UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLIVAR

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD Y DEL SER HUMANO

CARRERA DE INGENIERIA 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 Y ELEMENTOS EXPUESTOS POR EL DESBORDAMIENTO DEL RIO CALUMA EN EL RECINTO CHARQUIYACU DEL CANTÓN CALUMA, PROVINCIA BOLÍVAR, PERIODO SEPTIEMBRE-DICIEMBRE 2024"

AUTORES:

ANDREA GISSELA PASTO PAZTO

JUDITH CAROLINA PAZTO CEPEDA

DIRECTORA:

ING. GREY BARRAGÁN AROCA MsC.

GUARANDA – ECUADOR

2024

Tema

Amenaza de inundación y elementos expuestos por el desbordamiento del río Caluma en el recinto Charquiyacu del cantón Caluma, provincia Bolívar, periodo septiembre–diciembre 2024”

Agradecimiento

A Dios, por darme la fortaleza y la sabiduría para superar cada obstáculo en este camino, por ser mi guía en los momentos de incertidumbre y por brindarme la oportunidad de alcanzar esta meta. A mis abuelos, por su amor incondicional, por ser mi ejemplo de vida y por enseñarme el valor del esfuerzo y la perseverancia. A mi mamá y a toda mi familia, por su apoyo constante, sus palabras de aliento y por confiar en mí incluso en los momentos más difíciles.

A la Ing. Grey Barragán, por brindar su conocimiento a lo largo de este proceso. Su orientación y apoyo fueron fundamentales para la culminación de este trabajo de investigación. A mis amigos y compañeros, quienes de una u otra manera contribuyeron a mi formación académica y personal. Gracias por los momentos compartidos, por el apoyo mutuo y por ser parte de esta etapa tan importante en mi vida. **Andrea Gissela Pasto Pazto**

En primer lugar, agradezco a Dios por a verme permitido lograr culminar una de mis metas, A mis padres, Alfredo Pazto y María Cepeda, quienes me brindo su apoyo incondicional y ser mi gran motivación a lo largo este camino, a mi hermana y a mis sobrinas, por ser un motivo más de inspiración para seguir adelante. A la familia Quinatoa Bayas, quienes me brindaron se apoyó en este transcurso académico abriéndome las puertas de casa.

A la Ing. Grey Barragán, directora de este proyecto de investigación, por compartir su conocimiento y guiarme con dedicación en este proceso de aprendizaje. A mis amigos, que han sido un pilar fundamental en mi vida académica, quiero agradecerles por su apoyo, por las risas en los momentos difíciles, por las palabras de aliento y por cada instante compartido que hizo este proceso más llevadero. **Judith Carolina Pazto Cepeda**

Dedicatoria

El presente trabajo de investigación va dedicado a mi familia, por su apoyo incondicional, su confianza y el deseo de superación constante que han depositado en mí. Cada uno de ustedes ha sido una pieza clave en mi crecimiento, brindándome amor, sabiduría y el ejemplo de la perseverancia.

Mis logros son, en gran parte, el reflejo de todo lo que me han brindado. Espero que este logro les enorgullezca tanto como yo me siento orgullosa de contar con su apoyo en cada paso de este camino.

Andrea Gissela Pasto Pazto

Dedico este trabajo a Dios, por ser mi guía, mi fortaleza para afrontar cada circunstancia difícil, por darme salud, sabiduría, entendimiento y paciencia para poder enfrentar cualquier adversidad durante este proceso. A mis padres, en especial a mi madre María Cepeda, por brindarme su apoyo incondicional, su confianza, su sacrificio y su amor a pesar de la distancia y en cada momento, a mi padre Alfredo Pazto por apoyarme constante, a mi hermana, por cada palabra de aliento para creer en mis sueños y lograr cumplirlos, a mis sobrinas, por ser mi mayor inspiración.

A la persona quien, en este último proceso me brindo su apoyo, su compañía y su cariño en cada momento, por motivarme cuando más lo necesitaba y por creer en mí. J.P.

A todas las personas que han sido parte de este viaje, les dedico este esfuerzo y este logro con el corazón lleno de gratitud.

Judith Carolina Pazto Cepeda

La suscrita Ingeniera **GREY IRENE BARRAGÁN AROCA,** en calidad de **TUTORA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN,** docente de la Universidad Estatal de Bolívar.

CERTIFICA

Que la Srta. **PASTO PAZTO ANDREA GISSELA,** portadora de la cédula de ciudadanía No. **020267830-6,** y la Srta. **PAZTO CEPEDA JUDITH CAROLINA** portadora de la cédula de ciudadanía No. **172685822-6,** estudiantes de la FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD Y DEL SER HUMANO, culminados en la **Carrera Ingeniería en Riesgos de Desastres,** modalidad presencial, una vez revisado el documento ***"Amenaza de inundación y elementos expuestos por el desbordamiento del río Caluma en el recinto Charquiyacu del cantón Caluma, provincia Bolívar, en el periodo septiembre – diciembre 2024",*** pueden proceder a realizar el proceso del empaste de su proyecto de investigación.

Guaranda, 21 de abril de 2025

Atentamente,

.....

Ing. Grey Barragán Aroca. MsC.

Tutora del Proyecto de Investigación

Ing. Grey Barragán Aroca Msc.
INGENIERA EN ADMINISTRACIÓN PARA DESASTRES Y GESTIÓN DEL RIESGO
Reg: 1017-08-809236

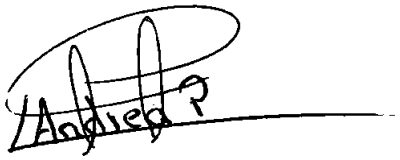
DERECHOS DE AUTOR

Nosotras **Pasto Pazto Andrea Gissela** y **Pazto Cepeda Judith Carolina** portador/res de la Cédula de Identidad No **0202678306** y **1726858226** en calidad de autor/res y titular / es de los derechos morales y patrimoniales del Trabajo de Titulación: **AMENAZA DE INUNDACIÓN Y ELEMENTOS EXPUESTOS POR EL DESBORDAMIENTO DEL RÍO CALUMA EN EL RECINTO CHARQUIYACU DEL CANTÓN CALUMA, PROVINCIA BOLÍVAR, PERIODO SEPTIEMBRE – DICIEMBRE 2024**, modalidad, proyecto de investigación, de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN, concedemos a favor de la Universidad Estatal de Bolívar, una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos. Conservamos a mi/nuestro favor todos los derechos de autor sobre la obra, establecidos en la normativa citada.

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

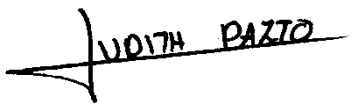
El (los) autor (es) declara (n) que la obra objeto de la presente autorización es original en su forma de expresión y no infringe el derecho de autor de terceros, asumiendo la responsabilidad por cualquier reclamación que pudiera presentarse por esta causa y liberando a la Universidad de toda responsabilidad.

Pasto Pazto Andrea Gissela



Pasto Andrea
0202678306

Pazto Cepeda Judith Carolina



Pazto Judith
1726858226

Certificado de la Directora

CERTIFICADO DE SEGUIMIENTO AL PROCESO INVESTIGATIVO, EMITIDO POR LA TUTORA

Guaranda, 13 de febrero de 2025.

La suscrita Ingeniera Grey Irene Barragán Aroca MsC., directora del Proyecto de Investigación de Pre Grado de la carrera de Ingeniería en Riesgos de Desastres de la Universidad Estatal de Bolívar, en calidad de Docente – Tutor.

CERTIFICA:

Que el proyecto de investigación titulado: "Amenaza de inundación y elementos expuestos por el desbordamiento del río Caluma en el Recinto Charquiyacu del cantón Caluma, provincia Bolívar, periodo 2024"; realizado por las señoritas: **Andrea Gissela Pasto Pazto y Judith Carolina Pazto Cepeda** 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.

ING. GREY IRENE BARRAGÁN AROCA. MsC.

DIRECTORA DE TRABAJO DE TITULACIÓN DE PRE GRADO

Índice General

Tema.....*I*

Agradecimiento.....*II*

Dedicatoria.....*III*

Certificado de Ia directora……..... *IV*

Índice General.....*V*

Índice Tablas.....*VII*

Índice de Gráficos.....*X*

Resumen.....*XI*

Acrónimos.....*XIII*

Introducción.....*1*

Capítulo I: Problema.....*3*

1.1. Planteamiento del Problema.....3

1.2. Formulación del Problema.....4

1.3. Objetivos.....5

1.3.1. Objetivo General.....5

1.3.2. Objetivos Específicos.....5

1.4. Justificación de la Investigación.....6

1.5. Limitaciones.....7

Capítulo II: Marco Teórico *8*

2.1. Referencial o Georreferencial 8

2.2. Antecedentes de la Investigación 9

2.3. Bases Teóricas 14

2.3.1. Tipos de inundaciones 15

2.3.2. Causas de las inundaciones 17

2.3.3. Cuenca Hidrográfica 19

2.3.4. Clasificación de Cuencas 21

2.3.5. Delimitación de una Cuenca Hidrográfica 21

2.3.6. Morfometría 23

2.3.7. Parámetros de Forma 24

2.3.8. Modelamiento hidráulico 26

2.3.9. Elementos expuestos 27

2.3.10. Medidas de reducción de riesgos ante inundaciones 28

2.4. Definición de Términos (Glosario) 31

2.5. Marco Legal 32

2.6. Sistema de hipótesis/Idea a defender 38

2.7. Sistema de Variables 39

Capítulo III: Marco Metodológico *40*

3.1. Nivel de Investigación 40

3.2. Diseño 41

3.3. Población y Muestra 42

3.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos 43

3.5. Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos 45

3.5.1. Metodología Objetivo 1 45

3.5.2. Metodología Objetivo 2 55

3.5.3. Metodología Objetivo 3 61

Capitulo IV: Resultados Alcanzados Según Los Objetivos Planteados *62*

4.1. Resultado Objetivo 1 62

4.2. Resultado Objetivo 2 82

4.3. Resultado Objetivo 3 106

4.4. Comprobación de hipótesis 111

Capitulo V: Conclusiones Y Recomendaciones *113*

5.1. Conclusiones 113

5.2. Recomendaciones 115

BIBLIOGRAFÍA *116*

ANEXOS *125*

Índice Tablas

Tabla 1: *Procedimiento para delimitar una cuenca hidrográfica.....22*

Tabla 2: *Clasificación de Áreas.....24*

Tabla 3*: Relación Forma Horton.....25*

Tabla 4: *Clasificación de las cuencas de acuerdo con la pendiente.....26*

Tabla 5: *Variables e indicadores críticos ante inundaciones. 47*

Tabla 6: *Metodología Cualitativa: Matriz de Variables ante inundaciones, Vulnerabilidad ante inundaciones.....48*

Tabla 7*:Metodología Cualitativa: Matriz de Variables ante inundaciones, Condiciones de culnerabilidad y localización.....48*

Tabla 8:*Matriz de niveles de vulnerabilidad de las edificaciones ante inundaciones. 49*

Tabla 9:*Ponderación y Valoración de Variables de Vulnerabilidades de las Edificaciones ante inundaciones.....50*

Tabla 10:*Niveles de vulnerabilidad de las edificaciones ante inundaciones. 51*

Tabla 11:*Matriz de características de los lugares de concentración pública.....53*

Tabla 12: *Identificación de elementos esenciales. 62*

Tabla 13: *Conformación de las familias. 64*

Tabla 14*: Nivel de estudio de la persona encuesta. 65*

Tabla 15: *Actividades que realiza a diario. 66*

Tabla 16: *Eventos que afectan la vivienda.....67*

Tabla 17: *Meses con fuertes precitaciones. 68*

Tabla 18: *Cultivos más afectados. 69*

Tabla 19: *Tiempo de presencia de un desbordamiento.....70*

Tabla 20: *Instituciones qua han brindado capacitaciones en caso de una emergencia.....71*

Tabla 21: *Conocimiento de rutas seguras.....73*

Tabla 22: *Zonas seguras o puntos de encuentro.....74*

Tabla 23: *Conocimiento de los lugares para albergues.....75*

Tabla 24: *Acciones de respuesta.....77*

***Tabla 25**: Implementación de obras o proyectos de mitigación.....78*

***Tabla 26:** Ponderación y valoración de variables de vulnerabilidad 79*

***Tabla 27:** Parámetros morfométricos 83*

***Tabla 28:** Tiempo en segundos, Cálculo del caudal.....86*

***Tabla 29:** Datos de la profundidad. 86*

***Tabla 30:** Valores de precipitación máxima de 24 horas entre los años 2001-2023 .....87*

***Tabla 31**: Resultados de los datos de las precipitaciones máximas.....90*

***Tabla 32:** Datos para el periodo de retorno de 25 años. 97*

***Tabla 33:** Datos para el periodo de retorno de 50 años. 101*

***Tabla 34:** Medidas estructurales ante la amenaza de desbordamiento.....107*

***Tabla 35:** Medidas no estructurales ante la amenaza de desbordamiento.....109*

Índice de Gráficos

Gráfico 2: *Distribución de la conformación de familias.* *64*

Gráfico 3: *Nivel de estudio* *65*

Gráfico 4: *Actividades* *66*

Gráfico 5: *Eventos Naturales* *67*

Gráfico 6*: Meses de precipitaciones.* *68*

Gráfico 7: *Cultivos.* *70*

Gráfico 8: *Tiempo de desbordamiento.* *71*

Gráfico 9: *Instituciones de han brindado capacitaciones en caso de una emergencia.* *72*

Gráfico 10: *Conocimiento de rutas de evacuación.* *74*

Gráfico 11: *Zonas seguras* *75*

Gráfico 12: *Lugares adecuados para albergues.* *76*

Gráfico 13: *Acciones de respuesta.* *77*

Gráfico 14*: Implementación de obras o proyectos de mitigación.* *78*

Gráfico 15 ..... *89*

Gráfico 16: *Valores kn para la prueba de datos dudosos.* *91*

Gráfico 17: *Cálculo de datos dudosos.* *91*

Gráfico 18: *Precipitaciones de los años 2001 - 2023* *92*

Gráfico 19: *Prueba de Smirnow - Kolgomorov* *93*

Gráfico 20: *Precipitaciones máximas para los diferentes periodos de retorno.* *93*

Gráfico 21: *Precipitaciones máximas diferentes.* *94*

Gráfico 22: *Curva IDF* *95*

Gráfico 23*: Hietograma de precipitaciones.* *96*

Gráfico 24: *Mapa de inundación en el recinto Charquiyacu, periodo de retorno 25 años.* *99*

Gráfico 25: *Mapa de inundación en el recinto Charquiyacu, periodo de retorno 50 años.* *102*

Resumen

El presente estudio tiene como objetivo analizar la amenaza de inundación por desbordamiento del rio Caluma sobre los elementos expuestos del recinto Charquiyacu del cantón Caluma, este estudio se llevó a cabo debido a que las inundaciones representan una problemática recurrente en la localidad, agravada por factores como la topografía irregular el cambio climático y la falta de planificación territorial, esto produce un nivel alto de vulnerabilidad en el recinto, durante la temporada invernal.

Se realizó un análisis de los elementos expuesto mediante una hoja de observación, encuestas, se utilizó la metodología heurística que combina lo cualitativo y cuantitativo con el fin de identificar y ponderar variables críticas como los materiales de construcción, estado de conservación y la ubicación de los edificios respecto al margen del río.

Además, se empleó el software de modelamiento hidráulico IBER, permitió simular diferentes escenarios de desbordamiento y generar mapas de inundación para etapas de retorno de 25 y 50 años. Estos datos se integraron mediante el Sistema de Información Geográfica (SIG).

Los resultados exponen que el nivel de vulnerabilidad de las edificaciones en el recinto Charquiyacu es medio determinado principalmente por la utilización de materiales como ladrillo y techos de zinc, además de un estado de conservación regular en varias edificaciones, la cercanía de las viviendas al río Caluma aumenta el riesgo de inundación afectando también áreas de producción agrícola. Durante simulaciones con el software IBER se identificaron calados máximos de hasta 2,36 m y caudales que pueden superar los 46,45m3/s en eventos extremos.

Las medidas estructurales propuestas como el dragado del rio Caluma, el reforzamiento de muros de contención, la cimentación de muros de gaviones son competencia de la prefectura

de la provincia Bolívar, en coordinación con el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE) encargada de la gestión de ríos y obras de infraestructura que regula y supervisa el impacto ambiental, por otro lado las medidas no estructurales como el ordenamiento territorial corresponde al Gobierno Autónomo Descentralizado GAD Municipal, responsable de la planificación y uso del suelo. La implementación de capacitaciones, un plan comunitario y un plan de emergencia es responsabilidad de la Secretaria de Gestión de Riesgos y Emergencias y en conjunto con el recinto.

Acrónimos

MDT: Modeló Digital del Terreno

UTM: Universal Transverse Mercator

WGS: World Geodetic System

IDF: Curvas Intensidad-Duración-Frecuencia

TR: Periodo de Retorno

GAD: Gobierno Autónomo Descentralizado

MAATE: Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica

Introducción

Las inundaciones son una de las catástrofes naturales más comunes mundialmente y acarrean impactos socioeconómicos severos, incluyendo la pérdida de vidas humanas (Navas, 2024) hasta daños significativos en infraestructura, medios de vida y ecosistemas.

El recinto Charquiyacu ubicado en el cantón Caluma, provincia Bolívar, el desbordamiento del río Caluma representa una amenaza constante, que compromete la seguridad de los habitantes y sus bienes materiales, así como servicios básicos como el abasto de agua potable y sistemas de alcantarillado. Esta situación se ve afectada por circunstancias del cambio climático y la escasa de planificación territorial adecuada, esto incrementa la vulnerabilidad de la localidad.

A pesar de los impactos recurrentes de las inundaciones en esta zona, no existe un estudio técnico que evalúe con precisión la amenaza de desbordamiento del rio Caluma ni los elementos expuestos en el recinto Charquiyacu. La ausencia de esta información limita la capacidad de respuesta de las autoridades locales y de la colectividad para implementar medidas de mitigación efectivas.

El presente estudio es esencial para fortalecer la gestión del riesgo de desastres en el recinto Charquiyacu. Mediante la identificación de los elementos expuestos y la evaluación de la amenaza de inundación a través del modelamiento hidráulico en el software IBER, se podrá generar información técnica para la toma de decisiones. Además, este estudio no solo aborda una problemática, sino que favorece al cumpliendo de los objetivos del Marco de Sendai, priorizando la minimización de riesgos y el desarrollo sostenible.

El objetivo general, es evaluar la amenaza de inundación y los elementos expuestos por el desbordamiento del rio Caluma en el recinto Charquiyacu los objetivos específicos incluyen identificar los elementos expuestos, modelamiento de la amenaza de inundación con el software IBER y medidas de mitigación. El resultado más significativo es la zonificación de áreas críticas y elementos vulnerables lo que permite diseñar estrategias de prevención y mitigación reduciendo el impacto de futuras inundaciones en la comunidad.

Capítulo I: Problema

1.1.Planteamiento del Problema

A nivel nacional, según la Secretaría de Gestión de Riesgo, Ecuador enfrenta desafíos significativos en términos de gestión del riesgo de desastres, especialmente con las inundaciones que ocurren de manera cíclica causando daño a la vida, la integridad física de los habitantes, bienes y ambiente. La ocurrencia de estos eventos de origen natural plantea preocupaciones importantes para la seguridad y la fortuna de las comunidades especialmente en áreas propensas a inundaciones. (Secretaría de Gestión de Riesgo, 2018)

La provincia Bolívar se destaca como una región vulnerable a inundaciones a causa de su ubicación geográfica y a la presencia de ríos importantes, como el río Caluma. Dentro de la provincia Bolívar, el cantón Caluma enfrenta riesgos específicos relacionados con el desbordamiento. El río Caluma experimenta aumentos significativos en su caudal en ciertas épocas de lluvias durante el año. El recinto Charquiyacu, ubicado en las orillas del río Caluma, se ve particularmente expuesta a los efectos devastadores a causa del desbordamiento.

El incremento poblacional y la expansión de asentamientos en áreas propensas a inundaciones ha aumentado la exposición al riesgo. Además, la topografía de la zona, se diferenciada por presentar pendientes pronunciadas que pueden acelerar el flujo de agua hacia las zonas bajas, aumentando el riesgo de desbordamiento en el recinto Charquiyacu, manifestándose de manera violenta.

Actualmente no existe estudios técnicos detallados que permitan evaluar con precisión la amenaza de inundación en el recinto Charquiyacu, no se conoce como el desbordamiento del río Caluma afecta a los elementos expuestos, tales como: viviendas, infraestructura vial, cultivos y servicios básicos, ni cuales son los factores que agravan su vulnerabilidad. La falta de

información dificulta la formulación de estrategias efectivas para reducir el riesgo, impide identificar de manera efectiva los sectores más vulnerables y limita la capacidad de respuesta de la comunidad y las autoridades competentes.

1.2.Formulación del Problema

¿Como afecta la inundación por el desbordamiento del río Caluma a los elementos expuestos en el recinto Charquiyacu del cantón Caluma?

1.3.Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Analizar la amenaza de inundación por el desbordamiento del río Caluma sobre los elementos expuestos del recinto Charquiyacu del cantón Caluma.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Identificar los elementos expuestos por el desbordamiento del río Caluma en el recinto Charquiyacu.
- Evaluar la amenaza de inundación a través del modelamiento hidráulico del río Caluma en el recinto Charquiyacu y la zonificación de elementos esenciales y población expuesta.
- Proponer medidas de mitigación ante la amenaza de inundación en el recinto Charquiyacu por el desbordamiento del río Caluma.

1.4.Justificación de la Investigación

El presente estudio sobre la amenaza de inundación en el recinto Charquiyacu es fundamental, debido a la recurrencia de desbordamientos del río Caluma, los cuales generan impactos significativos en las edificaciones, infraestructura vial, servicios básicos y economía. La ausencia de una planificación territorial ha incrementado la vulnerabilidad del recinto, por lo que es ineludible ejecutar un análisis que permita comprender la magnitud del problema. Para ello, se utilizará el software IBER para el modelamiento hidráulico de los eventos de inundación, lo que facilitará la tipificación de las áreas más expuestas y permitirá la formulación de estrategias de mitigación.

La metodología empleada en este estudio se fundamenta en enfoques cualitativos y cuantitativos, integrando el análisis morfométrico de la cuenca, la identificación de elementos expuestos y la evaluación del riesgo. Además, los datos obtenidos en la simulación permitirán generar mapas, los cuales serán esenciales para optar por decisiones acertadas por parte de las autoridades locales y la comunidad.

La implementación de medidas estructurales y no estructurales, como la construcción de muros de contención, el ordenamiento territorial y la capacitación comunitaria, permitirá reducir el impacto de futuros desbordamientos. Asimismo, este estudio busca fortificar la capacidad de respuesta de la población, establecimientos públicos y fomentar una planificación con los principios de reducción del riesgo de desastres.

Los principales beneficiarios de este estudio serán los habitantes del recinto Charquiyacu, quienes estarán mejor preparados para enfrentar eventos futuros por el desbordamiento del río Caluma, las autoridades locales también se beneficiarán al disponer de información técnica sobre

el comportamiento del río y zonas de riesgo, esto ayudará a reducir la exposición de la población e infraestructura.

1.5. Limitaciones

- **Escasa información geográfica y cartografía de parte del GAD de Caluma:** La carencia de mapas detallados y actualizados sobre la zona de estudio dificultó el análisis del territorio y la caracterización de la zona de riesgo.
- **Desconocimiento de la población sobre temas de riesgos**: La falta de sensibilización y formación a la colectividad en temas relacionados con la gestión de riesgo, conlleva a una mayor vulnerabilidad, especialmente a la hora de construir en lugares inadecuados sin tomar en cuenta las normas NEC y planificaciones de ordenamiento territorial.
- **Poca intervención de las autoridades competentes**: Se evidenció obras mínimas por parte de los establecimientos públicos en temas de respuesta y reducción de riesgos.
- **Falta de datos históricos**: La insuficiencia de registros históricos confiables (revistas páginas de internet, noticias) sobre desbordamientos en el recinto Charquiyacu limita la precisión de los análisis realizados.
- **Falta de estaciones meteorológicas:** La falta de registros de precipitaciones máximas de 24 horas en 1 día dentro de la provincia.

Capítulo II: Marco Teórico

2.1.Referencial o Georreferencial

El cantón Caluma se ubica en el sur y occidente de la provincia de Bolívar, al final de las derivaciones del ramal de la Hoya del río Chimbo, se encuentra a aproximadamente 57 kilómetros de Guaranda, capital provincial, y a 150 kilómetros de la ciudad de Guayaquil.

Coordenadas UTM Zona 17 Sur

Al Norte 696686-9830458

Al Sur 695595-9816877

Al Este 706226-9825870

Al Oeste 688410-9822395

Límites:

Norte: Cantones Urdaneta, Echeandía y Guaranda.

Sur: Cantones San José de Chimbo, Babahoyo.

Este: Cantones Guaranda, San José de Chimbo.

Oeste: Cantones Urdaneta y Babahoyo.

El cantón Caluma tiene una superficie de 192.89 Km ^{2} aproximadamente, conformada por 55 centros poblados. (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Caluma, 2020)

El recinto Charquiyacu pertenece al cantón Caluma, este se encuentra situado en la cabecera del río homónimo, está a una altitud de 510 msnm, su clima es subtropical y su temperatura oscila

entre los 20 °C y 24 °C durante los meses de mayo a septiembre, y entre 24 °C y 28 °C de octubre a abril.

Ilustración 1:*Georreferenciación del Recinto Charquiyacu*



Nota. Mapa de ubicación georreferenciada de la zona de estudio, Fuente: *ArcGIS 10.5*.

