

Se propone analizar la amenaza de inundación en la zona de influencia del río Osoloma, con el objetivo de diseñar una propuesta de regulación del uso del suelo que contribuya a reducir el riesgo, promover un desarrollo urbano sostenible y mejorar la calidad de vida de las comunidades afectadas. Este estudio se alinea con la línea de investigación de gestión de riesgos y desarrollo territorial, se espera que sus resultados sirvan como base para la implementación de políticas y normativas que garanticen la seguridad de los habitantes de Echeandía y el uso eficiente del territorio.

El trabajo de titulación se estructuró en cinco capítulos: el Capítulo I, se expone el problema central, la justificación, los objetivos, la hipótesis y la operacionalización de las variables, estableciendo la base conceptual de la investigación; El Capítulo II comprende el marco teórico,

en el que se recopilan los antecedentes académicos, fundamentos científicos, normativos y conceptuales relacionados con la amenaza de inundación y la regulación del uso del suelo, proporcionando el sustento técnico y legal del estudio; el Capítulo III detalla la metodología, el tipo y enfoque de investigación, los métodos, técnicas e instrumentos aplicados, así como el procedimiento de análisis de la información geoespacial e hidrológica; el Capítulo IV, se presentan los resultados y la discusión, que incluyen la identificación y zonificación de áreas susceptibles a inundaciones, la delimitación de edificaciones expuestas y la propuesta técnica para la regulación del uso del suelo en las zonas de riesgo; finalmente, el Capítulo V, expone las conclusiones y recomendaciones.

RESUMEN

En la presente investigación se analizó la amenaza de inundación en el área de influencia del río Osoloma, debido a la reincidencia constante de eventos adversos como en el caso del desbordamiento del caudal, los cuales han generado impactos negativos en el territorio urbano, afectando viviendas, infraestructura vial y servicios básicos.

Con el objetivo principal se evaluó la amenaza de inundación con el fin de proponer lineamientos de regulación del uso y gestión del suelo, en concordancia con la planificación territorial del cantón. En cambio, los objetivos específicos buscan identificar, delimitar y proponer acciones útiles para alcanzar el propósito establecido. La metodología empleada fue de tipo no experimental, por lo tanto, los métodos empleados son inductivo y descriptivo el cual se centran en la observación, análisis y características generales de la amenaza y la zona de influencia.

Los resultados permitieron delimitar las zonas de alta, media y baja amenaza de inundación evidenciando que los sectores aledaños al cauce principal presentan una alta susceptibilidad por la combinación de pendientes suaves, suelos saturados y una ocupación desordenada del territorio. A partir de este diagnóstico, se plantearon propuestas estructurales y no estructurales orientadas a mitigar el riesgo, mediante la delimitación de los Polígonos de Intervención Territorial - PIT de Protección Ecológica y Riesgos y de Mejoramiento Integral, que contribuyan una gestión sostenible del suelo urbano y a la reducción de la vulnerabilidad frente a eventos hidrometereológicos extremos.

En conclusión, la investigación aporta una herramienta técnica de apoyo a la toma de decisiones municipales, promoviendo la gestión integral del riesgo de inundaciones y la planificación urbana resiliente en el cantón Echeandía.

ABSTRACT

This research analyzed the flood threat in the Osoloma River's area of influence, due to the constant recurrence of adverse events such as river overflows, which have generated negative impacts on the urban area, affecting homes, road infrastructure, and basic services.

The main objective was to evaluate the flood threat in order to propose guidelines for regulating land use and management, in accordance with the canton's territorial planning. The specific objectives, on the other hand, sought to identify, delimit, and propose useful actions to achieve the established purpose. The methodology employed was non-experimental; therefore, the methods used were inductive and descriptive, focusing on the observation, analysis, and general characteristics of the threat and the area of influence.

The results allowed for the delimitation of high, medium, and low flood threat zones, demonstrating that the areas adjacent to the main channel exhibit high susceptibility due to the combination of gentle slopes, saturated soils, and unplanned land use. Based on this diagnosis, structural and non-structural proposals were developed to mitigate risk through the delimitation of Territorial Intervention Zones (PITs) for Ecological Protection and Risks and for Comprehensive Improvement. These zones contribute to the sustainable management of urban land and reduce vulnerability to extreme hydrometeorological events.

In conclusion, this research provides a technical tool to support municipal decision-making, promoting integrated flood risk management and resilient urban planning in the Echeandía canton.

CAPÍTULO I

1 PROBLEMA

1.1 Planteamiento del Problema

El desbordamiento recurrente del río Osoloma en el cantón Echeandía ha generado impactos devastadores en la población y la infraestructura, con eventos de inundación cuya intensidad varía, pero que mantienen un patrón de recurrencia que agrava la vulnerabilidad del territorio. Ejemplos de estos eventos incluyen el 18 de abril de 2017, cuando la crecida del río Camarón, al desembocar en el río Osoloma, afectó a más de 80 viviendas y destruyó cuatro en el recinto Camarón, desplazando a varias familias (El universo, 2017). De manera similar, el 24 de febrero de 2020, un aumento alarmante del caudal amenazó a viviendas del barrio Malecón Alto y Bajo. Más recientemente, el 29 de mayo de 2023 y el 20 de febrero de 2024, eventos hidrológicos extremos afectaron severamente a las comunidades cercanas al río, provocando el colapso estructural de viviendas y dejando a varias familias en situación de alta vulnerabilidad (El Telegrafo, 2024).

A pesar de la recurrencia de estas inundaciones y sus graves consecuencias, persiste una falta de acciones concretas por parte del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Echeandía (GADMCE) para mitigar los riesgos asociados. La ausencia de un marco regulador para el uso del suelo en áreas de riesgo ha permitido el desarrollo de infraestructuras en zonas altamente susceptibles a inundaciones, lo que ha incrementado los daños a viviendas, infraestructura vial y servicios básicos. Esta situación no solo perpetúa el ciclo de afectaciones, sino que también genera pérdidas económicas significativas que obstaculizan el desarrollo sostenible del cantón.

Aunque se han realizado estudios previos sobre la vulnerabilidad de la región, estos no han derivado en propuestas concretas de regulación territorial ni en planes integrales de mitigación de riesgos. Además, las características topográficas del área, combinadas con la insuficiencia de obras de mitigación, como muros de contención, dragados o sistemas de drenaje eficientes, han exacerbado la exposición al riesgo.

La gravedad de los impactos, como la pérdida total de viviendas, el desplazamiento forzoso de familias y la destrucción de infraestructura esencial, subraya la necesidad urgente de medidas estructurales y no estructurales. Estas deben incluir un análisis detallado del riesgo, la construcción de obras de control de inundaciones, la reubicación de viviendas en zonas seguras y la implementación de una planificación territorial estricta que regule el uso del suelo en áreas de alto riesgo.

Por lo tanto, esta problemática requiere atención inmediata para garantizar la seguridad y bienestar de la población, así como, para fomentar un desarrollo territorial ordenado y resiliente frente a futuras amenazas de inundación.

En los Barrios Malecón Alto y Malecón Bajo del área urbana del cantón Echeandía han sido las zonas más afectadas durante las temporadas de lluvia, debido a que están ubicadas en las riberas del río, lo que provoca inundaciones por el aumento del caudal. Estas inundaciones ocasionan daños materiales y pérdidas económicas significativas. Además, uno de los principales problemas es el crecimiento desordenado de las edificaciones en la zona, lo que agrava la situación y genera más riesgos. Por eso, es fundamental controlar esta expansión y establecer una ordenanza que regule el uso del suelo para proteger a la comunidad y minimizar futuros daños y pérdidas.

1.2 Formulación del Problema

¿Cómo influye la amenaza de inundación del río Osoloma para la regulación del uso de suelo en la zona urbana del cantón Echeandía?

1.3 Preguntas de Investigación

- ¿Cuáles son las causas principales zonas de amenaza de inundación en el área de influencia del río Osoloma en la zona urbana del cantón Echeandía?
- ¿Qué áreas urbanas del cantón Echeandía son más vulnerables a inundaciones?
- ¿Qué delimita las edificaciones y predios expuestos a la amenaza de inundación?
- ¿Qué medidas de regulación del uso del suelo podrían implementarse para minimizar el riesgo de inundaciones en el futuro?

1.4 Justificación

El presente proyecto de investigación es de gran relevancia, ya que las inundaciones en el sector urbano del cantón Echeandía representan un problema significativo, hasta la fecha, solo ha sido controlado temporalmente, sin una solución integral que beneficie a las familias afectadas. A través de este estudio, se busca delimitar y caracterizar las áreas vulnerables, identificando las zonas más afectadas para facilitar la implementación de estrategias de mitigación. Además, se plantearán políticas de uso del suelo y normativas pertinentes con el fin de promover el uso seguro y eficiente del territorio, garantizando la reducción del riesgo para las comunidades y un desarrollo urbano sostenible.

El análisis de amenazas de inundación en el cantón Echeandía es altamente factible gracias a factores geográficos, tecnológicos y sociales. La región presenta áreas propensas a inundaciones debido a su topografía y proximidad a ríos, lo que justifica el uso de herramientas como los

Sistemas de Información Geográfica (SIG) para identificar las zonas más vulnerables. Este estudio permitirá recomendar medidas preventivas, como mejoras en la infraestructura de drenaje y planificación urbana, con el fin de minimizar el impacto de futuras inundaciones.

La investigación de las inundaciones causadas por el río Osoloma tendrá un impacto directo en los habitantes del cantón, especialmente en los barrios Malecón Alto y Malecón Bajo, de la zona urbana de Echeandía donde hay alrededor de 114 construcciones. Al identificar las zonas más propensas a inundaciones, se podrán tomar medidas preventivas y de mitigación oportunas y efectivas. Esto permitirá a las autoridades locales contar con información valiosa para regulación del uso del suelo urbana, así como, fortalecer la infraestructura y proteger las áreas afectadas.

Además, se realizará una evaluación de amenaza de inundación a escala detalle en la zona urbana de influencia del río Osoloma, lo que permita fundamentar la elaboración de una propuesta para la regulación del uso del suelo en la zona urbana, que contribuya un crecimiento urbano seguro y ordenado.

1.5 Objetivos

1.6 Hipótesis

La delimitación de zonas de amenaza de inundación en el área de influencia del río Osoloma permite el diseño de la propuesta de regulación del uso de suelo del área urbana del cantón Echeandía.

1.6.1 Objetivo general

Determinar la amenaza de inundación en la zona de influencia del rio Osoloma para la regulación del uso de suelo del área urbana del cantón Echeandía.

1.6.2 Objetivos específicos

- Identificar las zonas susceptibles a inundación en la zona de influencia del río Osoloma en el área urbana del cantón Echeandía.
- Delimitar las edificaciones y predios expuestas a la zona de inundación.
- Diseñar una propuesta para la regulación del uso del suelo para la zona urbana expuesta a la amenaza de inundación.

1.7 Sistema de Variables

Variable Independiente

Amenaza de inundación.

Variable Dependiente

Regulación de uso de suelo.

Tabla 1. ***Operacionalización de la variable independiente: amenaza de inund00ación***

Operacionalización de la variable independiente: amenaza de inundación

Variable Independiente	Definición	Dimensión	Indicador	Escala	Instrumento
Amenaza de inundación	Ocurre por consecuencia de fuertes precipitaciones, que provocan un aumento al nivel de las aguas dentro de un cauce, sobrepasando la altura de los márgenes naturales o artificiales (Inundaciones y sequias en el Ecuador, 1994).	Componente hidrológico.	Caudales máximos para tiempo de retorno 50 y 100 años.	m^3/s	HEC-HMS
			Calados o altura de la lámina de agua.	m	IBER.
					Monitoreo de caudales y lluvias.
		Componente hidráulico.	Velocidades del flujo de agua	m/s	
			Alta	0,301 a 1,000 m.	SIG (ArcGIS 10.8).
		Componente de zonificación de niveles de amenaza.	Media	0,039 a 0,300 m	
			Baja	0,001 a 0,038 m	
			Sin exposición	0,000 m	

Adaptado de: *Paucar, (2015).*

Tabla 2. Operacionalización de la variable dependiente: Regulación uso de suelo

Operacionalización de la variable dependiente: Regulación uso de suelo

Variable Dependiente	Definición	Dimensión	Indicador	Escala	Instrumento
Regulación uso de suelo	Normas y políticas que establecen los usos permitidos y restricciones en áreas específicas (Serkin, 2009)	Elementos expuestos Tratamiento urbano |	Numero de predios y edificaciones ubicados en zona de amenaza de inundación. Polígono y tratamientos de intervención Infraestructuras básicas. Tipo y área de tratamiento urbano. Tipos de área y uso del suelo.	Cantidad de predios y edificaciones por nivel de amenaza (alta, media, baja). Conservación Consolidación Desarrollo Mejoramiento integral Renovación Sostenimiento Longitud total Km de infraestructura expuesta. Ha. Mejoramiento integral. Ha. De Conservación ecológica y riesgo. Superficie en Ha de zona residencial, comercial y de protección.	Ficha de campo. Información catastral. Hoja de ruta. Catastros urbanos del GADMCE. SIG (ArcGIS 10.8).

Adaptado de: *LOOTUGS, (2015).*

CAPÍTULO II

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Referencial o Geo referencial

El cantón Echeandía ocupa un territorio en la parte subtrópica de la Provincia Bolívar que a su vez está situada en el centro - oeste del Ecuador. Echeandía es uno de los siete cantones de Bolívar junto con Caluma, Chillanes, Chimbo, Guaranda, Las Naves y San Miguel. (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Echeandia, 2022)

Limites

El Cantón Echeandía, según publicación del Registro Oficial No 669 del 25 de enero de 1984, se creó con los siguientes linderos:

- **AL NORTE:** Río Runayacu que luego forma el Oncebí, que separa el territorio de las Naves, partiendo de la quebrada Estero que delimita la región del Congreso hasta las propiedades convenidas entre la Curia de Guaranda con los propietarios de Zapotal.
- **AL SUR**: Límite con la Parroquia San Antonio y Guanujo, y la Parroquia de Ricaurte del Cantón Urdaneta, en la Provincia de los Ríos.
- **AL ESTE:** Límites con la Parroquia de Guanujo, en parte, que forma el Río Verde y el Limón, y en la otra, la Parroquia Salinas, separadas por las quebradas o esteros El Corazón y Camarón.
- **AL OESTE**: Límite con el Cantón Ventanas, en la Provincia de los Ríos, en parte; y en otra Parroquia Ricaurte del Cantón Urdaneta (Sector de Parpacocha y El Cerro San Antonio), (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Echeandia, 2022).

2.2 Aspectos Demográficos

Población del Cantón Echeandía

En la T**abla 3** se ve la distribución por sexo en el cantón Echeandía, muestra un equilibrio entre hombres y mujeres, con una ligera predominancia de mujeres 51% sobre hombres 49%.

Distribución de la población por sexo en el cantón Echeandía.

Tabla 3. Población por sexo

Población por sexo.

Sexo	Cantidad	%
Mujeres	7457	51%
Hombres	7197	49%
Total	14654	100%

Elaborado por: (Culqui & Carvajal, 2025)
Fuente: (Instituto Nacional de Estadistica y Censo, 2022)

Población establecida en el área urbana y rural.

Como se observa en la **Tabla 4,** la distribución de la población entre zonas urbanas y rurales refleja que la mayoría de los habitantes del cantón Echeandía residen en áreas rurales (51%), mientras que el 49% vive en zonas urbanas.

Distribución de la población por área urbana y rural en el cantón Echeandía.

Tabla 4. Población por área urbana y rural

Población por área urbana y rural

Zona	Cantidad	%
Área urbana	7138	49%
Área rural	7516	51%
Total	14654	100%

Elaborado por: (Culqui & Carvajal, 2025)
Fuente: (Instituto Nacional de Estadística y Censo, 2022)

Etnias con las cuales se identifican la población del cantón Echeandía

En la **tabla 5** la distribución étnica del cantón Echeandía evidencia una amplia mayoría de población mestiza (85%), seguida por la población indígena (11%), con otros grupos como montubios, blancos y afroecuatorianos representando proporciones mucho menores.

Distribución de etnias en el cantón Echeandía

Tabla 5. Distribución de etnias

Distribución de etnias

Etnias	Cantidad	%
Mestiza/o	12441	85%
Indígena	1627	11%
Montubia/o	293	2%
Blanca/o	190	1%
Afroecuatoriana/o	103	1%
Total	16694	100%

Elaborado por: (Culqui & Carvajal, 2025)
Fuente: (Instituto Nacional de Estadística y Censo, 2022)

División política del cantón Echeandía

1. Campo Alegre
2. Leonera alta
3. La Leonera
4. Filo de Pángala
5. El Descanso
6. La Florida
7. San Eduardo
8. San José Bajo
9. San José Alto
10. El Orongo
11. Oronguillo
12. Monterrey
13. Plaza Roja
14. Nueva Integración
15. Piedra Grande
16. Barraganete
17. El Tesoro
18. La Vaquera
19. Tierra Blanca
20. El congreso
21. San Eduardo Alto
22. San Pablo
23. Arroz Uco
24. Naranjal

25. Carimara

26. Chinibi

27. Charquiyacu

28. Rio Verde

29. San José de Rio Verde

30. Santa Lucia

31. Galápagos

32. Guachana

33. San José de Camarón

34. Sabanetillas

35. San Francisco

36. San Carlos

37. San Gerardo

38. OSoloma

39. La Obdulla

40. Guamacyacu

41. Shiraguan

2.3 Antecedentes

El documento “Las inundaciones en España. La nueva Directiva Europea de inundaciones”, se centra en la problemática de las inundaciones y cómo la gestión integrada de estas puede contribuir a reducir sus impactos. Propone un enfoque holístico que combina medidas estructurales y no estructurales para mitigar los riesgos de inundación. Se destaca la implementación de medidas no estructurales como la implementación de políticas urbanísticas y territoriales que restrinjan o a su vez regulen los asentamientos en la rivera del rio (Casafont, 2011). Este enfoque puede ser aplicado a la planificación del uso del suelo en Echeandía, considerando restricciones para evitar construcciones en zonas de alto riesgo.

El documento “Inundaciones y uso de suelo en la ciudad de Querétaro”, proporciona una base conceptual y metodológica útil para abordar la relación entre inundaciones, regulación del uso de suelo y la planificación urbana.

El estudio resalta cómo la transformación de áreas agrícolas y naturales en suelo urbano aumenta la susceptibilidad a inundaciones. Este enfoque puede aplicarse al análisis de la zona de influencia del río Osoloma, observando cómo las modificaciones en el uso de suelo afectan la dinámica hídrica local. También, destaca la necesidad de integrar estrategias de mitigación en los planes de desarrollo urbano. En el contexto del río Osoloma del cantón Echeandía, esto implica considerar su dinámica hídrica en la zonificación y regulación del uso de suelo para minimizar riesgos (María Fernanda Rivera Godínez, 2021).

El documento “Riesgo de inundaciones y ordenación del territorio en la escala local, el papel del planeamiento urbano municipal”, analizado ofrece una perspectiva integral sobre cómo abordar la amenaza de inundaciones desde la regulación del uso del suelo y la planificación urbana, elementos fundamentales para la zona de influencia del río Osoloma en el cantón Echeandía (Cantos, 2004).

La ordenación del territorio es presentada como una herramienta eficaz, económica y sostenible para la reducción de riesgos naturales, particularmente en áreas urbanas. En el caso del cantón Echeandía, este enfoque puede aplicarse para regular los usos del suelo en función de las características del río Osoloma, estableciendo restricciones en las zonas vulnerables a inundaciones y promoviendo un desarrollo urbano más resiliente.

El planeamiento urbano debe incorporar estudios detallados del medio físico, como cartografías de áreas inundables, para orientar el uso del suelo de manera adecuada. Esto incluye identificar zonas de riesgo y clasificarlas, siguiendo ejemplos europeos, en áreas donde se prohíba construir (amenaza alta) o donde se permita con condiciones específicas (amenaza baja). Este modelo sería aplicable para mitigar los riesgos en las cercanías del río Osoloma.

El documento resalta la importancia de reubicar comunidades asentadas en zonas de alto riesgo y de restringir actividades vulnerables en dichas áreas. Además, plantea la necesidad de coordinar esfuerzos entre instituciones locales y regionales para implementar soluciones sostenibles, como obras hidráulicas estratégicas y programas educativos sobre riesgos de inundación.

El documento “Riesgo de inundaciones y ordenación del territorio en la escala local, el papel del planeamiento urbano municipal” resalta la importancia de una transición desde las soluciones exclusivamente ingenieriles hacia una gestión integral del territorio para mitigar los riesgos de inundación. Este enfoque, basado en sostenibilidad ambiental, busca ser más efectivo y menos costoso a largo plazo, particularmente en áreas urbanas. La ordenación del territorio es presentada como un mecanismo crucial para reducir la exposición a riesgos naturales. Esto incluye la integración de medidas de prevención de riesgos en los planes urbanos y territoriales.

El documento “Crear riesgo, ocultar riesgo: gestión de inundaciones y política urbana en dos ciudades argentinas” trata sobre la gestión de inundaciones y políticas urbanas en las

ciudades de Buenos Aires y Santa Fe, enfocándose en cómo las intervenciones urbanas históricas han creado y ocultado riesgos de inundación. Aunque el contexto es específico a estas ciudades argentinas, contiene puntos relevantes que pueden ser aplicados al caso del cantón Echeandía y la amenaza de inundación en la zona de influencia del río Osoloma, en relación con la regulación del uso de suelo. El documento enfatiza que los riesgos de desastres, como las inundaciones, son una construcción social, resultado de decisiones históricas en el uso del territorio. Esto implica que el riesgo en Echeandía no solo depende de la naturaleza del río Osoloma, sino también de cómo se han ocupado y regulado las zonas potencialmente inundables.