Elaborado por: *Puentestar H. & Ocampo E., 2023*

2.2.Antecedentes de la Investigación

Para este proyecto de investigación se consideró diversos estudios priores efectuados a nivel internacional, nacional y local:

En Montería - Colombia, se llevó a cabo un estudio denominado "**Evaluación del nivel de vulnerabilidad ante el fenómeno de inundación**", cuyo propósito fue identificar el grado de

exposición de la población frente a este tipo de eventos naturales, la investigación adoptó un enfoque mixto y utilizó la matriz MAFE, basada en variables e indicadores específicos para inundaciones, fueron seleccionaron 59 predios como muestra del estudio. Los resultados mostraron que la mayoría de la zona analizada presenta niveles de vulnerabilidad entre medio y alto, influenciados por factores tanto físicos como sociales, tales como la cercanía de las viviendas al río y los materiales con los que fueron construidas, con base en estos hallazgos, se sugiere fomentar el establecimiento de asentamientos en áreas con menor riesgo de inundación (Nova Saah, Ordoñez Diaz, & Aguilar Jiménez, 2020)

El estudio se relaciona en identificar y evaluar los riesgos de desbordamientos de ríos utilizando métodos de investigación mixtos y analizando factores físicos y sociales. Los dos estudios enfatizan la importancia de realizar evaluaciones de la ubicación de las viviendas para obtener una mejor comprensión de la vulnerabilidad.

La investigación llevada a cabo en Montería contribuye al ofrecer un marco metodológico y pruebas empíricas que pueden ser utilizadas para identificar áreas de alta vulnerabilidad y crear planes para reducir sus efectos. Esto incluye la implementación de mejores prácticas y la promoción de áreas con baja exposición a inundaciones.

Con el tema: **“Análisis de áreas susceptibles ante la amenaza de inundaciones, utilizando el sistema SIG”** su objetivo es analizar las áreas propensas a inundaciones con el uso del SIG, debido a la frecuencia de inundaciones causadas por su topografía irregular y el clima variable se manejó una metodología de la SNGR, empleando ArcGIS 10.8 y shapes para cada factor de susceptibilidad.

Se obtuvo como resultado que el recinto Charquiyacu presenta una alta vulnerabilidad a inundaciones: el 88% de las edificaciones y el 82.33% del sistema vial tiene una vulnerabilidad muy alta mientras que las edificaciones fundamentales como la iglesia, centro de salud y puente muestran una vulnerabilidad del 75% finalmente las estrategias para la reducción de daños en esta zona son: reforzar los muros de contención, construir muros de gaviones y capacitar a la población (Puentestar Quispi & Ocampo Barragán, 2023)

Este estudio tiene coherencia con el tema de investigación por la amenaza de inundación y los elementos expuestos por el desbordamiento del río Caluma. Ambos estudios se centran en la misma área geográfica y comparten riesgos similares. La metodología SIG y el uso del software Arcgis 10.8 empleados en el estudio previo son directamente aplicables a la investigación, facilitando el análisis coherente de datos. Los hallazgos sobre la alta vulnerabilidad de infraestructura y sistemas viales que proporcionan una base de referencia crucial, además las estrategias de mitigación propuestas pueden ser evaluadas y adoptadas a las condiciones específicas del desbordamiento del rio de Caluma.

La tesis con el tema **“Estudio y análisis de vulnerabilidad Integral ante la amenaza de movimientos en masa e inundaciones en el sector la esperanza, del cantón Caluma, provincia Bolívar periodo 2017”,** tuvo como fin el análisis de la vulnerabilidad integral ante la amenaza de inundaciones, movimientos en masa, se estableció los niveles de vulnerabilidad a 30 residencias del sector con la metodología del PNUD, esto dio como efecto que existen 5 edificaciones que poseen un alto nivel de susceptibilidad cuando existe las inundaciones, esto debido a la periodicidad de la precipitación y las afluentes que cruzan el sector, como también con los recolectores de agua y arrastre de material, socavones en los bordes del río y esteros, siendo estos los vitales factores de la amenaza de inundación (Ninabanda Chela, 2017).

El estudio de vulnerabilidad en el área de La Esperanza, llevado a cabo en 2017, proporciona una base fundamental para comprender y abordar la amenaza de inundación y los elementos peligrosos por el desbordamiento del río Caluma en el recinto Charquiyacu.

Identifica los principales factores de vulnerabilidad, como la precipitación y el socavamiento en los ríos, que aumentan el riesgo de inundaciones. Los resultados fueron relevantes para comprender la situación particular de Charquiyacu y prever los efectos potenciales en las casas y la comunidad. Además, brinda información útil para desarrollar estrategias de mitigación y prevención efectivas que puedan reducir los daños causados por la crecida del río Caluma.

Análisis de vulnerabilidad ante amenazas de inundaciones en el cantón caluma, provincia Bolívar. Este estudio describe y analiza los niveles de vulnerabilidad que presenta el cantón Caluma ante esta amenaza, ya que, es una de las contrariedades más habituales por la crecida del río Caluma, debido al nivel alto de precipitaciones. Sin embargo, estudios realizados en el cantón Caluma, informes técnicos por parte del Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias y la Unidad de Riesgos mencionan que, hay varios recintos con alto y medio nivel de vulnerabilidad, además se produjeron muchos eventos de inundaciones, perjudicando bienes públicos, privados, así como el bienestar de las personas del cantón hasta el presente año. (Guevara Sánchez , 2023)

El análisis del cantón Caluma aportará al estudio del recinto Charquiyacu ofreciendo un contexto más amplio y detallado sobre la vulnerabilidad de la región. Esto implica identificar áreas con alto y medio nivel de vulnerabilidad, así como las particularidades físicas del terreno y la calidad de la infraestructura que contribuyen a estos niveles. Los informes técnicos del Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias y la Unidad de Riesgos pueden

proporcionar información y sugerencias útiles para mejorar la planificación y respuesta ante inundaciones en Charquiyacu. El análisis del cantón puede ser utilizado para crear estrategias de mitigación y minimización del impacto de futuras inundaciones en el recinto Charquiyacu.

Modelo de inundaciones basado en el criterio de Saint Venant y análisis morfométrico en el tramo del río Babahoyo del recinto San Nicolás, parroquia urbana satélite la puntilla, en Samborondón – Ecuador. Este estudio permitió identificar las zonas propensas a inundaciones ocasionadas por lluvias torrenciales y anegamientos en los predios agrícolas ubicados en la llanura de inundación, considerando un caudal de 199 m^3/s correspondiente a un período de regreso de 10 años. Las inundaciones han generado un alto nivel de riesgo para la localidad y la infraestructura estratégica del cantón Samborondón, particularmente debido al desbordamiento del río Babahoyo en secciones de baja altitud, lo que ha provocado eventos recurrentes de inundación en la comunidad de San Nicolás. Uno de los sistemas más afectados ha sido el agrícola, que constituye una fuente clave para la economía local, por ello, el objetivo principal fue delimitar el área de inundación mediante el cálculo del caudal de crecida, la modelación hidráulica con el software libre IBER y la aplicación de un modelo morfométrico, con el fin de definir las rutas de flujo del agua en la zona de estudio.

El criterio Saint Venaint y análisis morfométrico permitirá a este estudio determinar las áreas de riesgo ya que ambas emplean un modelamiento hidráulico en el software IBER para simular inundaciones, la metodología utilizada se basada en el análisis de caudales y periodos de retorno, esto puede servir como referencia para optimizar los cálculos en el río Caluma del recinto Charquiyacu, permitiendo una mejor estimación del impacto sobre la infraestructura y la población.

Análisis del riesgo por inundación por desborde de río Ilave, Distrito de Ilave Collao Perú 2018. Esta investigación expone los riesgos que enfrenta la población ante posibles inundaciones provocadas por lluvias intensas, con el fin de examinar el nivel de riesgo por desbordamiento del río Ilave. Este análisis se centró en los barrios Brisas del Río Blanco, San Sebastián y Urbanización 24 de junio, ubicados en las laderas adyacentes a uno de los ríos más fuertes de la cuenca del Lago Titicaca, cuya creciente amenaza se debe a la recurrencia de precipitaciones torrenciales. La metodología aplicada se basó en el Manual del CENEPRED (Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres), e incluyó la identificación de factores condicionantes y desencadenantes del riesgo, además, se determinó el nivel de riesgo para cada sector, según la vulnerabilidad y exposición de la zona analizada. El resultado señala que el barrio Brisas del Río Blanco posee riesgo muy alto, la Urbanización 24 de junio riesgo alto y el Barrio San Sebastián riesgo medio. Se concluye que es esencial la adquisición de medidas de prevención para minimizar los riesgos de inundaciones en estos sectores, evitando así un desastre que damnifique las actividades de quienes habitan la zona (Enríquez Lopez, Maron Mollinedos, Tacora Mariacas, & Quispe Mamanis, 2018)

El manual aplicado en este estudio proporciona una base guía y métodos para determinar los tipos de amenazas y factores que intervienen en la inundación, que permitirá al estudio del recinto Charquiyacu identificar los niveles de riesgo para instaurar medidas de mitigación.

2.3.Bases Teóricas

Según CENAPRE, Una inundación es un fenómeno que ocurre cuando, debido a precipitaciones intensas (nieve, granizo, lluvia), oleajes, marejadas ciclónicas o fallas en infraestructuras hidráulicas, se origina un acrecentamiento en el nivel del agua en ríos o cuerpos marítimos, este incremento ocasiona el desbordamiento e ingreso del agua en áreas donde

regularmente no está presente, provocando afectaciones a la población, sector agrícola, ganadero e infraestructura (Secretaría de seguridad y protección ciudadana, 2012)

2.3.1. Tipos de inundaciones

Inundaciones pluviales*:* Se originan como consecuencia directa de la precipitación, ocurren cuando el suelo se encuentra saturado y no puede absorber más agua, lo que provoca la acumulación del exceso de lluvia en la superficie, esta acumulación puede persistir durante varias horas o incluso días, hasta que el agua se volatilice o el terreno recobre su capacidad de infiltración (Secretaría de Seguridad y Protección Ciudadana, 2012, pág. 10)

Inundaciones fluviales: Se producen cuando el agua que rebosa de los ríos inunda las áreas cercanas a sus márgenes, a discrepancia de las inundaciones pluviales, en este caso el exceso de agua puede ser causado por precipitaciones ocurridas en cualquier parte de la cuenca hidrográfica, no precisamente en la zona afectada, es esencial tener en cuenta que el volumen de escorrentía superficial aumenta con el tamaño de la cuenca de aporte; por ello, las inundaciones fluviales más severas suelen presentarse en ríos extensos o en aquellos que desembocan en planicies costeras (Secretaría de Seguridad y Protección Ciudadana, 2004, pág. 19).

Inundaciones costeras: Acontece cuando el nivel del mar se realza debido al efecto de las mareas, lo que permite que el agua ingrese hacia el interior de las zonas costeras, cubriendo amplias extensiones de terreno; las mareas de tormenta son causadas principalmente por los fuertes vientos generados por ciclones tropicales, así como por la mengua de la presión atmosférica en el centro de estos fenómenos, por otro lado, el oleaje oceánico puede originarse por diversos factores, aunque la causa más frecuente es la acción del viento (Secretaría de Seguridad y Protección Ciudadana, 2004, pág. 20).

Inundaciones por fallas de infraestructura hidráulica: Una de las causas más críticas de inundación es la falla de infraestructuras hidráulicas diseñadas para controlar o contener el agua, si estas obras no tienen la capacidad suficiente, su colapso puede generar inundaciones aún más graves que si no existieran tales estructuras. En el caso de presas construidas con materiales sueltos, como tierra o roca, es fundamental impedir su desbordamiento, ya que esto podría conducir a su destrucción en pocas horas. El agua almacenada en el embalse sería liberada repentinamente, generando una descarga violenta que superaría la capacidad del cauce y causaría daños significativos por su gran fuerza de arrastre (Secretaría de Seguridad y Protección Ciudadana, 2004).

Inundaciones por el tiempo de respuesta de la cuenca:

Inundaciones lentas*:* Estas se presentan cuando una lluvia prolongada satura el suelo en zonas relativamente planas, una vez que el terreno pierde su capacidad de absorción, el agua excedente comienza a escurrir a través de ríos, arroyos o directamente sobre la superficie. A medida que el escurrimiento progresa hacia la salida de la cuenca, su volumen aumenta en proporción al área drenada; si el caudal supera la capacidad del cauce, se produce el desbordamiento del agua, que puede permanecer estancada sobre el terreno durante horas o incluso días (Secretaría de Seguridad y Protección Ciudadana, 2012, pág. 13).

Inundaciones súbitas: Son causadas por precipitaciones intensas y repentinas que se concentran en zonas específicas, estas lluvias pueden transformar en minutos pequeños cursos de agua en violentos torrentes, capaces de provocar grandes daños, este tipo de evento es más común en áreas con pendientes pronunciadas (Secretaría de Seguridad y Protección Ciudadana, 2012, pág. 13)

2.3.2. Causas de las inundaciones

Las inundaciones pueden originarse tanto por causas naturales como por factores antrópicos.

Entre las causas naturales, una de las más frecuentes es cuando se da lluvias intensas en la cuenca baja de los ríos, lo que provoca la saturación del suelo y favorece el desbordamiento, otro factor natural relevante es el cambio climático, el cual contribuye al incremento de precipitaciones persistentes en las zonas afectadas, intensificando así el riesgo de inundaciones.

Por otro lado, las causas antrópicas están asociadas principalmente al uso inadecuado y no planificado del suelo, la modificación de prácticas agrícolas tradicionales, el uso excesivo de agroquímicos, la compactación del suelo y la alteración de técnicas de cultivo han reducido significativamente la capacidad de transpiración del suelo, aumentando la escorrentía superficial y, por ende, el riesgo de inundaciones (Granado, 2016).

Conforme a (Granado, 2016), se han reconocido seis factores comunes como desencadenantes a inundaciones:

1) Sucesos hidrometeorológicos intensos.
2) Aumento de la sedimentación, resultado de procesos de deforestación.
3) Inadecuada gestión y falta de monitoreo de cuencas hidrográficas y ecosistemas.
4) Pérdida y deterioro de áreas costeras, lo que interfiere con los procesos naturales de filtración del agua y disminuye la capacidad de resistencia frente a huracanes.
5) Alta presión demográfica y establecimiento de asentamientos no planificados en zonas poco competentes

6) Carencia en servicios de alcantarillado, atado a migración a zonas urbanas con servicios no planificados (Del Granado, 2016)

Factores desencadenantes: Según (Cenepred, 2014), son aquellos que liberan eventos o sucesos que suelen producir peligros en un perímetro geográfico. Por ejemplo, lluvias que originan deslizamiento de material meteorizado o suelto.

Características climatológicas Precipitación: Se refiere al desplome de partículas de agua desde la atmósfera hasta la superficie de la tierra, particularmente como lluvia, nieve o granizo. Intensidad: Corresponde al volumen de agua precipitada por unidad de tiempo y superficie, esta característica está directamente relacionada con la duración del evento: a mayor duración, menor intensidad promedio, y viceversa. Duración: Hace referencia al tiempo que persiste un evento de precipitación, el cual puede variar considerablemente, desde apenas unos minutos hasta varios días. Frecuencia: Está vinculada al concepto de tiempo de retorno, y se precisa como el intervalo promedio en el que un evento de precipitación de determinada magnitud se repite. Distribución temporal: Se refiere a cómo se reparte la intensidad de la lluvia a lo largo del tiempo durante una tormenta (Cenepred, 2014)

La evaluación del riesgo de inundación radica en delimitar las causas del peligro de inundación, el sitio y delimitación de áreas propensas a la inundación, la periodicidad de los eventos extremos, el tirante máximo tocado por la inundación, la duración del fenómeno, los elementos en riesgo, la velocidad del pico de la avenida y su vulnerabilidad (Díaz Delgado, 2015).

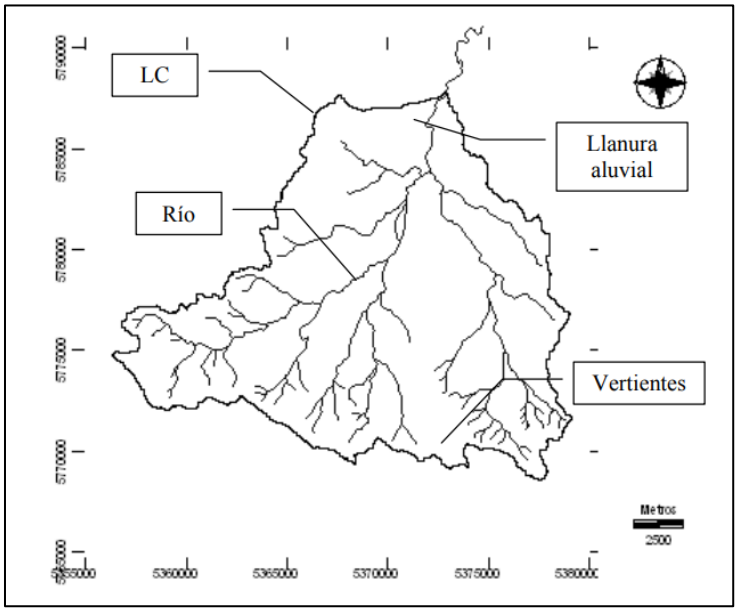
2.3.3. Cuenca Hidrográfica

Una cuenca hidrográfica es una unidad morfológica integrada, definida como el territorio en el cual las aguas superficiales drenan de forma natural hacia un cauce principal, delimitado por una línea divisoria de aguas, esta línea marca los límites entre diferentes sistemas de drenaje, y las aguas que fluyen dentro de ella desembocan finalmente en el mar a través de una red de vertientes acopladas, la estabilidad y funcionalidad de sus componentes estructurales reflejan el comportamiento sistémico de la cuenca.

El estudio de las características funcionales y morfométricas de una cuenca a través de parámetros como la forma, el relieve y la red de drenaje es esencial para la modelación hidrológica, ya que permite entender cómo se capta, la distribución y movimiento del agua de lluvia en un sistema.

Desde el enfoque hidrológico, una cuenca hidrográfica abarca todo el territorio ocupado por un río principal y sus ramales, sus límites están determinados por la topografía, específicamente por la divisoria de aguas, misma que encierra dentro de un mismo sistema las vertientes (desde las cabeceras de las cuencas hasta las proximidades del cauce), la llanura aluvial (que bordea el río a lo largo de su recorrido) y el cauce fluvial propiamente dicho.

Ilustración 2: *Delimitación de la cuenca hidrográfica.*



Nota: Delimitación de una cuenca hidrográfica (LC) con su red de drenaje y partes primordiales.

El cauce de un río es el conducto nativo por donde fluyen las aguas provenientes de una cuenca hidrográfica, su perfil longitudinal representa la diferenciación de altitud a lo largo del camino del río, permitiendo identificar la pendiente desde su nacimiento en las zonas altas (aguas arriba) hasta su desembocadura, ya sea en otro cauce, lago o laguna, este perfil refleja las condiciones topográficas y dinámicas del flujo en cada tramo del río. La grafía de este tipo de perfil enuncia la capacidad erosiva del río a través de la relación entre la distancia viajada desde su nacimiento y la altura referente de cada punto de mencionado perfil (Gaspari, Rodríguez, Senisterra, Delgado, & Besteiro , 2013)

Componentes Biológicos

La flora, compuesta por bosques, cultivos y diversas especies vegetales, junto con la fauna silvestre y domesticada, conforman el componente biológico de una cuenca hidrográfica

Componentes Físicos

El componente físico está constituido por elementos naturales como el agua, el aire, el suelo, el subsuelo.

Componentes Socioeconómicos

Está representado por las colectividades que habitan dentro de la cuenca, estas poblaciones utilizan y transforman los recursos naturales para su sustento, construyen infraestructuras, desarrollan actividades productivas y acceden a servicios, lo que contribuye a mejorar sus condiciones de vida.

2.3.4. Clasificación de Cuencas

Se pueden clasificarse según el grado de concentración y jerarquía de su red de drenaje, dando origen a unidades más pequeñas como subcuencas y microcuencas.

Subcuenca

Es el territorio que vierte sus aguas hacia un cauce principal dentro de una cuenca mayor, se considera una subdivisión de una cuenca hidrográfica, conformada a su vez por varias microcuencas.

Microcuenca

Son unidades de menor extensión dentro de una subcuenca, donde nacen pequeños riachuelos o quebradas que drenan desde laderas y zonas altas, representan espacios estratégicos para la proyección y cumplimiento de acciones de manejo sostenible de los recursos naturales.

2.3.5. Delimitación de una Cuenca Hidrográfica

Hacer la delimitación de forma manual es un trabajo muy laborioso, para esto existe un método automático mediante la utilización del software ArcGis, el cual posee un agregado de herramientas hidrológicas para esta acción, de esta forma presenta varias

ventajas como: rapidez y facilidad en delimitación, modelo distribuido, aceptado y cartografía aprovechable (Zhicay Lombaida , 2020)**.**

En la Tabla 1 se describe el procedimiento frecuente para delimitar una cuenca en el software ArcGis.

Tabla 1

Procedimiento para delimitar una cuenca hidrográfica.

Herramienta	**Descripción**	**Entrada necesaria**	**Archivo de salida**
MDE	Ráster de origen	MDE descargado de base de datos o generado	MDE
Fill	Corrige el modelo digital de elevación	MDE	MDE reformado, saturado los pixeles vacíos
Flow Direction	Valora el ráster de dirección de flujo	MDE corregido	Dirección deflujo
Flow Accumulation	Valora el flujo acopiado en una celda	Dirección de flujo	Acumulación deflujo
Sinlge Output Map Algebra (se agrega el Algebra de mapas)	Valora el ráster de corrientes partiendo de la acumulación del flujo y el detalle de un número de celdas que se desea que conformen la corriente	Acumulación de flujo	Red de drenaje
Stream Link	Divide los drenajes establecidos, en continuos segmentos partiendo del ráster de corrientes y la dirección de flujo	Red de drenaje Dirección de flujo	Drenaje fracciona do
Stream Order	Forma un ráster del orden de las corrientes	Red de drenaje Dirección de flujo	Orden de los drenajes
Stream Feature	Crea un shape de drenajes partiendo de la dirección de flujo yel ráster de corrientes	Red de drenaje Dirección de flujo	Shape de la redde drenaje

Feature Vertice To Point (Se agrega Data Management tools)	Permite establecer los puntos partiendo del ráster de corrientes	Shape del a red de drenaje	Vértices de los drenajes
Watershed	Permite la delimitación de las cuencas	Dirección de flujo	Vértices de los drenajes

Nota: Proceso para delimitar una cuenca hidrográfica de manera automática mediante ArcGis.

2.3.6. Morfometría

Es el estudio cuantitativo de las particularidades físicas en una cuenca hidrográfica, la morfometría tiene como objetivo principal medir y describir heterogéneas variables que definen la cuenca, con el propósito de identificar el potencial, las limitaciones y el uso adecuado de sus recursos naturales y condiciones ambientales, así como de comprender el contexto socioeconómico de las comunidades asentadas en ella.

Este análisis permite conocer en detalle las propiedades físicas de la cuenca, a través del estudio de su zona, relieve y red hidrográfica, esta información facilita comparaciones entre distintas cuencas y contribuye a comprender la complejidad de su proceder hidrológico.

Entre los elementos físicos claves considerados en un estudio morfométrico están:

Parámetros generales de una Cuenca Hidrográfica

Área (A)

El área de la cuenca es posiblemente la característica morfométrica e hidrológica más transcendental, se define por la divisoria de aguas, que permite determinar el tamaño, mencionado en km2.

Tabla 2

Clasificación de Áreas.

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

Nota. Adaptado de fuente: Jiménez, Materón (1986), Reyes et al, 2014 citado por (I. J. Zhicay Lombaida, 2020, p. 21)

Perímetro (P) (km)

Es la distancia de la divisoria topográfica, es medido partiendo del sitio de salida de la cuenca hidrográfica o sitio de interés en el cauce.

2.3.7. Parámetros de Forma

La forma de una cuenca influye de manera significativa en su dinámica hidrológica, aunque dos cuencas puedan tener la misma superficie, sus respuestas ante eventos de lluvia, así como los hidrogramas resultantes, pueden variar considerablemente según su configuración geométrica.

Los parámetros de forma tomados en cuenta son:

Factor Forma de Horton (Rf)

El factor de forma de Horton afecta el área de la cuenca (A), y el cuadrado de la longitud máxima o longitud axial de la misma (La).

$Rf = A/La^2$

Donde:

Rf: Factor forma de Horton (adimensional)

A: Área de la cuenca (km2)

La: Longitud axial de la cuenca (km)

Tabla 3

Relación Forma Horton

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

Nota: Adaptado de fuente: Strahler (1957), citado por (Chester, 2017)

Parámetros de Relieve

Estos parámetros son relevantes puesto que poseen más influencia que los parámetros de forma sobre la respuesta hidrológica; a manera general se puede aludir que a mayor relieve o pendiente, la escorrentía se produce en lapsos de tiempo menores.

Pendiente media de la cuenca

La pendiente representa la diferenciación del relieve dentro de una cuenca hidrográfica y es un factor clave para comprender su comportamiento en relación con procesos como la erosión y la sedimentación, en zonas con pendientes pronunciadas, la erosión del suelo suele ser más intensa, mientras que en terrenos planos predominan los problemas de drenaje y acumulación de sedimentos. La estimación de la pendiente media

de la cuenca se realiza partiendo de un plano topográfico con curvas de nivel, aplicando el método de Alvord (Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca, s.f.)

$$j = 100\,\frac{\Sigma Li * E}{A}$$

Donde:

J: Pendiente media de la cuenca (%)

Li: Longitud de cada una de las curvas de nivel, en km.

E: Equidistancia de las curvas de nivel (km)

A: Área de la cuenca (km^2)

Tabla 4

Clasificación de las cuencas de acuerdo con la pendiente.

Rangos de pendiente (%)	Descripción
0 – 3	Plano
3 – 7	Suave
7 – 12	Medianamente accidentado
12 – 20	Accidentado
20 – 35	Fuertemente accidentado
35 - 50	Muy fuertemente accidentado
50 – 75	Escarpado
> 75	Muy escarpado

Nota. Fuente: Alcántara, 2008

2.3.8. Modelamiento hidráulico

Modelamiento en Iber v2.0.

Existen diversos modelos que permiten realizar cálculos como el flujo de agua en ríos, la identificación de zonas inundables, la evaluación de áreas de riesgo y la demarcación de caminos con alto flujo de desagüe, estos modelos también son útiles para simular el transporte de

sedimentos y el flujo de fondo, así como el impacto de las mareas en estuarios. Además, permiten modelar el paso del agua a través de puentes, compuertas y vertederos, teniendo en cuenta incluso el efecto del viento (Didactia, 2016).

Modelamiento en Hec_ras

HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center-River Analysis System) este software de modelamiento hidráulico tiene como función principal el cálculo de perfiles de flujo, teniendo en cuenta el flujo unidimensional, asimismo, refiere el modelamiento de transporte de sedimentos y ejecuta un estudio de la calidad de agua, también, se puede realizar edición de secciones transversales e inserción de diques, puentes y alcantarillas como estructuras hidráulicas. Realizada la simulación de inundación se puede observar la velocidad y la altura de la lámina de agua en una gráfica de perfil de todo el trecho modelado (MARIÑO, 2016)

2.3.9. Elementos expuestos

Hacen referencia a la presencia de personas, medios de subsistencia, servicios esenciales, recursos económicos y sociales, infraestructura y bienes de la cultura, estos elementos, debido a su exposición o ubicación geográfica, pueden verse afectados por la manifestación de una amenaza, para ello, se utilizan mapas que muestran infraestructuras, redes de agua potable, alcantarillado, vías urbanas y puentes.

Se identifican espacialmente los elementos clave y se evalúa su relevancia en función de la población expuesta y la importancia de los recursos esenciales, como las infraestructuras críticas, el análisis de la población expuesta se realiza considerando el acceso a alertas de

evacuación y el grado de obediencia de estas evacuaciones, lo que permite delimitar las zonas seguras.

Por otro lado, en relación con las infraestructuras críticas, y conforme al enfoque adoptado, se identificaron en el recinto aquellos elementos considerados vitales tanto en situaciones normales como en emergencias, partiendo de esta información, se establece la importancia de cada infraestructura.

Los elementos expuestos en áreas en circunstancias de riesgo contienen tanto los elementos físicos o infraestructura, como los servicios ambientales, recursos sociales, económicos y bienes culturales, la descripción de los elementos se debe evaluar de forma cuantitativa en bienes físicos o edificaciones.

Los elementos expuestos por el desbordamiento del río Caluma que se tomaron en cuenta fue de acuerdo a los sectores: sector social (viviendas, centros religiosos, escuelas, centro de salud, vías afectadas) sector económico (actividades de comercio), sistema de agua y alcantarillado (abastecimientos de agua, red de distribución, infraestructura para el abastecimiento, sistemas de agua, cantidad de zonas agrícolas, cultivos expuestos). (Sacoto Flores & Sánchez García , 2023)

2.3.10. Medidas de reducción de riesgos ante inundaciones

Las medidas estructurales para la minimización del riesgo de inundación están compuestas por aquellas que radican en la construcción de obras civiles con la finalidad de salvaguardar el área frente a inundaciones.

Existen variadas estrategias para cada caso, por lo habitual, estas medidas suelen fraccionarse en:

Estructuras de detención: Tienen como objetivo almacenar agua para prevenir inundaciones causadas por grandes descargas, las cuales podrían ocasionar daños significativos e incluso poner en riesgo la integridad de la misma estructura de retención o de otras construcciones ubicadas río abajo, las más usuales son los embalses y presas ubicados en zonas superiores a áreas urbana (Torres, 2010)

Estructuras de protección: Protegen directamente las áreas urbanas, evitando que el agua ingrese a la ciudad, ejemplos de estas estructuras son los diques, que bloquean el paso del agua, y los encauzamientos, que dirigen el flujo hacia áreas específicas. Estas estructuras son cruciales para la protección contra inundaciones tanto fluviales como marítimas (Torres, 2010)

Sistemas de drenaje: Están diseñados para la gestión del agua de escorrentía formada por las precipitaciones en zonas urbanas y sus alrededores, por lo tanto, son estructuras protectoras contra inundaciones de origen pluvial; es fundamental que estos sistemas se diseñen considerando la natural dinámica del río, reconociendo su carácter variable y cambiante, estas estructuras son diseñadas permitiendo el camino natural del río y con respeto de los causes naturales del agua siempre que sea posible (Torres, 2010)

Medidas no estructurales

La implementación de medidas no estructurales puede ser clave para mitigar las consecuencias de una catástrofe, esencialmente en lo que concierne a la protección de vidas humanas, estas medidas tienen como objetivo reducir la vulnerabilidad de las poblaciones en riesgo a través de la planificación y gestión antes, durante y después del evento catastrófico. Existen diversas categorías que permiten clasificar estas medidas no estructurales (Torres, 2010)

Se diferencian seis grupos: - Políticas y proyección urbana - Pronóstico de inundaciones - Avisos - Movilización - Coherencia y procedimientos de operación - Seguros y compensaciones (Torres, 2010).

Modelo hidráulico

Es esencial esta herramienta para evaluar el comportamiento del flujo en ríos y cuerpos de agua. Dependiendo del nivel de detalle y los objetivos rio del estudio se pueden emplear modelos unidimensionales, bidimensional, tridimensional.

Modelo 1D (Unidimensional)

Los modelos unidimensionales representan el flujo del agua a lo largo de una sola dirección, asumiendo que la velocidad es semejante en cada sección transversal. Este modelo es útil para el estudio de caudales en ríos y canales, permitiendo estimar niveles de agua y velocidad de flujo de manera eficiente.

Modelo 2D Bidimensional

Los modelos bidimensionales permiten simular el flujo en dos direcciones (longitudinal y transversal) lo que facilita una mejor representación de zonas inundables y la interacción entre el cauce del rio y su entorno. Este tipo de modelamiento es apropiado para estudios de inundaciones ya que suministra información detallada sobre la propagación del agua y sus efectos en áreas urbanas y rurales.

Modelo 3D Tridimensional

Los modelos tridimensionales incorporan variaciones en la dirección vertical, permitiendo analizar de manera detallada la turbulencia, los gradientes de velocidad y la

interacción con estructuras hidráulicas. Estos modelos son empleados en estudios avanzados que requiere alta precisión como la evaluación de erosión, transporte de sedimentos y calidad de agua.

2.4.Definición de Términos (Glosario)

Amenaza: Es un fenómeno, causa o actividad humana que suele originar defunciones, lesiones u otros efectos en la salud, perjuicios a los bienes, disrupciones sociales y económicas o deterioros ambientales (CIIFEN, 2022).

Amenaza natural: Es el fenómeno o proceso natural origina el fallecimiento, contusiones y más impactos a la salud, igualmente que daños a los bienes, se pierde medios de sustento y los servicios, existe trastornos económicos, sociales o daños ambientales (UNISDR, 2009).

Desastre: Una complicación grave en el buen ejercicio de una colectividad que produce una gran cuantía de defunciones al igual que mermas e impactos económicos y ambientales que sobresalen la capacidad de la comunidad afectada para hacer frente al escenario a través del uso de sus recursos propios.

Evaluación de amenazas: Proceso a través del cual se establece la peripecia de que un fenómeno físico se exteriorice con un explícito grado de rigor, durante una etapa de tiempo preciso y en un área fija, simboliza la recurrencia apreciada y la ubicación geográfica de eventos factibles (CEPREDENAC, 2003).

Exposición: Contexto en que se hallan los individuos, las construcciones, la capacidad de fabricación, moradas y demás activos humanos palpables ubicados en zonas propensas a amenazas.

Infraestructuras vitales: Ligado de estructuras físicas, subestructuras, redes y demás activos que facilitan servicios precisos para la labor social y económica de una localidad o sociedad (UNISDR , 2018).

Mitigación: Minimización o deflación al imperceptible de los efectos desfavorables de un acontecimiento peligros (Glosario De Términos Y Conceptos De La Gestión Del Riesgo Dedesastres Para Los Países Miembros De La Comunidad Andina, 2018).

Prevención de riesgos: Diligencias y medidas enfocadas a impedir los riesgos de desastres efectivos y nuevos (Indicadores y terminología relacionados con la reducción del riesgo de desastres, 2009).

Recuperación: La restauración y mejora de los recursos, subestructuras, medios de manutención y condiciones de vida de las colectividades impactadas por desastres, cuando sea necesario, incluye acciones dirigidas a reducir los factores de riesgo asociados a futuros desastres.

Servicios esenciales: Incumben a aquellos que deben resguardarse con precedencia, por ser esenciales para que el Estado opere los desastres, se incluye servicios como: gestión de riesgos, seguridad, cuidado de la salud, registro civil con la identificación y cedulación, servicio de telecomunicaciones y ministerio de finanzas (Secretaria de Gestión de Riesgo, 2018).

2.5.Marco Legal

Prioridades de acción

Prioridad 1: Comprender el riesgo de desastres

23. Las políticas y prácticas para la gestión del riesgo de desastres deben basarse en una comprensión del riesgo de desastres en todas sus dimensiones de vulnerabilidad, capacidad,

grado de exposición de personas y bienes, características de las amenazas y entorno. Esos conocimientos se pueden aprovechar para la evaluación del riesgo previo a los desastres, para la prevención y mitigación y para la elaboración y aplicación de medidas adecuadas de preparación y respuesta eficaz para casos de desastre. (Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres, 2015)

Constitución de la República del Ecuador

Artículo 389.- El Estado protegerá a las personas, las colectividades y la naturaleza frente a los efectos negativos de los desastres de origen natural o antrópico mediante la prevención ante el riesgo, la mitigación de desastres, la recuperación y mejoramiento de las condiciones sociales, económicas y ambientales, con el objetivo de minimizar la condición de vulnerabilidad. El sistema nacional descentralizado de gestión de riesgo está compuesto por las unidades de gestión de riesgo de todas las instituciones públicas y privadas en los ámbitos local, regional y nacional. El Estado ejercerá la rectoría a través del organismo técnico establecido en la ley. Tendrá como funciones principales, entre otras:

- Identificar los riesgos existentes y potenciales, internos y externos que afecten al territorio ecuatoriano.
- Generar, democratizar el acceso y difundir información suficiente y oportuna para gestionar adecuadamente el riesgo.
- Asegurar que todas las instituciones públicas y privadas incorporen obligatoriamente, y en forma transversal, la gestión de riesgo en su planificación y gestión.
- Fortalecer en la ciudadanía y en las entidades públicas y privadas capacidades para identificar los riesgos inherentes a sus respectivos campos de acción, informar sobre ellos, e incorporar acciones tendientes a reducirlos.

- Articular las instituciones para que coordinen acciones a fin de prevenir y mitigar los riesgos, así como para enfrentarlos, recuperar y mejorar las condiciones anteriores a la ocurrencia de una emergencia o desastre.
- Realizar y coordinar las acciones necesarias para reducir vulnerabilidades y prevenir, mitigar, atender y recuperar eventuales efectos negativos derivados de desastres o emergencias en el territorio nacional.
- Garantizar financiamiento suficiente y oportuno para el funcionamiento del Sistema, y coordinar la cooperación internacional dirigida a la gestión de riesgo.

Artículo 390.- Los riesgos se gestionarán bajo el principio de descentralización subsidiaria, que implicará la responsabilidad directa de las instituciones dentro de su ámbito geográfico. Cuando sus capacidades para la gestión del riesgo sean insuficientes, las instancias de mayor ámbito territorial y mayor capacidad técnica y financiera brindarán el apoyo necesario con respecto a su autoridad en el territorio y sin relevarlos de su responsabilidad. (Constitución de la República del Ecuador, 2008)

Ley de Seguridad Pública y del Estado

Artículo 11.- De los órganos ejecutores. - Los órganos ejecutores del Sistema de Seguridad Pública y del Estado estarán a cargo de las acciones de defensa, orden público, prevención y gestión de riesgos conforme lo siguiente:

d) De la gestión de riesgos. - La prevención y las medidas para contrarrestar, reducir y mitigar los riesgos de origen natural y antrópico o para reducir la vulnerabilidad corresponden a las entidades públicas y privadas, nacionales, regionales y locales. La rectoría la ejercerá el Estado a través de la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgo. (Ley de Seguridad Pública y del Estado, 2014)

Reglamento a la Ley de Seguridad Pública y del Estado

Artículo 16.- Ámbito: Las disposiciones normativas sobre gestión de riesgos son obligatorias y tienen aplicación en todo el territorio nacional. El proceso de gestión de riesgos incluye el conjunto de actividades de prevención, mitigación, preparación, alerta, respuesta, rehabilitación y reconstrucción de los efectos de los desastres de origen natural, socionatural o antrópico.

Artículo 20.- De la Organización: La Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos, como órgano rector, organizará el Sistema Descentralizado de Gestión de Riesgos, a través de las herramientas reglamentarias o instructivas que se requieran.

De concurrencia: La concurrencia de competencias entre entidades nacionales y territoriales de los ámbitos público, privado y comunitario que constituyen el Sistema Nacional Descentralizado de Gestión de Riesgos, tiene lugar cuando la eficacia en los procesos, acciones y tareas se logre mediante la unión de esfuerzos y la colaboración no jerárquica entre las autoridades y entidades involucradas. La acción concurrente puede darse en beneficio de todas o de algunas de las entidades. El ejercicio concurrente de competencias exige el respeto de las atribuciones propias de las entidades involucradas, el acuerdo expreso sobre las metas comunes y sobre los procesos y procedimientos para alcanzarlas.

De precaución: La falta de certeza no debe utilizarse como razón para postergar o negar la adopción de medidas de protección en materia de gestión de riesgos. Se aplica en una situación en la que la información técnica es insuficiente o existe un nivel significativo de duda en las conclusiones del análisis técnico.

De coordinación: La coordinación de competencias es entendida como la actuación integrada de servicios tanto estatales como privados y comunitarios especializados y

diferenciados, cuyas funciones tienen objetivos comunes para garantizar la armonía en el ejercicio de las funciones y alcanzar los fines para lo que fue establecido el Sistema Nacional Descentralizado de Gestión del Riesgos.

De responsabilidad: Quienes sean generadores de emergencias y/o desastres por acción u omisión deberán responder por sus efectos, según su grado de responsabilidad, de conformidad con la Constitución de la República y la normativa aplicable.

De transversalidad: Todas las Instituciones públicas y privadas deben incorporar obligatoriamente y en forma transversal la gestión de riesgos de desastres en su planificación y operación. (Reglamento a la Ley de Seguridad Públicay y del Estado , 2017)

Ley Orgánica para la Gestión Integral del Riesgo de Desastres

Articulo 1.- Objeto.- La presente Ley tiene por objeto normar los procesos para la planificación, organización y articulación de políticas y servicios para el conocimiento, previsión, prevención, mitigación; la respuesta y la recuperación ante emergencias, desastres, catástrofes, endemias y pandemias; y, regular el funcionamiento del Sistema Nacional Descentralizado de Gestión Integral del Riesgo de Desastres garantizando la seguridad y protección de las personas, las colectividades y la naturaleza, frente a las amenazas de origen natural y antrópico, con el objetivo de reducir el riesgo de desastres.

Artículo 3.- Finalidades de la Ley. – Son finalidades de la presente Ley:

Determinar los procesos para la gestión integral e interinstitucional del riesgo de emergencias, desastres, catástrofes, endemias y pandemias de origen natural y antrópico con el propósito de garantizar la seguridad y protección de las personas, comunidades y la naturaleza y reducir las pérdidas ocasionadas.

Desarrollar las competencias, atribuciones y funciones de los actores del Sistema Nacional Descentralizado de Gestión Integral del Riesgo de Desastres para su gobernanza.

Definir los instrumentos para la gestión integral del riesgo de desastres, que prevengan y reduzcan el grado de vulnerabilidad por la exposición a amenazas naturales, socionaturales y antrópicas, aumenten la preparación para la respuesta y la recuperación a fin de contribuir al desarrollo de territorios sostenibles y resilientes.

Establecer responsabilidades, prohibiciones y el régimen sancionatorio en materia de gestión integral del riesgo de desastres.

Articulo 4.- principios de la gestión integral de riesgo de desastres. - Se observará la aplicación de los principios reconocidos en la Constitución de la República para garantizar el ejercicio directo de los derechos de las personas, pueblos y nacionalidades, especialmente de los grupos de atención prioritaria a quienes se brindará atención preferencial. Sin perjuicio de los principios constitucionales, son principios de la gestión integral del riesgo de desastres, los siguientes:

- Autoprotección: Las comunidades, nacionalidades y pueblos, colectivos, y personas que habitan en el territorio nacional tienen como responsabilidad adoptar las medidas necesarias para conocer las amenazas, reducir su vulnerabilidad y exposición ante éstas; y, mejorar su capacidad de afrontar emergencias, desastres y catástrofes que permitan reducir los daños, las pérdidas y recuperarse de manera resiliente. El Estado establecerá políticas, herramientas y medidas que permitan a la población acceder a conocimiento en gestión de riesgos.
- Corresponsabilidad: Es el compromiso legal y ético asumido por el Estado, las ciudadanas y los ciudadanos y las organizaciones de la sociedad civil, de manera

compartida, de la gestión integral del riesgo de desastres quienes prestarán todos los mecanismos de apoyo y soporte con este propósito.

- Descentralización subsidiaria: Implica la responsabilidad y liderazgo en la gestión integral del riesgo de desastres de los gobiernos autónomos descentralizados y regímenes especiales más cercanos a la población en su jurisdicción y ámbito geográfico; así como, la responsabilidad directa de las instituciones del gobierno central en la gestión integral de los riesgos, de acuerdo con sus competencias en el territorio. (Ley Orgánica Para la Gestión Integral del Riesgo de Desastres, 2024)

2.6.Sistema de hipótesis/Idea a defender

¿Al evaluar la amenaza de inundación ante el desbordamiento del río Caluma en el recinto Charquiyacu se identificará los elementos esenciales y la población expuesta?

2.7.Sistema de Variables

Variables Dependiente	**Definición**	**Dimensión**	**Indicador**	**Escala**	**Instrumento**
Elementos expuestos	Objetos, estructuras o áreas en riesgo debido al desbordamiento.	Susceptibilidad a sufrir daños por desbordamiento	Tipo de elementos	Zonas, número de personas, infraestructuras, vías, cultivos	Inspección de campo Encuestas Referencias bibliográficas Mapas
Variables Independiente	**Definición**	**Dimensión**	**Indicador**	**Escala**	**Instrumento**
Amenaza de inundación	Riesgo potencial de inundación basado en el comportamiento del río.	Datos del modelamiento hidráulico IBER que indican áreas de inundación.	Profundidad del agua, extensión de inundación	metros, hectáreas	Modelamiento hidráulico usando el software IBER.

Capítulo III: Marco Metodológico

3.1.Nivel de Investigación

El presente trabajo de investigación se desarrolló a través del tipo de investigación descriptiva y de campo.

Investigación Descriptiva: De acuerdo con (Sampieri, 2018). La investigación descriptiva se enfoca en detallar y especificar las propiedades, peculiaridades y perfiles de personas, grupos, colectividades, es decir, se recolecta datos y se consigue información sobre varios conceptos, aspectos, variables, dimensiones o mecanismos del fenómeno o problema a investigar.

Esta investigación permite identificar las características del área de estudio incluyendo el tipo de suelo, la vegetación, las precipitaciones, y los relieves para poder determinar el nivel de amenaza y el análisis del caudal del rio, esto ayudara a comprender los puntos críticos donde el desbordamiento es más probable permitiendo de esta manera identificar los elementos expuestos que están en riesgo como viviendas, infraestructura, cultivos.

Investigación de campo: Consiste en la recolecta de datos de forma directa de los sujetos o de la realidad investigada donde suscitan los hechos, no existe control o manipulación de variable alguna, es decir, el investigador consigue la información, pero no perturba las condiciones existentes (Arias, 2012).

Con base al tipo de investigación se realizará la recolección de datos en el área de estudio, garantizando así la confiabilidad de los datos y la precisión de los resultados. Estos resultados serán esenciales para establecer medidas de mitigación y respuesta ante el

desbordamiento del rio al implementar estas medidas se mejorará la resiliencia de las infraestructuras y la seguridad de la comunidad en el recinto Charquiyacu.

3.2.Diseño

Método mixto

El presente trabajo de investigación se desarrolló con la unión de los enfoques cualitativo y cuantitativo, donde (Sampieri R. H., 2018), expone que los métodos mixtos simbolizan un ligado de procesos empíricos, críticos y sistemáticos de investigación e involucran la recolección y examen de datos cuantitativos y cualitativos de toda la información recabada logrando así una mayor comprensión de estudio.

Por lo tanto, el método mixto permitió resolver el problema y con ello lograr cada uno de los objetivos planteados. Con el tipo de investigación cualitativa se podrá recopilar información de primera mano de los elementos esenciales presentes en el área de charqui yacu esto incluye el número de infraestructura mediante encuestas, observación directa

Dentro de esta investigación cuantitativa se busca recopilar datos numéricos precisos estos datos incluirá el caudal del rio (en metros cúbicos por segundo) la velocidad y profundidad del flujo del agua el nivel de agua en metros, la frecuencia de eventos de inundación (número de eventos por año) que se realizara en software IBER determinando de esta manera las zonas vulnerables.

La investigación cualitativa es una metodología delineada para manifestar por qué detrás de los descubrimientos de la investigación, con menos énfasis en datos estadísticos, suministra una comprensión mejorada de las conductas, emociones y motivaciones humanas a través de información fundamentada en el texto. Los métodos de investigación cualitativa por lo general

requieren la observación de primera mano, como las entrevistas o los grupos de discusión. (Sampieri, 2018)

Mediante este método se identificará el grado de afectación de la comunidad por inundaciones clasificados en alto medio bajo dependiendo del impacto. También se evaluará el nivel de amenaza como crítico, moderado o bajo según la frecuencia, los datos abarcaran categorías de impacto como económico, social, salud e infraestructura

3.3.Población y Muestra

Según lo expresa (Sampieri, Fernández, & Baptista, 2014), la población es el agregado de todos los casos que coinciden con una variedad de particularidades.

Dentro de la población del recinto Charquiyacu del cantón Caluma existe un número total de 169 familias como población total y para adquirir la muestra se aplica la siguiente fórmula:

$$n = \frac{Z^2\, N(p)(q)}{e^2(N-1) + Z^2(p)(q)}$$

N= población (169)

Z= nivel de confianza (1,96)

p= probabilidad de éxito (0,50) 50%

q= probabilidad de fracaso (0,50) 50%

e= margen de error admitido (0,05)

n= tamaño de la muestra

Obteniendo un resultado del cálculo de la muestra de:

$$n = \frac{(1.96)^2 \times (169) \times (0.50) \times (0.50)}{(0.05)^2 \times (169 - 1) + (1.96)^2 \times (0.50) \times (0.50)}$$

$$= \frac{3.8416 \times (0.50) \times (0.50) \times (169)}{0.0025 \times 168 + 3.8416 \times (0.50) \times (0.50)}$$

$$n = \frac{3.8416 \times 0.25 \times 169}{0.42 + 0.9604}$$

$$n = \frac{162{,}3076}{1.38}$$

$$n = 118$$

Se obtuvo un resultado de 118 familias como muestra, se aplica una encuesta en las viviendas que encuentren ubicadas a las riberas del río y las más afectadas a causa del desbordamiento.

3.4.Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

Para el levantamiento de información se utilizó diferentes técnicas e instrumentos que se describen a continuación.

Observación directa de la zona de estudio

En áreas más cercanas al río Caluma, básicamente los elementos expuestos como viviendas, centro de salud, servicios básicos.

Revisión documental

De estudios previos, informes técnicos, y base de datos oficiales sobre el área de estudio.

Hoja de observación

Se realizó una entrevista al presidente del recinto, proporcionando información clave del estado y la cantidad de las viviendas en las zonas vulnerables, además la distribución de la población y el cultivo en áreas de riesgo permitiendo validar y complementar los datos obtenidos en campo.

Entrevista a la población

Se destinó una encuesta a los habitantes de Charquiyacu para obtener indagación sobre las condiciones sociales, económicas y de infraestructura de las viviendas cercanas al río Caluma. La encuesta abordó temas como la vulnerabilidad de las viviendas, la frecuencia de desbordamientos, las capacidades de respuesta comunitaria y el conocimiento de rutas de evacuación. Además, se recopilo datos sobre la composición familiar, personas con discapacidad, cultivos afectados y el estado de edificaciones e infraestructuras.

Se realizo la recolección de datos.

Datos geográficos: Obtención de un Modelo Digital de Elevaciones (MDT) para representar la topografía del terreno.

Datos hidrometeorológicos: Información sobre precipitaciones, cálculo de caudal del río y registros históricos de desbordamientos.

Datos socioeconómicos: Características de la población, infraestructura expuesta, ubicación de servicios básicos, etc.

Delimitación de la Cuenca Hidrográfica

Se define el área de captación de agua y sus características morfométricas, lo que permite estimar la cantidad de agua en el río en caso de lluvias intensas.

Análisis de Precipitaciones y Cálculo de Caudales

Uso del método Outlier para eliminar valores atípicos en los registros de precipitación. Aplicación de pruebas estadísticas como la de Smirnov-Kolmogorov para validar la distribución de datos.

Modelación Hidráulica con el Software IBER

Se simulan distintos escenarios de inundación con periodos de retorno de 25 y 50 años. Se analizan variables como profundidad del agua, velocidad del flujo y extensión de las zonas afectadas.

Zonificación de Elementos Esenciales y Población Expuesta

Se identifican áreas de alto, medio y bajo riesgo de inundación mediante mapas temáticos generados con SIG. Se correlaciona la ubicación de infraestructuras críticas (viviendas, carreteras, servicios básicos) con las zonas de mayor amenaza.