Las experiencias en Santa Fe y Buenos Aires muestran que la ausencia de planificación adecuada llevó a la ocupación de áreas inundables, generando mayores riesgos. Para Echeandía, es fundamental delimitar zonas según su nivel de peligrosidad. (Gonzáles, 2009)

El documento resalta la importancia de incorporar el análisis de riesgos dentro de la planificación urbana. En el caso de Echeandía, esto significa desarrollar un plan urbano que considere la peligrosidad y la vulnerabilidad como elementos centrales, establecer normas básicas para la construcción en zonas urbanas y fomentar la participación de la comunidad para asegurar que las decisiones sean sostenibles a largo plazo.

2.4 Científico

2.4.1 Inundaciones

Las inundaciones son fenómenos naturales ocasionados por eventos hidrometeorológicos que generan un aumento en los niveles de agua en ríos, causando la invasión de zonas que normalmente permanecen secas. Estos eventos ocasionan daños significativos a las comunidades, la agricultura, la ganadería y la infraestructura (Grupo de Analisis de situaciones Meteorologicas Adversas, 2009).

2.4.1.1. Tipos de inundaciones

Inundaciones pluviales

Estas ocurren como resultado de precipitaciones intensas. Cuando el suelo alcanza su capacidad máxima de absorción, el agua excedente comienza a acumularse. (Centro Nacional de Prevencion de Desastres, 2019)

Inundaciones fluviales

Se producen cuando los ríos desbordan y el agua inunda las áreas cercanas a sus cauces. (Centro Nacional de Prevencion de Desastres, 2019)

Inundaciones costeras

Son generadas por fuertes vientos asociados a ciclones, que provocan marejadas y el avance del agua hacia el interior de zonas costeras, cubriendo grandes extensiones de tierra. (Centro Nacional de Prevencion de Desastres, 2019)

Causas de las inundaciones

En zonas urbanas, las inundaciones pueden originarse por la ocupación de planicies aluviales o por actividades humanas como la urbanización y la deforestación.

En la región occidental de Ecuador, las lluvias más intensas ocurren entre febrero y mayo. Durante este período, la corriente cálida de “El Niño” supera a la corriente fría de Humboldt, desencadenando fuertes precipitaciones. Este fenómeno puede extenderse durante varios meses y causar graves inundaciones. (Centro Nacional de Prevencion de Desastres, 2019)

2.4.1.2. Prevención de inundaciones

A largo plazo

Las inundaciones suelen ser predecibles, ya que están vinculadas a anomalías climáticas en el océano Pacífico que pueden identificarse meses antes. El uso de satélites meteorológicos

y modelos de predicción modernos permite anticipar estos eventos con mayor precisión. (Centro Nacional de Prevencion de Desastres, 2019)

A corto plazo

Durante lluvias intensas, es posible prever el aumento de los niveles de agua en ríos con horas o días de antelación mediante sistemas de alerta que monitorean la cantidad de lluvia y los caudales en las cuencas altas. (Centro Nacional de Prevencion de Desastres, 2019)

2.4.1.3. Medios de prevención

Red de instrumentos de alerta: Uso de pluviómetros y limnígrafos estratégicamente ubicados para transmitir información en tiempo real sobre lluvias y caudales peligrosos. (Centro Nacional de Prevencion de Desastres, 2019)

Modelos computarizados: Simulaciones que permiten prever las variaciones en los niveles de agua en zonas propensas a inundaciones. (Centro Nacional de Prevencion de Desastres, 2019)

Delimitación de zonas inundables: El análisis previo del terreno identifica áreas que podrían ser afectadas según los niveles de crecida. (Centro Nacional de Prevencion de Desastres, 2019)

Impactos de las inundaciones

Las inundaciones paralizan actividades económicas, lo que afecta gravemente a las personas que dependen de sus ingresos diarios. La interrupción de la producción y la falta de alternativas agravan las condiciones de pobreza, desempleo, inseguridad y violencia. (Centro Nacional de Prevencion de Desastres, 2019)

En el ámbito rural, las familias campesinas pierden cultivos y productividad, lo que afecta tanto su rendimiento inmediato como su capacidad de producción futura. Esto conlleva escasez de alimentos y un aumento en los precios de los productos, impactando de manera negativa la economía local. (Centro Nacional de Prevencion de Desastres, 2019)

Amenaza de inundación: se refiere a la ocupación de terrenos por el agua debida a desbordamientos de los cauces fluviales, lo cual sucede habitualmente como consecuencia de las avenidas, pero puede suceder también como consecuencia de un inadecuado estado de los cauces. Avenidas ordinarias o de menor periodo de retorno pueden generar inundaciones de carácter extraordinario, según se disminuye la capacidad de desagüe de los cauces (Centro Nacional de Prevencion de Desastres, 2019).

El Niño Oscilación del Sur (ENOS): Es una interacción compleja del Océano Pacífico Tropical y la atmósfera global que da como resultado episodios cíclicos de cambios en los patrones oceánicos y meteorológicos en diversas partes del mundo, frecuentemente con impactos considerables durante varios meses, tales como alteraciones en el hábitat marino, precipitaciones, inundaciones, sequías y cambios en los patrones de las tormentas (Centro Nacional de Prevencion de Desastres, 2019).

Cuenca: Una cuenca hidrográfica es un área del terreno cuyo relieve está controlado por una única red de drenaje que fluye todas hacia un mismo río (Centro Nacional de Prevencion de Desastres, 2019).

Precipitación: se refiere a la fase del ciclo hidrológico que consiste en la caída de agua desde la atmósfera hacia la superficie terrestre (Centro Nacional de Prevencion de Desastres, 2019).

2.4.2 Regulaciones para el uso del suelo

2.4.2.1. Clasificación del suelo

El uso de la tierra es un aspecto fundamental para mantener sistemas productivos y garantizar la estabilidad de los asentamientos humanos y sus ingresos. Cuando los productores gestionan bienes que se ajustan a las demandas cambiantes del mercado, el acceso y uso de la tierra con fines productivos se convierte en una estrategia clave para mejorar la calidad de vida e ingresos de las familias rurales.

La estructura urbano-rural del territorio: Hace referencia al Modelo Territorial proyectado que se definió en el PDOT, con el sistema vial y los espacios públicos necesarios para el cumplimiento del objetivo principal del PUGS, el desarrollo de una ciudad segura con la movilidad eficiente desde y hacia los demás centros urbanos y asentamientos rurales del cantón (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Echeandia, 2022)

Clasificación y sub clasificación del suelo

La división del suelo en urbano, urbanizable y rural, definida en las leyes urbanísticas, establece derechos y obligaciones para los propietarios.

En el caso del suelo urbano consolidado, los propietarios tienen derecho a aprovecharlo mediante edificación, respetando la normativa vigente, y deben cumplir con plazos y condiciones establecidos. También se les exige mantener las edificaciones en buen estado. (Cordova, 2019)

En situaciones donde es necesario mejorar la urbanización en sectores específicos, los propietarios afectados participan en los costos mediante contribuciones especiales. Si el plan urbanístico prevé un aumento en densidad o cambios de uso, los propietarios también asumen los costos asociados a nuevas infraestructuras y servicios, incluyendo la cesión de suelo para equipamientos adicionales.

Suelo urbano

El suelo urbano corresponde a las áreas donde se concentran asentamientos humanos que cuentan total o parcialmente con infraestructura básica y servicios públicos. Estos forman un sistema continuo e interconectado de espacios tanto públicos como privados. Estos asentamientos pueden variar en tamaño e incluyen también núcleos urbanos situados en zonas rurales. (República del Ecuador - Asamblea Nacional, 2016)

Suelo rural

El suelo rural se utiliza principalmente para actividades agrícolas, extractivas o forestales, o bien es aquel que, debido a sus características biofísicas o geográficas especiales, debe mantenerse protegido o reservado para posibles usos urbanos en el futuro. (República del Ecuador - Asamblea Nacional, 2016)

2.4.2.2. Polígonos de intervención territorial

Los polígonos de intervención territorial son áreas urbanas o rurales delimitadas mediante los planes de uso y gestión del suelo, basándose en la identificación de características homogéneas en aspectos como geomorfología, medio ambiente, paisaje, urbanismo, condiciones socioeconómicas y culturales. También consideran la capacidad de soporte del territorio o la existencia de grandes proyectos de infraestructura que tengan un impacto significativo en la zona (República del Ecuador - Asamblea Nacional, 2016).

2.4.2.3. Tratamientos urbanísticos para suelo urbano

Tratamiento de conservación

Se aplica a las áreas urbanas que cuentan con un valor significativo desde el punto de vista histórico, cultural, urbanístico, paisajístico o ambiental, con el objetivo de guiar acciones que favorezcan la conservación y el reconocimiento de sus características, en cumplimiento con la legislación ambiental o patrimonial correspondiente (República del Ecuador - Asamblea Nacional, 2016).

Tratamiento de mejoramiento integral

Se aplica a áreas donde existen asentamientos humanos que requieren una intervención urgente para mejorar la infraestructura vial, los servicios públicos, los equipamientos y los espacios públicos, además de reducir riesgos. Estas zonas suelen ser resultado de un crecimiento informal, pero cuentan con potencial para integrarse a la estructura urbana o para procesos de redensificación en urbanizaciones formales, que necesitan ser sometidas a

reordenamiento físico-espacial, regularización de la propiedad o procesos de urbanización (República del Ecuador - Asamblea Nacional, 2016).

2.4.2.4. Uso y ocupación del suelo

Para evaluar el uso del suelo urbano, se analizan datos como:

- Código único de la manzana.
- Área total de la manzana.
- Número de lotes que la conforman.
- Área edificada en planta baja.

Esta información, obtenida de catastros o levantamientos de datos, es clave para decisiones informadas en la planificación territorial. (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2018)

Según el art 23 de la LOOTUGS (2016) la normativa urbanística establecerá los usos predominantes del suelo urbano y rural, incluyendo áreas residenciales, comerciales, mixtas, industriales, de servicios, equipamientos, infraestructuras, de protección, agrícolas, así como, otros contemplados en las regulaciones nacionales o locales.

2.4.2.5. Plan de Uso y Gestión del Suelo (PUGS)

Según el Código Orgánico de Planificación y Finanzas Públicas, los GAD municipales y metropolitanos deben incluir un PUGS como parte de sus planes de desarrollo. Este plan articula políticas urbanísticas para cumplir con la función social y ambiental de la propiedad, promoviendo un uso armonioso del suelo, asegurando equipamientos públicos y fomentando viviendas de interés social. (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2018)

El PUGS también busca actualizar normativas desfasadas que no responden al crecimiento actual y que no se ajustan a las leyes y cambios normativos recientes, como la Constitución de 2008. Su correcta implementación permite a los GAD mejorar la ocupación

del suelo y la calidad de vida de sus habitantes (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2018).

2.5 Marco Legal

2.5.1 Normativa internacional

El Acuerdo de París (2015), en su artículo 7, establece la importancia de reforzar la capacidad de adaptación frente a los efectos adversos del cambio climático, tales como inundaciones, promoviendo la gestión de riesgos climáticos mediante políticas sostenibles.

Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030 enfatiza la necesidad de invertir en la reducción de riesgos de desastres, integrando estas estrategias en el ordenamiento territorial y en las políticas locales de desarrollo urbano sostenible.

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), adoptados por la Asamblea General de las Naciones Unidas, destacan en el ODS 11 la necesidad de crear comunidades urbanas sostenibles y resilientes, y en el ODS 13 instan a tomar medidas urgentes contra el cambio climático mediante la adaptación y mitigación de riesgos naturales.

2.5.2 Normativa Nacional

La Constitución de la República del Ecuador

Según lo determinado en la constitución de la república del Ecuador existes varios apartados que establecen leyes y reglamentos que se relacionan con la Gestión de Riesgos debido a la ocurrencia de eventos adversos causados por amenazas naturales o antrópicas, para lo cual es necesario identificar los lineamientos legales relacionados con la investigación.

Para reducir la vulnerabilidad de inundaciones en los barrios Malecón Alto y Bajo del cantón Echeandía, es fundamental fortalecer la coordinación entre las unidades de gestión de riesgo a nivel local, regional y nacional, en concordancia con el Sistema Nacional Descentralizado de Gestión de Riesgos de Ecuador (Asamblea Nacional - Republica del Ecuador, 2024)

Esto implica identificar claramente los riesgos específicos de la zona, generar y difundir información oportuna, e integrar la gestión del riesgo en la planificación urbana y el uso del suelo para prevenir y mitigar las inundaciones.

Así mismo, se debe capacitar a la comunidad y fortalecer las capacidades técnicas de las instituciones locales para responder eficazmente ante emergencias, así como garantizar el financiamiento adecuado para implementar acciones de prevención, mitigación y recuperación. Esta articulación interinstitucional y comunitaria es clave para reducir la vulnerabilidad y proteger a las personas, bienes y el entorno ambiental frente a las frecuentes inundaciones que afectan a estos barrios

De igual manera el artículo 390 establece el principio de descentralización subsidiaria, que implica la responsabilidad directa de las instituciones dentro de su ámbito territorial; por consiguiente, el gobierno municipal del cantón Echeandía debe asumir la responsabilidad directa dentro de su territorio, liderando las acciones preventivas, de mitigación y de respuesta ante las inundaciones en los barrios Malecón alto y bajo; Cuando la capacidad técnica o financiera del gobierno local sea insuficiente, las instancias regionales y nacionales con mayor ámbito territorial y recursos deben brindar el apoyo necesario, sin quitar la responsabilidad primaria al municipio (Asamblea Nacional - Republica del Ecuador, 2024).

2.5.3 Ley Orgánica De Ordenamiento Territorial, Uso y Gestión de Suelo

La ley tiene como objetivo establecer los principios y normas generales para el ejercicio de las competencias de ordenamiento territorial, uso y gestión del suelo urbano y rural, así como su relación con otras competencias que influyan significativamente en el territorio o lo ocupen, con el fin de que se articulen eficazmente, promuevan el desarrollo equitativo y equilibrado del territorio y promuevan el derecho a la ciudad, al hábitat seguro y saludable (Ley Organica de Ordenamiento Territorial Uso y Gestion de Suelo LOOTUGS, 2018)

2.5.4 Código Orgánico de Planificación y Finanzas Públicas (COPLAFID)

Artículo 64. Importancia de la producción nacional y adopción de estrategias ambientales y de gestión de riesgos. Se promoverá la incorporación de acciones favorables al ecosistema, la mitigación y adaptación al cambio climático y la gestión de vulnerabilidades y riesgos naturales y antrópicos durante el diseño e implementación de programas y proyectos de inversión pública (Asamblea Nacional - Republica del Ecuador, 2024).

2.5.5 Ley Orgánica para la Gestión Integral del Riesgo de Desastres

Esta ley específica es crucial porque define los principios y directrices para la gestión integral de riesgos en Ecuador.

Ley Orgánica de los recursos Hídricos, usos y aprovechamiento de agua.

La Ley orgánica de recursos hídricos, uso y aprovechamiento del agua, LORHUAA, y su reglamento fueron declarados inconstitucionales por la resolución del tribunal constitucional No. 45, publicada en el Registro oficial suplementario 34 el 6 de mayo de 2022. Para evitar una falta de regulación significativa, ambas normas seguirán en vigor hasta la aprobación de una nueva ley sobre recursos hídricos. El presidente de la república elaborará y presentará un proyecto de ley a la asamblea nacional en el plazo de 12 meses contados desde la publicación de esta sentencia en el Registro Oficial (Corte constitucional del Ecuador, 2022).

Que, el artículo 3, numeral 1, de la constitución de la república del Ecuador establece como debe primordial del estado garantizar sin discriminación alguna el efectivo goce del derecho al agua.

Que, el artículo 12, de la constitución de la república del Ecuador establece: El derecho humano el agua es fundamental e irrenunciable. El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida.

Que, el artículo 57, de la constitución de la república del Ecuador establece que se reconoce y garantiza a las comunas, comunidades, pueblos y nacionalidades indígenas

derechos colectivos como la consulta antes de la adopción de una medida legislativa, así como la participación de las comunas, comunidades, pueblos y nacionalidad indígenas en el uso usufructo, administración y conservación de los recursos naturales renovables que se hallen en sus tierras (Corte constitucional del Ecuador, 2022).

2.5.6 Normativa Local

El Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT) del Cantón Echeandía incluye estudios detallados de las zonas de riesgo por inundaciones en el área de influencia del río Osoloma, proporcionando directrices para la regulación del uso del suelo en estas áreas vulnerables (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Echeandia, 2022).

La Ordenanza Municipal para la Regulación del Uso y Ocupación del Suelo establece restricciones específicas para construcciones y actividades humanas en zonas de riesgo, orientadas a minimizar el impacto de inundaciones recurrentes (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Echeandia, 2022).

2.6 Conceptual (glosario de términos)

1. **Afectados. -** Las personas que resultan perjudicadas, directa o indirectamente, por un suceso peligroso. Se considera directamente afectado a aquel que ha sufrido lesiones, enfermedades u otros efectos en la salud; los que han sido evacuados, desplazados, reubicados o han enfrentado daños directos en sus medios de vida o sus bienes económicos, físicos, sociales, culturales y ambientales. Indirectamente afectados son los que han sufrido consecuencias, distintas o añadidas a los efectos directos, al cabo del tiempo debido a disrupciones o cambios en la economía, las infraestructuras vitales, los servicios básicos, el comercio o el trabajo, o consecuencias sociales, sanitarias y psicológicas. (Secretaria de Gestión de Riesgos, 2018)
2. **Alerta. -** Es un estado declarado de atención, con el fin de tomar precauciones específicas, debido a la probable y cercana ocurrencia de un evento o suceso peligroso.

La declaración de alerta debe ser clara, comprensible, accesible, difundida por el máximo de medios; inmediata, sin demora, procedente de fuentes oficiales. (Secretaria de Gestión de Riesgos, 2018)

3. **Amenaza. -** Es un proceso, fenómeno o actividad humana que puede ocasionar muertes, lesiones u otros efectos en la salud, daños a los bienes, disrupciones sociales y económicas o daños ambientales. (Secretaria de Gestión de Riesgos, 2018)
4. **Amenaza natural. -** Asociada predominantemente a procesos y fenómenos naturales. (Secretaria de Gestión de Riesgos, 2018)
5. **Amenaza de inundación.** - Se define como la probabilidad de ocurrencia de un evento de inundación que puede afectar negativamente los sistemas, naturales y construidos. Las inundaciones pueden ser fluviales, pluviales o costeras, y están influenciadas por factores como la intensidad de las lluvias, la topografía, las condiciones hidrológicas y las intervenciones del ser humano. (Ready, 2025)
6. **Análisis de la situación. -** Proceso de acercamiento gradual al conocimiento analítico de un hecho o problema que permite destacar los elementos más significativos de una alteración en la realidad analizada. El diagnóstico de un determinado lugar, entre otros datos, permite conocer los riesgos a los que está expuesto por la eventual ocurrencia de un evento. (Secretaria de Gestión de Riesgos, 2018)
7. **Caudal.-** Es el volumen de agua que fluye a través de un punto específico de un rio, canal o cauce en un tiempo determinado, generalmente medido en metros cúbicos por segundo. (Lagua, 2024)
8. **Damnificados. -** Persona que sufre los impactos directos de un evento peligroso en los servicios básicos, comunitarios o en sus medios de subsistencia, y que no puede continuar con su actividad normal. Todos los damnificados son objeto de asistencia humanitaria. (Secretaria de Gestión de Riesgos, 2018)

9. **Desbordamiento.-** Es un fenómeno que ocurre cuando el caudal de un cuerpo de agua, como un rio, lago o canal, excede su capacidad y el agua sobrepasa los límites del cauce o contenedor, inundando las áreas circundantes. (Ready, 2025)
10. **Emergencia. -**Es un evento que pone en peligro a las personas, los bienes o la continuidad de los servicios en la comunidad y que requieren una respuesta inmediata y eficaz a través de las entidades locales. (Secretaria de Gestión de Riesgos, 2018)
11. **Escenario de afectación.-** Es un análisis técnico que describe, de manera general, las condiciones probables de daños y pérdidas que puede sufrir la población y sus medios de vida, ante la ocurrencia de eventos de origen natural, socio natural o antrópico teniendo en cuenta su intensidad, magnitud y frecuencia, así como las condiciones de vulnerabilidad que incluye la fragilidad, exposición y resiliencia de los elementos que conforman los territorios como: población, infraestructura, actividades económicas, entre otros. (Secretaria de Gestión de Riesgos, 2018)
12. **Evacuación. -** Traslado temporal de personas, animales u otros, a lugares más seguros antes, durante o después de un evento peligroso con el fin de protegerlos. (Secretaria de Gestión de Riesgos, 2018)
13. **Exposición.** - 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. (Secretaria de Gestión de Riesgos, 2018)
14. **Gestión de Riesgo. -** Es el proceso integral de identificación, análisis, evaluación y reducción de riesgos asociados a amenazas naturales o antrópicas. Incluye acciones de prevención, mitigación, preparación, respuesta y recuperación para minimizar el impacto de eventos adversos en las comunidades y el medio ambiente. (Secretaria de Gestión de Riesgos, 2018)

15. **Gestión de Riesgo de Inundaciones. -** La gestión de riesgos de inundaciones se enfoca en identificar, analizar y reducir las amenazas asociadas a eventos hídricos extremos. Este enfoque considera tanto los fenómenos naturales como las intervenciones humanas que incrementan la vulnerabilidad del territorio. (Secretaria de Gestión de Riesgos, 2018)
16. **Inundación. -** Fenómeno natural o inducido por actividades humanas que ocurre cuando el agua excede la capacidad de un cauce, desbordándose hacia áreas adyacentes. (Ready, 2025)
17. **Mitigación. -** Son las acciones y estrategias implementadas para reducir o eliminar los efectos negativos de una amenaza. (Secretaria de Gestión de Riesgos, 2018)
18. **Ordenamiento territorial. -** Es el proceso técnico-administrativo de planificación que organiza el uso, ocupación y transformación del territorio en función de sus características físicas, socioeconómicas y ambientales. Busca garantizar un desarrollo sostenible y equilibrado, minimizando riesgos y preservando recursos naturales. (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2018)
19. **Predio. -** Es una unidad de terreno con delimitación física o jurídica que pertenece a una persona natural, jurídica o al estado. Los predios pueden ser urbanos o rurales y están sujetos a regulaciones relacionadas con el uso del suelo y normativas de desarrollo territorial. (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2018)
20. **Regulación del Uso del Suelo. -** Consiste en establecer normas y directrices que ordenan el uso y ocupación del territorio, determinando que actividades pueden realizarse en cada área para garantizar un desarrollo seguro y sostenible. Estas regulaciones son fundamentales para evitar construcciones en zonas de riesgo, como áreas propensas a inundaciones. (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2018)

21. **Resiliencia. -** Capacidad de una comunidad, ecosistema o sistema urbano para resistir, adaptarse y recuperarse frente a los efectos de una amenaza o evento adverso, como inundaciones. Implica fortalecer las capacidades locales, reducir vulnerabilidades y promover un desarrollo sostenible. (Secretaria de Gestión de Riesgos, 2018)
22. **Uso de Suelo.-** El uso del suelo hace referencia a la clasificación y distribución de las actividades humanas sobre un territorio determinado, incluyendo áreas residenciales, comerciales, agrícolas y recreativas. (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2018)
23. **Vulnerabilidad. -** La vulnerabilidad describe el grado de susceptibilidad de un territorio, comunidad o infraestructura frente a una amenaza. (Secretaria de Gestión de Riesgos, 2018)

CAPITULO III.

4 METODOLOGÍA

4.1 Tipo de Investigación

La investigación es de tipo no experimental ya que no se manipulan variables, se estudian en su estado natural; en este caso se evalúa la amenaza de inundación en el área de influencia del rio Osoloma y la situación de actual del uso de suelo del área urbana del cantón Echeandía.

4.2 Enfoque de la investigación

Mixta. - La metodología mixta combina enfoques cuantitativos y cualitativos para proporcionar una comprensión más completa.

Cuantitativa.- Se recopila y analiza valores numéricos, en el componente hidrológico se calcula el caudal en m^3/s, en el componente hidráulico se obtiene calados en m y velocidades en m/s, para de esta manera determinar zonas y niveles de amenazas de inundación en el área de influencia del río Soloma en la zona urbana del cantón Echeandía.

Cualitativa. - se describe las condiciones actuales de la exposición y uso de suelo en la zona de amenaza de inundación, que permita elaborar una propuesta para la regulación del uso de suelo.

4.3 Métodos de Investigación

El método inductivo es un enfoque de razonamiento que parte de observaciones o casos específicos para llegar a conclusiones generales o formular principios.

Será el enfoque principal de esta investigación, ya que se basa en la observación y análisis de casos particulares para generar conclusiones generales sobre la amenaza de inundación y su relación con el uso del suelo en la zona de influencia del río Osoloma.

Descriptiva. -Este enfoque se centra en describir las características de las zonas de la amenaza de inundación, las áreas de exposición y el uso de suelo actual en el área urbana sin la necesidad de buscar relaciones causales.

4.4 Técnicas e Instrumentos de Recopilación de Datos

La presente investigación aplicó diversas técnicas e instrumentos de recopilación de datos, con el propósito de obtener información confiable y suficiente que permitiera cumplir los objetivos planteados. A continuación, se detalla la metodología planteada para cada uno de los objetivos específicos.

Objetivo 1.- Identificar las zonas susceptibles a inundación en la zona de influencia en del río Osoloma en el área urbana del cantón Echeandía.

Para el cumplimiento de este objetivo se emplearon técnicas de carácter documental, experimental y de análisis espacial:

- **Revisión Bibliográfica:**

  Se recopilo información teórica y técnica relacionada con los fenómenos de inundación, su dinámica hidrológica e hidráulica, así como antecedentes de eventos similares ocurridos en el cantón Echeandía. La información se obtuvo de fuentes oficiales como Nasa Power, la Secretaria Nacional de Gestión de Riesgos y publicaciones hechas por medios de comunicación del cantón, con el fin de establecer un marco conceptual solido sobre la problemática estudiada.

- **Trabajo de Campo:**

  Se realizaron visitas técnicas en el área de influencia del río Osoloma para observar las condiciones morfológicas del cauce, los procesos de erosión, sedimentación y los puntos críticos de desbordamiento. Estas observaciones fueron registradas mediante fichas de campo y coordenadas geográficas, complementando la información secundaria con evidencias empíricas.

- **Modelación hidrológica e hidráulica:**

  Se desarrollaron simulaciones computacionales para analizar el comportamiento del caudal del río en distintos escenarios de precipitación. El componente hidrológico se procesó mediante el software HEC-HMS, mientras que el componente hidráulico se modelo con IBER, lo que permitió determinar los caudales máximos, los calados y las velocidades del flujo para periodos de retorno de 50 y 100 años.

- **Análisis geoespacial con Sistemas de Información Geográfica (SIG):**

  Se procesó información geoespacial en el programa ArcGIS, utilizando un Modelo Digital del Terreno (MDT), derivado del satélite ALOS PALSAR con resolución de 12 metros. A través del módulo de análisis hidrology, se realizaron operaciones de geo-procesamiento para obtener productos cartográficos de drenaje, pendientes, dirección y acumulación de flujo. Estas herramientas permitieron delimitar la microcuenca del río Osoloma y generar mapas de susceptibilidad a inundaciones.

- **Delimitación de la cuenca hidrográfica en ArcMap:**

  La delimitación de la cuenca se realizó mediante el procesamiento del Modelo Digital del Terreno (MDT), siguiendo una secuencia de herramientas del módulo Spatial Analyst → Hydrology del software ArcMap 10.8.

  El procedimiento se desarrolló en las siguientes etapas:

- ✓ **Corrección del MDT (Fill):** Se aplicó la herramienta Fill para eliminar depresiones o irregularidades del terreno que impedían el flujo continuo del agua, obteniendo un modelo topográfico corregido.
- ✓ **Cálculo de la dirección del flujo (Flow Direction):** Con el MDT corregido se generó el ráster de dirección de flujo, que indica la trayectoria que sigue el agua sobre cada celda del terreno.

- ✓ **Cálculo de acumulación del flujo (Flow Accumulation):** Se determinó el número de celdas que contribuyen al flujo en cada punto, identificando los cauces principales y secundarios del sistema de drenaje.
- ✓ **Definición del punto de salida:** Se estableció el punto de descarga o salida de la cuenca, ubicado en la confluencia principal del río Osoloma.
- ✓ **Delimitación de la cuenca (Watershed):** Con los datos de dirección de flujo y el punto de salida ajustado, se aplicó la herramienta Watershed, obteniendo un ráster que representa el área de drenaje de la cuenca hidrográfica.
- ✓ **Conversión de ráster a polígono:** Finalmente, el ráster de cuenca fue convertido a formato vectorial (Ráster to Polygon), permitiendo obtener el polígono definitivo de la cuenca del río Osoloma.

Este proceso permitió identificar de manera precisa los límites naturales del sistema de drenaje, facilitando el análisis morfométrico y el modelamiento hidrológico posterior. Asimismo, la delimitación fue validada mediante la superposición del polígono sobre mapas topográficos, curvas de nivel e imágenes satelitales, corroborando la coherencia geomorfológica de los resultados.

- ❖ **Delimitación de la cuenca hidrográfica en ArcMap:**

La capa de amenaza de inundación se generó a partir de la integración de información hidrológica, hidráulica, topográfica y espacial, procesada mediante herramientas del sistema de información geográfica ArcGIS 10.8 y el software especializado IBER. El procedimiento permitió modelar el comportamiento del flujo del río Osoloma bajo diferentes escenarios de caudal y representar gráficamente las áreas potencialmente afectadas por inundaciones.

1. Obtención y preparación de los insumos base

Para el modelamiento se utilizaron los siguientes insumos:

- **Modelo Digital del Terreno (MDT)** obtenido del satélite **ALOS PALSAR**, con resolución espacial de 12 m.
- **Datos de precipitación** (mm/h) de la plataforma **NASA POWER**, utilizados para calcular los caudales máximos de diseño.
- **Información cartográfica oficial**: red hidrográfica, curvas de nivel, vías y límites administrativos proporcionados por el **GADMCE**.
- **Delimitación de la cuenca del río Osoloma**, obtenida previamente mediante análisis hidrológico en ArcMap.

Todos los datos fueron proyectados al sistema de coordenadas **UTM WGS 84 Zona 17S**, garantizando uniformidad espacial en los cálculos.

2. Modelación hidrológica (HEC–HMS)

El modelo hidrológico se elaboró con el software **HEC–HMS** para estimar los caudales máximos generados por eventos de lluvia en la cuenca.
El proceso comprendió las siguientes etapas:

- Delimitación de subcuencas y red de drenaje a partir del MDT.
- Cálculo de parámetros morfométricos de área, pendiente media, longitud del cauce, tiempo de concentración.
- Aplicación del método SCS-CN (Soil Conservation Service Curve Number) para estimar la escorrentía directa.
- Generación del hidrograma de salida, obteniendo caudales pico para distintos periodos de retorno (50 y 100 años).

El caudal máximo resultante fue empleado como dato de entrada para la modelación hidráulica.

3. Modelación hidráulica (IBER)

Con el fin de simular el comportamiento del flujo en el cauce principal y zonas adyacentes, se utilizó el software **IBER 3.3.1** , que resuelve numéricamente las ecuaciones de Saint-Venant en dos dimensiones.

El proceso incluyó los siguientes pasos:

- Importación del MDT de la cuenca y generación de una malla triangular no estructurada, adaptada a la morfología del terreno.
- Definición de las condiciones de contorno, estableciendo el caudal máximo obtenido del modelo HEC–HMS como entrada en el punto aguas arriba y una condición de salida libre aguas abajo.
- Asignación de rugosidades de Manning según el tipo de cobertura del terreno (canal natural, vegetación, suelo desnudo, áreas urbanas).
- Ejecución de la simulación hidráulica para periodos de retorno de 50 y 100 años.
- Generación de resultados hidrodinámicos, incluyendo mapas de profundidad, velocidad del flujo y tiempo de permanencia del agua.

4. Clasificación del nivel de amenaza

Los resultados de la modelación hidráulica fueron exportados a formato raster y posteriormente procesados en ArcGIS 10.8. Mediante la herramienta Reclassify, se clasificaron las profundidades de inundación en tres rangos de amenaza, de acuerdo con los criterios establecidos en estudios antes realizados.

Tabla 6. Niveles de amenaza de inundaciones

Niveles de amenaza de inundaciones

Nivel de amenaza	Profundidad (m)	Descripción
Alta	> 1.5 m	Inundaciones severas, con flujo rápido o prolongado. Pérdida potencial de infraestructura y viviendas.
Media	0.5 – 1.5 m	Inundaciones moderadas, afectan zonas agrícolas o edificaciones de baja resistencia.
Baja	< 0.5 m	Encharcamientos temporales o desbordamientos leves.

Elaborado por: (Culqui & Carvajal, 2025)

5. Generación de la capa final de amenaza

Posteriormente, los mapas de profundidad fueron vectorizados (Raster to Polygon) para generar la capa de amenaza de inundación.
Se integraron los datos de amenaza con las capas de uso y cobertura del suelo, red vial y edificaciones, utilizando las herramientas Union e Intersect de ArcGIS.
La simbología se aplicó mediante el método de clasificación por niveles de riesgo (alta, media, baja) y se generó el mapa temático final, representando las zonas potencialmente afectadas dentro del área urbana de Echeandía.

Objetivo 2.- Delimitar las edificaciones y predios expuestos a la zona de inundación.

Para el cumplimiento de este objetivo se aplicaron técnicas de análisis cartográfico, observación directa y recopilación de información catastral y social. Estas técnicas permitieron identificar, cuantificar y caracterización los elementos expuestos dentro de las zonas determinadas como susceptibles a inundación, generando insumos fundamentales para el análisis de exposición y vulnerabilidad.

Cruzamiento de datos catastrales y cartográficos:

Se realizó la superposición de la capa de amenaza de inundación, obtenida en el Objetivo 1, con la base catastral digital proporcionada por el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Echeandía (GADMCE). Este proceso se efectuó mediante la herramienta Intersect del módulo Analysis Tools → Overlay del software ArcGIS 10.8, permitiendo identificar las edificaciones y predios localizados dentro de las zonas de amenaza alta, media y baja.

Observación directa en campo:

Sé realizaron recorridos técnicos en los sectores aledaños al cauce del río Osoloma, especialmente en los barrios Malecón Alto y Malecón Bajo, históricamente afectados por eventos de inundación. Durante estas visitas se verificó la ubicación, características constructivas y estado físico de las edificaciones previamente identificadas en gabinete. Se registraron datos mediante fichas de observación y fotografías georreferenciadas, lo que permitió contrastar los resultados del análisis espacial con la situación real en terreno.

Fotogrametría con dron:

Para actualizar la información espacial y mejorar la precisión cartográfica, se realizaron vuelos con un dron equipado con cámara de alta resolución. Las imágenes obtenidas fueron procesadas en el software Agisoft Metashape, generando una ortofoto reciente y un modelo

digital del terreno (MDT). Estos productos fueron empleados para verificar la localización exacta de las edificaciones y detectar construcciones no registradas en la base catastral del GADMCE.

Objetivo 3.- Diseñar una propuesta para la regulación del uso del suelo para la zona expuesta a la amenaza de inundación.

Para el cumplimiento de este objetivo se aplicaron técnicas de análisis normativo, análisis comparativo e integración técnica, las cuales permitieron elaborar una propuesta integral de regulación del uso y ocupación del suelo, basada en los resultados obtenidos en los objetivos anteriores y en el marco legal vigente. Estas técnicas combinaron la revisión documental con el procesamiento espacial, garantizando que la propuesta se sustente en criterios técnicos, jurídicos y territoriales.

Análisis normativo

Se efectuó una revisión exhaustiva de la legislación ecuatoriana relacionada con el ordenamiento territorial, la gestión de riesgos y el uso del suelo, incluyendo la Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial, Uso y Gestión del Suelo (LOOTUGS), la Ley Orgánica para la Gestión Integral del Riesgo de Desastres, el Código Orgánico de Planificación y Finanzas Públicas (COPLAFIP) y la Constitución de la República del Ecuador (2008). Asimismo, se analizaron las **o**rdenanzas municipales vigentes del cantón Echeandía y documentos técnicos emitidos por el GADMCE, con el propósito de identificar disposiciones aplicables a la gestión del riesgo de inundaciones y la planificación territorial local.

Análisis comparativo:

Se revisaron casos de estudio y experiencias de gestión del suelo en zonas de riesgo desarrolladas en otros cantones del país, como Babahoyo, Vinces y Quevedo, así como modelos implementados en países latinoamericanos con condiciones geográficas y climáticas similares.

Este análisis permitió reconocer buenas prácticas y estrategias de mitigación que pueden ser adaptadas al contexto de Echeandía, especialmente en cuanto a la zonificación del suelo, la reubicación de edificaciones en zonas de amenaza alta y la implementación de franjas de protección ribereña.

Integración técnica de información espacial:

Los resultados obtenidos en los Objetivos 1 y 2 (capas de amenaza y exposición) fueron integrados en un análisis espacial mediante el software ArcGIS 10.8, con el fin de definir las zonas de intervención prioritaria y proponer una nueva zonificación de uso del suelo orientada a reducir el riesgo de inundación

Universo, Población y Muestra

En la investigación se enfocó en el área de influencia del río Osoloma, para lo cual se definen las siguientes unidades de análisis, PIT de Protección Ecológica y riesgo, PIT de Mejoramiento Integral

Por lo tanto, se consideró trabajar con todo el Universo, este comprende los PIT de Protección Ecológica y Riesgo, y los PIT de Mejoramiento Integral dentro del área de influencia del río Osoloma en el cantón Echeandía.

No se considera una población o muestra específica, ya que el enfoque de la investigación está en el análisis de estas unidades de análisis territoriales.

4.5 Técnicas de análisis y procesamiento de la Información

4.5.1 Técnicas objetivo 1

Objetivo 1.- Identificar las zonas susceptibles a inundación en la zona de influencia en del río Osoloma en el área urbana del cantón Echeandía.

- **Análisis Geoespacial con SIG:**

- Procesamiento de información geográfica mediante herramientas SIG

- **Modelación Hidrológica e Hidráulica:**

- Simulación del comportamiento del río bajo diferentes escenarios de precipitación y caudal.

- **Análisis Estadístico:**

- Evaluación de datos históricos de precipitación y caudal para identificar tendencias.

4.5.2 Instrumentos objetivo 1

- Mapas topográficos e hidrológicos.
- Software especializado (IBER, ArcGIS).
- Datos hidrometeorológicos de instituciones como POWER NASA.

4.5.3 Procesamiento objetivo 1

- Delimitación de zonas críticas mediante simulaciones y generación de mapas de susceptibilidad a inundaciones.
- Clasificación de áreas en niveles de riesgo (bajo, medio, alto).

Objetivo 2.- Delimitar las edificaciones y predios expuestos a la zona de inundación.

4.5.4 Técnicas objetivo 2

- **Cruzamiento de Datos Catastrales:**

- Superposición de los límites de las zonas susceptibles a inundación con mapas catastrales.

- **Observación Directa:**

- Validación en campo de las edificaciones identificadas como vulnerables en los análisis geoespaciales.

- **Uso de software de Sistemas de Información Geográfica (ArcGIS 10.3).**

- Encuestas realizadas a los jefes de hogar de las viviendas ubicadas en el área de influencia del río Osoloma.

4.5.5 Instrumentos objetivo 2

- Base de datos catastral proporcionada por el Gobierno Autónomo Descentralizado (GAD) del cantón Echeandía.
- GPS para la ubicación exacta de edificaciones críticas.

4.5.6 Procesamiento objetivo 2

- Listado y mapeo de edificaciones afectadas, clasificándolas por uso (residencial, comercial).
- Generación de estadísticas sobre la cantidad y el tipo de predios expuestos.

Objetivo 3.- Diseñar una propuesta para la regulación del uso del suelo para la zona expuesta a la amenaza de inundación.

4.5.7 Técnicas objetivo 3

- **Análisis Normativo:**
- Revisión de leyes y normativas, así como, revisión de páginas web y documentos relacionadas con el uso del suelo y la gestión de riesgos.
- **Análisis Comparativo:**
- Estudio de casos exitosos en la regulación del uso del suelo en áreas con condiciones similares.

4.5.8 Instrumentos objetivo 3

- Normativas nacionales e internacionales sobre ordenamiento territorial.

- Mapas de riesgo y zonificación elaborados en fases previas.

4.5.9 Procesamiento objetivo 3

- Propuesta de zonificación: delimitación de áreas para usos específicos (residencial, recreativo, protección ambiental).
- Diseño de estrategias para reducir el impacto de las inundaciones (reubicación, infraestructura resiliente, sistemas de drenaje).
- Informe técnico con lineamientos para el GAD y otros organismos locales.

CAPITULO IV.

5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Resultados Objetivo 1: Identificar las zonas susceptibles a inundación en la zona de influencia en del río Osoloma en el área urbana del cantón Echeandía

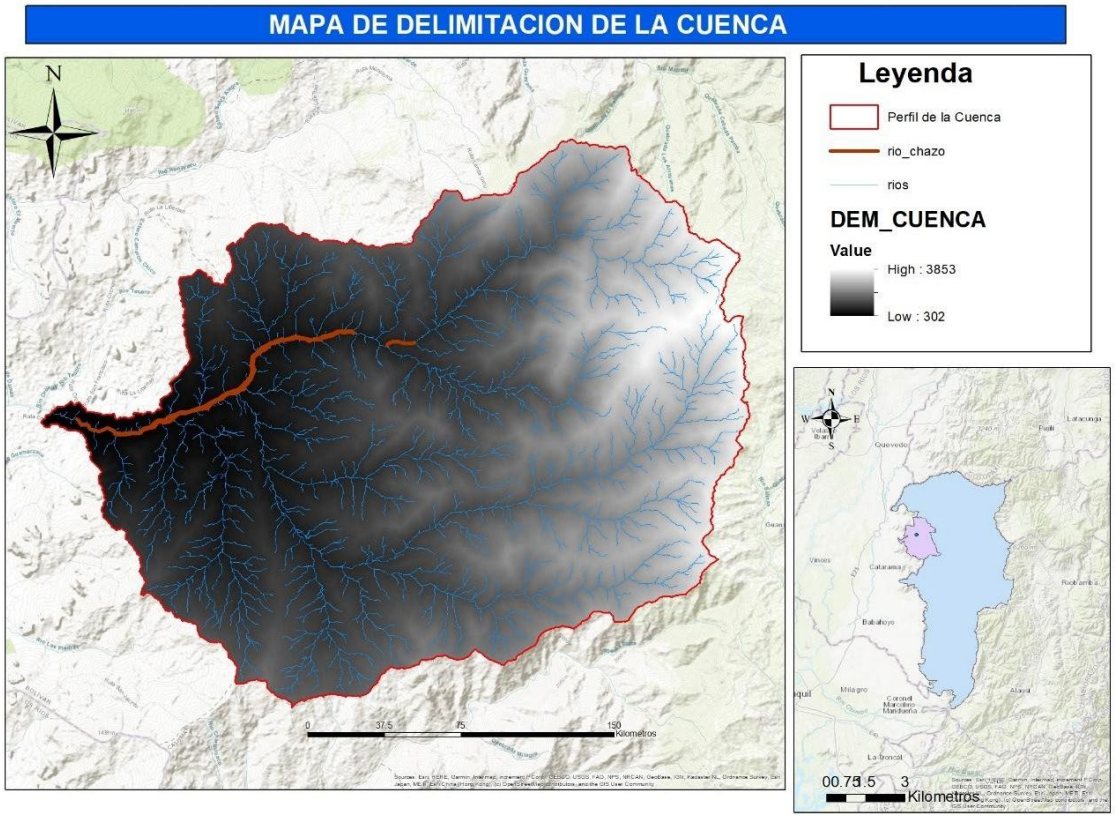
5.1.1 Caracterización de la microcuenca del Río Chazo Juan

Área de Drenaje

En el **Mapa 1** se representa el área de drenaje de la microcuenca del río Osoloma, incluye la red hidrográfica y su localización con respecto a la provincia Bolívar.