3.5. Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos

3.5.1. Metodología Objetivo 1

Identificar los elementos expuestos por el desbordamiento del río Caluma en el recinto Charquiyacu.

Una vez obtenida la información de la evaluación de vulnerabilidad de infraestructura y servicios básicos en relación al método heurístico, se realizará una encuesta a la población y se

aplicará una hoja de observación, para identificar todos los elementos expuestos e identificar la infraestructura de cada vivienda aplicando el método mencionado.

Metodología para el análisis de vulnerabilidad y riesgo ante inundaciones

Se trabajará con la Metodología Heurística para evaluar la vulnerabilidad y el riesgo físico ante inundaciones de las edificaciones, dicha metodología se centrará específicamente en servicios de emergencia y lugares de concentración pública.

Para llevar a cabo este análisis, es fundamental contar previamente con una evaluación detallada de las amenazas y un diagnóstico físico del área de estudio. El cual se detalla de la siguiente manera.

1. **ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD**

1.1.IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

Para el análisis de vulnerabilidad se prefirió las siguientes variables:

- Materiales preponderantes de construcción: Concurren ciertos materiales más vulnerables tanto a inundaciones como a sismos, el adobe, es un ejemplo.
- Elevaciones de edificación: Porque a mayor altura existe mayor incremento de la vulnerabilidad ante sismos.
- Etapa de conservación de las edificaciones: El adecuado o inadecuado estado torna vulnerables a los inmuebles ante inundaciones y sismos, incluso, podrían desplomarse sin necesidad de que sucedan estos fenómenos.

Mencionadas variables se consiguen de la base de datos catastral, restablecida con trabajo de campo, que conexa a través del SIG, se forman los mapas temáticos. La unidad manejada dependió del tipo de información que se encontró, siendo esta por manzana o lote.

De forma adicional, se debió discurrir otras variables, concretamente para inundaciones, que debieron estar graficadas en un plano para que se conecten con la base de datos:

- **Emplazamiento a la orilla del río:** Las edificaciones que poseen esta situación son más vulnerables.
- **Zonas bajas con respecto a la vía:** En algunas localidades hay manzanas cuyo nivel está por debajo de la vía, esto ocasiona el ingreso del agua a los inmuebles cuando hay inundaciones.

1.2.ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD ANTE INUNDACIONES

1.2.1. Para las Edificaciones en General

Se exhiben dos tipos de metodologías para analizar las vulnerabilidades de las edificaciones ante inundaciones: cualitativo y heurístico.

A. Metodología Cualitativa

Percibe el análisis de las edificaciones usando las variables del siguiente cuadro:

Cuadro Nº1.01

Metodología Cualitativa:

Tabla 5

Variables e indicadores críticos ante inundaciones.

Variable	Indicador crítico
Materiales de construcción	Adobe o quincha
Estado de conservación	Malo y Muy Malo
Emplazamiento al borde del río	Si

Zonas bajas respecto a la vía	Si

Para cada zona de amenaza (peligro) frente inundaciones, se localizan las manzanas o frentes de manzana que poseen los críticos indicadores de las variables apartadas, desocupando esa información de acuerdo al Cuadro Nº 1.02

Cuadro Nº 1.02

Metodología Cualitativa: Matriz de Variables ante inundaciones

Tabla 6

Metodología Cualitativa: Matriz de Variables ante inundaciones, Vulnerabilidad ante inundaciones.

		Vulnerabilidad ante Inundaciones				
Zona de Amenaza (Peligro)		Materiales	Estado de Conservación	Emplazamiento borde del río	Zonas bajas respecto a la vía	Nivel de Vulnerabilidad y Riesgo
Muy Alto						
Alto						
Medio						

Tabla 7

Metodología Cualitativa: Matriz de Variables ante inundaciones, Condiciones de culnerabilidad y localización.

			Condiciones de vulnerabilidad y localización				
Niveles de Peligro			Emplazamiento al borde del río	Zonas bajas respecto a la vía	Materiales de edificación	Estado de conservación	Nivel de Vulnerabilidad
Muy		MD					
		MI					
Alto		MD					
		MI					

		MD					
Medio		MI					

El nivel de vulnerabilidad es apropiado a las zonas de peligro, para aquellas manzanas que poseen las variables seleccionadas.

- Para dar una mejor visualización es recomendable ejecutar el análisis en manera gráfica, fraccionando la ciudad por secciones y cotejando los mapas temáticos.
- Este método es de implementación fácil y fundamental para pequeños centros urbanos, donde es factible identificar los frentes de manzana y lotes que son vulnerables y se hallan en riesgo ante inundaciones, así se expone en la matriz del Cuadro Nº 1.03.

Cuadro Nº 1.03

Metodología Cualitativa

Matriz de niveles de vulnerabilidad de las edificaciones ante inundaciones

Tabla 8

Matriz de niveles de vulnerabilidad de las edificaciones ante inundaciones.

	NIVEL DE VULNERABILIDAD			
SECTOR				
	Muy Alta	Alta	Media	Baja

Metodología Heurística

Esta metodología armoniza lo cualitativo con lo cuantitativo, para lo cual se procede de la siguiente forma: Paso 1 (Cuadro Nº 1.04):

- Selección de las variables más particulares de vulnerabilidad ante inundaciones.
- Concesión de un peso, acorde a su incidencia ante inundaciones; a mayor peso, mayor influencia.
- Concesión de un valor para cada indicador de cada variable; mayor valor al que tiene mayor influencia.

Cuadro Nº 1.04

Metodología Heurística

Ponderación y Valoración de Variables de Vulnerabilidades de las Edificaciones ante inundaciones

Tabla 9

Ponderación y Valoración de Variables de Vulnerabilidades de las Edificaciones ante inundaciones.

VARIABLES DE VULNERABILIDAD			**Materiales**	**Estado de Conservación**	**Emplazamiento borde del río**	**Zonas bajas respecto a la vía**
PONDERACIÓN (P)			6	4	10	10
VALOR (V) (De los indicadores)	**4**	**Muy Alto**	Adobe	Muy Malo	SI	SI
	3	**Alto**	Quincha	Malo		
	2	**Medio**	Adobe reforzado	Regular		
	1	**Bajo**	Ladrillo	Bueno	NO	NO

Paso 2:

- Mediante el SIG aplicación a cada manzana, se realiza la multiplicación del valor del indicador y la ponderación de la variable, así se consigue un puntaje a cada manzana, de la sumatoria consiguiente.

Paso 3 (Cuadro Nº 1.05):

- Establecer de los rangos para precisar los niveles de vulnerabilidad:
  - La diferencia entre el puntaje menor posible y el mayor.
  - Fraccionamiento de la diferencia entre 4.
  - Establecer 4 rangos semejantes
- Así, los niveles de vulnerabilidad de cada manzana están fijados a través de los rangos que se muestran en el cuadro y que se grafica en un mapa.

Cuadro Nº 1.05

Metodología Heurística

Niveles de vulnerabilidad de las edificaciones ante inundaciones

Tabla 10

Niveles de vulnerabilidad de las edificaciones ante inundaciones.

NIVELES DE VULNERABILIDAD			RANGOS
Muy Alto	4		De 98 a 120
Alto	3		De 75 a 97
Medio	2		De 53 a 74
Bajo	1		De 30 a 53

1.2.2 Para los Servicios de Emergencia y Lugares de Concentración Pública

Para analizar la vulnerabilidad de los Servicios de Emergencia y Lugares de reunión Pública como las Instituciones Educativas y demás, inauguralmente se caracterizan las particularidades organizativas y físicas de cada establecimiento.

En base a los datos averiguados se grafica es sitio donde se ubica los servicios de emergencia y los sitios de reunión pública todo esto en función a su capacidad.

Posteriormente, se aplica la metodología heurística delicada para el análisis de las edificaciones a nivel general, a la que se le aumenta la variable de capacidad de las localidades o la población que puedan llegar a albergar.

Es sustancial señalar que es importante ejecutar un análisis más minucioso de todos los sitios o edificios de emergencia, estimados como esenciales para la respuesta positiva en contextos de desastres, por lo tanto, es recomendable efectuar a detalle inspecciones técnicas con el propósito de identificar acciones correctivas adecuadas para la ganancia de su vulnerabilidad, esta recomendación es extendida a las zonas de reunión pública, prevaleciendo aquellos de mayor vulnerabilidad y riesgo.

Cuadro Nº 1.0

Matriz de características de los lugares de concentración pública:

Instituciones Educativas

Tabla 11

Matriz de características de los lugares de concentración pública.

			CARACTERÍSTICAS FÍSICAS																ORGANIZACIÓN					
			NIVEL				CAPACIDAD				MATERIALES			Estado de Conservación					ÁREA (m2.)		Organización (Comité ante desastres)		Capacitación (simulacros)		Seguro	
Nº	NOMBRE	DIRECCIÓN	Inicial	Primaria	Secundaria	Superior	Alumnos	Docentes	Adm.	TOTAL	Adobe simple	Adobe reforzado	Concreto	Bueno	Regular	Malo	Muy Malo	Nº DE PISOS	Terreno	Edificación	SI	NO	SI	NO	SI	NO

Una vez determinados los niveles de amenaza y vulnerabilidad, combinan ambos, fijando valores para decretar los niveles de riesgo en fundamento a criterios generales, esto permite la identificación de sectores críticos de riesgo, sitios condiciones equivalentes de riesgo, que sirven para plantear, obras y/o ejercicios concretos de mitigación (Cortijo, 2008).

La metodología propuesta permite evaluar la vulnerabilidad de las edificaciones y servicios públicos ante inundaciones, a través de la identificación de variables como materiales de construcción, altura, estado de conservación y ubicación, se puede determinar el nivel de riesgo al que están expuestas las estructuras, se lograra obtener una evaluación detallada de la vulnerabilidad y tomar decisiones para mitigar el riesgo ante futuros eventos. Para aplicar esta metodología al recinto Charquiyacu, es fundamental la recopilación de información sobre el río Caluma, las edificaciones y la historia de inundaciones que haya presentado la zona de estudio, además es importante involucrar a la población y utilizar diversas técnicas de recolección de datos como entrevistas e inspecciones visuales de las condiciones del terreno y las edificaciones. Es fundamental considerar la vulnerabilidad social, es decir la capacidad de la comunidad para responder antes una inundación.

La cantidad y calidad de los datos recolectados influye en la precisión de los resultados que se obtendrán. Se debe considerar obtener datos geográficos para determinar la elevación del terreno, zonas bajas, identificar el uso del suelo, áreas con vegetación y pendiente, se debe considerar obtener datos geográficos, datos socioeconómicos para conocer las características de las edificaciones, percepción del riesgo y las experiencias con inundaciones anteriores, datos hidrometeorológicos para identificar elementos esenciales en cuanto a la ubicación de los servicios básicos, establecimientos educativos, establecimientos de salud, etc.

3.5.2. Metodología Objetivo 2

Evaluar la amenaza del desbordamiento a través del modelamiento hidráulico IBER en el recinto Charquiyacu y la zonificación de elementos esenciales y población expuesta.

El software IBER es un modelo hidráulico utilizado para la simulación de inundaciones, este tipo de fenómenos, al no seguir un patrón de recurrencia definido, presentan escasos estudios en las cabeceras de cuenca, donde la erosión hídrica depende en gran medida del enrutamiento del flujo y la geomorfología del terreno, especialmente en zonas de alta montaña. Por ello, las investigaciones sobre inundaciones se concentran principalmente en las partes media y baja de las cuencas, IBER permite simular diversos eventos relacionados con riesgos hídricos, como inundaciones, procesos de erosión y sedimentación, entre otros (ResearchGate, 2021)

MDT: Es un estructurado conjunto de datos que precisa el contingente espacial de la altitud de la superficie del terreno, al mismo tiempo se da el nombre de de Modelo Digital de Elevaciones. La unidad básica del MDT es un punto que conlinda, de un valor de altitud z y los valores de las coordenadas x,y, siendo su propósito la obtención de una representación del relieve en base a dos tipos de modelos que es el ráster y vector (Berdugo, 2021).

Para poder llevar a cabo el modelamiento hidráulico se requiere de la prepacion y recolección de datos.

Módulo de Hidrodinámica

El módulo hidrodinámico de Iber se encarga de resolver las ecuaciones de mantenimiento de masa y de momento en ambas trayectorias horizontales, estas ecuaciones se fundamentan en dos hipótesis: una velocidad análoga a lo largo de la hondonada del agua, la distribución de presión hidrostática, el supuesto de presión hidrostática es legítima tanto en ríos como en

estuarios no estratificados. Por su parte, la hipótesis de velocidad uniforme suele cumplirse en estos mismos entornos, siempre que no estén procesos significativos de estratificación causados por variaciones en temperatura, salinidad o acción del viento (Berdugo, 2021)

Módulo de Turbulencia

Iber reúne para el desarrollo hidrodinámico diversos modelos de turbulencia que están basados en la hipótesis de Boussinesq, en el módulo se encuentran los modelos turbulentos como el de modelo K de rodi y rastogi modelo de longitud mixta, viscosidad turbulenta constante y modelo parabólico.

El módulo de transporte de sedimentos del software IBER soluciona las ecuaciones correspondientes al movimiento de sólidos en ríos considerando dos modalidades: carga de fondo y carga en suspensión. A partir de estos modos de transporte, se determina la evolución del lecho del río mediante los métodos de sedimentación y erosión, utilizando para ello la ecuación de Exner en 2 dimensiones, en la actual versión de este modelo, el análisis está restringido a granulometrías uniformes (Berdugo, 2021)

Módulo de calidad del agua

Este modelo (IberWQ) calcula las trasformaciones químicas y físicas que se dan en las dimensiones de espacio-tiempo, al mismo tiempo, calcula la interacción entres si de varias determinantes de jerarquía ambiental, siendo estas:

- Oxígeno disuelto
- Demanda de oxígeno bioquímico carbonoso
- Nitrógeno orgánico • Nitrógeno amoniacal

- Nitritos / Nitratos Nitrógeno
- Temperatura
- Escherichia coli
- Salinidad

Módulo de procesos hidrológicos

Con Iber es permitido la presentación de resultados como modelo hidrológico distribuido, se desarrolla las ecuaciones en 2 dimensiones de aguas someras y, partiendo del cálculo de la modificación de la escorrentía superficial. Es sustancial resaltar que, la actual versión de Iber no contiene en su dominio un módulo de flujo de aguas subterráneas, por ende, no se medita en el modelo el mecanismo de flujo base. Esto restringe su aplicabilidad como modelo hidrológico frente a eventos intensos y cortos de lluvia en los que la contribución del flujo base a la descarga total es menos distinguida que la contribución del flujo de la superficie (Berdugo, 2021).

Módulo Hábitat

Iber se ha desarrollado como modelo de hábitat a través de la inscripción de herramientas determinadas en el pre y post - proceso, transformándose en un software provechoso para la eco hidráulica. Esta herramienta es de beneficio para la promoción de estrategias de conservación ambiental en las ciencias de los ríos y así potenciar los aspectos biológicos y ecologistas existentes en los Ecosistemas Acuáticos. (Berdugo, 2021)

Características Técnicas Modelo Iber

Modelo de Terreno

Al operar en dos dimensiones, Iber requiere un modelo digital del terreno representado mediante una malla tridimensional como base del estudio, la versión más reciente admite diversos formatos de geometría y malla en 3D (como IGES, STEP, DXF, SHP, XYZ, KML, 3D Studio, entre otros), sin embargo, para representar cauces reales con mayor precisión, se recomienda utilizar archivos MDT (Modelo Digital del Terreno). Si se requiere un alto nivel de detalle, el modelo permite crear una malla de cuadrados mediante la importación de archivos Raster GDAL, o una malla de triángulos usando la herramienta RTIN (WSP, 2021), además, es destacable la opción de incorporar ortofotos georreferenciadas, ya que mejora tanto la calidad de los datos de entrada como la interpretación de los resultados en los proyectos (Berdugo, 2021)

Condiciones de contorno y coeficiente de rugosidad

En Iber las condiciones iniciales y de contorno se asignan claramente a los elementos de la malla, esto permite la incorporación de curvas de caudal o niveles de agua que varían en el tiempo como condiciones de entrada. Para la salida se puede seleccionar entre condiciones de flujo subcrítico o supercrítico, según las características del sistema a modelar. Para introducir los coeficientes de rugosidad al sistema modelado, se cuenta con un sistema de concesión automática, así que, a partir de un archivo ráster, es factible la asociación a un código diverso a cada elemento de la malla (Berdugo, 2021)

Incorporación de estructuras

El modelo IBER acepta la afiliación de varias tipologías de estructuras hidráulicas que permitan aludir conductas de los cauces con la disposición de estas, entre las estructuras que son permitidas por el modelo están: vertederos, compuertas, diques, cubiertas, puentes y alcantarillas (Berdugo, 2021).

Presentación de resultados

En cuanto a la presentación de resultados, el modelo IBER permite visualizar numerosas variables clave para el análisis hidrodinámico, entre las más relevantes se encuentran: calado, velocidad, nivel del agua, número de Froude, peligrosidad, tensión máxima de fondo y energía. Estos resultados, generalmente en formato ráster, reflejan fenómenos en momentos específicos, lo que facilita el seguimiento temporal del flujo y una mejor interpretación del sistema modelado (WSP, 2021). El modelo también permite generar mapas de valores máximos, lo que facilita el análisis de los escenarios más críticos del sistema modelado, estas representaciones se enfocan principalmente en variables como calado, velocidad y cota, fundamentales para verificar y diseñar los elementos del modelo, edentificar estos valores de forma rápida resulta muy útil en el proceso de análisis y toma de decisiones (Berdugo, 2021).

Para realizar un modelamiento hidráulico en el software IBER, es fundamental recopilar una serie de datos que describan las características del área de estudio, esto incluye datos topográficos, datos hidrológicos y datos geológicos, estos datos se obtendrán a través de técnicas como levantamiento de información, medición de caudales, análisis de imágenes satelitales que proporcionan una visión general de la zona de estudio y los cambios en la vegetación, cauce y estudios de campo. Los resultados de este modelamiento permitirán una mejor planificación de medidas preventivas y de mitigación ante eventos futuros.

Para evaluar la amenaza del desbordamiento del río Caluma en el recinto Charquiyacu, se sigue un proceso que inicia con la recopilación de datos. Se obtiene información topográfica mediante un Modelo Digital de Elevación (DEM) descargado del geoportal de Sigtierras. El análisis morfométrico de la cuenca es un paso crucial dentro de esta evaluación. Para ello, se delimita la cuenca hidrográfica utilizando ArcGIS 10.8, se calculan parámetros como el área y

perímetro de la cuenca, la longitud del cauce principal y la pendiente promedio del mismo, estos datos permiten conocer las características físicas del terreno y su capacidad para drenar el agua de manera eficiente, lo que es fundamental para predecir posibles desbordamientos.

El modelamiento hidráulico se realiza con el software IBER, que permite simular diferentes escenarios de inundación en función de las condiciones hidrológicas y topográficas del área. Para ello, se importa el DEM y se define una malla adecuada. Se establecen parámetros como las condiciones de contorno, coeficientes de rugosidad y periodos de retorno de 25 y 50 años para evaluar distintos niveles de desbordamiento., como resultado de la simulación, se generan mapas de calado y extensión de la inundación, los cuales permiten visualizar la magnitud del evento y sus posibles impactos en la comunidad.

Con base en los resultados del modelamiento, se procede a la zonificación de áreas de riesgo, en la que se identifican las zonas inundables y se clasifican en niveles de riesgo según la profundidad del agua. Se establecen áreas de alto riesgo, donde el calado y la velocidad del flujo son elevados y representan un peligro inmediato; áreas de riesgo medio, que son afectadas en eventos de menor magnitud y zonas de bajo riesgo, que tienen menor probabilidad de inundación, esta clasificación permite proponer medidas de mitigación para los sectores más vulnerables.

Para determinar las zonas de inundación en el recinto Charquiyacu, se llevó a cabo la obtención de un modelo digital (DEM), a través del geo portal de Sigtierras. Se realiza un análisis dentro del área de estudio, donde este proceso ayudara a crear una simulación para identificar las áreas de inundación por el desbordamiento del rio. Se obtiene como resultados el calado, velocidad, inundabilidad y manchas del agua.

Se calculará los parámetros morfometrías para identificar el tipo de cuenca del rio Caluma. Para la zonificación se tomaren cuenta la simulación realizada en el software IBER, y la toma de los puntos de los elementos esenciales de la zona.

3.5.3. Metodología Objetivo 3

Proponer medidas de mitigación ante la amenaza de inundación en el recinto Charquiyacu por el desbordamiento del río Caluma.

Una vez cumplido los objetivos de identificación, modelación y zonificación de las áreas vulnerables, se procedió a la propuesta de medidas de reducción de riesgos ante la amenaza de inundación. Para ello se tomó como base las metodologías propuestas por otros autores con la finalidad de identificar medidas de mitigación estructurales y no estructurales adaptadas al recinto Charquiyacu, para disminuir el riesgo del desbordamiento permitiéndoles enfrentar y actuar de manera eficaz, salvaguardando su integridad y bienestar.

Medidas estructurales. Son las que perciben toda cimentación material que tiene por objetivo minimizar o impedir el viable impacto de las amenazas, o la diligencia de técnicas de ingeniería o tecnología para conseguir la resiliencia y la resistencia a las amenazas en sistemas o estructuras (Quishpi, 2023)

Medidas no estructurales. Son las que no introducen construcciones materiales y se valen de sapiencias, disposiciones para minimizar los riesgos de desastres y sus efectos, particularmente a través de leyes y políticas, la capacitación, conciencia pública y la educación (Quishpi, 2023)

Capitulo IV: Resultados Alcanzados Según Los Objetivos Planteados.

4.1. Resultado Objetivo 1

Identificación de los elementos expuestos ante el desbordamiento del río Caluma en el recinto Charquiyacu.

Para llevar a cabo el objetivo, se realizó la aplicación de una hoja de observación, en la cual se identificó los elementos esenciales e infraestructura de viviendas que existen en la zona de estudio, dentro del recinto Charquiyacu, ubicado en el cantón Caluma, provincia Bolívar, la muestra a trabajar es de 118, en la que se identificó 46 familias que se encuentran en zona de riesgo a inundación por el desbordamiento del rio Caluma. (Anexo 1)

Identificación de los elementos esenciales

Tabla 12

Identificación de elementos esenciales.

Sector Social	Viviendas dentro de la zona de desbordamiento	36
	Centros religiosos	0
	Escuelas	1
	Centro de salud	1
	Vías afectadas	3
Sector Económico	Actividades de comercio	Ganadería, agricultura
Sistema de Agua y Alcantarillado	Abastecimiento de agua en el recinto	Vertientes
	Red de distribución de agua	Entubada

	Infraestructura para el abastecimiento	Tanques Reservorios
	Sistema de agua entubada expuestos	0
	Cantidades de zonas agrícolas expuestas	15 hectáreas
	Cultivo que se encuentra expuesto	Cacao, Naranja, Plátano Verde

Nota. Fuente: Elaborado por Pasto A., & Pazto J.

Encuesta dirigida a la población.

A través de la aplicación estadística de Excel, se procedió a realizar la tabulación de los datos obtenidos en las encuestas realizadas a 118 familias del recinto Charquiyacu, cantón Caluma.

Análisis de resultados

Una vez recolectados los datos mediante la diligencia de encuestas dirigidas a las familias del recinto Charquiyacu, corresponde la respectiva tabulación, gráficos, interpretación y análisis de resultados por pregunta, la misma que se efectuó individualmente Los resultados se utilizarán como eje esencial para la comprobación de la idea a defender, la ejecución de conclusiones, recomendaciones y preparación de la propuesta. De acuerdo a las encuestas realizadas, se obtuvo los siguientes resultados.

1. **¿Cuántas personas forman parte de su familia?**

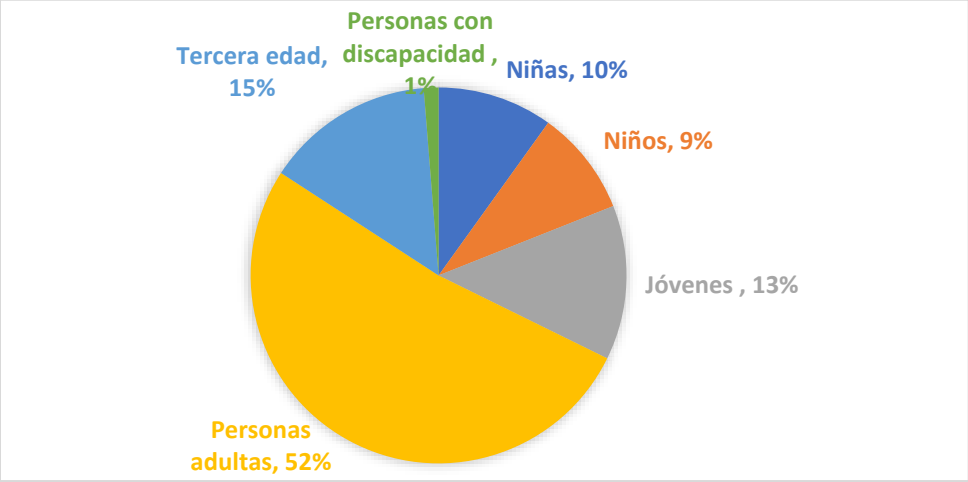
Tabla 13

Conformación de las familias.

Categoría	Número	Porcentaje
Niñas	47	10%
Niños	43	9%
Jóvenes	63	13%
Personas adultas	246	53%
Tercera edad	69	15%
Personas con discapacidad	6	1%
Total	468	100%

Nota. Fuente: Elaborado por Pasto A., & Pazto J.

Gráfico 1: *Distribución de la conformación de familias.*



Fuente: *Elaborado por Pasto Andrea, Pazto Judith*

Análisis e interpretación

Al ser la muestra 118 se realizó la encuesta a la misma y se obtiene que el 53% de las familias encuestadas corresponde a un total de 246 personas adultas, un 15% identificado como un grupo de tercera edad, mientras que el 13% corresponde a los jóvenes, un 10% a niñas y 9% de niños dentro del recinto, y con un valor del 1% que corresponde a las personas con discapacidad. Con esta información se analiza los grupos más vulnerables que se encuentran expuestos dentro de la zona de riesgo por inundación a causa del desbordamiento del rio Caluma.

2. **¿Cuál es su nivel de estudio?**

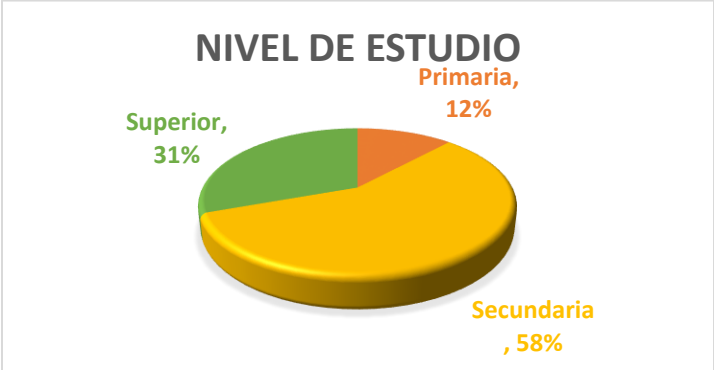
Tabla 14

Nivel de estudio de la persona encuesta.

Nivel de estudio	Frecuencia	Porcentaje
Primaria	14	12%
Secundaria	68	58%
Superior	36	31%
Total	118	100%

Nota. Elaborado por Pasto A., & Pazto J.

Gráfico 2: *Nivel de estudio.*



Fuente: *Elaborado por Pasto Andrea, Pazto Judith*

Análisis e interpretación

La grafica determina que el 58% corresponde a las personas que tiene un nivel de estudio secundario, el 31% señala la opción de un nivel de estudio superior, mientras que el 12% de las personas tuvieron un nivel de estudio hasta la primaria. Esta información ayuda a determinar el nivel de conocimientos de cada jefe de hogar, es probable que aquellas personas con menor nivel de estudio tengan un acceso limitado a información sobre acciones de respuesta, si bien no se puede establecer una relación entre el nivel de estudio y el conocimiento sobre cómo actuar en caso de una emergencia. Sin embargo, es fundamental considerar la experiencia y habilidades personales ancestrales que no están ligadas al uso y manejo de la tecnología.

3. **¿Cuáles son las actividades que realiza a diario?**

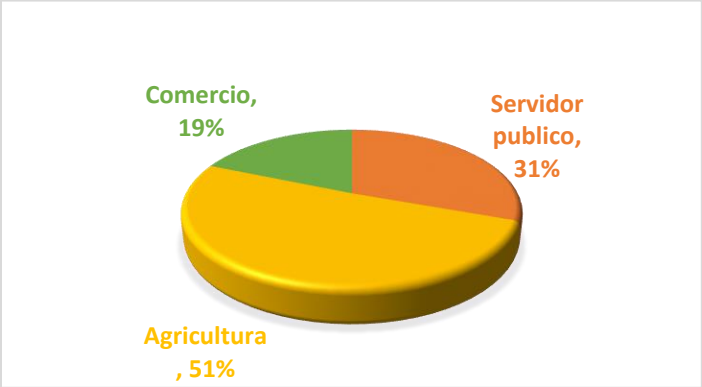
Tabla 15

Actividades que realiza a diario.

Variable	Frecuencia	Porcentaje
Servidor público	36	31%
Agricultura	60	51%
Comercio	22	19%
Total	118	100%

Nota. Elaborado por Pasto A., & Pazto J.

Gráfico 3:*Actividades.*



Fuente: *Elaborado por Pasto Andrea, Pazto Judith*

Análisis e interpretación

La grafica indica que el 51% de las personas se dedican a la agricultura, es decir que su medio de vida es a base del trabajo de sembríos y cosechas de productos nativos del lugar, como el cacao, naranjas y plátano verde, mientras que el 31% corresponde a servidores públicos y el 19% de la población encuestada se dedica al comercio. Estos grupos de ocupación plantea diferentes particularidades para cada uno, los servidores públicos tienen acceso a la implementación de políticas públicas que beneficien a toda la población, los agricultores se enfrentan a retos relacionados con el cambio climático y los comerciantes son un pilar importante la actividad de la economía local.

4. **De los siguientes parámetros, ¿por cuál de estos eventos cree que se vería afectada su vivienda?**

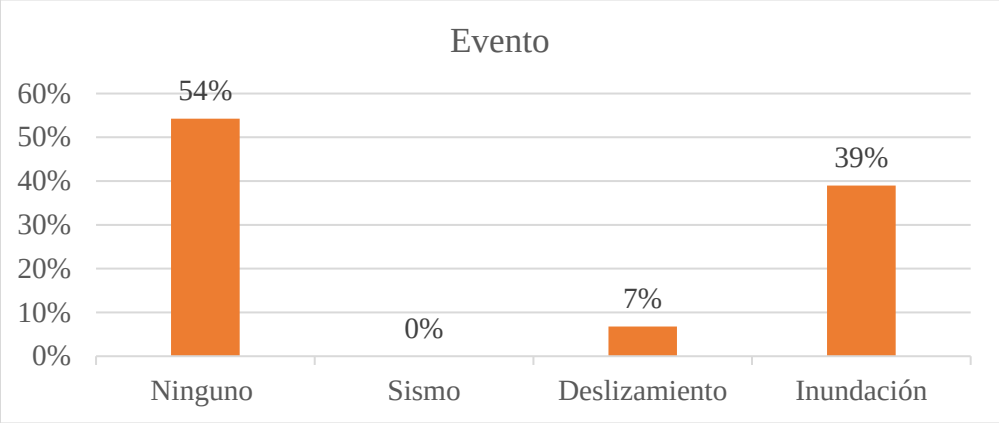
Tabla 16

Eventos que afectan la vivienda.

Evento	Frecuencia	Porcentaje
Ninguno	64	54%
Sismo	0	0%
Deslizamiento	8	7%
Inundación	46	39%
Total	118	100%

Nota. Elaborado por Pasto A., & Pazto J.

Gráfico 4: *Eventos Naturales*



Fuente: *Elaborado por Pasto Andrea, Pazto Judith*

Análisis e interpretación

El grafico indica que el 54% de la población no se ve afectada por ningún tipo de evento, ya que sus viviendas que encuentran construidas alejadas de las orillas del rio, el 39% manifestó que su vivienda se encuentra afectada por el evento de inundación debido al incremento del caudal y sus asentamientos cercanos a la rivera del rio, por lo tanto las familias que son afectadas tienen conocimientos previos de la magnitud del evento y sus afectaciones, por ende se deberían elaborar planes comunitarios, planes de evacuación, implementación de señalética y acciones de respuesta, y por ultimo una afectación a causa de deslizamientos con un 7%.

5. **¿Cuáles son los meses con las precipitaciones más fuertes?**

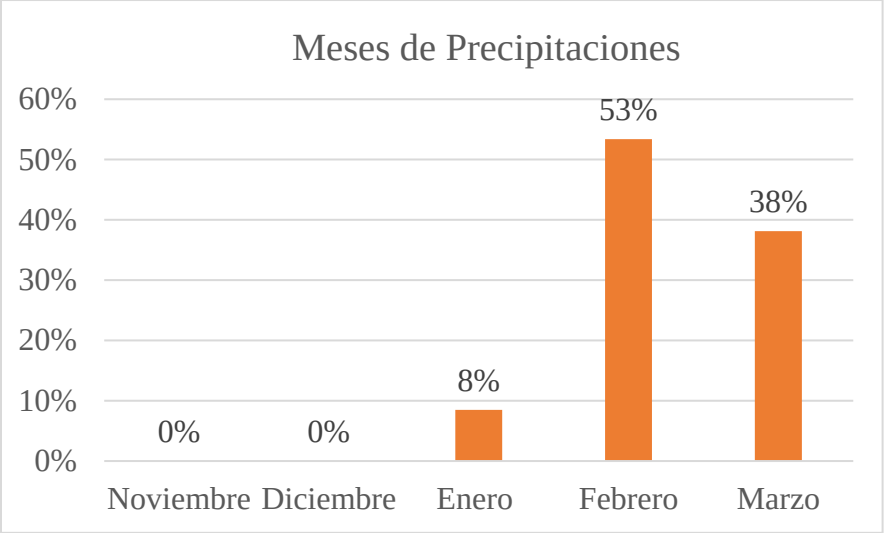
Tabla 17

Meses con fuertes precitaciones.

Meses	Frecuencia	Porcentaje
Noviembre	0	0%
Diciembre	0	0%
Enero	10	8%
Febrero	63	53%
Marzo	45	38%
Total	118	100%

Nota. Elaborado por Pasto A., & Pazto J.

Gráfico 5*: Meses de precipitaciones.*



Fuente: *Elaborado por Pasto Andrea, Pazto Judith*

Análisis e interpretación

De acuerdo a los datos obtenidos la alternativa que alcanzo el mayor porcentaje es el mes de febrero con el 53%, el 38% de respondió que, en el mes de marzo se presentan fuertes precipitaciones, mientras tanto un porcentaje menor corresponde al 8% con el mes de enero.

Cabe mencionar que el fenómeno del niño se presentó entre los meses de noviembre y diciembre de 2023, pero el pico máximo de lluvias seria entre febrero y marzo. Las acciones preparatorias deben ser desarrolladas con base en el documento “Lineamientos para El Sistema Nacional Descentralizado de Gestión de Riesgos ante la época lluviosa y ENOS” remitido por la Secretaria de Gestión de Riesgos a los GAD.

Mientras que los Gobiernos Autónomos Descentralizados parroquiales rurales deberán estar en constante coordinación y articulación con los GAD provinciales y cantonales correspondientes, para ejecutar las acciones preparatorias de manera interinstitucional.

Sin embargo, esta regularidad estacional ya no es tan evidente. El cambio climático ha alterado los patrones climáticos tradicionales, provocando que las lluvias sean más impredecibles en tiempo e intensidad. Actualmente, las precipitaciones no se limitan únicamente a los meses históricos de lluvias, y es posible observar eventos fuera de esta temporada, lo que dificulta la planificación y preparación frente a riesgos como inundaciones.

6. ¿Cuáles son los cultivos más afectados por el desbordamiento del rio Caluma?

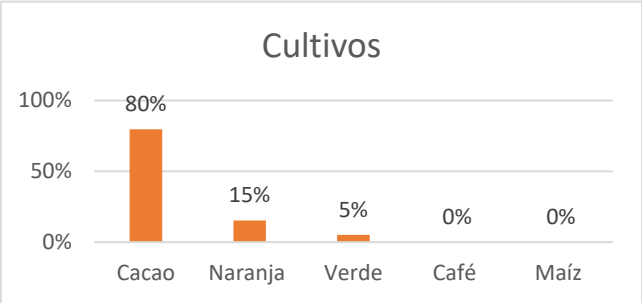
Tabla 18

Cultivos más afectados.

Cultivo	**Frecuencia**	**Porcentaje**
Cacao	94	80%
Naranja	18	15%
Plátano Verde	6	5%
Café	0	0%
Maíz	0	0%
Total	118	100%

Nota. Elaborado por Pasto A., & Pazto J.

Gráfico 6: *Cultivos.*



Nota. Elaborado por Pasto A., & Pazto J.

Análisis e interpretación

La presente grafica muestra que el 80% de las personas encuestadas mencionaron que el cacao es el cultivo más afectado por el desbordamiento del rio Caluma, ya que gran parte de terrenos se encuentran a las orillas del rio, mientras el 15% corresponde a los cultivos de naranja y un 5% al plátano verde.

El desbordamiento de rio Caluma ha tenido gran impacto económico afectando principalmente a los cultivos de cacao, las inundaciones provocan pérdidas significativas en la producción generando una disminución en los ingresos de los agricultores y afectando la economía local, además la disminución de la producción que lleva a cabo el aumento del desempleo.

7. **¿Hace que tiempo se presentó un desbordamiento en el recinto?**

Tabla 19

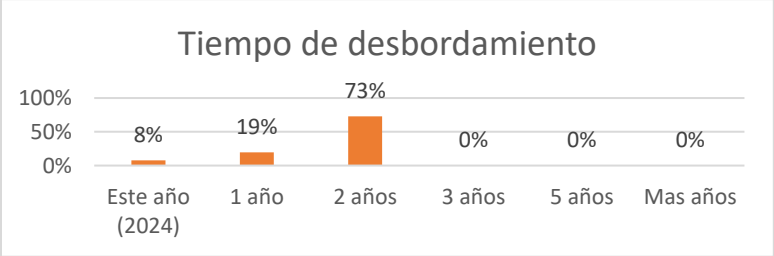
Tiempo de presencia de un desbordamiento.

Tiempo	Frecuencia	Porcentaje
Este año (2024)	9	8%
1 año	23	19%
2 años	86	73%
3 años	0	0%
5 años	0	0%
Mas años	0	0%

Total	118	100%

Nota. Elaborado por Pasto A., & Pazto J.

Gráfico 7: *Tiempo de desbordamiento.*



Fuente: *Elaborado por Pasto Andrea, Pazto Judith*

Análisis e interpretación

Los resultados alcanzados en esta pregunta sustentan con un 73%, hace 2 años se registró un desbordamiento por el incremento del caudal del rio Caluma, el 19% y 8% menciono que el rio Escaleras aumento su caudal hace un año, provocando daños en cultivos cercanos a las riberas del rio.

Estos porcentajes tiene relación con la intensa lluvia que se registró el mes de marzo de 2022, ya que genero el desbordamiento del rio, ocasiono pánico y alarmo a la población dejando daños mayores en infraestructura de viviendas, plantaciones e incluso perdidas de cabezas de ganado y animales de granja. (telegrafo, 2022)

8. **¿Qué institución ha brindado capacitaciones sobre cómo actuar en casos de una emergencia y ha brindado ayuda al recinto durante una emergencia?**

Tabla 20

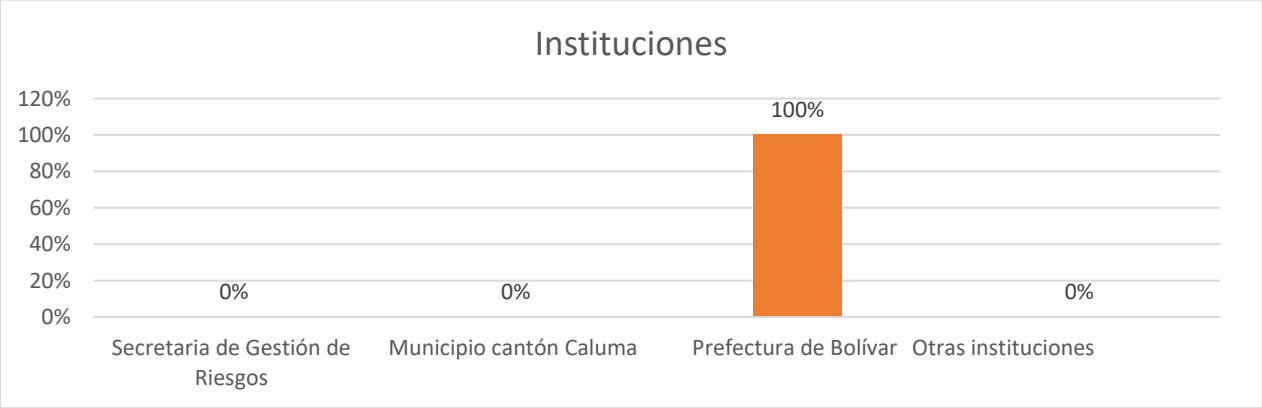
Instituciones qua han brindado capacitaciones en caso de una emergencia.

Institución	Frecuencia	Porcentaje
Secretaria de Gestión de Riesgos	0	0%

Municipio cantón Caluma	0	0%
Prefectura de Bolívar	83	100%
Otras instituciones	0	0%
Total	83	100%

Nota. Elaborado por Pasto A., & Pazto J.

Gráfico 8: *Instituciones de han brindado capacitaciones en caso de una emergencia.*



Fuente: *Elaborado por Pasto Andrea, Pazto Judith*

Análisis e interpretación

Los resultados obtenidos determinan que la única institución que ha brindado ayuda al recinto, fue la prefectura de Bolívar, con el 100%, brindando maquinaria para realizar dragados en el rio.

De acuerdo a el COTAAD establece un marco legal que distribuye las responsabilidades en la gestión de riesgos y la respuesta ante emergencias entre diferentes niveles de gobierno y actores sociales. Si bien el COOTAD no detalla una lista exhaustiva de instituciones específicas, sí define claramente los roles de cada nivel de gobierno y fomenta la coordinación interinstitucional.

Secretaría de Gestión de Riesgos: Es la institución rectora a nivel nacional en la gestión de riesgos y tiene como funciones principales:

- Formular políticas, estrategias y planes nacionales.
- Coordinar las acciones de los diferentes niveles de gobierno.
- Emitir alertas tempranas y activar los sistemas de respuesta.

Los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD):

- **Gobiernos Provinciales:** Tienen la responsabilidad de coordinar las acciones de los GAD Municipales y Parroquiales en sus respectivas jurisdicciones.
- **Gobiernos Municipales:** Deben elaborar y ejecutar planes de contingencia a nivel local, coordinar con las instituciones de respuesta y brindar asistencia a la población afectada.
- **Gobiernos Parroquiales:** Tienen la responsabilidad de atender las emergencias a nivel local, en coordinación con los gobiernos municipales y provinciales.
- **Otras instituciones:** Dependiendo de la magnitud de la emergencia, pueden involucrarse otras instituciones como: las Fuerzas Armadas, la Policía Nacional, el Ministerio de Salud, etc.

Ante esta situación, se deben establecer acuerdos interinstitucionales para ejecutar acciones de respuesta y precautelar la vida de las familias que habitan a las riberas del río.

9. **En caso de un desbordamiento, tiene conocimiento sobre las rutas seguras de evacuación. Especifique.**

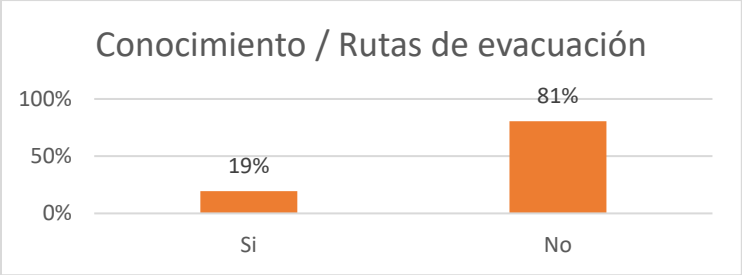
Tabla 21

Conocimiento de rutas seguras.

Conocimiento	Frecuencia	Porcentaje
Si	23	19%
No	95	81%
Total	118	100%

Nota. Elaborado por Pasto A., & Pazto J.

Gráfico 9: *Conocimiento de rutas de evacuación.*



Fuente: *Elaborado por Pasto Andrea, Pazto Judith*

Análisis e interpretación

Los resultados obtenidos determinan que el 81% de las personas encuestadas no tienen conocimiento de rutas seguras para para evacuar en caso de un desbordamiento, el 19% de las personas respondieron que sí, pero toman como referencia la vía principal, que no es una ruta segura para llegar a la zona alta del recinto.

Es recomendable que existan planes comunitarios, donde se evidencien mapas de riesgos, roles, responsabilidades, fortalecimientos comunitarios, recursos y la articulación con instituciones, estableciendo mecanismos de coordinación con los gobiernos locales para garantizar apoyo en caso de emergencia. Fortalecer los vínculos con organizaciones como la Cruz Roja, Cuerpo de Bomberos para contar con su apoyo en situaciones de crisis.

10. ¿Existen zonas seguras o puntos de encuentro en caso de que presentarse un evento?

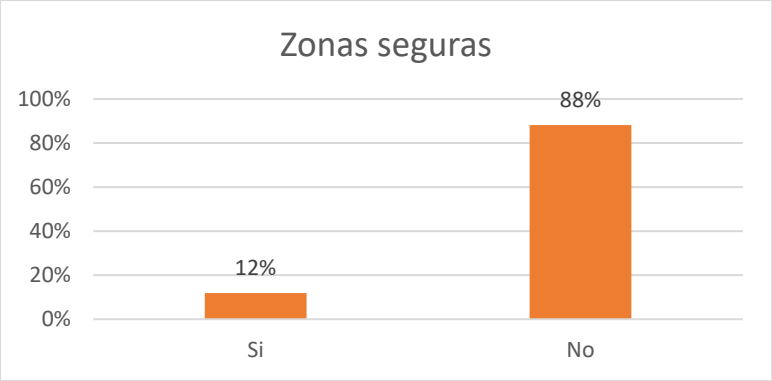
Tabla 22

Zonas seguras o puntos de encuentro.

Zonas seguras	Frecuencia	Porcentaje
Si	14	12%
No	104	88%
Total	118	100%

Nota. Elaborado por Pasto A., & Pazto J.

Gráfico 10: *Zonas seguras*



Fuente: *Elaborado por Pasto Andrea, Pazto Judith*

Análisis e interpretación

El grafico indica que no existe zonas seguras o puntos de encuentros adecuados con un 88%, las personas mencionaban que la zona más segura para la población es la parte alta del recinto, más conocido como “La Cruz”, el 12% menciono que, si existen zonas seguras, mencionando el mismo lugar.

Es de suma importancia que el recinto tenga un plan comunitario, donde se identifique el riesgo, la amenaza y la vulnerabilidad de todo el lugar, este documento determinará las zonas seguras y rutas de evacuación lo que disminuirá efectos secundarios en la población.

11. ¿Tiene conocimiento de los lugares adecuados que se utilizaría como albergues?

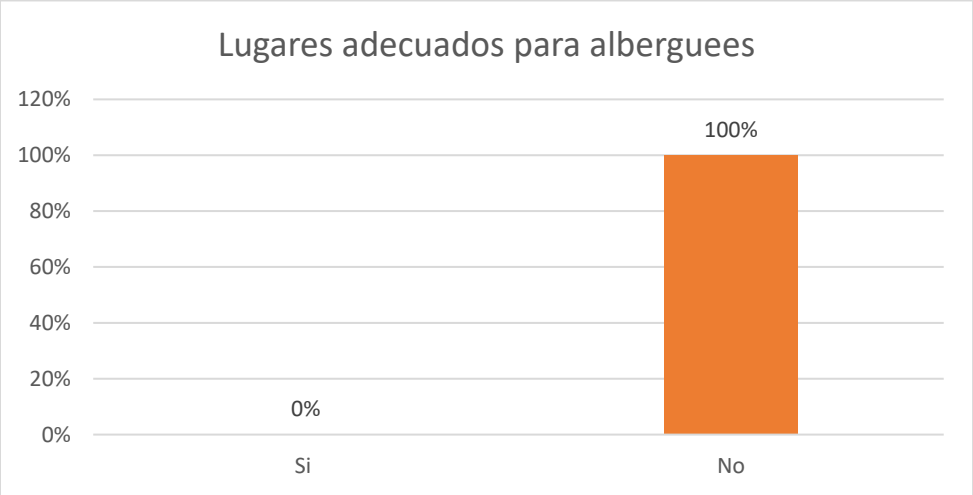
Tabla 23

Conocimiento de los lugares para albergues.

Albergues	Frecuencia	Porcentaje
Si	0	0%
No	118	100%
Total	118	100%

Nota. Elaborado por Pasto A., & Pazto J.

Gráfico 11: *Lugares adecuados para albergues.*



Fuente: *Elaborado por Pasto Andrea, Pazto Judith*

Análisis e interpretación

De acuerdo a los datos obtenidos se puede determinar que no existen lugares adecuados que se pueden utilizar como albergues con el 100%.

En el recinto Charquiyacu las personas detectan que no existe un lugar adecuado que se pueda usar como albergue, por la afluencia del caudal, sin embargo, se podría tomar en cuenta a las viviendas que se encuentran en zonas medianamente seguras, y realizar acciones humanitarias como las familias acogientes en caso de que se requiera evacuar a la zona afectada.

12. **¿El municipio ha realizado alguna acción de respuesta en caso de presentarse el desbordamiento?**

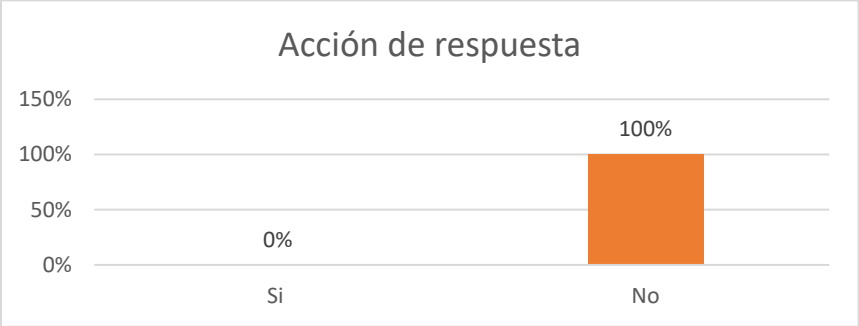
Tabla 24

Acciones de respuesta.

Acción de respuesta	Frecuencia	Porcentaje
Si	0	0%
No	118	100%
Total	118	100%

Nota. Elaborado por Pasto A., & Pazto J.

Gráfico 12: *Acciones de respuesta.*



Fuente: *Elaborado por Pasto Andrea, Pazto Judith*

Análisis e interpretación

El grafico determina con un 100%, que el municipio de cantón Caluma no ha realizado ninguna acción de respuesta. La respuesta ante una emergencia de este tipo suele ser compleja y puede involucrar múltiples actores y niveles de gobierno.