Mapa 1. Delimitación de la cuenca hidrográfica

Delimitación de la cuenca hidrográfica



Elaborado por: (Culqui & Carvajal, 2025)

Nota: *La imagen proyecta el polígono delimitante de la micro cuenca del río Osoloma.*

Se define como un espacio geográfico delimitado por gradientes altitudinales, cuyo tamaño y forma pueden variar en función de su topografía. En este sentido se generan

escorrentías superficiales que fluyen en dirección de las redes hídricas, convergiendo en un único sitio de descarga situado en la zona inferior de la cuenca. Así mismo, con respecto a la investigación donde se aplicó el método de delimitación de cuencas hidrográficas para identificar las unidades hidrográficas presentes en la superficie del área del polígono. Este análisis revelo que toda el agua acumulada en la red hídrica principal proviene de diversos depósitos fluviales, los cuales se integran al cauce principal a través de intersecciones.

Para procesamiento de los datos geoespaciales comenzamos desde la obtención de un Modelo Digital del Terreno "MDT" de ALOS PALSAR con una resolución de 12m, el cual fue utilizado en la delimitación de la micro cuenca del río Osoloma. Mediante el uso del software ArcMap, se procedió con la elaboración cartográfica de la micro cuenca aplicando las técnicas de geo procesamiento y análisis espacial

El área de estudio comprende la microcuenca del río Chazo Juan y sus afluentes, los cuales presentan una morfología variada que incluye tantos relieves montañosos hasta superficies planas. Esta delimitación geográfica de la cuenca incluye los flujos hídricos que conforman el drenaje natural, donde todas las ramificaciones del agua convergen en una única red de drenaje en la parte inferior.

5.1.2 Sistema de orden de drenaje de la cuenca

Dentro de la investigación se identificaron considerables ordenes de drenaje según el método de Strahler. Por tal motivo, se consideró que en la **Tabla 7** se refleje el orden jerárquico de los afluentes que desembocan en el caudal principal indicando la longitud total "km" como se detalla a continuación:

Clasificación de orden de drenaje

Tabla 7. Orden de drenaje

Orden de drenaje

N° orden Red Hídrica	Longitud (Km)
1	407,02
2	192,31
3	86,3
4	62,78
5	28,42
6	11,23
TOTAL	788,07

Elaborado por: (Culqui & Carvajal, 2025)

En la tabla 7 se evidencia el orden de la red hídrica y la calificación de los seis segmentos que confirma la red en el área de estudio, el orden uno cuenta con una longitud de 407,02 km, siendo el segmento más extenso, el orden dos dispone de una longitud de 192,31 km, en cambio el orden tres y cuatro cuentan con una longitud de 86,3 km y 62,78 km siendo los segmentos mediatos de la micro cuenca. Por último, los segmentos cinco y seis disponen de una longitud de 28,42km y 11,23 km siendo así los más cortos en longitud.

Además, conocer el orden de drenaje es clave para la gestión del territorio y la planificación de obras hidráulicas, ya que permite prever zonas susceptibles a inundaciones, erosión o sequías. Por ejemplo, los cauces de primer orden suelen ser más vulnerables a la contaminación y cambios en el uso del suelo, mientras que los de mayor orden concentran mayores volúmenes de agua y pueden afectar áreas más extensas en caso de desbordamientos.

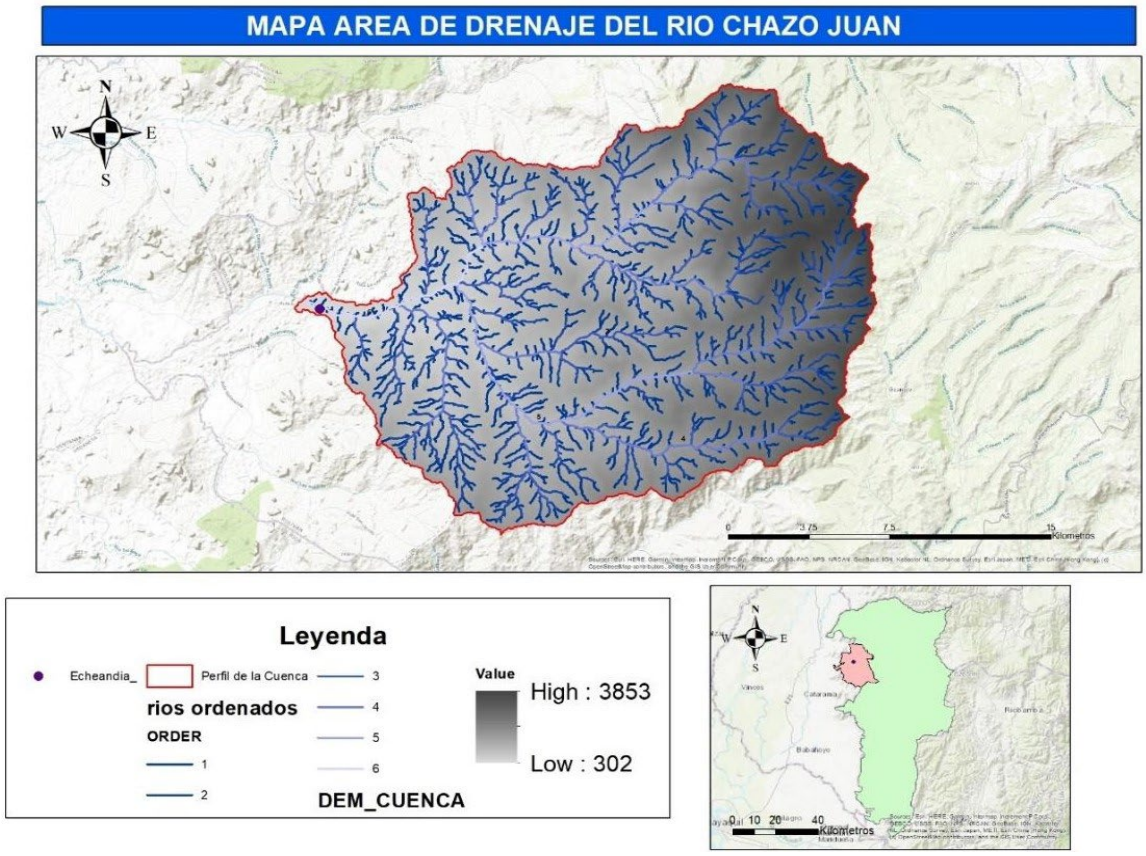
Tipo de drenaje de la Cuenca del río Chazo Juan

El sistema de drenaje que se observa en el **Mapa 2** es dendrítico. Esto se identifica por el patrón ramificado de los ríos, similar a las ramas de un árbol, donde los afluentes se unen en ángulos agudos y no presentan una organización geométrica regular.

Una de las características principales de este tipo de drenaje se denota en que los afluentes menores se unen a los principales. Este tipo de drenaje suele formarse en regiones donde el material geológico es relativamente uniforme y no hay estructuras geológicas que controlen el flujo de agua. Permite una recolección eficiente del agua de lluvia hacia el cauce principal.

Mapa 2. Área de drenaje del Río Chazo Juan

Área de drenaje del río Chazo Juan



Elaborado por: (Culqui & Carvajal, 2025)
Nota: *En el mapa se visualiza el orden de los ríos obtenidos de la cuenca delimitada.*

Propiedades morfométricas de la cuenca del río Chazo Juan

La cuenca analizada como se observa en la **Tabla 8** tiene un área de 367,47 km² y un perímetro de 125,95 km, con un relieve bastante accidentado que va desde los 304 hasta los 3849 msnm, una altitud media de 2083,53 msnm y un pendiente promedio alta del 46,92%, lo que favorece una escorrentía rápida y un elevado potencial de erosión; la red hídrica está bien desarrollada, con un curso principal de 11,23 km, un orden de red de 6 y una longitud total de cauces de 788,07 km, lo que indica una eficiente captación y evacuación de aguas; Además, los parámetros generados muestran un factor de forma de 2,91 (cuenca alargada), una densidad de drenaje de 2,14 km/km² (moderadamente alta), un tiempo de concentración de 3,61 horas (respuesta hidrológica rápida) y una pendiente del cauce principal de 315,73 m/km, lo que en conjunto señala una cuenca con alta capacidad de evacuación hídrica pero también con alta susceptibilidad a erosión y crecidas súbitas.

Tabla 8. Morfometría de la cuenca

Morfometría de la cuenca

Propiedad	**Unidad**	**Valor**
De superficie		
Área	Km2	367,47
Perímetro	Km	125,95
Cotas		
Cota Máxima	m.s.n.m.	3849
Cota mínima	m.s.n.m.	304
Centroide Wgs84-UTM-18S		
X centroide	M	704718,52
Y centroide	M	9842000,00
Z centroide	m.s.n.m.	2083,53

Altitud		
Altitud media	m.s.n.m.	2083,53
Altitud más frecuente	m.s.n.m.	1338,00
Altitud de frecuencia media	m.s.n.m.	1834,50
Pendiente		
Pendiente promedio de la cuenca	%	46,92
De la red hídrica		
Longitud del curso principal	Km	11,23
Orden de la red hídrica	UND	6,00
Longitud de la red hídrica	Km	788,07
Parámetros generados		
Factor de forma	Alargada	2,91
Densidad de drenaje	Km/km2	2,14
Tiempo de concentración	Horas	0,61
Pendiente del cauce principal	m/km	315,73

Elaborado por: (Culqui & Carvajal, 2025)

Influencia de las características morfométricas de la cuenca del río Osoloma en la ocurrencia de inundaciones.

El análisis morfométrico de la cuenca del río Osoloma permite comprender como sus características físicas y geométricas condiciona los procesos hidrológicos y en consecuencia su susceptibilidad a eventos de inundación. Los parámetros evaluados evidencian que esta cuenca presenta condiciones naturales que favorecen la acumulación y concentración rápida del escurrimiento superficial, incrementando el riesgo de desbordamiento durante lluvias intensas.

Cálculos de la curva hipsométrica de la Cuenca

En la **Tabla 9** se presentan los resultados obtenidos a partir del cálculo de la curva hipsométrica de la cuenca hídrica, donde se han establecido doce intervalos altitudinales que abarcan desde la cota mínima hasta la máxima de la zona. Esta división permite caracterizar con detalle la distribución espacial de las alturas dentro de la cuenca, facilitando el análisis de la proporción de superficie que corresponde a cada rango altitudinal. A partir de este enfoque, se identifican patrones relevantes sobre la morfología y dinámica del territorio, lo que resulta fundamental para comprender los procesos hidrológicos, geomorfológicos y ambientales que ocurren en la cuenca. En resumen, el análisis hipsométrico proporciona una visión integral sobre la variabilidad altitudinal y su influencia en el comportamiento del sistema hídrico.

Tabla 9. Hipsometría de la cuenca hidrográfica

Hipsometría de la cuenca hidrográfica

	Cota (msnm)			Área				
°				F.A.	F.A. Acum.	F.R.	F.R. Acum	
	Mínima	Máxima	Promedio	(Km2)	(Km2)	(%)	(%)	
1	304,000	599,000	451,500	26,089	368	7,08	100,0	
2	600,000	894,000	747,000	46,476	342	12,62	92,9	
3	895,000	1190,000	1042,500	64,880	296	17,62	80,3	
4	1191,000	1485,000	1338,000	58,252	231	15,82	62,7	
5	1486,000	1781,000	1633,500	38,077	173	10,34	46,9	
6	1782,000	2076,000	1929,000	27,936	135	7,59	36,5	
7	2077,000	2371,000	2224,000	24,102	107	6,54	28,9	
8	2372,000	2667,000	2519,500	24,574	82	6,67	22,4	

9	2668,000	2962,000	2815,000	20,981	58	5,7	15,7
10	2963,000	3258,000	3110,500	16,844	37	4,57	10,0
11	3259,000	3553,000	3406,000	13,449	20	3,65	5,4
12	3554,000	3849,000	3701,500	6,615	7	1,796	1,8
			TOTAL	368,275			

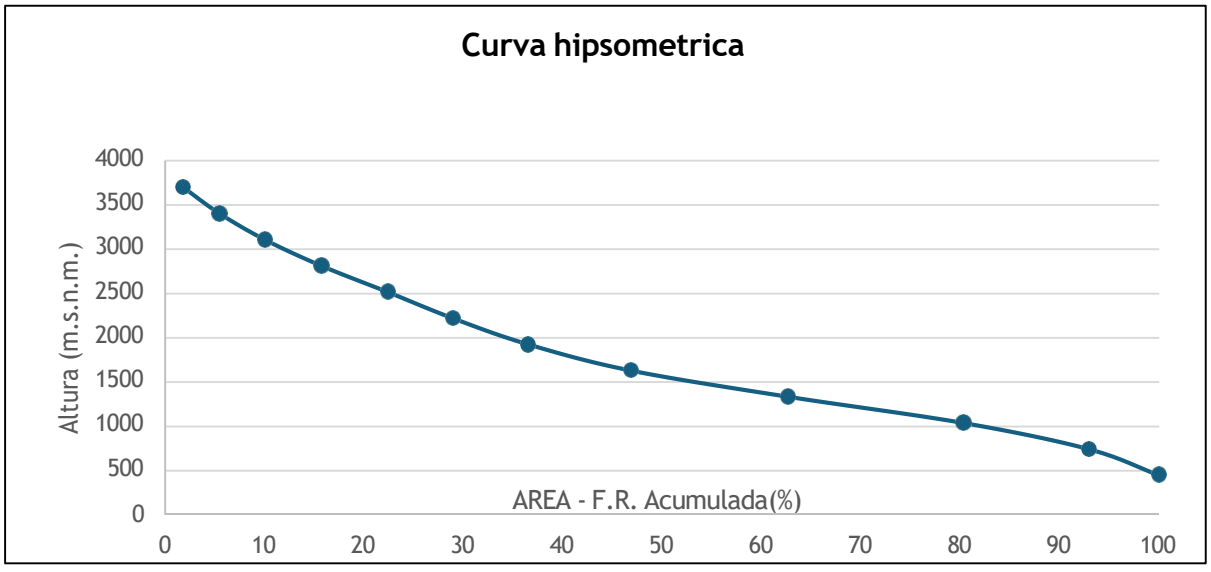
Elaborado por: (Culqui & Carvajal, 2025)

Hipsometría de la cuenca del río Chazo Juan

La curva hipsométrica en el **Grafico 1** refleja la distribución altitudinal del área de la cuenca, mostrando un descenso progresivo de la altitud a medida que aumenta el porcentaje de área acumulada. Este patrón indica una topografía predominantemente montañosa con una transición suave hacia zonas más bajas. La mayor parte del área se concentra entre los 1000 y 3000 m msnm, lo que influye directamente en los procesos hidrológicos y de escorrentía. Esta información es clave para la gestión del recurso hídrico y la evaluación de riesgos asociados a la variabilidad topográfica.

Gráfico 1. Curva hipsométrica

Curva hipsométrica



Elaborado por: (Culqui & Carvajal, 2025)

5.1.3 Calcular el caudal máximo

Para hallar la curva de Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF), se realiza por medio del método de Outlier, donde se verifica la existencia de datos dudosos y corrección de los mismos la **Tabla 10** correspondiente a un periodo de 23 años, mismos que comprenden desde el 1 de enero del 2001 hasta 31 de diciembre del 2024. A continuación, se presentan los datos corregidos y ordenados.

Obtención y organización de sobre datos precipitaciones en el Cantón Echeandía periodo 2001-2024

Tabla 10. Datos obtenidos y organizados de precipitaciones en el Cantón Echeandía periodo

Datos obtenidos y organizados de precipitaciones en el Cantón Echeandía periodo 2001-2024

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
2001	45,77	101,97	85,03	63,9	30,45	11,44	13,07	3,42	13,18	5,95	7,1	36,61
2002	35,61	64,6	170,7	88,99	84,54	27,26	14,25	5,8	10,73	16,79	19,02	53,02
2003	108,76	136,04	70,99	50,72	36,35	6,81	41,24	8,19	24,2	25,11	25,62	66,43
2004	55,76	61,65	88,54	50,06	63,49	13,77	16,77	8,34	10,31	10,63	10,14	9,74
2005	3,75	12,54	40,7	70,9	15,42	8,86	3,66	5,68	22,6	6,25	13,12	6,44
2006	69,71	63,22	54,03	46,88	17,8	26,52	6,02	9,69	4,8	9,22	2,47	11,09
2007	95,75	3,66	29,85	7,1	11,67	31,93	20,1	19,56	9,21	27,7	20,07	12,46
2008	46,55	68,95	86,31	68,23	33,92	20,63	6,81	54,16	24,28	11,45	7,43	10,1
2009	56,73	39,81	73,54	6,88	3,38	6,34	6,1	5,03	4,17	10,49	5,53	13,87
2010	64,99	81,86	82,97	114,9	16,06	30,98	11,31	5,86	12,45	8,91	9,36	55,17
2011	29,64	58,98	29,05	114,7	16,45	15,95	15,16	87,26	15,08	5,87	17,24	21,52
2012	82,69	71,64	85,61	41,37	98,22	15,69	8,74	9,73	9,86	19,49	9,48	13,87
2013	44,72	78,52	121,2	77,47	19,73	21,85	6,39	7,05	5,37	13,81	11,07	13,24
2014	80,91	65,26	23,63	13,75	47,42	51,62	7,23	10,31	16,75	26,18	8,88	14,59
2015	48,9	75,15	50,65	67,48	81,92	45,24	6,78	5,31	2,11	31,72	73,25	63,94
2016	68,37	56,03	90,39	80,98	22,45	12,66	5,99	3,17	13,89	7,72	8,37	11,26
2017	89,24	93,52	128,2	157,3	69,71	24,34	15,49	12,29	9,41	40,68	19,67	29,7
2018	37,96	81,84	51,29	67,22	65,94	14,03	16,31	9,03	5,72	7,37	7,53	51,75

2019	76,11	92,08	89,11	76,38	57,47	51,75	28,08	4,75	6,15	12,07	51,13	44,31
2020	99,7	42,68	63,88	47,28	14,76	21,77	26,49	12,82	4,86	24,89	25,58	46,41
2021	62,997	48,41	109,3	37,56	55,76	25,03	5,96	4,68	29,86	32,01	17,93	48,35
2022	79,1	68,97	130,9	42,01	26,71	29,08	13,88	5,29	14,75	12,94	18,32	6,71
2023	56,11	60,87	63,65	132,4	71,01	22,44	32,66	107,5	10,48	13,28	21,57	36,89
2024	72,1	90,27	12,91	30,98	55,29	64,83	14,31	17,56	17,6	48,57	24,82	37,07

Elaborado por: (Culqui & Carvajal, 2025)

Se analizaron los registros de precipitaciones máximas mensuales seleccionando los valores máximos anuales para realizar un estudio estadístico profundo. A partir de estos datos, se calcularon las principales estadísticas métricas, incluyendo el valor máximo y mínimo, la media, la varianza, la desviación estándar y el coeficiente de sesgo. Estos indicadores permitieron caracterizar la distribución y variabilidad de las precipitaciones extremas a lo largo del tiempo, identificando tanto la tendencia central como la dispersión y asimetría de los datos, lo cual es fundamental para comprender el comportamiento climático y evaluar posibles riesgos hidro meteorológicos.

Cálculo de parámetros estadísticos comprendidos entre los años 2001-2024

La **Tabla 11** presenta los parámetros estadísticos correspondientes al período comprendido entre los años 2001 y 2024, facilitando una comprensión clara y detallada de la variabilidad y tendencias en los datos analizados.