Analizar las razones por las cuales en municipio no ha realizado acciones de respuesta es clave para entender su falta de interés, factores como disminución de recursos financieros, humanos y materiales, la inexistencia de planificaciones, deficientes coordinaciones interinstitucionales, lo que puede generar un mayor impacto en la población afectando la infraestructura y medios de vida a largo plazo.

13. Alguna institución ha realizado la implementación de un proyecto u obra de mitigación en el recinto.

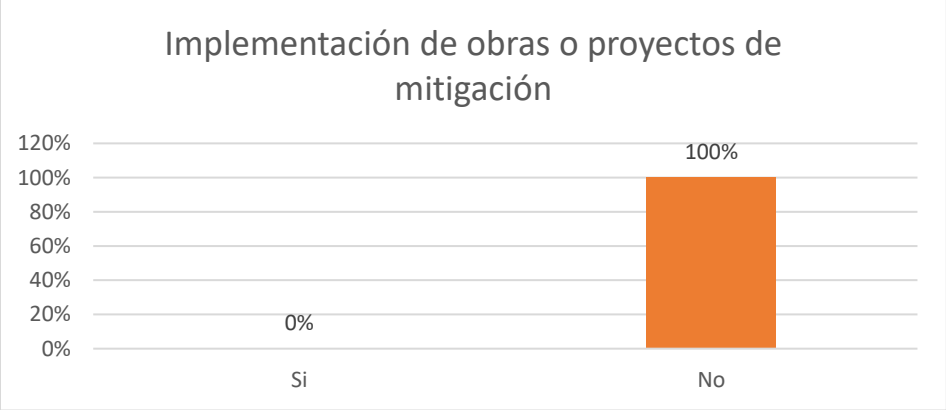
Tabla 25

Implementación de obras o proyectos de mitigación.

Proyecto	Frecuencia	Porcentaje
Si	0	0%
No	118	100%
Total	118	100%

Nota. Elaborado por Pasto A., & Pazto J.

Gráfico 13*: Implementación de obras o proyectos de mitigación.*



Fuente: *Elaborado por Pasto Andrea, Pazto Judith*

Análisis e interpretación

La presente grafica muestra que el 100% de totalidad corresponde que no, ninguna institución ha realizado obras de mitigación, ni antes, durante ni después de la ocurrencia del desbordamiento, a la única institución que hacen mención es a la Prefectura de Bolívar, que solo realizo un dragado.

La Secretaría de Gestión de Riesgos debe realizar coordinaciones interinstitucionales con autoridades locales, reuniones del COE Cantonal, con el fin de articular acciones de respuesta ante eventos registrados por la época lluviosa.

Análisis de vulnerabilidad y riesgo ante inundaciones en el recinto Charquiyacu

Como parte del análisis de vulnerabilidad de las infraestructuras en el recinto Charquiyacu se llevó a cabo un estudio detallado utilizando la metodología heurística propuesta por el centro de estudios y prevención de desastres (PREDES) Permitiendo de esta manera determinar las condiciones físicas de las edificaciones en categorías de Muy Alto, Alto, Medio, Bajo evaluando aspectos claves como los materiales de construcción, estado de conservación, emplazamiento borde del río, zonas bajas respecto a la vía.

En la siguiente tabla se muestran los niveles y rangos para la amenaza de inundación.

Ponderación y valoración de variables de vulnerabilidad de las edificaciones ante inundaciones del recinto Charquiyacu.

Tabla 26

Ponderación y valoración de variables de vulnerabilidad

Variables De Vulnerabilidad			**Materiales**	**Estado de Conservación**	**Emplazamiento borde del río**	**Zonas bajas respecto a la vía**
PONDERACIÓN (P)			**6**	**4**	**10**	**10**
VALOR (V) (De los Indicadores)	**4**	Muy Malo		Muy Malo	Si	
	1	Bajo	Ladrillo			No
Nivel de Vulnerabilidad						72

Nota. Ponderación y valoración de variables de vulnerabilidad de las edificaciones ante inundaciones del recinto Charquiyacu, Elaborado por Pasto A., & Pazto J.

El nivel de vulnerabilidad de las edificaciones en el recinto Charquiyacu es medio, ya que se encuentra dentro del rango de 53 a 74, el valor obtenido es de 72 representada de color amarillo.

Materiales de Construcción

En el recinto Charquiyacu la mayoría de edificaciones están construidas con ladrillo, teniendo un valor de vulnerabilidad bajo (1) debido a su resistencia moderada frente a inundaciones en comparación con materiales como el adobe o quincha, los cuales son mucho más susceptibles a la absorción del agua y por lo tanto se deterioran rápidamente durante una inundación.

Sin embargo, la ponderación de 6 para esta variable refleja que el ladrillo es resistente que otros materiales, es todavía vulnerable en situaciones extremas. Si se utiliza materiales más resistentes y duraderos como concreto, bloque de acero, el riesgo podría disminuir considerablemente.

El uso de ladrillo como material de construcción en Charquiyacu se debe principalmente a las limitaciones económicas de las zonas rurales.

Estado de Conservación

En cuanto al estado de conservación varias edificaciones presentan un estado de conservación muy mala, con una ponderación de 4 en la evaluación de vulnerabilidad con un puntaje total de 16, esto se debe a que la mayoría de las viviendas fueron construidas entre los años 1990 y 2010, un periodo en el que las Normas Ecuatorianas de Construcción (NEC) no se aplicaba, lo que permitió la construcción de viviendas sin el cumplimiento con estándares de seguridad adecuados para eventos de riesgos como inundaciones.

Las fisuras, las paredes agrietadas y las cubiertas en mal estado permiten la filtración de agua lo cual incrementa el daño estructural durante una inundación, así mismo a otros tipos de desastres naturales, como sismos y deslizamientos.

Emplazamiento al Borde del Rio

Un factor crítico que aumenta la vulnerabilidad de las edificaciones en el recinto Charquiyacu, es su emplazamiento al borde del rio, se obtuvo un valor muy alto con una ponderación de 10, lo que da un puntaje total de 40. A lo largo de la historia, las comunidades se han establecido cerca de las fuentes de agua para facilitar las actividades agrícolas y domésticas. Las familias prefieren estos emplazamientos por el acceso directo al agua para el riego y consumo. Sin embargo, la proximidad al rio expone directamente a las edificaciones a los riesgos de desbordamientos y erosión del suelo. Las inundaciones causadas por el aumento del caudal del río pueden arrastrar tierra y materiales, destruyendo infraestructuras y erosionando las bases de las construcciones.

Zonas Bajas respecto a la vía

En el recinto Charquiyacu no existe zonas bajas respecto a la vía, lo que significa que el agua no se acumulará en estas áreas, reduciendo el riesgo de daños estructurales y la pérdida de bienes debido a las inundaciones. Este factor se evalúa con un valor bajo (1) y una ponderación de 10, resultando en un puntaje total de 10. Si las viviendas se encontraran ubicadas en zonas más bajas respecto a las vías existiría un mayor riesgo de acumulación de agua durante las intensas lluvias, lo que incrementaría la exposición de las edificaciones a inundaciones.

Nivel de Vulnerabilidad

El resultado del nivel de vulnerabilidad es medio, consecuencia de múltiples factores relacionados con las características constructivas, entre las principales causas; el uso de materiales pocos resistentes, como las estructuras de madera y techos de caña, zinc o Eternit que afectan la estabilidad estructural.

Además, el estado de conservación de las viviendas es irregular, las características del suelo bajo la edificación, se encuentran en suelos indudables o ciénegas, esto aumenta el riesgo que varias viviendas fueron construidas entre 1990 y 2010, en las que no cumplieron con las normas de Construcción NEC.

Si estas condiciones empeoran, como el incremento de uso de materiales de baja calidad estructural, mayor construcción en suelos vulnerables o el deterioro del estado de conservación, el nivel de vulnerabilidad podría escalar a alto incrementado significativamente el riesgo.

4.2. Resultado Objetivo 2

Evaluación de la amenaza del desbordamiento a través del modelamiento hidráulico IBER en el recinto Charquiyacu y la zonificación de elementos esenciales y población expuesta.

Delimitación de la Cuenca Hidrográfica

Mediante el software ArcGis 10.8 se determinaron las diferentes propiedades morfométricas, utilizando cartografía base, georreferenciación con el Datum WGS 1984 UTM, Zona 17S y un modelo de elevación digital (MDT), con el que se obtuvo la delimitación de la cuenca.

En la siguiente tabla, se muestra los resultados de los parámetros morfométricos generales para la subcuenca del rio Caluma, formada por el río Tablas y rio de la Plata.

Tabla 27

Parámetros morfométricos

PROPIEDAD	UNIDAD	VALOR
DE SUPERFICIE		
Área	Km2	109.54
Perímetro	Km	67.84
Cotas		
Cota Máxima	m.s.n.m.	3521
Cota mínima	m.s.n.m.	511
Altitud		
Altitud media	m.s.n.m.	1991.885
DE LA RED HIDRICA		
Longitud del curso principal	Km	2.213
Orden de la red hídrica	UND	5
Longitud de la red hidrica	Km	168.440
Pendiente promedio	%	2.724
PARAMETROS GENERADOS		
Factor de forma		0.024
Densidad de drenaje	Km/km2	1.538
Tiempo de concentración	Horas	0.33
Pendiente del cauce principal	m/km	1360.145

Nota. Fuente: Elaborado por Pasto A., & Pazto J.

El rio Caluma posee con un área de 109.54 km^2, acorde a la tabla (clasificación de las cuencas en base al área), es considerada a esta unidad hidrográfica como una “subcuenca”, el perímetro es de 67.84 km, que representa la longitud del contorno que delimita la subcuenca. Con respecto a las cotas registradas para la subcuenca se presenta una cota máxima de 3521 m.s.n.m y 511 m.s.n.m en una cota mínima.

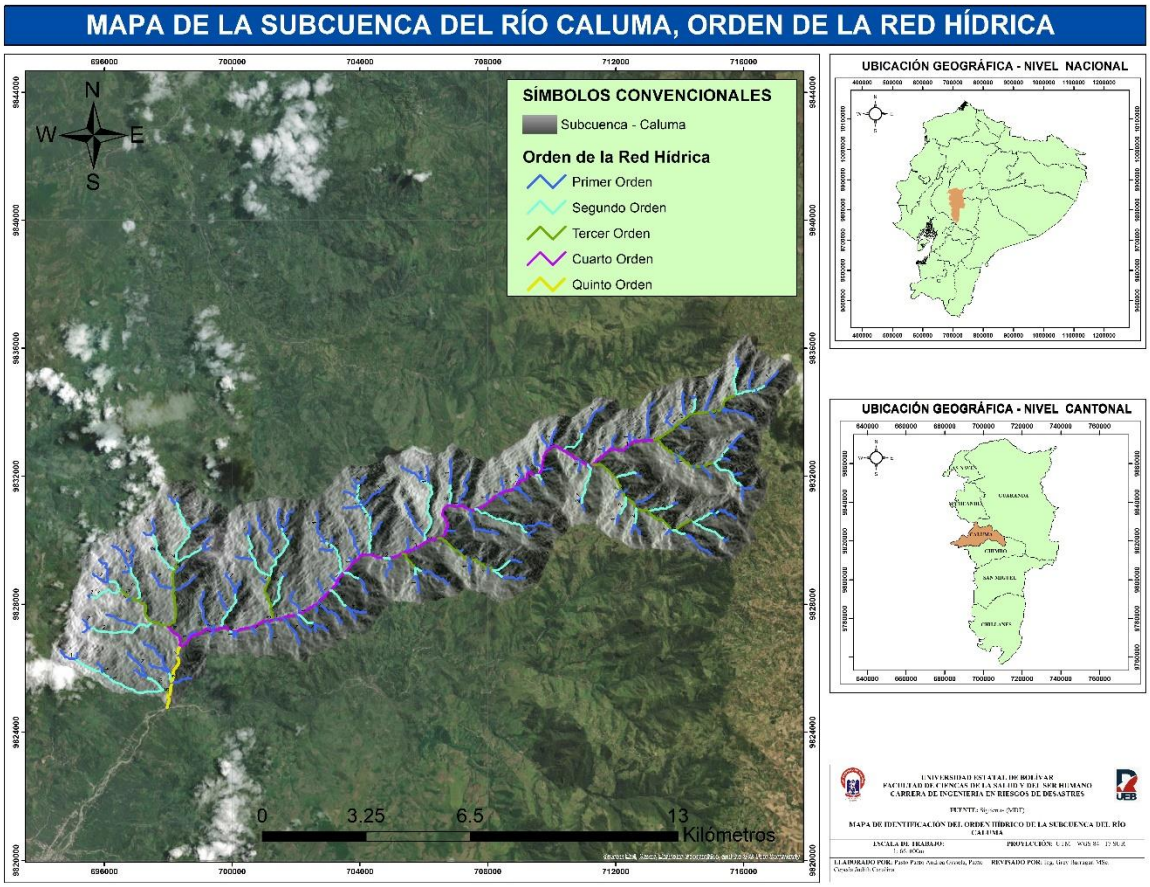
La altitud media de la subcuenca es de 1991.885 m.s.n.m, este parámetro refleja la altitud promedio a la que se encuentra la subcuenca, lo cual influye directamente en el comportamiento hidrológico.

La longitud total de esta red hídrica es de 168.440 km, este valor refleja la dilatación de los causes presentes en la subcuenca y es manejado para el cálculo de la densidad de drenaje,

obtenido un valor de 1.54 km/km^2, este resultado indica que en promedio cada km^2 de la subcuenca contiene 1.54 km/km^2 de ríos, según la clasificación factores de densidad de drenaje, este valor se encuentra en un rango de la clase moderada, mostrando una tendencia media de escorrentía.

El factor de forma para la subcuenca es de 0.024, aseverando que su forma es alarga, según la codificación determinada por Sthaler.

Es de tipo 5 el grado de estructura de la red de drenaje para la subcuenca, en relación a la categorización del tipo de corrientes se establece un grado de “alto”, esto muestra que, al existir un mayor grado de corrientes, la estructura de la cuenca es más definida, ya que presenta un mayor orden de la red hídrica.



Nota. Mapa de la subcuenca del río Caluma, orden de la red hídrica, fuente Argis 10.8; Fuente: Elaborado por Pasto A., & Pazto J.

Cálculo del caudal

Durante la ejecución del trabajo de campo, se cumplió una observación detallada del lugar de estudio con el objetivo de seleccionar los sitios para medir el caudal y la altura del nivel del agua. Este proceso permitió determinar las particularidades del cauce de acuerdo al procedimiento explicado En el Manual de Medición de Agua en Canales Abiertos (Método Flotador).

Análisis de caudales

Medición del rio Caluma perteneciente al sector Charquiyacu en el periodo seco. Para graficar el perfil topográfico del rio, se utilizó un palo milimétrico con cada 1 metro de distancia de acuerdo al ancho del cuerpo de agua, también se aplicó el método del flotador que permitió obtener la velocidad y a su vez realizar el cálculo del caudal.

Cálculo del Caudal

Datos de tiempo en segundos:

Tabla 28

Tiempo en segundos, Cálculo del caudal.

Tiempos en segundos		
Medición		Tiempo(s)
v1	1	18.08
v2	2	15.51
v3	3	19.19
v4	4	13.9
Promedio		16.67
Distancia recorrida en metros		10

Nota. Fuente: Elaborado por Pasto A., & Pazto J.

Datos de profundidad en metros:

Tabla 29

Datos de la profundidad.

Profundidad (cada 1 metro)	
Punto	Profundidad (m)
1	0
2	0.13
3	0.2
4	0.18
5	0.15
6	0.09
7	0.13
8	0.16
9	0.2
10	0.44
11	0.3
12	0.26
13	0.14
14	0.05
15	0
Promedio	0.162
Ancho del rio	15
Cálculo del área	2.43 m2

Nota. Fuente: Elaborado por Pasto A., & Pazto J.

Cálculo del Caudal

Velocidad =Distancia(m)/ tiempo(s) **Área =Ancho(m) x profundidad**

V= 10/16.67 = 0.60 m/s A=15 x 0.162 = 2.43 m^2

Caudal =Velocidad *Área

Q= 0.60m/s x 2.43 m^2= 1.46 m3/s

En este corte transversal del río, como se muestra en la gráfica del perfil, con un ancho de 15 metros, donde los puntos tomados, se denota que en el punto 10 con una profundidad de 0.44cm es el más profundo mientras que el punto 15 presenta una profundidad de 0 cm como el más menor. Y como resultado del cálculo de la velocidad del caudal se lo realizó a través de la utilización de un flotador, instrumento que permitió obtener el valor del caudal que fue de Q= 0.60 x 2.43 = 1.46 m3/s

Análisis de Precipitaciones

A partir de los datos obtenidos del geo portal NASA POWER DATA ACCESS VIEWER, que proporciona el acceso a datos climáticos y meteorológicos. Esta herramienta permitió descargar información de las precipitaciones registradas los últimos 23 años (2001 – 2023), específicamente en el contexto de precipitaciones en mm máximas en 24 horas. Como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 30

Valores de precipitación máxima de 24 horas entre los años 2001-2023

AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
2001	1.91	4.25	3.54	2.66	1.27	0.48	0.54	0.14	0.55	0.25	0.3	1.53
2002	1.48	2.69	7.11	3.71	3.52	1.14	0.59	0.24	0.45	0.7	0.79	2.21
2003	4.53	5.67	2.96	2.11	1.51	0.28	1.72	0.34	1.01	1.05	1.07	2.77

2004	2.32	2.57	3.69	2.09	2.65	0.57	0.7	0.35	0.43	0.44	0.42	0.41
2005	0.16	0.52	1.7	2.95	0.64	0.37	0.15	0.24	0.94	0.26	0.55	0.27
2006	2.9	2.63	2.25	1.95	0.74	1.11	0.25	0.4	0.2	0.38	0.1	0.46
2007	3.99	0.15	1.24	0.3	0.49	1.33	0.84	0.82	0.38	1.15	0.84	0.52
2008	1.94	2.87	3.6	2.84	1.41	0.86	0.28	2.26	1.01	0.48	0.31	0.42
2009	2.36	1.66	3.06	0.29	0.14	0.26	0.25	0.21	0.17	0.44	0.23	0.58
2010	2.71	3.41	3.46	4.79	0.67	1.29	0.47	0.24	0.52	0.37	0.39	2.3
2011	1.24	2.46	1.21	4.78	0.69	0.66	0.63	3.64	0.63	0.24	0.72	0.9
2012	3.45	2.99	3.57	1.72	4.09	0.65	0.36	0.41	0.41	0.81	0.4	0.58
2013	1.86	3.27	5.05	3.23	0.82	0.91	0.27	0.29	0.22	0.58	0.46	0.55
2014	3.37	2.72	0.98	0.57	1.98	2.15	0.3	0.43	0.7	1.09	0.37	0.61
2015	2.04	3.13	2.11	2.81	3.41	1.88	0.28	0.22	0.09	1.32	3.05	2.66
2016	2.85	2.33	3.77	3.37	0.94	0.53	0.25	0.13	0.58	0.32	0.35	0.47
2017	3.72	3.9	5.34	6.55	2.9	1.01	0.65	0.51	0.39	1.7	0.82	1.24
2018	1.58	3.41	2.14	2.8	2.75	0.58	0.68	0.38	0.24	0.31	0.31	2.16
2019	3.17	3.84	3.71	3.18	2.39	2.16	1.17	0.2	0.26	0.5	2.13	1.85
2020	4.15	1.78	2.66	1.97	0.61	0.91	1.1	0.53	0.2	1.04	1.07	1.93
2021	2.61	2.02	4.56	2.32	8.23	0.25	0.25	0.19	1.24	1.33	0.75	2.01
2022	3.3	2.87	5.45	1.75	1.11	1.21	0.58	0.22	0.61	0.54	0.76	0.28
2023	2.34	2.54	2.65	5.52	2.96	0.94	1.36	4.48	0.44	0.55	0.9	1.54

Nota. Fuente: Elaborado por Pasto A., & Pazto J.

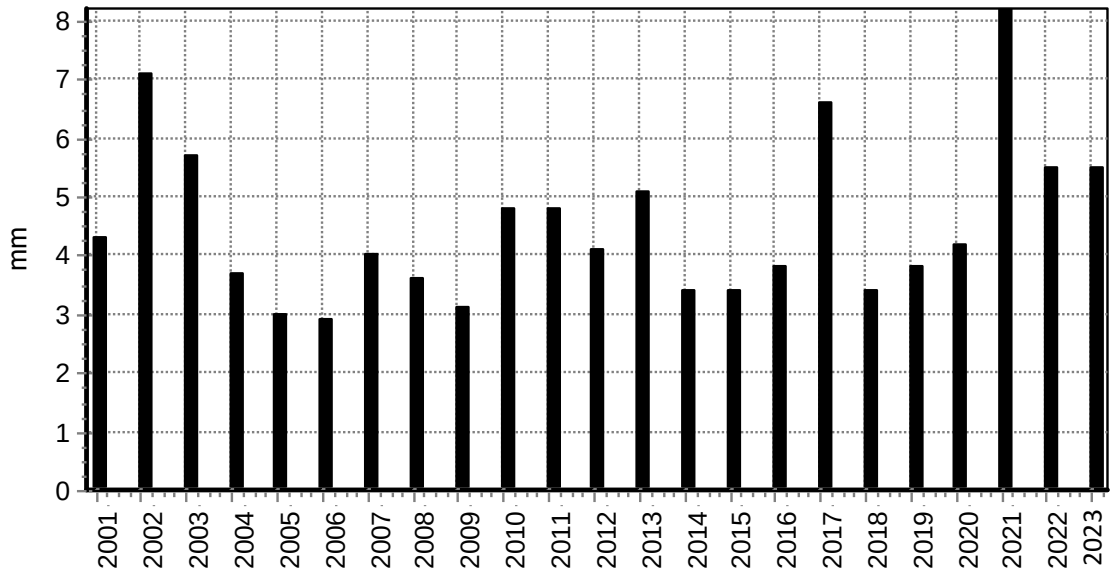
El cantón Caluma se encuentra ubicado en la parte baja del occidente de la Cordillera de los Andes. Uno de los problemas más comunes es el desbordamiento del río Caluma durante el periodo invernal, debido al alto nivel de precipitaciones (1000-3000 mm), así como que posee 2 periodos estacionales, el verano que corresponde aproximadamente a los meses de junio a a noviembre y el invierno a los meses entre diciembre y mayo. (GAD CALUMA, 2023 - 2024)

Hydronogmon

Este software da como resultado un histograma de diseño, se puede observas que, en el año 2001, 2016 y 2020 se registraron un mayor impacto de las precipitaciones con valores máximos de 24 horas que van desde 6,5 a 8 mm/h.

Gráfico 14

Histograma de diseño.



Nota. Gráfico de Hydronogmon de los valores máximos de las precipitaciones en mm/h del 2001 hasta el 2023; Fuente: Elaborado por Pasto A., & Pazto J.

El ultimo evento de riesgo registrado por el río Caluma dejo grandes pérdidas estructurales y no estructurales al margen del cauce a causa de las precipitaciones de gran magnitud en el mes de mayo de 2023.

Parámetros estadísticos

Esta tabla evidencia los datos analizados en función a cada parámetro, permite detectar si existen datos dudosos o atípicos.

Método Outlier

Los valores intermitentes son puntos de datos que se aíslan significativamente de la propensión de los datos restantes, la retención, alteración, eliminación de estos valores atípicos podría tener

afectación significativa en los parámetros estadísticos computados partiendo de los datos, fundamentalmente en el caso de muestras pequeñas (HidroGIS, 2021).

Tabla 31

Resultados de los datos de las precipitaciones máximas

PARÁMETROS ESTADISTICOS	**P24hr**	**Log(P24hr)**
Número de datos (N)	23.00	23.000
Sumatoria	103.63	14.633
Valor Máximo	8.23	0.915
Valor Mínimo	2.90	0.462
Media:	4.51	0.636
Varianza:	1.93	0.015
Desviación Estándar:	1.39	0.123
Coeficiente Variación:	0.31	0.194
Coeficiente de Sesgo:	1.19	0.6368
Se Considera:	**Aplicar pruebas para detectar datos dudosos altos y bajos**	

Nota. Resultados de los datos de las precipitaciones máximas por horas de los años 2001-2023 de acuerdo a los parámetros estadísticos (OUTLIER); Fuente: Elaborado por Pasto A., & Pazto J.

Como resultado de los datos de precipitación, se observa que no existen datos dudosos altos, ni mínimos de la muestra, como se observa en la ilustración 3. Donde **N** es el número de tamaño de la muestra, y **kn** tiene un coeficiente de 2.448, esto según el número de datos.

Gráfico 15: *Valores kn para la prueba de datos dudosos.*

Valores K_n para la prueba de datos dudosos

Tamaño de muestra n	K_n	Tamaño de muestra n	K_n	Tamaño de muestra n	K_n	Tamaño de muestra n	K_n
10	2.036	24	2.467	38	2.661	60	2.837
11	2.088	25	2.486	39	2.671	65	2.866
12	2.134	26	2.502	40	2.682	70	2.893
13	2.175	27	2.519	41	2.692	75	2.917
14	2.213	28	2.534	42	2.700	80	2.940
15	2.247	29	2.549	43	2.710	85	2.961
16	2.279	30	2.563	44	2.719	90	2.981
17	2.309	31	2.577	45	2.727	95	3.000
18	2.335	32	2.591	46	2.736	100	3.017
19	2.361	33	2.604	47	2.744	110	3.049
20	2.385	34	2.616	48	2.753	120	3.078
21	2.408	35	2.628	49	2.760	130	3.104
22	2.429	36	2.639	50	2.768	140	3.129
23	2.448	37	2.650	55	2.804		

Fuente: U. S. Water Resources Council, 1981. Esta tabla contiene valores de K_n de un lado con un nivel de significancia del 10% para la distribución normal.