Tabla 11. ***Parámetros estadísticos comprendidos entre los años 2001-2024***

Parámetros estadísticos comprendidos entre los años 2001-2024

PARÁMETROS ESTADISTICOS	P24hr	Log(P24hr)
Número de datos (N)	**24,00**	**24,000**
Sumatoria	**2489,49**	**48,078**
Valor Máximo	**170,73**	**2,232**
Valor Mínimo	**69,71**	**1,843**
Media:	**103,73**	**2,005**

Varianza:	**708,96**	**0,011**
Desviación Estándar:	**26,63**	**0,105**
Coeficiente Variación:	**0,26**	**0,053**
Coeficiente de Sesgo:	**0,98**	**0,4971**
Se Considera:	**Aplicar pruebas para detectar datos dudosos altos y bajos**	

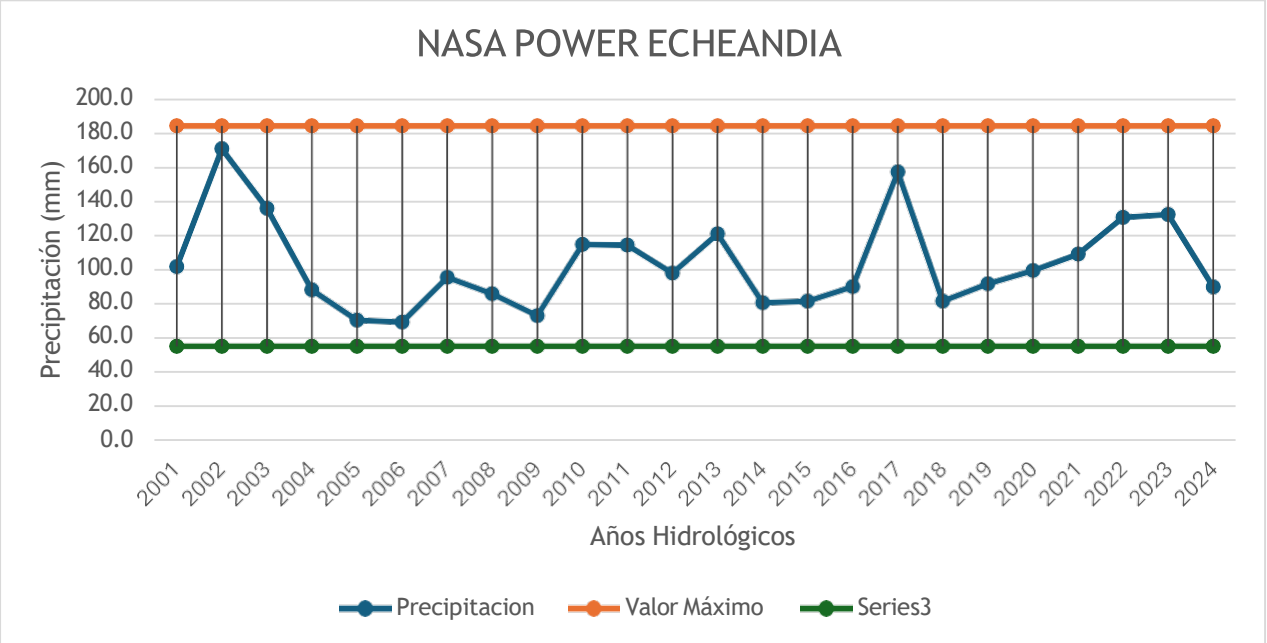
Elaborado por: (Culqui & Carvajal, 2025)

Diagrama de Outlier

El **Gráfico 2** presenta la variabilidad anual de las precipitaciones máximas diarias en Echeandía entre 2001 y 2024, destacando picos significativos en los años 2002, 2013 y 2017. Se observa que la mayoría de los valores anuales se mantienen por debajo del valor máximo absoluto, lo que indica eventos extremos poco frecuentes. La tendencia general muestra fluctuaciones sin un patrón claramente creciente o decreciente, reflejando la alta variabilidad interanual típica de las precipitaciones en la región. Esta información es fundamental para la gestión del riesgo hídrico y la planificación de infraestructuras resistentes a eventos extremos.

Gráfico 2. ***Diagrama de Outlier***

Diagrama de Outlier



Elaborado por: (Culqui & Carvajal, 2025)

Precipitaciones diarias máximas probables para distintas frecuencias

La **Tabla 12** indica las precipitaciones diarias máximas probables para distintos periodos de retorno, utilizando el método de Hydrognomon, mostrando un incremento significativo de los valores a medida que aumenta el periodo, lo que evidencia la aparición de eventos extremos poco frecuentes, pero de gran magnitud. El factor de ajuste aplicado permite corregir los valores estimados, brindando resultados más realistas y útiles para la planificación.

Se observa que, para un periodo de retorno de 50 años la precipitación máxima es alrededor de 193,422 mm, y para un periodo de 100 años, la precipitación máxima corregida alcanza 206,732 mm.

Tabla 12. ***Precipitaciones diarias máximas posibles para distintas frecuencias***

Precipitaciones diarias máximas posibles para distintas frecuencias

Precipitaciones Diarias Máximas Probables para distintas frecuencias			
Factor de ajuste	**1,13**	***Número de observaciones por día =***	1

Periodo de Retorno T (años)	**Hydrognomon Pmax (mm)**	**Pmax Corregido (mm)**	**Probabilidad de no excedencia P**
2	**98,959**	111,823	0,500000
5	**124,547**	140,738	0,800000
10	**140,281**	158,518	0,900000
25	**158,589**	179,206	0,960000
50	**171,170**	193,422	0,980000

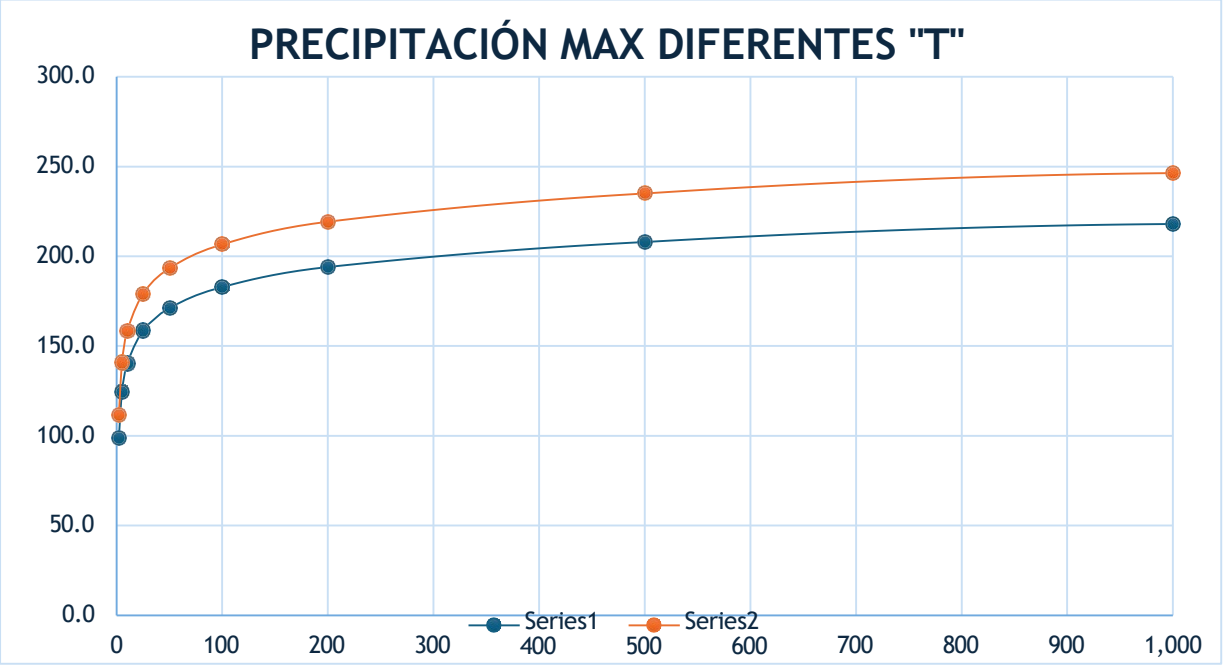
	100	**182,949**	206,732	0,990000
	200	**194,089**	219,321	0,995000
	500	**208,020**	235,063	0,998000
	1000	**218,059**	246,407	0,999000
	10000	**249,013**	281,385	0,999900

Elaborado por: (Culqui & Carvajal, 2025)

El G**ráfico 3** muestra las máximas precipitaciones en diferentes periodos de retorno, siguiendo una curva asintótica. La Serie 2 presenta valores superiores a la Serie 1, indicando posibles diferencias en el método de estimación o ajuste. Esta tendencia resalta la importancia de considerar eventos extremos poco frecuentes en la planificación. Además, la diferencia entre ambas series se resalta a mayores periodos de retorno.

Gráfico 3. ***Representación de las precipitaciones máximas en un Tr de 50 años***

Representación de las precipitaciones máximas en un Tr de 50 de años



Elaborado por: (Culqui & Carvajal, 2025)

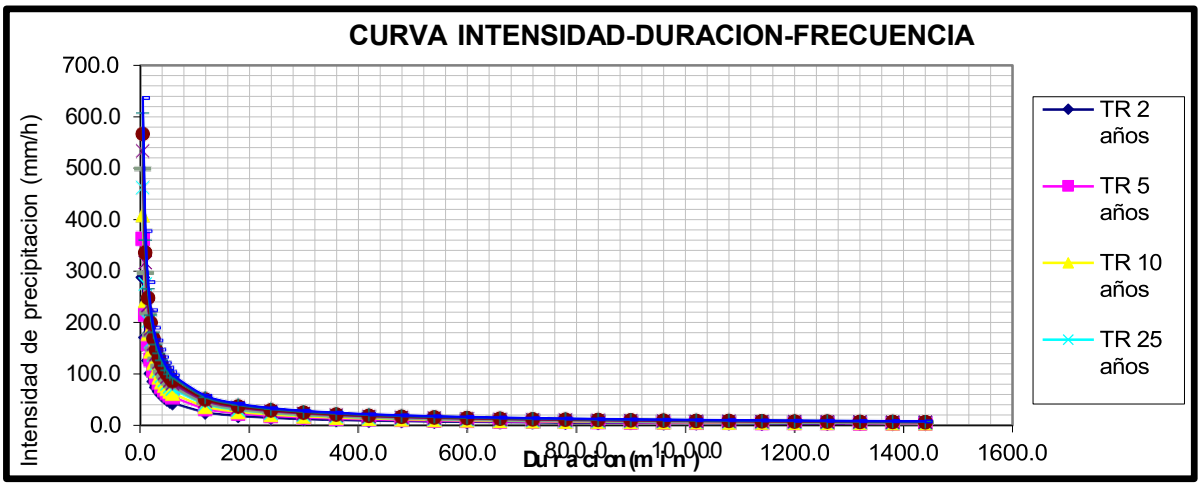
El aumento progresivo de las lluvias máximas tiene una incidencia directa sobre la respuesta hidrológica de la cuenca del río Osoloma. Debido a sus características morfométricas como la forma compacta, pendientes suaves en la parte baja y alta densidad de drenaje, la cuenca responde rápidamente a las precipitaciones intensas, concentrando los caudales en pocas horas. Por esta razón eventos con periodos de retorno de 50 y 100 años generan caudales de diseño extremos, que superan la capacidad hidráulica del cauce del río, provocando desbordamiento generalizados en los barrios Malecón Alto y Bajo.

Curva de intensidad, duración y frecuencia IDF

La curva IDF en el G**ráfico 4** indica que la intensidad de la duración disminuye rápidamente a medida que aumenta la duración del evento. Para un mismo período de retorno, las lluvias más intensas se presentan en intervalos cortos, mientras que para períodos de retorno mayores (TR 50 años), las intensidades máximas son significativamente superiores. Las diferencias entre las curvas de distintos TR se acentúan en duraciones cortas, lo que es crucial para el diseño de drenajes urbanos y obras hidráulicas. Esta información permite estimar el riesgo de inundaciones y dimensionar adecuadamente infraestructuras frente a eventos.

Gráfico 4. ***Curva de intensidad, duración y frecuencia IDF***

Curva de intensidad, duración y frecuencia IDF



Elaborado por: (Culqui & Carvajal, 2025)

Caudales máximos para diferentes periodos de retorno

La **Tabla 13** muestra los caudales máximos estimados mediante la distribución de Gumbel para diferentes periodos de retorno, lo que permite analizar la probabilidad de ocurrencia de eventos extremos de crecida en el río Osoloma. Se observa que los valores de caudal aumentan progresivamente conforme se incrementa el periodo de retorno, desde 98,959 m^3/s para 2 años hasta 218,059 m^3/s para 1000 años, lo que refleja que, aunque los eventos de gran magnitud son menos frecuentes, su impacto potencial es considerablemente mayor. Esta relación directa entre el periodo de retorno y el caudal máximo evidencia la necesidad de incorporar medidas de regulación del uso del suelo y gestión del riesgo en las zonas aledañas al cauce, especialmente en áreas urbanas expuestas. En términos hidrológicos, la tendencia creciente confirma la variabilidad natural de las avenidas máximas, indicando que la cuenca responde de manera sensible a eventos extremos, por lo que resulta esencial considerar estos valores en el dimensionamiento de infraestructuras hidráulicas y en la planificación territorial del cantón Echeandía.

Tabla 13. ***Caudales máximos para diferentes periodos de retorno para una distribución Gumbel***

Caudales máximos para diferentes periodos de retorno para una distribución Gumbel

Caudales máximos para diferentes periodos de retorno para una distribución Gumbel			
T (años)	**Probabilidad de Excedencia P = F(x)**	**Probabilidad de no Excedencia 1-F(x)**	**Z**
2	0,500	0,500	**98,959**
5	0,200	0,800	**124,547**
10	0,100	0,900	**140,281**
25	0,040	0,960	**158,589**
50	0,020	0,980	**171,170**
100	0,010	0,990	**182,949**
200	0,005	0,995	**194,089**

500	0,002	0,998	**208,020**
1000	0,001	0,999	**218,059**

Elaborado por: (Culqui & Carvajal, 2025)

Fórmula

Hietograma de precipitación para 50 años

La fórmula proviene del análisis estadístico de precipitaciones máximas registradas en una zona.

Se utiliza para construir curvas IDF (Intensidad–Duración–Frecuencia), que permiten estimar la lluvia máxima esperada para diferentes tiempos de duración y periodos de retorno.

$$I = \frac{K\ x\ T^m}{D^n}$$

I= Intensidad de precipitación de diseño mm/h

K= Coeficiente empírico, depende de la región o estación meteorológica

T= Periodo de retorno

D= Duración de las lluvias

m= Exponente asociado al periodo de retorno

n= Exponente asociado a duración

Hietograma de precipitación para 50 años

Tabla 14. Cálculo del tiempo de retorno de 50 años

Cálculo del tiempo de retorno de 50 años

Hietograma de precipitación de diseño		
K =	**48,143**	$I = \frac{48.143 \times T^{0.2180}}{D^{0.751}}$
T =	**50**	
m =	**0,1435**	
n =	**0,750**	

Método del Bloque Alterno					
Duración	Intensidad	Profundidad Acumulada	Profundidad Incremental	Tiempo	Precipitación
Min	mm/hr	mm	mm	min	Mm
60	3,915	3,915	3,915	0-60	0,092
120	2,328	4,656	0,741	60-120	0,098
180	1,717	5,152	0,497	120-180	0,105
240	1,384	5,537	0,384	180-240	0,114
300	1,171	5,854	0,318	240-300	0,125
360	1,021	6,127	0,273	300-360	0,139
420	0,910	6,368	0,241	360-420	0,157
480	0,823	6,584	0,216	420-480	0,181
540	0,753	6,781	0,197	480-540	0,216
600	0,696	6,962	0,181	540-600	0,273
660	0,648	7,130	0,168	600-660	0,384
720	0,607	7,287	0,157	660-720	0,741
780	0,572	7,434	0,147	720-780	3,915
840	0,541	7,573	0,139	780-840	0,497
900	0,514	7,705	0,132	840-900	0,318
960	0,489	7,830	0,125	900-960	0,241
1020	0,468	7,950	0,120	960-1020	0,197
1080	0,448	8,064	0,114	1020-1080	0,168

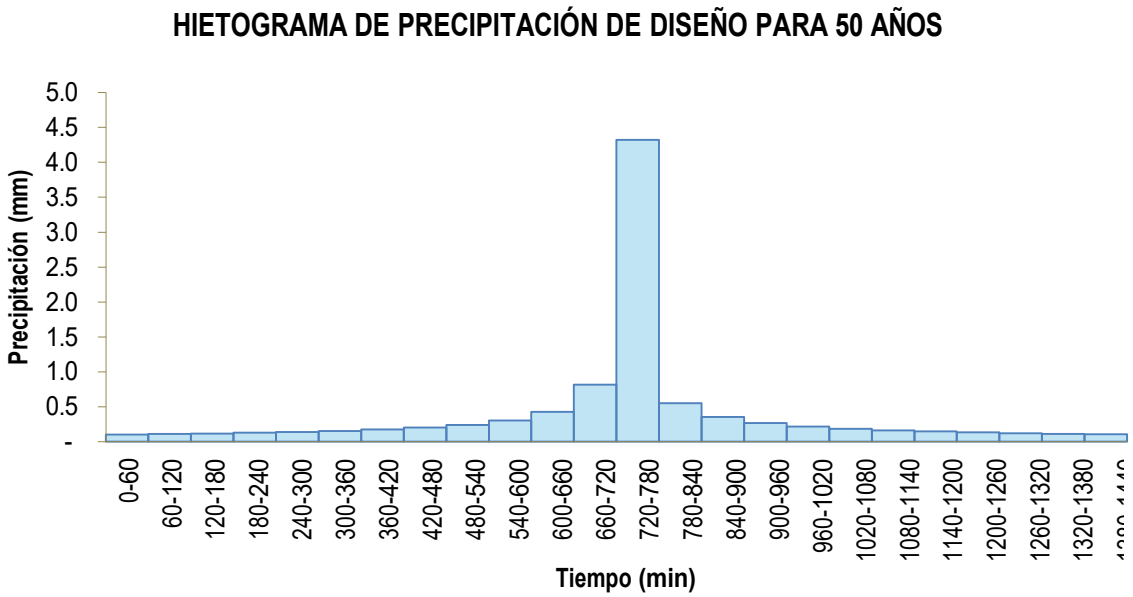
1140	0,430	8,174	0,110	1080-1140	0,147
1200	0,414	8,279	0,105	1140-1200	0,132
1260	0,399	8,381	0,102	1200-1260	0,120
1320	0,385	8,479	0,098	1260-1320	0,110
1380	0,373	8,574	0,095	1320-1380	0,102
1440	0,361	8,665	0,092	1380-1440	0,095

Elaborado por: (Culqui & Carvajal, 2025)

El hietograma en el **gráfico 5** muestra cómo se distribuye la lluvia durante un evento extremo con período de retorno de 50 años. La mayor parte de la precipitación ocurre en el centro de la tormenta (alrededor del minuto 700), indicando el pico de intensidad, mientras que los valores iniciales y finales representan lluvias de baja intensidad.

Gráfico 5.

Hietograma de precipitación para un Tr 50 años



Elaborado por: (Culqui & Carvajal, 2025)

Hietograma de precipitación para 100 años

Tabla 15. Cálculo del tiempo de retorno de 100 años

Cálculo del tiempo de retorno de 100 años

Hietograma de precipitación de diseño

K =	**48,143**
T =	**100**
m =	**0,1435**
n =	**0,750**

$$I = \frac{48.143 \times T^{0.2180}}{D^{0.751}}$$

METODO DEL BLOQUE ALTERNO

DURACION	INTENSIDAD	PROFUNDIDAD ACUMULADA	PROFUNDIDAD INCREMENTAL	TIEMPO	PRECIPITACION
Mın	mm/hr	mm	mm	min	Mm
60	4,324	4,324	4,324	0-60	0,101
120	2,571	5,143	0,818	60-120	0,108
180	1,897	5,691	0,549	120-180	0,117
240	1,529	6,116	0,424	180-240	0,126
300	1,293	6,467	0,351	240-300	0,138
360	1,128	6,768	0,302	300-360	0,154
420	1,005	7,034	0,266	360-420	0,173
480	0,909	7,273	0,239	420-480	0,200
540	0,832	7,490	0,217	480-540	0,239
600	0,769	7,690	0,200	540-600	0,302
660	0,716	7,875	0,185	600-660	0,424

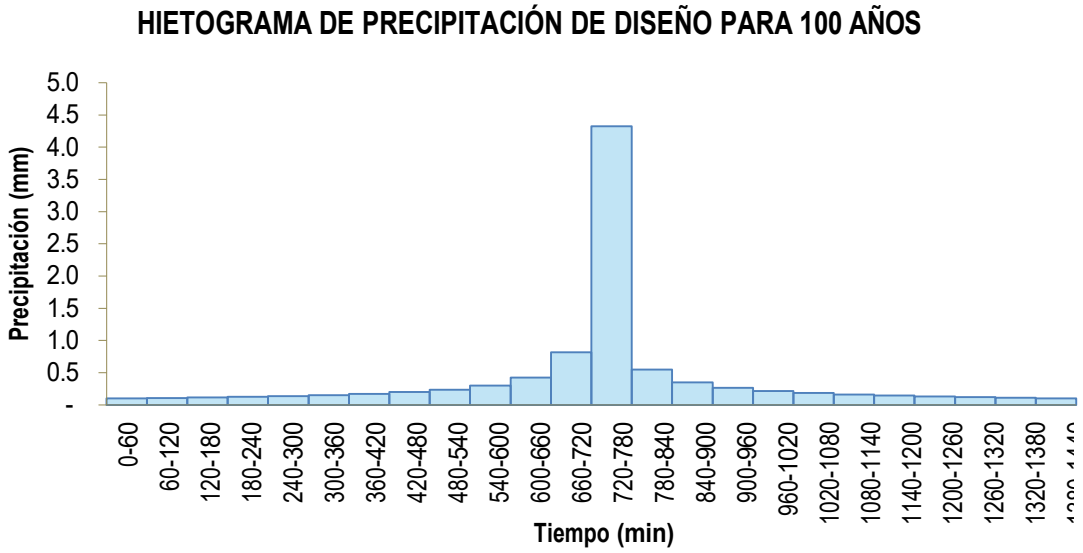
720	0,671	8,049	0,173	660-720	0,818
780	0,632	8,211	0,163	720-780	4,324
840	0,597	8,365	0,154	780-840	0,549
900	0,567	8,510	0,146	840-900	0,351
960	0,541	8,649	0,138	900-960	0,266
1020	0,517	8,781	0,132	960-1020	0,217
1080	0,495	8,907	0,126	1020-1080	0,185
1140	0,475	9,029	0,121	1080-1140	0,163
1200	0,457	9,145	0,117	1140-1200	0,146
1260	0,441	9,257	0,112	1200-1260	0,132
1320	0,426	9,366	0,108	1260-1320	0,121
1380	0,412	9,470	0,105	1320-1380	0,112
1440	0,399	9,572	0,101	1380-1440	0,105

Elaborado por: (Culqui & Carvajal, 2025)

El hietograma en el **Gráfico 6** de precipitación de diseño para 100 años muestra la distribución temporal de una lluvia extrema con una probabilidad de ocurrencia del 1 % anual. La mayor intensidad se presenta entre los 660 y 720 minutos, alcanzando cerca de 4,8 mm, mientras que en los demás intervalos la precipitación es baja. Este patrón indica una tormenta concentrada, típica de eventos de diseño usados para calcular caudales máximos y dimensionar obras hidráulicas que deben soportar lluvias de gran magnitud y baja frecuencia.

Gráfico 6. Hietograma de precipitación para un Tr 100 años

Hietograma de precipitación para un Tr 100 años



Elaborado por: (Culqui & Carvajal, 2025)

Caudales máximos para un tiempo de retorno de 50 y 100 años

En la **tabla 16** se presentan los tiempos de retorno de 50 y 100 años, expresados en segundos y su equivalente en horas, junto con el nivel de caudal correspondiente en metros cúbicos por segundo. Se considera que durante la primera hora se producirá el incremento máximo del caudal para ambos períodos de retorno, y después va disminuyendo de forma continua.

Tabla 16. ***Incremento - Comparativo entre el caudal Tr 50 y Tr 100***

Incremento - Comparativo entre el caudal Tr 50 y Tr 100

Tr 50		Tr 100	
Tiempos segundos	Caudal m3/s	Tiempos segundos	Caudal m3/s
3600	234,90	3600	259,47
7200	139,67	7200	154,28

10800	103,05	10800	113,83
14400	83,05	14400	91,3
18000	70,25	18000	77,60
21600	61,27	21600	67,68
25200	54,58	25200	60,29
28800	49,38	28800	54,55
32400	45,21	32400	49,93
36000	41,77	36000	46,14
39600	38,89	39600	42,96
43200	36,43	43200	40,24
46800	34,31	46800	37,90
50400	32,46	50400	35,85
54000	30,82	54000	34,04
57600	29,36	57600	32,43
61200	28,06	61200	30,99
64800	26,88	64800	29,69
68400	25,81	68400	28,51
72000	24,84	72000	27,44
75600	23,95	75600	26,45
79200	23,12	79200	25,54
82800	22,37	82800	24,70
86400	21,66	86400	23,93

Elaborado por: (Culqui & Carvajal, 2025)

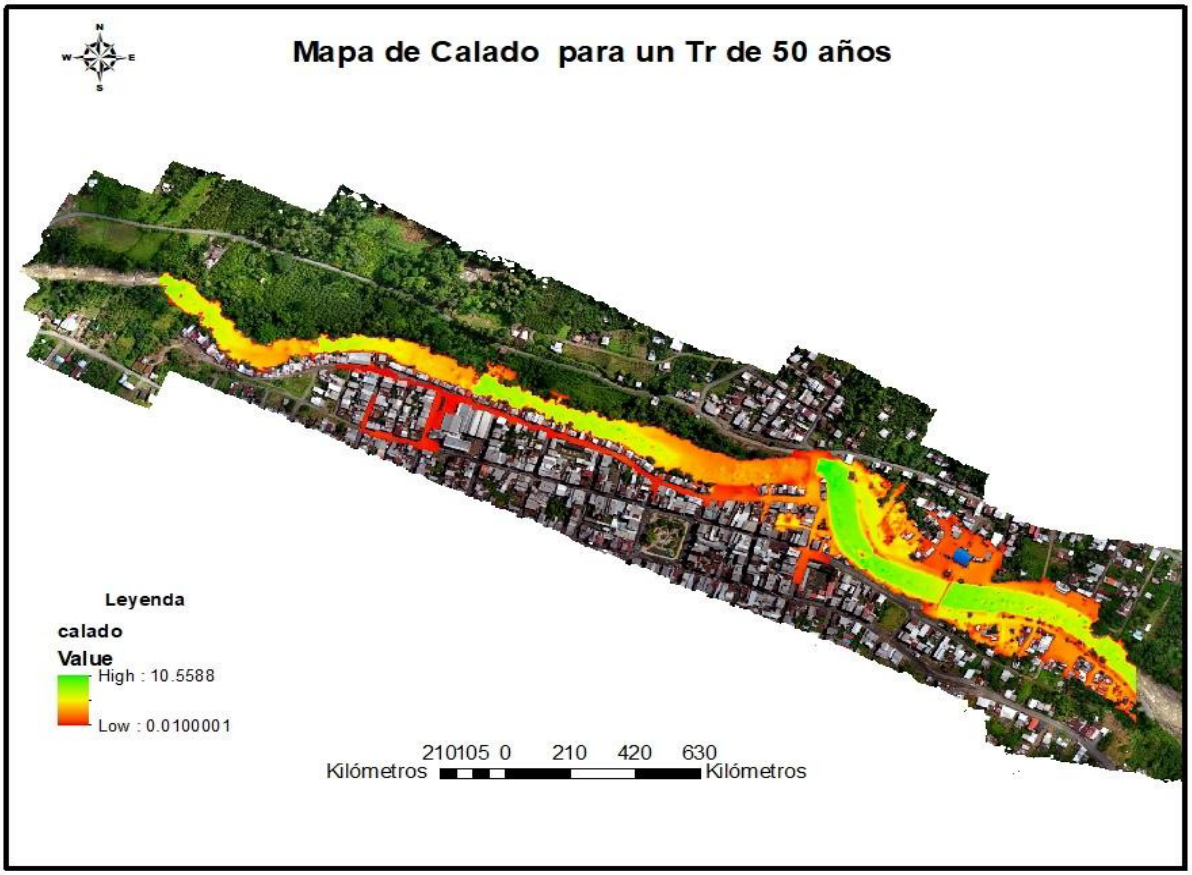
5.1.4 Modelamiento Hidráulico

Calado para tiempo de retorno (Tr) 50 años

En el **Mapa 3** muestra el modelamiento hidráulico del río Osoloma en el área urbana del cantón Echeandía, se observa que el calado (profundidad del agua), la escala pintada a la derecha indica que los colores varían desde el naranja, que representa las zonas menos profundas (alrededor de 0,01 a 1,2 metros), pasando por verdes y amarillos para profundidades intermedias (2 a 5 metros), hasta naranjas y rojos que señalan las áreas de mayor profundidad, alcanzando hasta 10,77 metros; este tipo de modelamiento hidráulico nos permite identificar claramente cómo se distribuyen las diferentes profundidades a lo largo del cauce.

Mapa 3. Calado para un Tr de 50 años.

Calado para un Tr de 50 años.



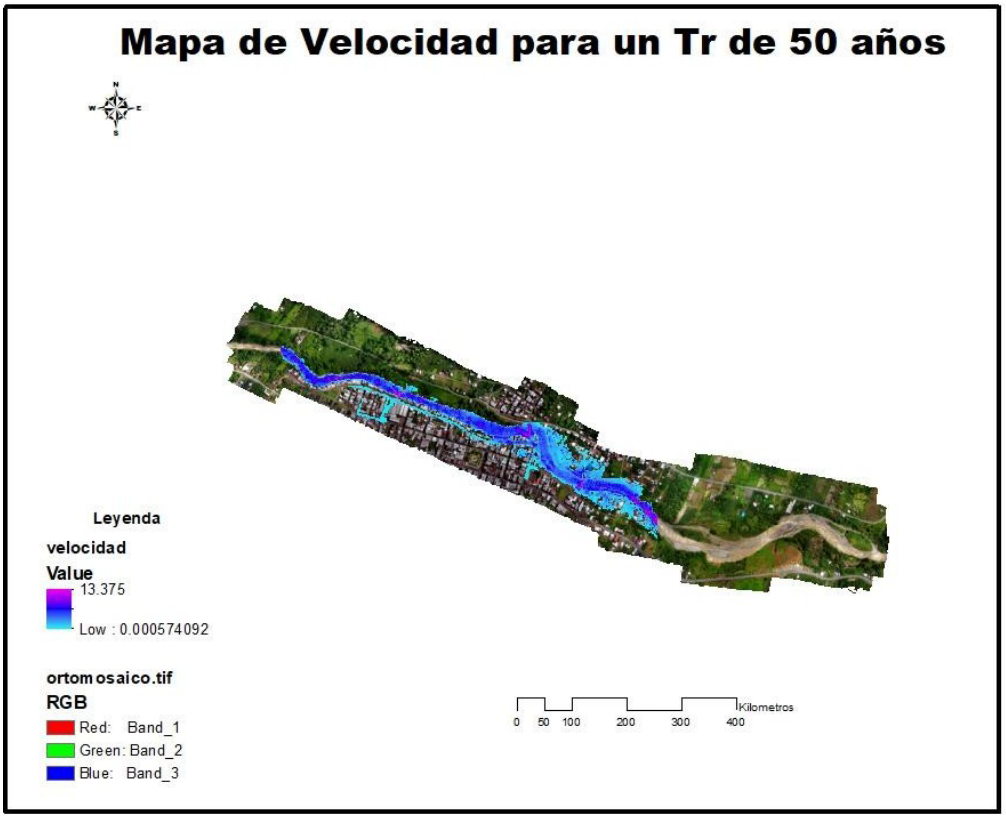
Elaborado por: (Culqui & Carvajal, 2025)

Velocidad para tiempo de retorno (Tr) 50 años

El **Mapa 4** indica la velocidad de caudal para un periodo de retorno de 50 años muestra la distribución del flujo en un tramo urbano del río Osoloma, donde las zonas con mayores velocidades (representadas en colores cálidos) se concentran en sectores estrechos y curvas del cauce, indicando alto riesgo de erosión e impacto sobre infraestructuras cercanas, mientras que las áreas de baja velocidad (en azul) podrían estar asociadas a zonas de acumulación o inundación. La velocidad máxima reportada (13.75 m/s) parece inusualmente alta, en donde resalta la necesidad de medidas de mitigación en áreas críticas y una gestión adecuada del riesgo hídrico en contextos urbanos.

Mapa 4. Velocidad para un Tr de 50 años.

Velocidad para un Tr de 50 años.



Elaborado por: (Culqui & Carvajal, 2025)

Calado para tiempo de retorno (Tr) 100 años

En el **Mapa 5** muestra el modelamiento hidráulico del río Osoloma en el área urbana del cantón Echeandía, podemos observar que el calado (profundidad del agua) en un evento extremo, alcanzando valores máximos de hasta 10,67 metros, concentrados en zonas específicas del cauce, principalmente en curvas y áreas bajas donde se observa mayor acumulación de flujo (colores rojos y naranjas). Estas zonas representan un riesgo significativo de inundación para las áreas urbanas circundantes, especialmente en sectores densamente poblados y con infraestructura expuesta. La presencia de calados elevados sugiere la necesidad urgente de estrategias de mitigación como la recuperación de zonas inundables, la reubicación de asentamientos vulnerables y la implementación de obras hidráulicas para controlar el desbordamiento en eventos extremos.

Mapa 5. Calado para un Tr de 100 años.

Calado para un Tr de 100 años.



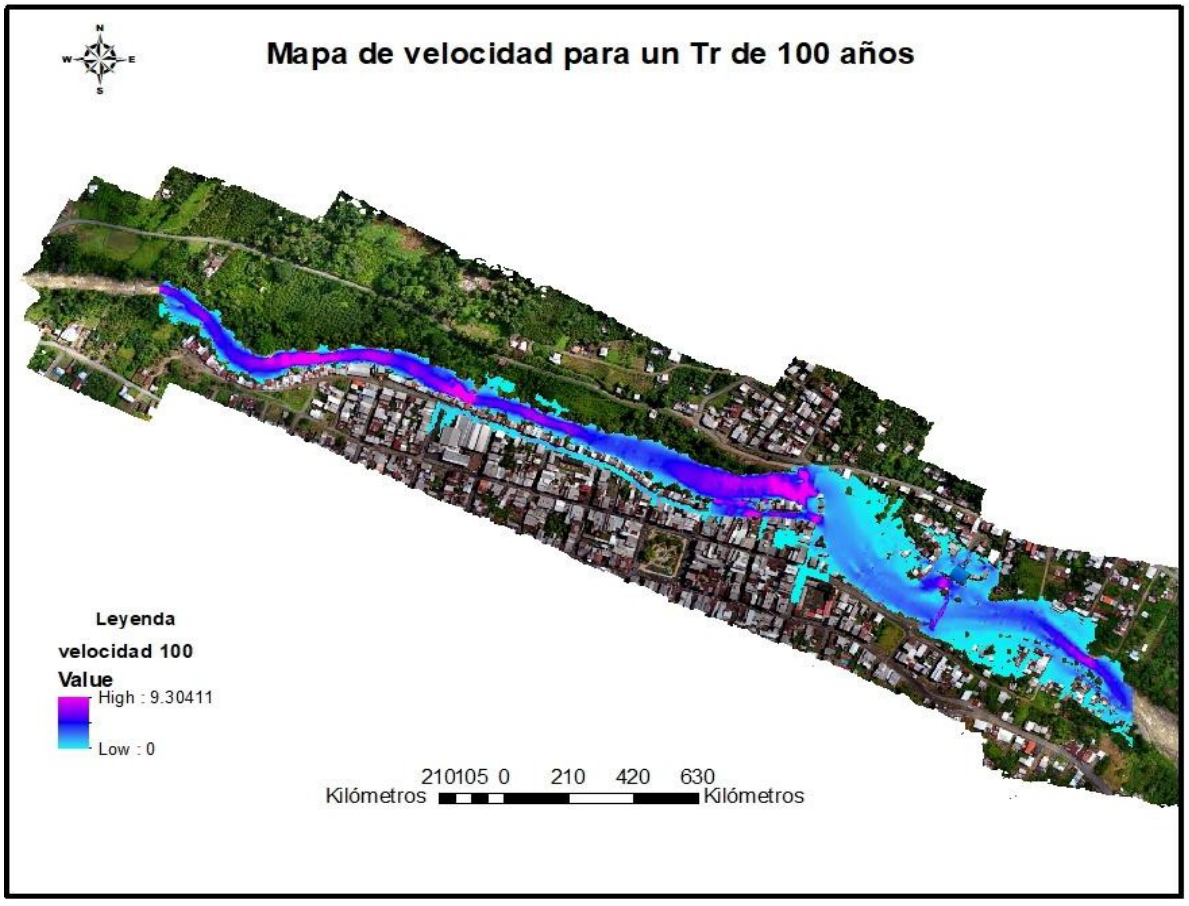
Elaborado por: (Culqui & Carvajal, 2025)

Velocidad para tiempo de retorno (Tr) 100 años

El M**apa 6** muestra la velocidad del flujo de agua en el río Osoloma**,** el cual atraviesa la zona urbana, utilizando un modelamiento hidráulico, la leyenda se deferencia por colores para indicar las distintas velocidades alcanzadas en diferentes tramos del cauce, alcanzando velocidades máximas de hasta 9,3 m/s, especialmente en zonas estrechas, curvas del cauce y puntos de confluencia, donde el flujo se acelera considerablemente (tonos rosados y púrpuras). Estas velocidades elevadas indican un alto potencial de erosión, socavación y daños a la infraestructura urbana cercana, mientras que las áreas con velocidades más bajas (tonos azules) sugieren sectores propensos a la sedimentación o inundación lenta.

Mapa 6. Velocidad para un Tr de 100 años.

Velocidad para un Tr de 100 años.



Elaborado por: (Culqui & Carvajal, 2025)

5.1.5 Zonificación de la amenaza de inundación

La T**abla 17** muestra la clasificación del nivel de amenaza de inundación en función de la velocidad del flujo del agua, estableciendo tres rangos: **alto** (≥ 0,50 m/s), **medio** (0,081 a 0,49 m/s) y **bajo** (< 0,080 m/s). Esta categorización permite identificar áreas de mayor riesgo durante eventos hidrológicos extremos, siendo las zonas con velocidades altas las más propensas a generar daños significativos por arrastre, erosión o impacto estructural. En contraste, las áreas con velocidades bajas, aunque menos destructivas, pueden presentar problemas por acumulación de agua o sedimentación, lo que también requiere medidas de manejo y prevención adecuadas.

Tabla 17. Niveles de amenaza de inundación

Niveles de amenaza de inundación

Nivel de Amenaza de Inundación	Rangos
Alto	≥0,50 $m^s/_s$
Medio	De 0,081 a 0,49 m^s/s
Bajo	< 0,080 $m^s/_s$

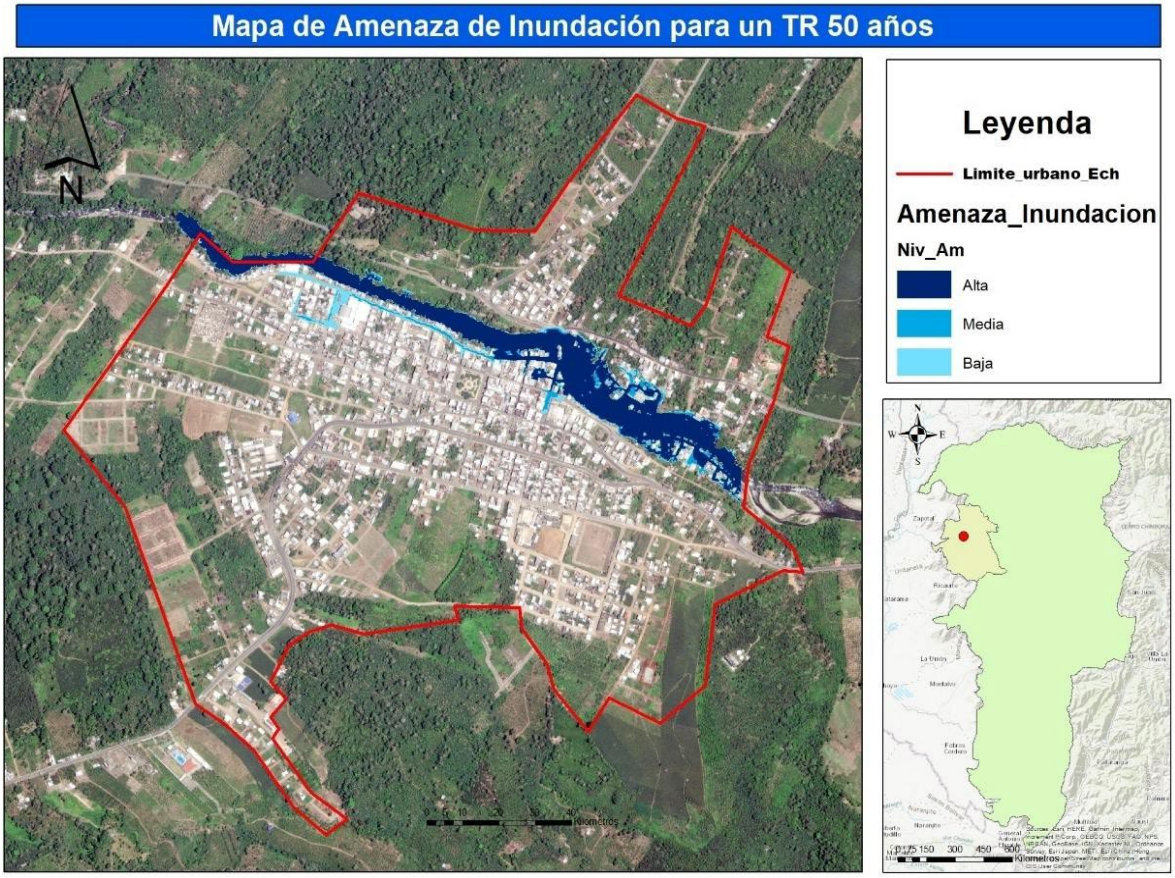
Elaborado por: (Culqui & Carvajal, 2025)

5.1.6 Mapa de Amenaza de Inundación para un Tr 50 años

El **Mapa 7** de amenaza de inundación para un periodo de retorno de 50 años, este escenario permite analizar un evento de precipitación intensa pero recurrente, cuya magnitud corresponde a una lluvia máxima diaria estimada en 112,1 mm, según los resultados estadísticos realizados con hydrognomon.

Mapa 7. Nivel de amenaza de inundaciones a un Tr de 50 años

Nivel de amenaza de inundaciones a un Tr de 50 años



Elaborado por: (Culqui & Carvajal, 2025)

5.1.7 Áreas en Ha. según el nivel de amenaza.