Gráfico 16: *Cálculo de datos dudosos.*

n= 23.00
Kn= 2.448

Kn: Valor recomendado, varia según el valor de n (significancia:10%)

Umbral de datos dudosos **altos (xH: unidad. Logaritmicas)**

$$x_H = \bar{x} + k_n \cdot s$$ **xH=** **0.94**

Precipitacion maxima aceptaba

PH= 10^{xH} **PH=** **8.66 mm**

NO EXISTEN DATOS DUDOSOS ALTO DE LA MUESTRA

Umbral de datos dudosos bajos **(xL: unidad. Logaritmicas)**

$$x_L = \bar{x} - k_n \cdot s$$ **xL=** **0.33**

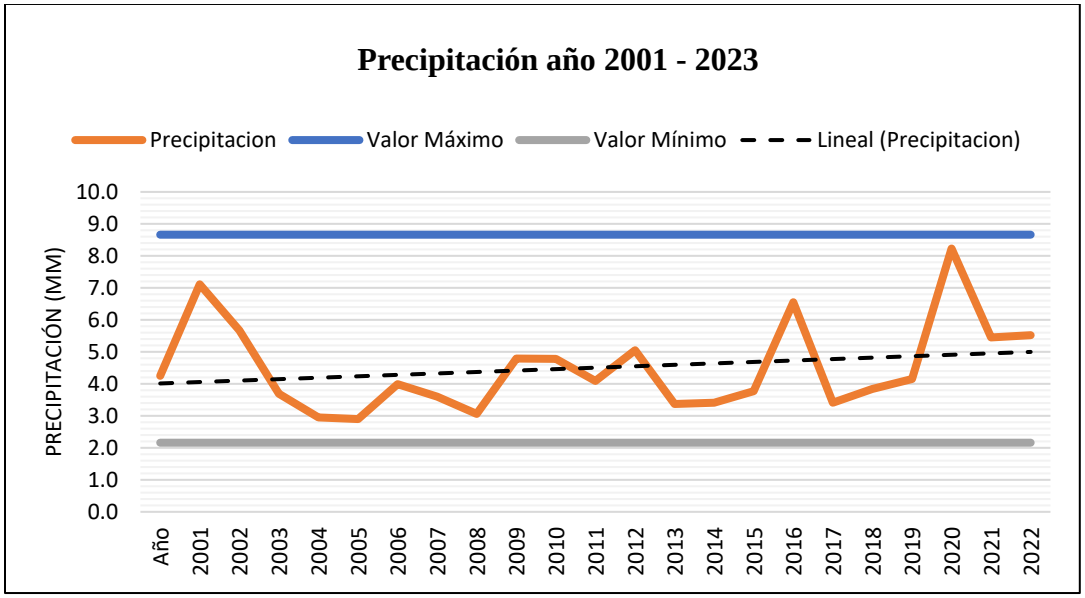
Precipitacion minima aceptaba

PH= 10^{xH} **PL=** **2.16 mm**

NO EXISTEN DATOS DUDOSOS MINIMO DE LA MUESTRA

Luego de los resultados obtenidos de los parámetros estadísticos, el grafico muestra valores máximos, mínimos y la línea de tendencia.

Gráfico 17: *Precipitaciones de los años 2001 - 2023*



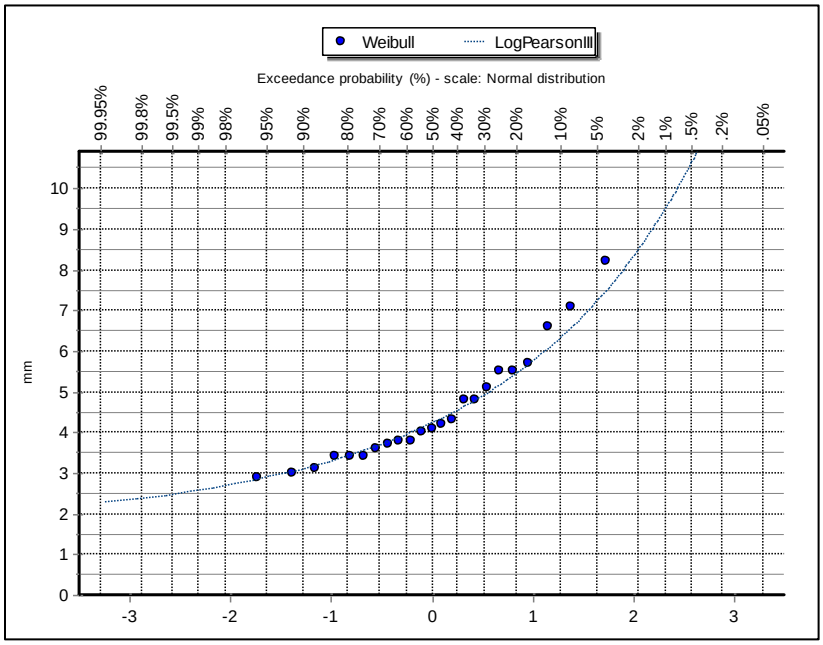
En cuanto a las precipitaciones se puede evidenciar que el año 2001, 2016 y 2021 existe un incremento de precipitaciones, pero que no sobrepasan el valor máximo y no se encuentra fuera de rango, dando como resultado la inexistencia de datos dudosos, considerando estos datos válidos.

Prueba estadística de Smirnow - Kolgomorov

A través de la prueba de bondad de ajuste, se aplicó los datos en función a la variable de precipitación, en la que se muestra la distribución acumulada de los datos, reflejando que se encuentran dentro de los valores máximos, es decir que la distribución de los datos en normal.

Con la prueba estadística de Smirnow – Kolgomorov, se observó que el modelo del LogPearson III se ajusta más a la distribución acumulada de los datos con un porcentaje de 99,82. Como se observa en la siguiente imagen.

Gráfico 18: *Prueba de Smirnow - Kolgomorov*



Una vez obtenido los datos, se procede al cálculo la probabilidad de las precipitaciones máximas para los diversos tiempos de retornos, en función de la probabilidad de frecuencia de ocurrencia.

Gráfico 19: *Precipitaciones máximas para los diferentes periodos de retorno.*

Precipitaciones Diarias Máximas Probables para distintas frecuencas

Factor de ajuste 1.13 ***Número de observaciones por día =*** 1

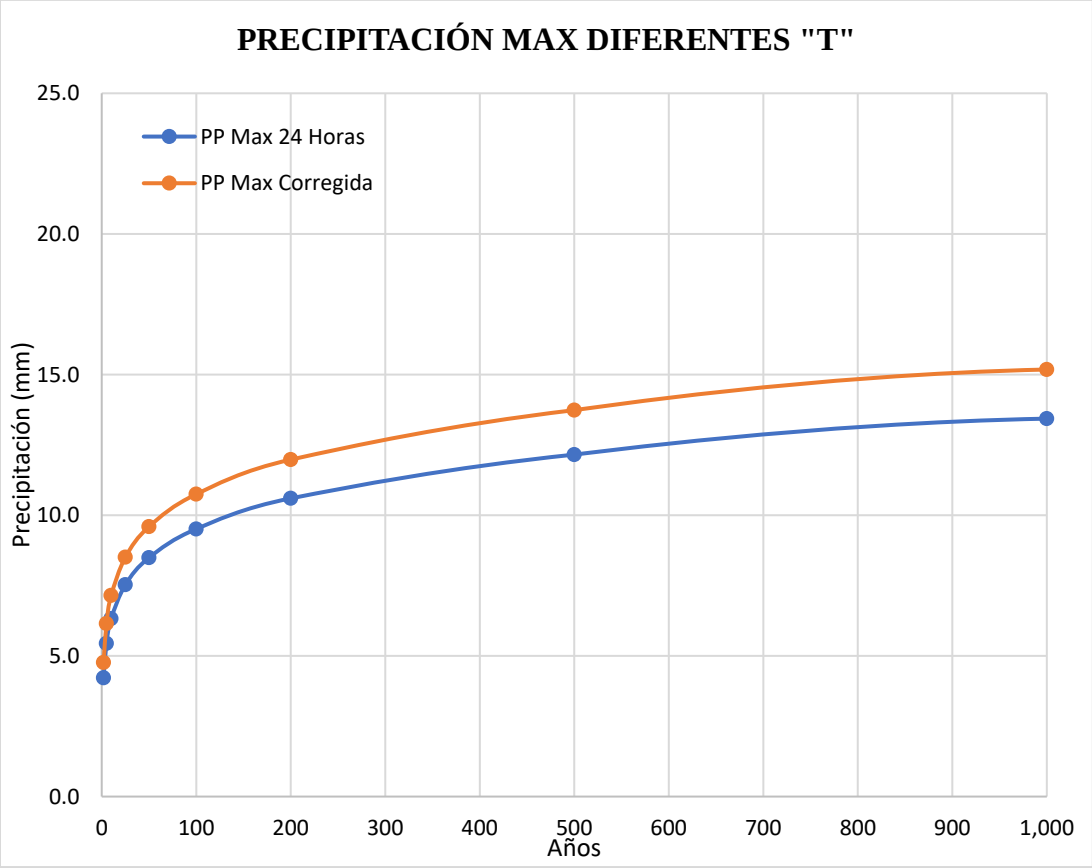
Periodo de Retorno T (años)	Hydrognomon Pmax (mm)	Pmax Corregido (mm)	Probabilidad de no excedencia P
2	4.218	4.767	0.500000
5	5.440	6.147	0.800000
10	6.324	7.146	0.900000
25	7.528	8.507	0.960000
50	8.491	9.594	0.980000
100	9.511	10.748	0.990000
200	10.600	11.977	0.995000
500	12.156	13.737	0.998000
1000	13.434	15.180	0.999000
10000	18.409	20.802	0.999900

La Organización Meteorológica Mundial, en su Guía de Prácticas Hidrológicas, señala que estudios basados en miles de años - estación de datos pluviométricos han demostrado que al

multiplicar los valores máximos anuales de lluvia diaria u horaria, registrados en un único intervalo fijo de observación entre 1 y 24 horas, por un factor de ajuste de 1,13, se obtienen estimaciones muy cercanas a los máximos reales; cuando los datos provienen de dos o más intervalos de observación fijos, los ajustes necesarios son menores (LINSLEY JR, KOHLER, & PAULUS, 1997)

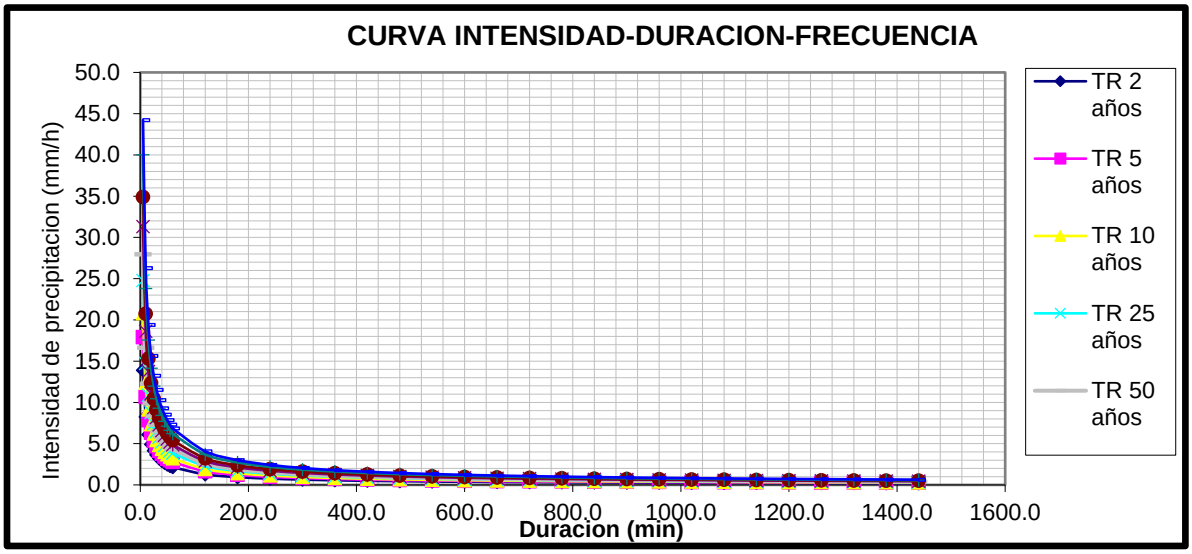
En el siguiente diagrama se indica el comportamiento de las precipitaciones máximas para los diferentes periodos de retorno y como las precipitaciones para los diferentes años aumentan.

Gráfico 20: *Precipitaciones máximas diferentes.*



Una vez obtenido los resultados para los diferentes periodos de retorno, calculamos la curva IDF, para comprobar la intensidad de las precipitaciones máximas en 24 horas, en función del tiempo.

Gráfico 21: *Curva IDF.*



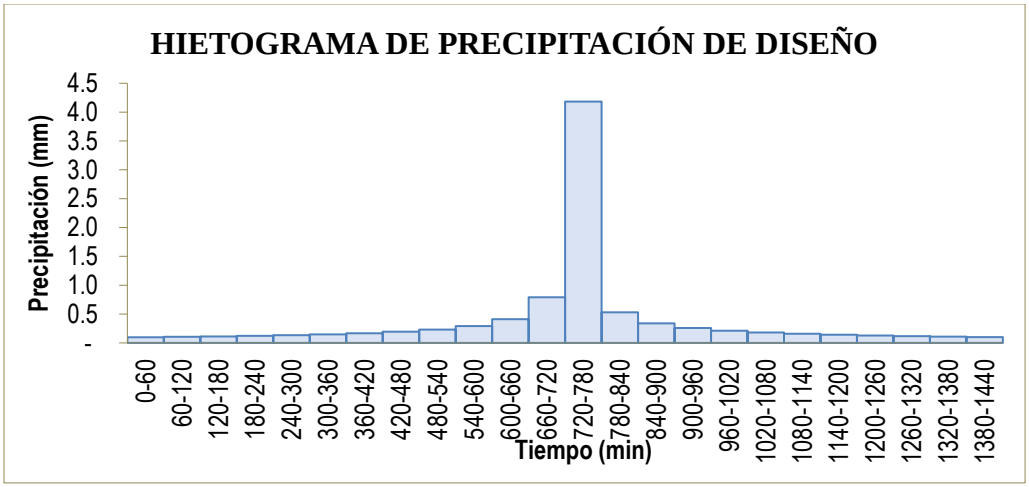
La grafica de la curva IDF muestra como la intensidad de las precipitaciones dadas de acuerdo a la duración en minutos, con relación a los diferentes periodos de retorno (TR 2, 5, 10, 25 y 50 años. Estas curvas son fundamentales para evaluar el comportamiento de las lluvias extremas y su probabilidad de ocurrencia.

La diferencia entre las curvas aumenta con el periodo de retorno, para un TR de 2 años, la intensidad de la precipitación es menor, lo que corresponde a eventos más frecuentes y de menor magnitud, pero con un TR de 50 años la intensidad es mayor reflejando eventos extremos menos frecuentes, pero con mayor dureza.

A continuación, se mostrará el gráfico estadístico representado en barras, donde se observó cuál es el pico máximo de acuerdo a la serie de datos de precipitación máxima de 24 horas/día. (Ilustración 4)

De acuerdo a los diferentes datos de precipitación, el punto máximo ocurre entre 720 - 780 minutos, es decir aproximadamente de 12 a 13 horas en un día.

***Gráfico 22**: Hietograma de precipitaciones.*



Se lleva a cabo la delimitación de la cuenca hidrográfica, lo que permite establecer el área afectada por las inundaciones y entender las condiciones geográficas que influyen en el flujo del agua, esto permite definir los límites de la zona de estudio y facilitar la recopilación de datos hidrológicos.

Al realizar el cálculo del caudal del río a partir de datos históricos y métodos hidrológicos, permite estimar la cantidad de agua que fluye y su capacidad de desbordamiento. Este parámetro es esencial para realizar el modelamiento en el software IBER con información real sobre el comportamiento del río. Adicional se analiza la precipitación mediante registros históricos, lo que permite evaluar la cantidad de lluvia que puede contribuir al aumentar el caudal del río. Para garantizar la fiabilidad de estos datos, se aplican pruebas estadísticas como la de Smirnov-Kolmogorov, que verifica la distribución de los datos de precipitación y mejora la precisión de las simulaciones.

La aplicación del método Outlier ayuda a identificar valores extremos en los registros de precipitación, evitando que datos atípicos afecten los cálculos hidráulicos. Esto asegura que la información ingresada en el software sea real. Posteriormente, se realiza la modelación hidráulica en IBER, donde se introducen todos los datos recopilados para generar simulaciones de inundaciones en diferentes periodos de retorno, como 25 y 50 años. A través de este proceso, se analiza la extensión de las zonas afectadas, permitiendo una evaluación detallada de los riesgos.

Los resultados obtenidos permiten visualizar cómo evolucionaría el desbordamiento del río en distintos escenarios, facilitando la identificación de áreas vulnerables y la planificación de medidas de mitigación. La integración de estas herramientas contribuye a una mejor gestión del riesgo de inundaciones en el recinto Charquiyacu por el desbordamiento del río Caluma, ayudando a la toma de decisiones basadas en evidencia técnica.

Modelación Hidráulica en el software IBER

Para el modelamiento hidráulico en un periodo de retorno de 25 años, se toma en cuenta la duración en minutos y la intensidad.

Tabla 32

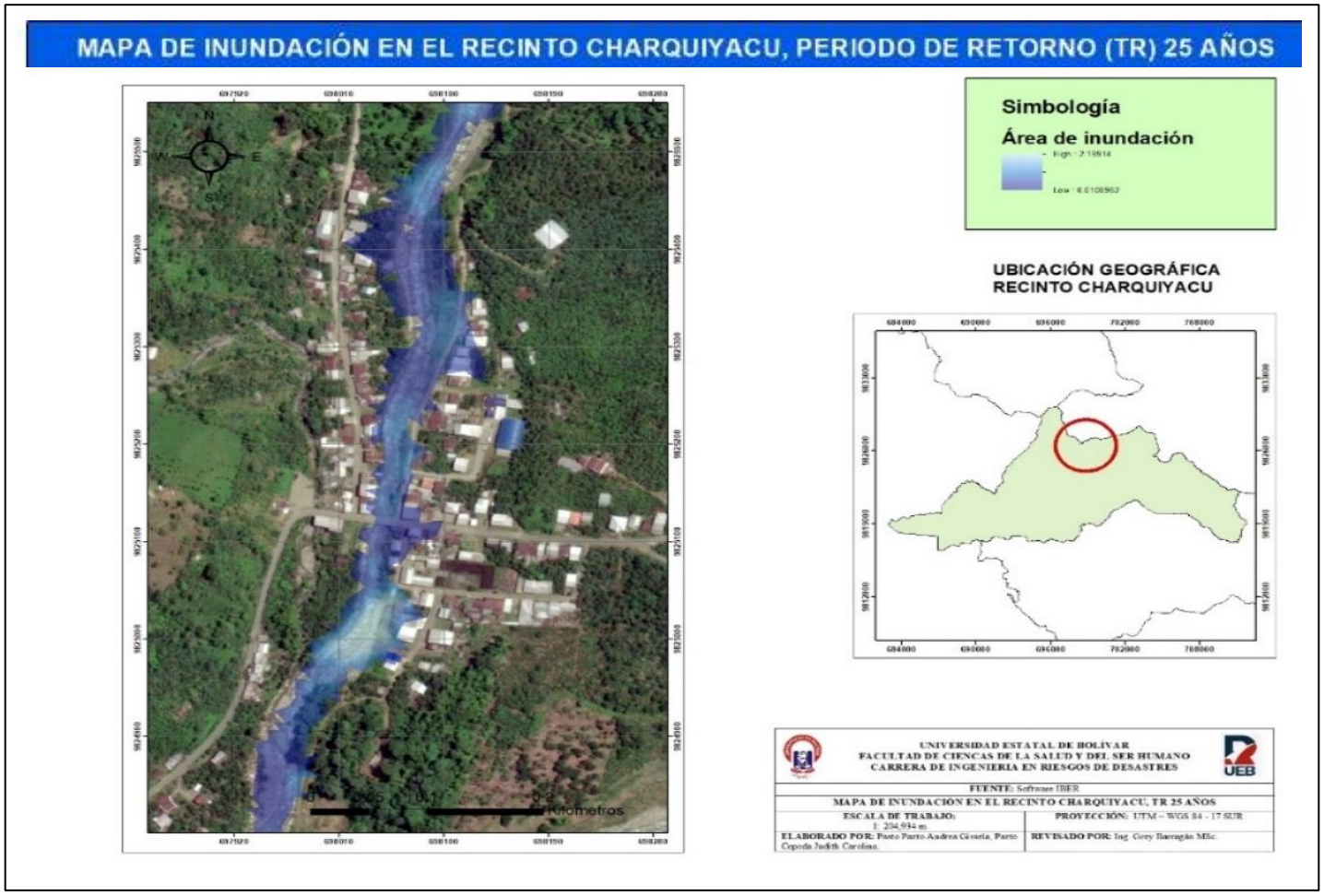
Datos para el periodo de retorno de 25 años.

Duración (horas) d	Duración (min)	Intensidad (mm/hr) I
5	300	24.78
10	600	14.73
15	900	10.87
20	1200	8.76
25	1500	7.41
30	1800	6.46
35	2100	5.76
40	2400	5.21

45	2700	4.77
50	3000	4.41
55	3300	4.10
60	3600	3.84
120	7200	2.29
180	10800	1.69
240	14400	1.36
300	18000	1.15
360	21600	1.00
420	25200	0.89
480	28800	0.81
540	32400	0.74
600	36000	0.68
660	39600	0.64
720	43200	0.60
780	46800	0.56
840	50400	0.53
900	54000	0.50
960	57600	0.48
1020	61200	0.46
1080	64800	0.44
1140	68400	0.42
1200	72000	0.41
1260	75600	0.39
1320	79200	0.38
1380	82800	0.37
1440	86400	0.35

Nota. Fuente: Elaborado por Pasto A., & Pazto J.

Gráfico 23: *Mapa de inundación en el recinto Charquiyacu, periodo de retorno 25 años.*



Nota. Fuente: Elaborado por Pasto A., & Pazto J.

El mapa representado **“Mapa de inundación en el recinto Charquiyacu, periodo de retorno (TR) 25 años”** muestra las áreas inundables, resultado del modelamiento hidráulico, en este periodo se refiere a la probabilidad que un evento de magnitud similar ocurra en un determinado tiempo. El modelamiento en un TR 25 años estima el impacto de un evento moderado severo. Con un caudal máximo de 24.78 m^3/s.

La intensidad del color indica la profundidad o calado con un valor máximo de 2.10 m, como muestra en su simbología.

El desbordamiento afecta principalmente a las viviendas y cultivos cercanos al cauce del río que atraviesa por medio del centro poblado, incrementando el riesgo de grandes pérdidas.

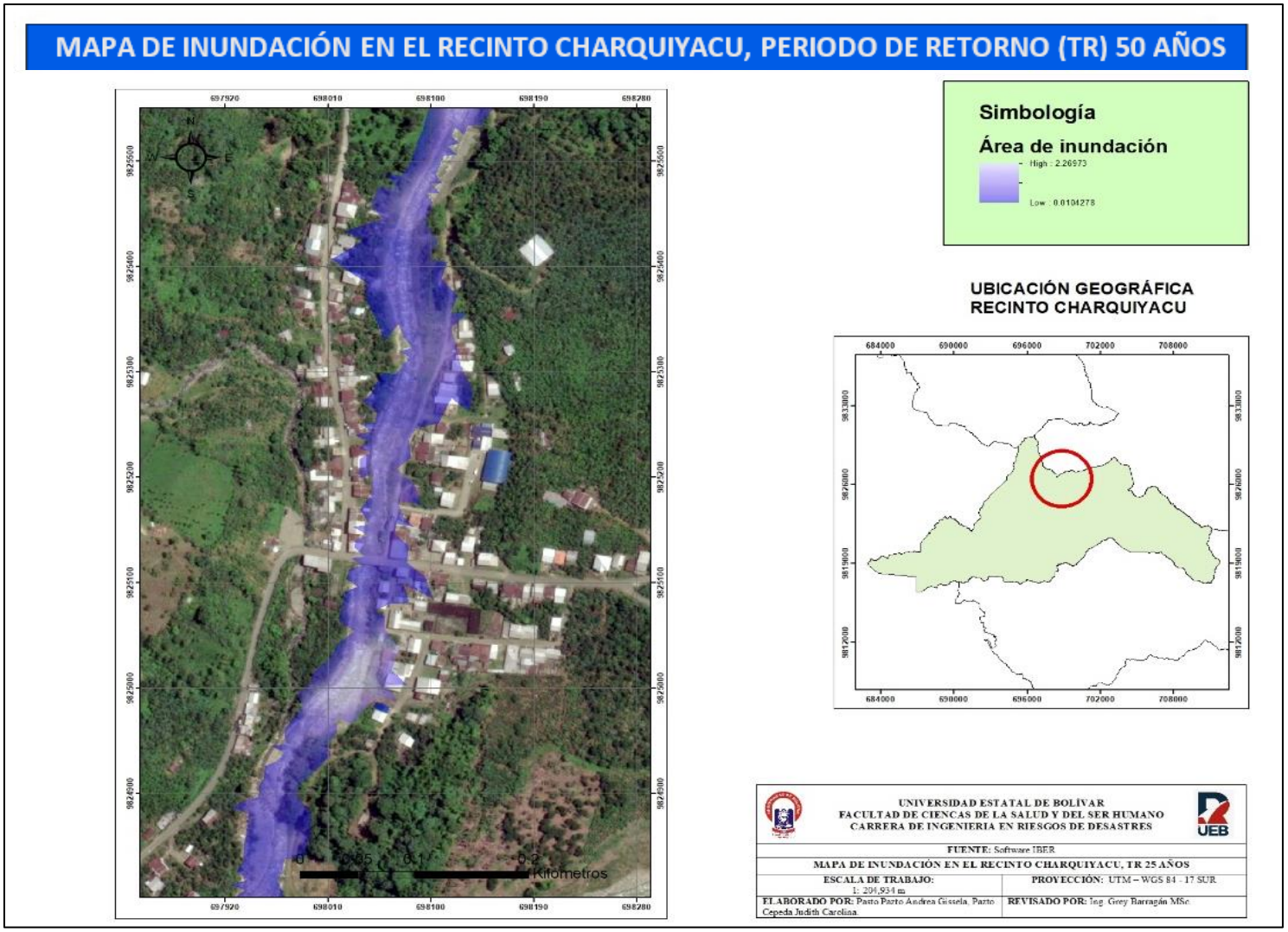
Tabla 33

Datos para el periodo de retorno de 50 años.