La **Tabla 18** muestra que en el cantón Echeandía, específicamente en los barrios Malecón Alto y Bajo, el 79% del área expuesta a inundaciones (10.81 ha) se encuentra bajo un nivel de amenaza alta, lo que indica una situación crítica en términos de vulnerabilidad ante eventos hidrometeorológicos. Las áreas con amenaza media y baja representan solo el 10% (1.44 ha) y 11% (1.54 ha) respectivamente, lo que refuerza la necesidad de priorizar intervenciones en los sectores de mayor riesgo. Este panorama exige acciones urgentes como obras de mitigación, reubicación de población vulnerable y la implementación de un sistema de alerta temprana para reducir el impacto de posibles inundaciones.

Tabla 18. Nivel de amenaza expuesta en Ha a un Tr de 50 años

Nivel de amenaza expuesta en Ha a un Tr de 50 años

Cantón	Barrios	Nivel de Amenaza	Area expuesta en Ha	Porcentaje
Echeandía	Malecón Alto y Bajo	Alta	10.81	79
		Media	1.44	10
		Baja	1.54	11
		Total	13.80	100

Elaborado por: (Culqui & Carvajal, 2025)

5.1.8 Mapa de Amenaza de Inundación para un Tr 100 años

El **Mapa 8** de amenaza de inundación para un periodo de retorno de 100 años, generado a partir del modelamiento hidráulico, corresponde a un evento hidrometereológico extremo, con una precipitación máxima diaria estimada de 121,5 mm, según el análisis estadístico efectuado con hydrognomon.

Mapa 8. Nivel de amenaza de inundaciones a un Tr de 100 años

Nivel de amenaza de inundaciones a un Tr de 100 años



Elaborado por: (Culqui & Carvajal, 2025)

5.1.9 Áreas en Ha. según el nivel de amenaza.

La **Tabla 19** muestra que en los barrios Malecón Alto y Bajo del cantón Echeandía, el 73% del área expuesta a inundaciones (9.33 ha) se encuentra bajo un nivel de amenaza alta, lo que indica una vulnerabilidad significativa ante eventos extremos como una crecida con un periodo de retorno de 100 años. Las áreas con amenaza media y baja representan el 12% (1.544ha) y el 15% (1.92 ha) respectivamente, lo que, aunque menor, también requiere atención. Este panorama resalta la importancia de priorizar intervenciones de mitigación en los sectores más expuestos y fortalecer la planificación territorial para reducir el riesgo y proteger a la población.

Tabla 19. Nivel de amenaza expuesta en Ha a un Tr de 100 años

Nivel de amenaza expuesta en Ha a un Tr de 100 años

Cantón	Barrios	Nivel de Amenaza	Área expuesta en Ha	Porcentaje
Echeandía	Malecón Alto y Bajo	Alta	9,33	73
		Media	1,54	12
		Baja	1,92	15
		Total	12,79	100

Elaborado por: (Culqui & Carvajal, 2025)

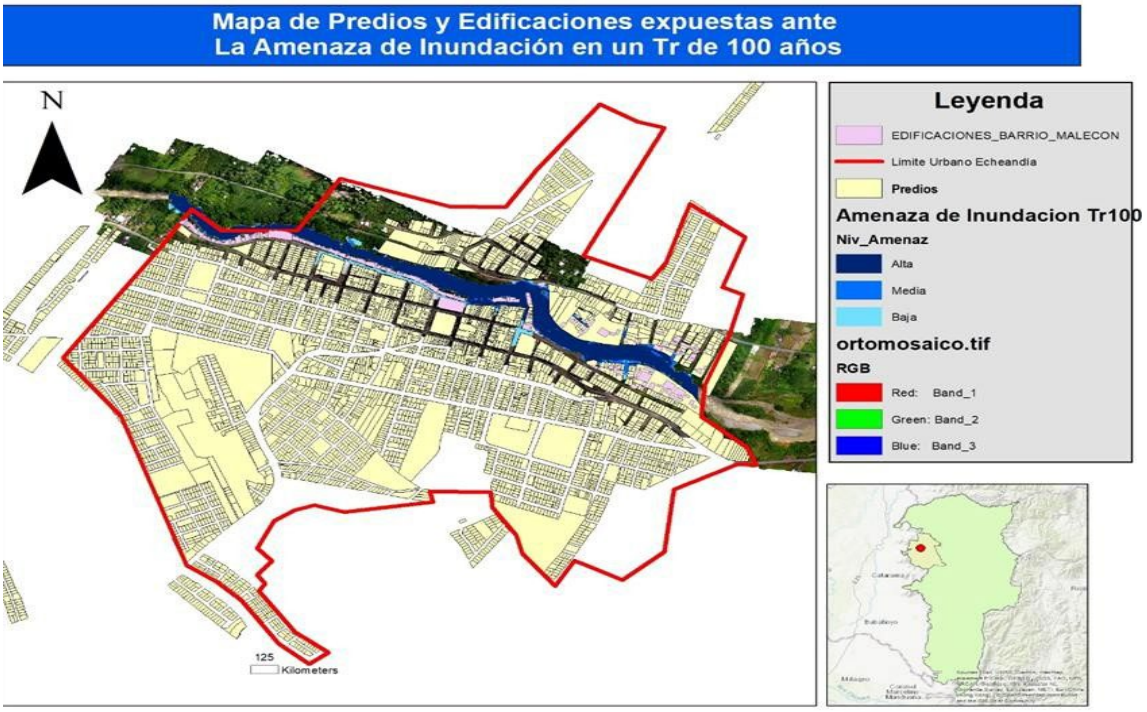
5.2 Resultados Objetivo 2: Delimitar las edificaciones y predios expuestas a la zona de inundación

5.2.1 Delimitación las edificaciones y predios expuestas a la zona de inundación

El **Mapa 9** muestra la localización de predios y edificaciones expuestas a la amenaza de inundación para un periodo de retorno de 100 años en el área urbana de Echeandía. Se observa que una franja significativa de construcciones, especialmente en el sector central del barrio Malecón, se encuentra dentro de zonas de amenaza alta (color azul oscuro), lo que implica un alto riesgo estructural y humano ante posibles eventos extremos. La presencia densa de predios en estas zonas vulnerables evidencia la necesidad urgente de implementar políticas de gestión del riesgo, como reubicación planificada, regulación del uso del suelo y diseño de infraestructura resiliente para proteger a la población y minimizar pérdidas materiales

Mapa 9. Edificaciones y predios expuestas a la zona de inundación

Edificaciones y predios expuestas a la zona de inundación



Elaborado por: (Culqui & Carvajal, 2025)

5.2.2 Exposición de predios o lotes a la amenaza de inundación para un tr de 100 años

La **Tabla 20** muestra la exposición de predios o lotes a la amenaza de inundación para un periodo de retorno de 100 años, según el tamaño del lote. Se observa que los lotes de 300 a 499 m² son los más numerosos y vulnerables, con 13,33% expuestos a amenaza alta y más del 50% a amenaza baja, seguidos por los lotes de 500 a 1499 m² que presentan un 22,50% en zona de amenaza alta. Los lotes menores (≤ 83 m²) también muestran niveles importantes de exposición, destacando su vulnerabilidad social por su posible uso residencial. En general, la distribución evidencia que tanto pequeños como medianos lotes están en zonas de riesgo, lo que requiere acciones diferenciadas de gestión territorial y reducción de vulnerabilidad, priorizando intervenciones donde la concentración de población y riesgo es mayor.

Tabla 20. **Exposición de predios o lotes a la amenaza de inundación para un tr de 100 años**

Exposición de predios o lotes a la amenaza de inundación para un tr de 100 años

Exposición de predios o lotes a la Amenaza de Inundación para un Tr 100 años

Fraccionamiento de lotes mínimos en m2	Alta		Media		Baja		Total	
	Numero	Porcentaje	Numero	Porcentaje	Numero	Porcentaje	Numero	Porcentaje
≤ 71 m2	9	34,62	9	34,62	8	30,77	26	100
72 a 83 m2	2	15,38	4	30,77	7	53,85	13	100
84 a 89 m2	0	0,00	0	0.00	1	100,00	1	100
90 a 99 m2	0	0,00	0	0,00	2	100,00	2	100
100 a 199 m2	13	14,94	24	27,59	50	57,47	87	100
200 a 299 m2	2	5,13	12	30,77	25	64,10	39	100
300 a 499 m2	1	6,67	3	20,00	11	73,33	15	100
500 a 1499 m2	9	22,50	10	25,00	21	52,50	40	100
≥ 1500 m2	6	24,00	7	28,00	12	48,00	25	100

Elaborado por: (Culqui & Carvajal, 2025)

5.3 Resultados Objetivo 3: Diseñar una propuesta para la regulación del uso del suelo para la zona urbana expuesta a la amenaza de inundación

La selección de las variables críticas para la formulación de la propuesta de regulación de uso de suelo y mitigación del riesgo por inundaciones en la cuenca del río Osoloma se basó en un enfoque metodológico mixto, combinando criterios hidrológicos, geomorfológicos, ambientales y socioespaciales.

El propósito fue identificar los factores que ejercen mayor influencia sobre la ocurrencia, magnitud y extensión de las inundaciones en el área de estudio, con el fin de orientar medidas de gestión territorial efectivas y sostenibles.

5.3.1 Diseñar una propuesta para la regulación del uso del suelo para la zona expuesta a la amenaza de inundación.

Propuesta de ordenamiento y regulación urbana para la zona de estudio

Medidas generales

Tabla 21. Matriz de propuesta estructural

Matriz de propuesta estructural

Proyecto	Actividades dentro del proyecto	Responsables y colaboradores
Encauzamiento del río	Construcción de muros de gavión Construcción de muros longitudinales	GADMCE con apoyo del GAD provincial de Bolívar y SNGR
Áreas de amortiguamiento	Construcción de Parques lineales Construcción Parques naturales Reforestación	GADMCE

Sistemas de drenaje	Conducción de agua Instalación de sistemas de almacenamiento temporal. Captación pluvial de agua. Limpieza y mantenimiento de alcantarillado.	Empresa de agua potable y GADMCE

Elaborado por: (Culqui & Carvajal, 2025)

Propuestas No Estructurales

Tabla 22. Matriz de propuesta no estructural

Matriz de propuesta no estructural

Proyecto	**Beneficios dentro del Proyecto**	**Responsables y colaboradores**
Actualización de las ordenanzas del PDOT y PUGS del cantón Echeandía	Revisión y análisis de normativas vigentes. Actualización y diagnósticos territoriales. Incorporación de estrategias para la gestión de riesgo en el PDOT Y PUGS cantonal.	GADMCE unidad de gestión de Riesgos
Restricción de construcciones	Actualización y fortalecimiento de ordenanzas municipales (PDOT y PUGS). Supervisión y fiscalización continua.	GADMCE, dirección de planificación, departamento jurídico.

	Incorporación de los estándares técnicos nacionales y resoluciones vigentes.	
Reubicación	Coordinación interinstitucional. Diagnóstico y evaluación de la situación de viviendas y familias. Proyectos de reubicación de vivienda. Regularización legal y administrativa.	GADMCE, MIDUVI, MIES, SNGR.
Sistemas de Alerta Temprana	Sistema de monitoreo hidrometeorológico continuo. Activación de protocolos automáticos y manuales de alerta. Implementación de alertas comunitarias. Difusión y comunicación efectiva de la alerta a la población.	Unidad se gestión de riesgos del cantón Echeandía, SNGR, UEB
Planes de Contingencia	Identificación y análisis de riesgos. Preparación comunitaria y capacitación. Planificación de evacuación y definición de rutas seguras. Simulaciones y simulacros.	Unidad se gestión de riesgos del cantón, Echeandía, SNGR, UEB

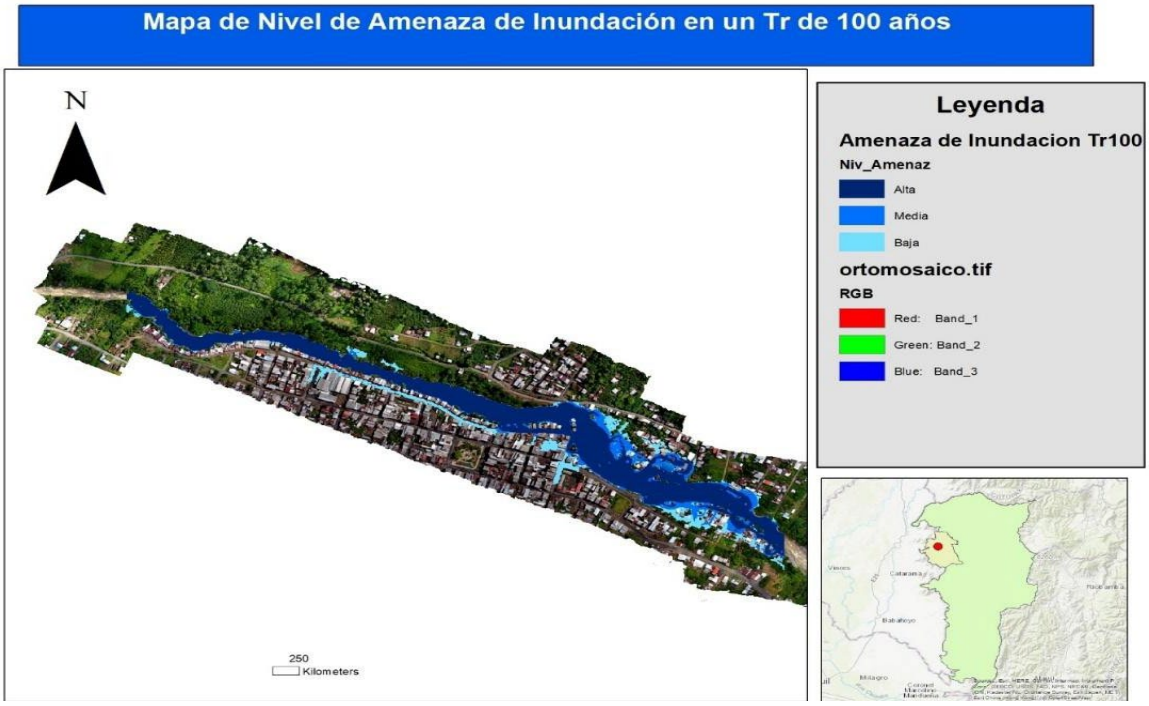
Elaborado por: (Culqui & Carvajal, 2025)

Edificaciones expuestas en los Barrios Malecón Alto y Bajo

En el **Mapa 10** muestra que el río Osoloma presenta una alta susceptibilidad a desbordamientos durante eventos de precipitación extrema, especialmente en el sector urbano del cantón Echeandía. Se identifican zonas de alta amenaza en los barrios Malecón Bajo y Malecón Alto, donde las profundidades del agua superan los 1,5 metros, afectando viviendas, vías y servicios básicos. Las áreas de amenaza media se ubican en el sector central, mientras que las zonas de amenaza baja corresponden a áreas periféricas con encharcamientos temporales. Esta distribución se debe a la forma compacta de la cuenca, la baja pendiente del terreno y la ocupación urbana en zonas ribereñas, factores que incrementan la escorrentía y reducen la capacidad de conducción del cauce. En consecuencia, el mapa evidencia que gran parte del casco urbano se encuentra expuesto a inundaciones severas, lo que subraya la necesidad de incorporar medidas de regulación del uso del suelo, drenaje y protección ribereña dentro de la planificación territorial del cantón.

Mapa 10. Nivel de amenaza de inundación para un Tr 100 años

Nivel de amenaza de inundación para un Tr 100 años



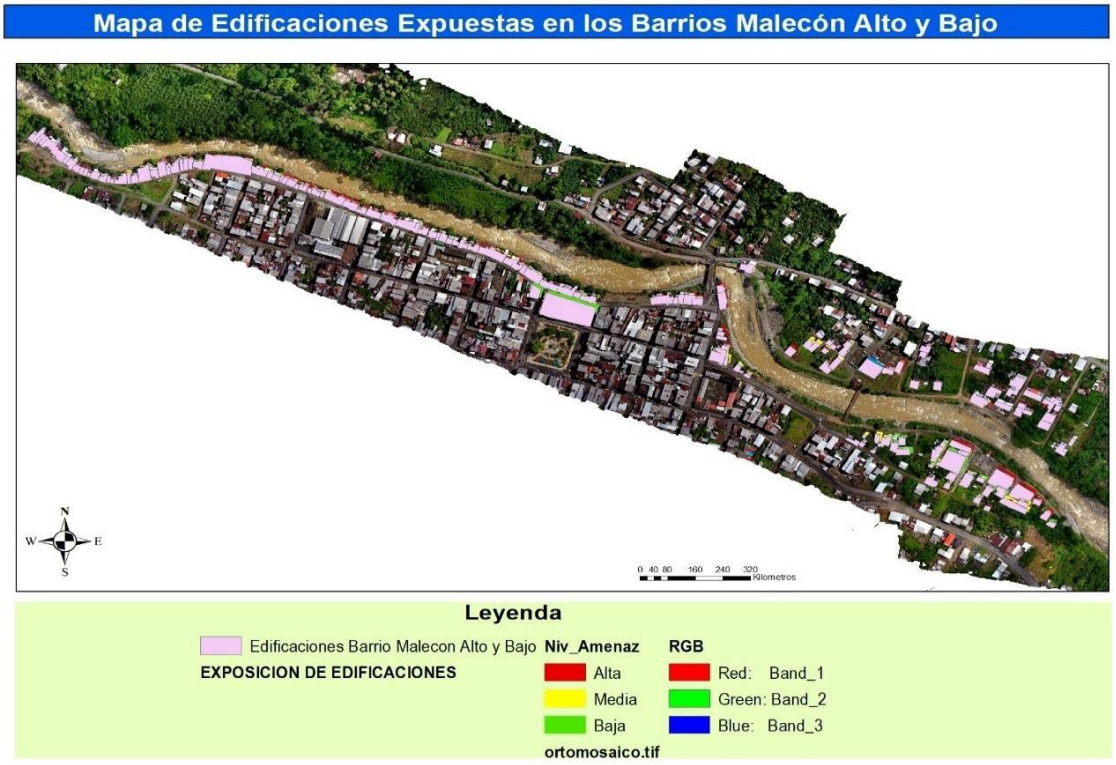
Elaborado por: (Culqui & Carvajal, 2025)

Mapa de edificaciones expuestas en los Barrios Malecón Alto y Bajo

El **Mapa 11** evidencia que una parte significativa de las viviendas del cantón Echeandía se encuentra dentro del área de amenaza alta y media de inundación a lo largo del río Osoloma. Las edificaciones ubicadas en las zonas más próximas al cauce especialmente en el sector del Malecón Bajo presentan mayor nivel de exposición, ya que se asientan en la franja natural de inundación donde el flujo alcanza profundidades considerables durante eventos extremos. En tanto, las edificaciones del Malecón Alto muestran exposición media y baja, aunque continúan en riesgo por su cercanía a la ribera y la deficiente infraestructura de drenaje. Esta distribución refleja una ocupación urbana sin planificación, que incrementa la vulnerabilidad de la población ante desbordamientos, subrayando la necesidad de restringir nuevas construcciones en zonas críticas e implementar medidas de mitigación y reubicación progresiva para reducir el impacto de futuras inundaciones.

Mapa 11. Mapa de edificaciones expuestas en los Barrios Malecón Alto y Bajo

Mapa de edificaciones expuestas en los Barrios Malecón Alto y Bajo



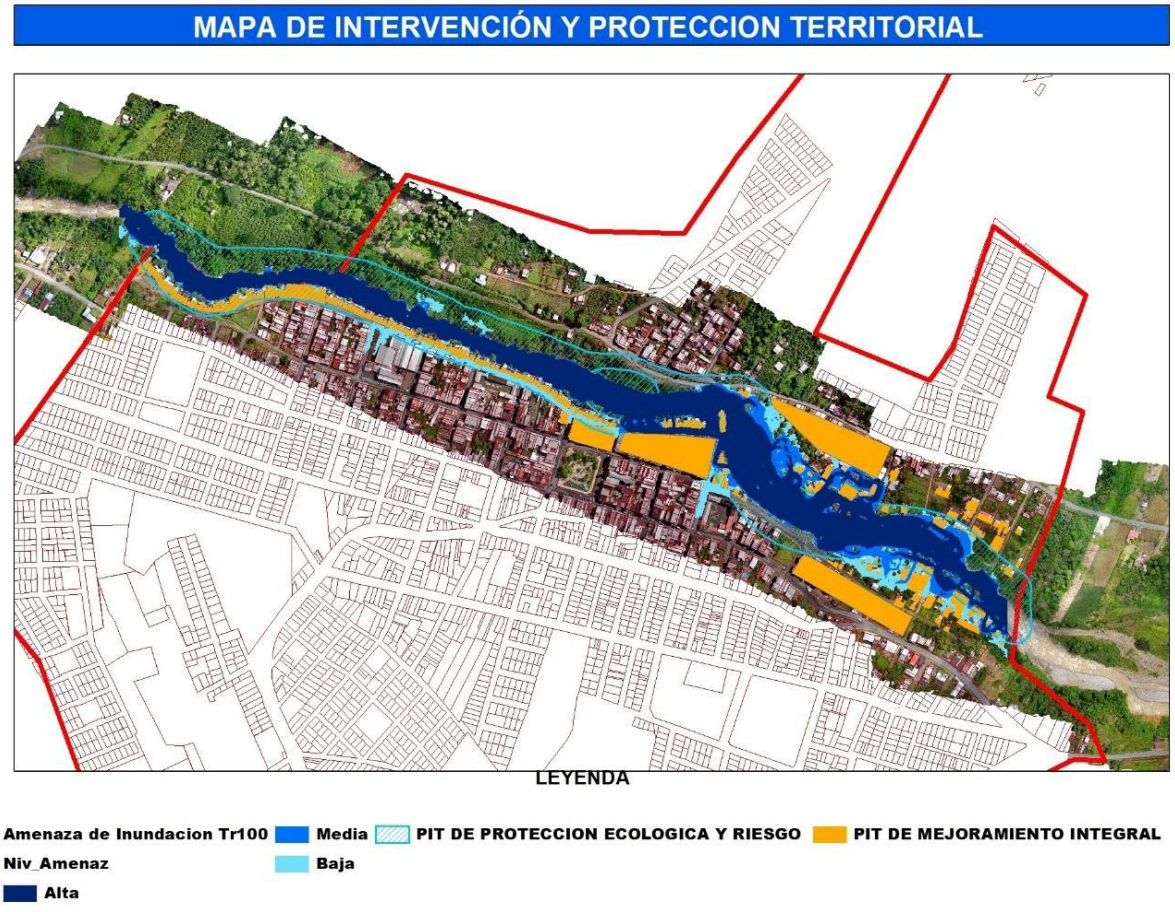
Elaborado por: (Culqui & Carvajal, 2025)

Zona de intervención y protección territorial ante la amenaza de inundación en el cantón Echeandía.

El **Mapa 12** de intervención y protección territorial constituye una herramienta de apoyo para la planificación y gestión del riesgo de desastres en el cantón Echeandía. En él se representan las áreas con diferentes niveles de amenaza de inundación (Tr=100 años), determinadas mediante el análisis hidrológico e hidráulico del cauce del río Osoloma y su entorno urbano inmediato.

Mapa 12. Intervención y protección territorial ante la amenaza de inundación en el c

Intervención y protección territorial ante la amenaza de inundación en el cantón Echeandía



Elaborado por: (Culqui & Carvajal, 2025)

Los resultados se clasifican en tres categorías de amenaza:

- **Alta (color azul oscuro):** sectores con alta probabilidad de afectación por desbordamientos, donde se recomienda restringir el uso del suelo y establecer zonas de protección ecológica o de no intervención.
- **Media (color azul medio)**: áreas con susceptibilidad moderada a inundaciones, que requieren medidas de mitigación estructurales y no estructurales para reducir el riesgo.
- **Baja (color celeste):** zonas con menor exposición, aptas para usos urbanos controlados bajo criterios de drenaje y manejo sostenible del territorio.

Se delimitan dos Planes de Intervención Territorial (PIT):

- **PIT de Protección Ecológica y Riesgo (celeste rayado):** orientado a la conservación y recuperación de la franja ecológica ribereña, con el fin de mantener la capacidad natural de retención y conducción de caudales.
- **PIT de Mejoramiento Integral (color amarillo):** enfocado en la rehabilitación urbana, la mejora de la infraestructura básica y la implementación de sistemas de drenaje y control pluvial.

La integración de estas zonas permite identificar prioridades de intervención, promover la seguridad territorial y contribuir al ordenamiento urbano sostenible, en coherencia con los lineamientos del Plan de Uso y Gestión del Suelo (PUGS) y las políticas de reducción del riesgo establecidas por la normativa nacional.

La **Tabla 23** evidencia una planificación orientada a la mitigación del riesgo de inundación y a la regulación del crecimiento urbano en las zonas más expuestas del cantón, promoviendo un desarrollo seguro, controlado y compatible con las condiciones ambientales e hidrológicas del área.

Tabla 23. Uso del suelo urbano “cantón Echeandía"

Uso del suelo urbano “cantón Echeandía"

Mejoramiento integral			
Uso de suelo urbano			
Uso principal	**Uso complementario**	**Uso prohibido**	**Uso restringido**
Residencial de Baja (R-1) Densidad	Recreación: Senderos, ciclovías; Equipamiento: Áreas verdes	Equipamiento: Educativo, Salud, Institucional; Residencial de alta densidad (R-3); Servicios (S-1-2-3-4-5 -6 -7 e Industria (alto, medio y bajo impacto)	Comercio vecinal

Características de ocupación y tratamiento urbanístico por tipos de lotes									
Subzonas	**Lote mínimo (m²)**	**Edificabilidad (altura edificación) (m)**	**Tipo de implementación de las edificaciones**	**COS (%)**	**CUS (máximo) (%)**	**Frente mínimo (m)**	**Retiro Laterales, Frontales y Posteriores (m)**		
							F	**L**	**P**

Malecón alto	200	Hasta 2 pisos, altura máxima hasta 6 metros	Aislada con retiros fontal y lateral, con aterrazamiento, con estudios y medidas geotécnicas	60	120	10	5	3	0
Malecón bajo	200 y 300	Hasta 2 pisos, altura máxima hasta 6 metros	Aislada con retiros fontal y lateral, con aterrazamiento, con estudios y medidas geotécnicas	60	120	10	5	3	0

Elaborado por: (Culqui & Carvajal, 2025)

En la **tabla 24** conservación ecológico y riesgo se consideró parámetros indispensables en el uso prioritario de zonas que permite únicamente la implementación de parques, senderos y áreas deportivas extremas. En las sub zonas como el Malecón alto y bajo, se deben mantener los lotes y edificaciones existentes con alerta continúa debido al repentino cambio de escenario que se presenta en las épocas lluviosas.

Tabla 24. Conservación ecológica y riesgo

Conservación ecológica y riesgo

Conservación ecológica y riesgo			
Uso principal	**Uso complementario**	**Uso prohibido**	**Uso restringido**
Protección y Conservación Ecológica, Protección por Riesgo	Parques lineales, senderos ecológicos, áreas deportivas extremas	Residencial, Comercio, Equipamiento, Servicio, Industria de todo tipo	Equipamiento: Cabañas turísticas, baterías sanitarias; seguridad

Características de ocupación y tratamiento urbanístico por tipos de lotes									
Subzonas	**Lote mínimo (m²)**	**Edificabilidad (altura edificación) (m)**	**Tipo de implementación de las edificaciones**	**COS (%)**	**CUS (máximo) (%)**	**Frente mínimo (m)**	**Retiro Laterales, Frontales y Posteriores (m)**		
							F	**L**	**P**

Malecón alto	Mantener lotes existentes	Mantener altura de edificación existente, implementar medidas de reducción	Mantener tipo de edificación existentes, controlada y restringida. Construcción de cabañas en materiales sostenibles de un piso con medidas de seguridad y protección	0	0	0	0	0	0
Malecón Bajo	Mantener lotes existentes	Mantener altura de edificación existente, implementar medidas de reducción	Mantener tipo de edificación existentes, controlada y restringida. Construcción de cabañas en materiales sostenibles de un piso con medidas de seguridad y protección	0	0	0	0	0	0

Elaborado por: (Culqui & Carvajal, 2025)

Medidas generales

Ante los repentinos cambios de escenario es fundamental disponer de medidas preventivas y correctivas con el objetivo de reducir las pérdidas económicas, sociales y vitales, por lo tanto, en la **Tabla 25** se estructuro la matriz de medidas tanto estructurales como no estructurales, mismas que sea aplicables con la visión de mediano y largo plazo.

Tabla 25. Propuestas de medidas estructurales y no estructurales

Propuestas de medidas estructurales y no estructurales

Proyecto	**Actividades dentro del proyecto**	**Responsables y colaboradores**
Encauzamiento del río	Construcción de muros de gavión Construcción de muros longitudinales	GADMCE con apoyo del GAD provincial de Bolívar y SNGR
Áreas de amortiguamiento	Construcción de Parques lineales Construcción Parques naturales Reforestación	GADMCE
Sistemas de drenaje	Conducción de agua Instalación de sistemas de almacenamiento temporal. Captación pluvial de agua. Limpieza y mantenimiento de alcantarillado.	Empresa de agua potable y GADMCE

Elaborado por: (Culqui & Carvajal, 2025)

CAPITULO V.

6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

- El modelamiento hidrológico e hidráulico del río Osoloma permitió determinar que los barrios Malecón Alto y Malecón Bajo del cantón Echeandía presentan una alta amenaza de inundación para periodos de retorno de 50 y 100 años, lo que evidencia una condición de riesgo considerable en el entorno urbano. Los resultados obtenidos muestran calados máximos superiores a 10 metros y velocidades de hasta 9,3 m/s, reflejando una elevada energía del flujo y un potencial significativo de afectación sobre la infraestructura y la población. La zonificación de niveles de amenaza elaborada a partir de los modelos hidráulicos confirma que amplios sectores de estas zonas se clasifican dentro de las categorías de alta, lo que resalta la necesidad de incorporar los resultados del modelamiento como herramienta técnica fundamental para la regulación del uso del suelo.
- El análisis espacial permitió identificar que una parte considerable de las edificaciones y predios del área urbana de Echeandía, especialmente en el barrio Malecón, se encuentra dentro de la zona de alta amenaza de inundación para un periodo de retorno de 100 años. Los resultados evidencian que los lotes de tamaño pequeño y mediano (83 a 1499 m^2) presentan mayor grado de exposición, reflejando una alta concentración de viviendas y población vulnerable. Esta situación demuestra la importancia de delimitar y controlar las áreas urbanas expuestas a fin de orientar el uso del suelo de manera segura y reducir el impacto potencial de futuros eventos de inundación.

- La propuesta de regulación del uso del suelo para la zona urbana expuesta a la amenaza de inundación en el cantón Echeandía permitió establecer lineamientos técnicos

orientados a reducir la vulnerabilidad del territorio frente a eventos hidrometeorológicos. A través del mapa de intervención y protección territorial se definieron zonas de conservación ecológica y de mejoramiento integral, que delimitan áreas de protección, restricción y uso controlado según el nivel de amenaza identificado. Asimismo, las medidas estructurales y no estructurales propuestas como el encauzamiento del río, la creación de áreas de amortiguamiento, la actualización de ordenanzas y la implementación de sistemas de alerta temprana, contribuyen a garantizar un ordenamiento urbano más seguro y sostenible, acorde con los principios del PUGS y las políticas de gestión del riesgo del cantón.

6.2 Recomendaciones

- Se recomienda actualizar y fortalecer la regulación del uso del suelo en función de los mapas de amenaza, para ello, es necesario que las autoridades municipales implementen normativas basadas en la zonificación del riesgo, prohibiendo o limitando la construcción en zonas de alta amenaza de inundación e incentivando desarrollos urbanos sostenibles en áreas seguras, para reducir la exposición y posibles daños.
- Se recomienda incorporar la cartografía de edificaciones y predios expuestos en el portal municipal y usarla como base técnica para emitir licencias de construcción, evitando nuevas ocupaciones en zonas de alto riesgo y también implementar inspecciones periódicas en las zonas expuestas para verificar el cumplimiento de normativas de uso de suelo y actuar ante asentamientos informales o irregulares en zonas vulnerables.
- Se recomienda desarrollar campañas de sensibilización, fortalecer los sistemas de alerta temprana y establecer planes de contingencia que involucren a la población local, mejorando la preparación y capacidad de respuesta frente a inundaciones, así como, facilitar procesos de reubicación voluntaria en áreas de menor riesgo.

Bibliografía

Asamblea Nacional - Republica del Ecuador. (2024). Obtenido de asambleanacional.gob.ec: https://www.asambleanacional.gob.ec/es/leyes-y-constitucion

Babahoyo, C. T. (24 de Febrero de 2020). *Crecidad del Rio en Echeandia*. Obtenido de https://www.facebook.com/c6televisionec/posts/tremendo-en-echeandia-provincia-bolivar-a-esta-hora-se-registra-un-incremento-en/913634182373268/

Cantos, J. O. (20 de Febrero de 2004). Riesgo de inundaciones y ordenación del territorio en la escala local, el papel del planeamiento urbano municipal. *Riesgo de inundaciones y ordenación del territorio en la escala local, el papel del planeamiento urbano municipal*, pág. 36.

Casafont, L. B. (5 de Abril de 2011). Las inundaciones en españa. pág. 12.

Centro Nacional de Prevencion de Desastres. (2019). *Inundaciones.* Ciudad de Mexico: Cenapred.

Cordova, M. B. (18 de Diciembre de 2019). La clasificacion urbanistica del espacio de transicion urbano/ rural en la legislacion del suelo del Ecuador. *EIDOS*, 19. Obtenido de La clasificacion urbanistica del espacio de transicion urbano/ rural en la legislacion del suelo del Ecuador.

Corte constitucional del Ecuador. (12 de Enero de 2022). *EL PLENO DE LA CORTE CONSTITUCIONAL DEL ECUADOR*. Obtenido de esacc.corteconstitucional.gob.ec: https://esacc.corteconstitucional.gob.ec/storage/api/v1/10_DWL_FL/e2NhcnBldGE6J3RyYW1pdGUnLCB1dWlkOidkMjZkZDQ3ZC03NzQyLTRhMzQtOGFmOS1hY2M2OWY4NGEyYTYucGRmJ30=

El Telegrafo. (20 de Febrero de 2024). Bolívar: Lluvias, desbordamiento de río y colapso de viviendas en Echeandía. *Bolívar: Lluvias, desbordamiento de río y colapso de viviendas en Echeandía*, págs.

https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/nacionales/44/bolivar-lluvias-desbordamiento-rios-colapso-viviendas-echeandia.

El universo. (18 de Abril de 2017). *80 casas afectadas y 4 destruidas por desbordamiento de río en Echeandía*. Obtenido de eluniverso.com: https://www.eluniverso.com/noticias/2017/04/18/nota/6142810/80-casas-afectadas-4-destruidas-desbordamiento-rio-camaron/?utm_source=chatgpt.com

Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Echeandia. (2022). *PDOT Echeandia.* Obtenido de echeandia.gob.ec: https://www.echeandia.gob.ec/wp-content/uploads/2023/09/PDOT_ECHEANDIA_ALINEAMIENTO_2022.pdf

Gonzáles, J. M. (2009). *Crear riesgo, ocultar riesgo: gestión de inundaciones y política urbana en.* Instituo de Geografía, Programa de Investigaciones en Recursos Naturales y Ambiente. Santa Fe: Facultad de Filosofia y Letras.

Grupo de Analisis de situaciones Meteorologicas Adversas. (10 de Mayo de 2009). *Floodup*. Obtenido de Floodup: http://www.floodup.ub.edu/quiensomos/

Instituto Nacional de Estadistica y Censo. (7 de Noviembre de 2022). *Censo Ecuador* . Obtenido de Censo Ecuador: https://www.censoecuador.gob.ec/resultados-censo/

Inundaciones y deslaves afectarían directamente a 40.000 familias, según Gestión de Riesgos: estos son los elementos para la mochila de emergencia de 24 horas. (26 de Septiembre de 2023). *El Universo*.

Inundaciones y sequias en el Ecuador. (1994). En É. Cadier, G. Gómez, R. Calvez, & F. Rossel, *Inundaciones y sequias en el Ecuador* (págs. 1-10).

Lagua. (2024). *Iagua*. Obtenido de Iagua: https://www.iagua.es/respuestas/que-es-caudal

Ley Organica de Ordenamiento Territorial Uso y Gestion de Suelo LOOTUGS. (2018). Obtenido de defensa.gob.ec: https://www.defensa.gob.ec/wp-

content/uploads/downloads/2018/07/Ley-Organica-de-Ordenamiento-Territorial-Uso-y-Gestion-de-Suelo.pdf .

Marcello, B. S. (21 de 07 de 2005). Gestión de Riesgos por Inundaciones en Ecuador. *Revista Aula Virtual*, págs. 711-725.

María Fernanda Rivera Godínez, M. P. (12 de Septiembre de 2021). *Inundaciones y uso de suelo en la ciudad de Querétaro*, pág. 9.

Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2018). *Ley Organica de Ordenamiento Territorial, Uso y Gestion del Suelo.* Quito: Imprenta Editorial Ecuador .

Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2018). *Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial, Uso y Gestión del Suelo. Conceptos Básicos.* Quito: Ecuador.

Planificación, S. N. (29 de 04 de 2024). *planificacion.gob.ec*. Obtenido de El Nuevo Ecuador: https://www.planificacion.gob.ec/el-eje-de-gestion-de-riesgos-se-incorpora-al-plan-de-desarrollo-para-el-nuevo-ecuador-2024-2025/?utm_source=chatgpt.com

Ready. (14 de Enero de 2025). *Ready*. Obtenido de Ready: https://www.ready.gov/es/inundaciones

República del Ecuador - Asamblea Nacional. (2016). *Ley orgánica de ordenamiento territorial, uso y gestión de suelo.* Obtenido de gobiernoelectronico: https://www.gobiernoelectronico.gob.ec/wp-content/uploads/2020/08/Ley-Organica-de-Ordenamiento-Territorial-Uso-y-Gestion-de-Suelo1.pdf

Secretaria de Gestión de Riesgos. (2018). *Glosario de Terminos de Gestión de Riesgos de Desastres.* . Samborondón: Secreatia de Gestión de Riesgos.

Secretaria Tecnica Planifica Ecuador. (2018). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial* . Quito: Gobierno de todos.

Serkin, C. (2009). Usos existentes y los límites de las regulaciones del uso del suelo. *New York University Law Review*. Obtenido de

https://heinonline.org/HOL/Page?handle=hein.journals/nylr84&id=1232&div=&collection=

Tv, E.-N. (29 de Mayo de 2023). *Fuerte invierno en Echeandía*. Obtenido de https://www.facebook.com/watch/?ref=search&v=778651100413383&external_log_id=ad940962-8fe1-4126-9195-5f7a53ab8b13&q=Indundaciones%20en%20el%20malecon%20en%20Echeandia

Universo, E. (18 de Abril de 2017). *Casas Afectadas.* Obtenido de https://www.eluniverso.com/noticias/2017/04/18/nota/6142810/80-casas-afectadas-4-destruidas-desbordamiento-rio-camaron/

ANEXOS

Anexo 1.

Memoria fotográfica 1



Nota: Inicio del vuelo del drone con el fin de tener una vista panorámica del rio Osoloma a su paso por los barrios malecón alto y bajo, evidenciando el cauce principal y la erosión en las riberas.



Nota: Aquí se pueden evidenciar las casas afectadas por inundaciones sucedidas en los últimos años.



Nota: Se puede evidenciar la acumulación de sedimentos y material arrastrado por las crecidas del rio Osoloma



Nota: Con la ayuda de una pesa de cemento y una cuerda se procedió a medir la profundidad del rio Osoloma en el sector del Barrio Malecón Alto.



Nota: Medición de la profundidad del caudal con una distancia de un metro desde el puente peatonal ubicado en el Barrio la playita.



Nota: Ingreso de datos de la profundidad del rio y velocidad del caudal en la ficha técnica.

Anexo 2

Tabla 1 Cronograma de Actividades - Proyecto de Inundaciones

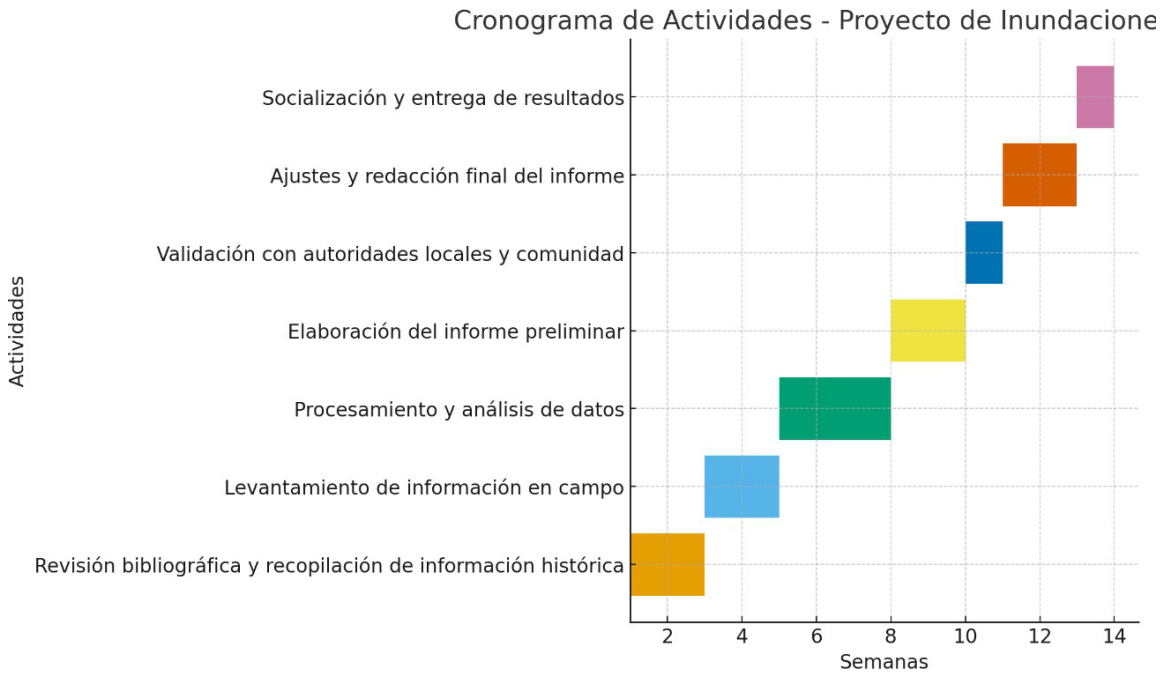


Tabla 2 Presupuesto Ejecutado

Rubro	**Detalle**	**Costo Estimado**
Personal Técnico	2 estudiantes y 2 ingenieros en Riesgos de Desastres	$320
Trabajo de campo	Movilización, viáticos, alimentación.	$40
Materiales y suministro	Impresiones, esferos, cinta métrica, cuerda, pesa, cinta masking	$20
Software y licencias	ArcGIS, Iber, agisoft metashape, ofimática	$175
Informe final	Diseño, impresión, encuadernado	$70
Total, estimado		$625
Total		$625