Duración (horas)	**Duración (min)**	**Intensidad (mm/hr)**
d		I
5	300	27.95
10	600	16.62
15	900	12.26
20	1200	9.88
25	1500	8.36
30	1800	7.29
35	2100	6.49
40	2400	5.88
45	2700	5.38
50	3000	4.97
55	3300	4.63
60	3600	4.33
120	7200	2.58
180	10800	1.90
240	14400	1.53
300	18000	1.30
360	21600	1.13
420	25200	1.01
480	28800	0.91
540	32400	0.83
600	36000	0.77
660	39600	0.72
720	43200	0.67
780	46800	0.63
840	50400	0.60
900	54000	0.57
960	57600	0.54
1020	61200	0.52
1080	64800	0.50
1140	68400	0.48
1200	72000	0.46
1260	75600	0.44
1320	79200	0.43
1380	82800	0.41
1440	86400	0.40

Nota. Fuente: Elaborado por Pasto A., & Pazto J.

Gráfico 24: *Mapa de inundación en el recinto Charquiyacu, periodo de retorno 50 años.*



Nota. Fuente: Elaborado por Pasto A., & Pazto J.

El mapa representado **“Mapa de inundación en el recinto Charquiyacu, periodo de retorno (TR) 50 años”** muestra las áreas inundables como resultado del modelamiento hidráulico, en este periodo alcanza un nivel máximo durante un evento de 50 años, se refiere a la probabilidad que un evento de magnitud similar ocurra en un determinado año. El modelamiento en un TR 50 años estima el impacto de un evento similar al del TR de 25 años. Con un caudal máximo de 27.95 m^3/s.

La intensidad del color indica la profundidad o calado con un valor máximo de 2.19 m, como muestra en su simbología.

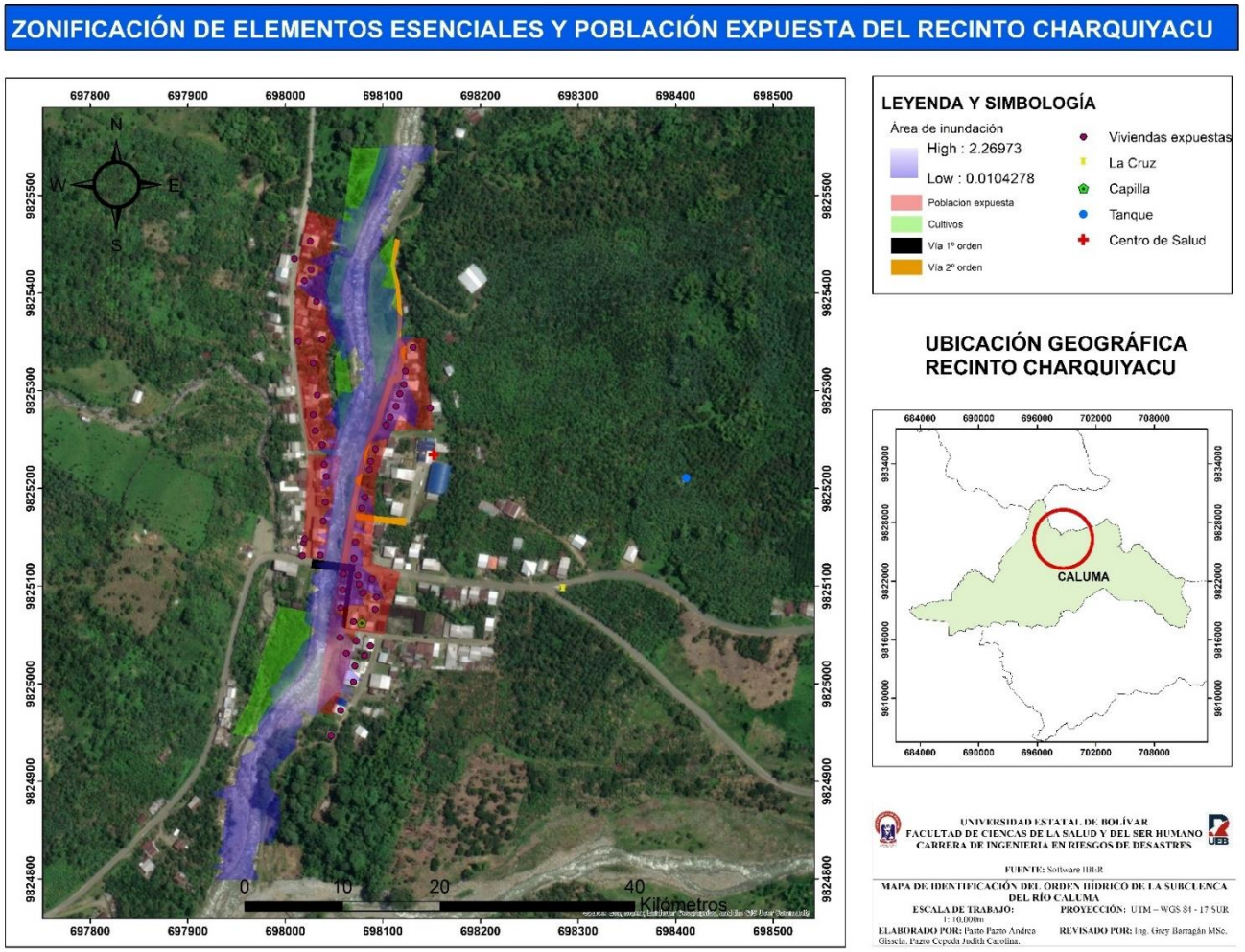
Análisis general

Los mapas representados en un periodo de retorno (TR) de 25 y 50 años, muestran las manchas de inundación por el desbordamiento del río Caluma, evidenciando las áreas de afectación, debido al incrementos en el caudal máximo alcanzado. El área afectada también incrementa con respecto a los TR, lo que podría producir afectación mayor en el recinto, si no se plantean medidas adecuadas con el paso del tiempo.

Se observa que el margen de inundación se extiende a lo largo del río, cubriendo ha de cultivos y afectado a la infraestructura que se encuentran a las riberas del rio.

Para ver la diferencia entre los distintos TR, debe hacerse énfasis en la intensidad ya que mientras aumenta el TR, la intensidad de igual manera.

Zonificación de elementos esenciales y población expuesta.



Nota. Fuente: Elaborado por Pasto A., & Pazto J.

Este mapa identifica las áreas que son afectadas por el desbordamiento del río Caluma, así como los elementos esenciales y población expuesta. La franja azul indica las zonas de inundación con mayor intensidad representando un riesgo alto, el río atraviesa afectando principalmente a los cultivos y áreas pobladas.

La población expuesta representada de color rojo, implica un riesgo considerable para la población y elementos esenciales. Entre los elementos esenciales críticos destaca la Capilla, que se encuentra ubicada en la zona susceptible a inundaciones, mientras que el Centro de Salud y el tanque de distribución de agua, no se ven afectados por su localización.

Con aproximadamente 12 a 13 m de desbordamiento de las orillas del río hacia las orillas, inundando viviendas y ocasionando obstrucción en las vías de acceso de primer y segundo orden.

A demás el mapa muestra las vías de comunicación, las primarias de color negro y las secundarias de color amarillo, vías esenciales para la evacuación durante una emergencia, el puente con un ancho de 9 metros y una altura de 5m, se ve afectada directamente por el incremento del caudal, ya que puede llegar alcanzar un caudal máximo de $46m^3/s$.

Por último, los cultivos identificados de color verde, se encuentran parcialmente dentro de la zona de inundación, evidenciando un gran impacto en la economía local.

4.3. Resultado Objetivo 3

Propuesta de medidas de mitigación ante la amenaza de inundación en el recinto Charquiyacu por el desbordamiento del río Caluma.

Con base en los resultados obtenidos de los objetivos 1 y 2, se procede a proponer las medidas de mitigación de riesgos ante el desbordamiento con el propósito de fortalecer la resiliencia del recinto Charquiyacu, permitiendo a la población afrontar de manera eficaz los efectos de futuros desastres. De esta manera se plantea la ejecución de procesos que requieren la colaboración activa entre el GAD del cantón Caluma y la participación de la población, con el fin de implantar acciones conjuntas que mitiguen el riesgo.

Medidas estructurales

Las medidas estructurales están constituidas por cualquier labor de infraestructura en este caso hidráulica que favorezca al control de inundaciones y se puede conseguir de dos formas, que son mantener el recurso hídrico dentro del cauce del rio o impedir que este salga de los causes y alcance a la población.

Tabla 34

Medidas estructurales ante la amenaza de desbordamiento.

Medidas estructurales ante la amenaza de desbordamiento			
Zona de amenaza	**Medidas estructurales**	**Descripción del área de estudio**	**Responsables**
Recinto Charquiyacu	Construcción de muros de gaviones a lo largo del rio en las zonas de mayor vulnerabilidad, con el fin de reducir el impacto del evento de desbordamiento e inundaciones 180 metros del puente hacia arriba.		Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Caluma (GAD).
	Dragado del rio para dirigir adecuadamente su caudal, aumentando su capacidad para transportar grandes volúmenes de agua y de esta manera prevenir los desbordamientos e inundaciones.		Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Caluma (GAD).

	Fortalecimiento de los muros de contención en la parte central del recinto con un seguimiento técnico continuo para garantizar su capacidad de soportar crecidas del rio Caluma en el recinto Charquiyacu.		Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Caluma (GAD). Prefectura de la provincia Bolívar.
	Implementación de pozos de infiltración en áreas vulnerables del recinto, permitirá reducir el caudal superficial y mejorar la capacidad del suelo para absorber el exceso de agua durante las crecidas del rio Caluma disminuyendo el riesgo en áreas vulnerables.		Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Caluma (GAD). Secretaria de Gestión de Riesgos. Ministerio de Ambiente, Agua transición Ecológica (MAATE).

Nota. *Medidas estructurales en la zona de estudio para reducir los efectos de desbordamiento.*

Medidas no estructurales

Se dice a cualquier medida que no utilice la construcción física y que únicamente se emplee el conocimiento, los acuerdos existentes y las prácticas para reducir el riesgo y sus

impactos, principalmente a través de políticas y leyes, una mayor conciencia pública, capacitación y la educación (Lugo Valdiviano, 2024).

Tabla 35

Medidas no estructurales ante la amenaza de desbordamiento.

Medidas no estructurales ante la amenaza de desbordamiento			
Zona de amenaza	**Medidas no estructurales**	**Descripción del área de estudio**	**Responsables**
Recinto Charquiyacu	Ordenamiento Territorial	Es fundamental establecer regulaciones y políticas claras sobre el uso de suelo del recinto Charquiyacu dado a que se ha identificados asentamientos en zonas de alto riesgo frente a desbordamientos. Esto incluye la prohibición de asentamientos en áreas mayormente expuestas a desbordamientos e inundaciones.	Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Caluma (GAD)

	Capacitaciones	Realizar charlas informativas con la población del recinto para informarles sobre los riesgos a inundaciones con el objetivo de que adquieran los conocimientos necesarios sobre cómo actuar de manera adecuada en caso de que se produzca este tipo de evento adverso.	Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Caluma (GAD)
	Planes de contingencia y evacuación, Activación coordinada de instituciones en respuesta a eventos adversos.	Desarrollar planes de contingencia y evacuación que incluya protocolos de evacuación y puntos de encuentro para la población en caso de desbordamientos los mismo que deben ser ensayados periódicamente garantizando minimizar pérdidas humanas. Esta medida establece que en, caso de un desbordamiento del rio Caluma, las instituciones clave como el Gad Cantonal de Caluma, el GAD Provincial de Bolívar y la SNGR deben activarse de manera	Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Caluma (GAD) GAD Cantonal de Caluma GAD Provincial de Bolívar Secretaria de Gestión Riesgos

		inmediata. Estas entidades deben ejecutar el plan de acción de respuesta asegurando la implementación de protocolos de evacuación, asistencia a la población afectada y restablecimiento de servicios esenciales con el objetivo de disminuir los impactos.	

Nota. *Medidas no estructurales en la zona de estudio para reducir los efectos de desbordamiento.*

4.4.Comprobación de hipótesis

"Al identificar los elementos esenciales y la población expuesta ante el desbordamiento del rio Caluma en el recinto Charquiyacu, se podrá evaluar la amenaza de inundación"

La hipótesis es aceptable, ya que la investigación afirma que la evaluación de la amenaza de inundación ante el desbordamiento del río Caluma en el recinto Charquiyacu permitió identificar los elementos esenciales y la población expuesta. Mediante el modelamiento hidráulico con el software IBER, se delimitaron las áreas con mayor probabilidad de inundación.

Además, se realizó un análisis de vulnerabilidad de las edificaciones, en el que se evalúan factores como el tipo de materiales de construcción, su estado de conservación y la cercanía al cauce del río Caluma. Se aplicó encuestas a la población en la que se evidenció que la mayoría de los habitantes desconocen medidas preventivas y rutas de evacuación.

Los resultados obtenidos indican que es posible evaluar con precisión la amenaza de inundación identificando los elementos expuestos y la población vulnerable

Los resultados obtenidos indican que es posible evaluar con precisión la amenaza de Esta información es clave para la gestión del riesgo y la implementación de estrategias de mitigación. Por lo tanto, la hipótesis es válida, ya que se sustenta en datos técnicos y en la realidad observada en el recinto Charquiyacu.

Capitulo V: Conclusiones Y Recomendaciones

5.1.Conclusiones

Al identificar los elementos expuestos ante el desbordamiento del río Caluma en el recinto Charquiyacu, Se evidenciando que la infraestructura vial, las edificaciones, los cultivos y los servicios básicos presentan diferentes niveles de vulnerabilidad. A través de encuestas, observaciones de campo y el uso de herramientas geoespaciales, se determinó que gran parte de las edificaciones están cimentadas con materiales de mediana resistencia, como ladrillo y techos de zinc, lo que las hace susceptibles a daños en eventos de inundación con un nivel de vulnerabilidad medio. La proximidad de las viviendas al cauce del río incrementa el riesgo de afectación directa, se identificó que los sectores agrícolas y el sistema vial son vulnerables, ya que las crecidas del río pueden afectar los medios de vida de los habitantes.

Tras identificar los parámetros morfométricos del rio Caluma, mediante los procedimientos de delimitación de la cuenca con un área total de 109.54 km^2 y un perímetro de 67.84 km, considerada una subcuenca, estos datos que proporcionan un panorama claro de la delimitación dentro de la zona estudiada. Por otro lado, se ha realizado el cálculo de caudal actual y análisis de precipitaciones desde el 2001 hasta el 2023 aplicando el método Outlier, para verificar la existencia de datos dudosos, con la prueba estadística de Smirnow – Kolgomorov, se observó que el modelo del LogPearson III se ajusta más a la distribución acumulada de las precipitaciones máximas, los valores que se calcularan para los diferentes periodos de retorno (25 y 50 años), para obtener la curva IDF las cuales evalúan el comportamiento de las lluvias extremas y su probabilidad de ocurrencia. El modelamiento hidráulico en el software IBER permitió modelar distintos escenarios de desbordamiento en el recinto Charquiyacu, considerando periodos de retorno de 25 y 50 años. Los resultados revelaron que las zonas más

afectadas presentan caudales superiores a 46,45 m^3/s en eventos extremos. Estos datos fueron fundamentales para la zonificación del riesgo, identificando áreas de mayor vulnerabilidad y los elementos esenciales expuestos, como viviendas, infraestructuras viales y cultivos. La modelación confirma que la cercanía de las edificaciones al río Caluma incrementa significativamente la probabilidad de inundación por el desbordamiento.

Las inundaciones en el recinto Charquiyacu representan un riesgo latente intensificado por factores físicos y climáticos. Se concluye que la vulnerabilidad de la infraestructura es media y que la ausencia de medidas adecuadas de mitigación agrava el impacto de estos eventos. Es fundamental vigorizar la relación entre la comunidad y las autoridades locales para mejorar la planificación y cumplimiento de estrategias de reducción del riesgo de desastres. La gestión del riesgo debe abordarse de manera integral considerando tanto la prevención como la respuesta ante eventos extremos. La implementación de medidas estructurales resulta esencial para minimizar los efectos de las inundaciones. Es crucial reforzar las estrategias no estructurales como la educación en gestión de riesgo y la planificación territorial con el fin de fortificar la resiliencia de la comunidad frente a estos fenómenos.

5.2.Recomendaciones

Realizar una planificación adecuada de los asentamientos de viviendas en zonas vulnerables a inundaciones con la intención de minimizar los efectos que estas provocan, además es esencial exigir que el cumplimiento de las normas ecuatorianas (NEC) en todas las edificaciones existentes y futuras asegurando su estabilidad y resistencia frente a eventos adversos, se debe complementar con estudios topográficos y geotécnicos que permita evaluar la estabilidad del terreno antes de nuevas ocupaciones.

Plantear una estrategia de gestión del riesgo en el recinto Charquiyacu, basada en la combinación de análisis morfométricos, modelamiento hidráulico y zonificación del riesgo. En el ámbito estructural, es esencial la construcción de muros de contención y gaviones en las zonas de mayor vulnerabilidad, fortalecer la infraestructura vial y garantizar sistemas de drenaje adecuados para minimizar la acumulación de agua. Desde la no estructural, es recomendable la ejecución de un sistema de monitoreo hidrometeorológico que permita registrar precipitaciones y caudales en tiempo real, acompañado de un sistema de alerta temprana, con la finalidad de facilitar la toma de decisiones oportunas. Asimismo, la actualización del ordenamiento territorial para impedir nuevas construcciones en zonas de alto riesgo y promover la reubicación de viviendas e infraestructuras esenciales expuestas a desbordamientos.

Implementar un plan comunitario y un plan de contingencia enfocado en medidas estructurales y no estructurales para mitigar la amenaza de inundación en el recinto Charquiyacu, Además se debe fomentar la capacitación continua a la población, a través de talleres informativos y simulacros, con el objetivo de preparar a la comunidad y garantizar la forma adecuada de cómo actuar en caso de una emergencia.

BIBLIOGRAFÍA

¿Qué es el Método Heurístico? (22 de Enero de 2013). Obtenido de Inteciencia: https://inteciencia.wordpress.com/2013/01/22/que-es-el-metodo-heuristico/

Arias, F. G. (2012). *El Proyecto de la Investigación Introducción a la metodología científica.* Obtenido de file:///C:/Users/Dell-Usr/AppData/Local/Temp/El%20Proyecto%20de%20Investigacion.pdf

Barragan, H. R.-E. (Febrero de 2022). *"Análisis De Zonas Susceptibles Ante La Amenaza De Inundaciones, Empleando el sistema Sig"*. Obtenido de "Análisis De Zonas Susceptibles Ante La Amenaza De Inundaciones, Empleando el sistema Sig": https://dspace.ueb.edu.ec/bitstream/123456789/5515/1/TESIS%20AN%c3%81LISIS%20DE%20ZONAS%20SUSCEPTIBLES%20ANTE%20LA%20AMENAZA%20DE%20INUNDACIONES%2c%20EMPLEANDO%20SIG%20EN%20El%20RECINTO%20CHARQUIYACU%2c%20CANT%c3%93N%20CALUMA%2c%20PER%c3%8dODO%20NOVIEMBRE

Berdugo, S. M. (2021). *El modelo IBER como herramienta en el análisis de casos de riesgo por inundación.* UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA. Obtenido de file:///C:/Users/ELECTROPARC/OneDrive/Documentos/Noveno/Mapas%20Dvid/pae/judiiiiii/Titulacion/2022sandraorduz1%20%20leeeeee.pdf

Cenepred. (2014). Manual para la evaluacion de riesgos originados por inundaciones. Obtenido de https://dimse.cenepred.gob.pe/simse/cenepred/docs/MAN-manual-evarinundac-fluviales.pdf

CEPREDENAC. (2003). *Evaluación de amenaza*. Obtenido de Centro de Coordinación para la Prevención de los Desastres Naturales en América Central: https://dipecholac.net/contenido/40-terminologia.html

CIIFEN. (2022). *Amenaza*. Obtenido de Conceptos teóricos: https://ciifen.org/definicion-de-riesgo/#:~:text=Amenaza%20es%20un%20fen%C3%B3meno%2C%20sustancia,y%20econ%C3%B3micos%2C%20o%20da%C3%B1os%20ambientales.

Constitución de la República del Ecuador. (2008). *Registro Oficial 449*. Obtenido de LEXIS: https://www.defensa.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/02/Constitucion-de-la-Republica-del-Ecuador_act_ene-2021.pdf

Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca. (s.f.). *Plan de ordenación y manejo de la cuenca del río La Vieja.* Obtenido de Morfometría: https://www.cvc.gov.co/sites/default/files/Planes_y_Programas/Planes_de_Ordenacion_y_Manejo_de_Cuencas_Hidrografica/La%20Vieja%20-%20POMCA%20en%20Ajuste/Fase%20Diagnostico/7_CapituloI_Diagnostico_Morfometria.pdf

Cortijo, O. L. (Noviembre de 2008). *Metodología para el análisis de vulnerabilidad y riesgo ante inundaciones y sismos, de las edificaciones en centros urbanos*. Obtenido de file:///C:/Users/User/Downloads/olga-lozano.pdf

Del Granado, S. (25 de Diciembre de 2016). Sistemas de Alerta Temprana para Inundaciones: Análisis Comparativo de tres países Latinoamericanos. *ECONSTOR*. Obtenido de https://www.econstor.eu/bitstream/10419/177355/1/wp2016-03.pdf

Díaz Delgado, C. (2015). Evaluación del Riesgo de Inundación, Sistemas de Alerta Temprana y Diseño de Procesos de Lógistica Humanitaria. Obtenido de https://www.imta.gob.mx/potamologia/images/potamologia/presentaciones-v-seminario/Jueves/3%20Inundaciones_Potamologia_Cdiaz_et_al_Qro_22072015_final.pdf

Enríquez Lopez, L., Maron Mollinedos, L., Tacora Mariacas, S., & Quispe Mamanis, E. (15 de Julio de 2018). *Análisis del riesgo por inundación a causa del desborde de río Ilave, Distrito de Ilave - Collao.* Obtenido de file:///C:/Users/User/Downloads/admin,+2+Enr%C3%ADquez+et+al+10-14.pdf

GAD CALUMA. (2023 - 2024). *Plan de Contingencia para enfrentar el niño/oscilación sur (ENOS)*. Obtenido de Unidad de Gestión de Riesgos: file:///C:/Users/User/Desktop/DECIMO/PDFS/Manual-de-Contingencia-Fenomeno-del-nino.pdf

Gaspari, F., Rodríguez, A., Senisterra, G., Delgado, M., & Besteiro , S. (12 de Junio de 2013). *Elementos metodológicos para el manejo de cuencas hidrográficas*. Obtenido de Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata : https://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/27877/Documento_completo.pdf?sequence=3&isAllowed=y

Glosario De Términos Y Conceptos De La Gestión Del Riesgo Dedesastres Para Los Países Miembros De La Comunidad Andina. (29 de Mayo de 2018). *Mitigación*. Obtenido de COMUNIDAD ANDINA:

https://www.comunidadandina.org/StaticFiles/2018619133838GlosarioGestionDeRiesgoSGCA.pdf

Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Caluma. (2020). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Caluma.* Caluma. Obtenido de file:///C:/Users/User/Downloads/PDOT%20CANT%C3%93N%20CALUMA%202020%20(FINAL).pdf

Guevara Sánchez , N. (2023). *Análisis De Vulnerabilidad Ante Amenazas De Inundaciones En El Cantón Caluma, Provincia Bolívar*. Obtenido de Análisis De Vulnerabilidad Ante Amenazas De Inundaciones En El Cantón Caluma, Provincia Bolívar: https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/GUEVARA%20SANCHEZ%20NATHALY%20SILVANA.pdf

HidroGIS. (25 de Enero de 2021). *Análisis de datos dudosos (Outlier)*. Obtenido de Water Resources Council: https://es.scribd.com/presentation/492087178/Analisis-de-Datos-Dudosos-Outlier

Indicadores y terminología relacionados con la reducción del riesgo de desastres. (2009). *Prevención de riesgos*. Obtenido de UNISDR: https://www.unisdr.org/files/7817_UNISDRTerminologySpanish.pdf

Ley de Seguridad Pública y del Estado. (2014). *Registro Oficial Suplemento 35*. Obtenido de LEXIS: https://www.defensa.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/04/ene15_LEY-DE-SEGURIDAD-PUBLICA-Y-DEL-ESTADO.pdf

Ley Orgánica Para la Gestión Integral del Riesgo de Desastres. (2024). *Registro Oficial Suplemento 488*. Obtenido de LEXIS: https://procuraduria.utpl.edu.ec/NormativaExterna/LEY%20ORG%C3%81NICA%20PARA%20LA%20GESTI%C3%93N%20INTEGRAL%20DEL%20RIESGO%20DE%20DESASTRES.pdf

LINSLEY JR, R., KOHLER, M., & PAULUS, J. (1997). *Hidrología para ingenieros* . Obtenido de McGraw-Hill Latinoamericana, S.A.: https://www.academia.edu/37765494/Hidrolog%C3%ADa_para_Ingenieros_LINSLEY_KOHLER_y_PAULHUS

Lugo Valdiviano, O. M. (2024). *Medidas estructurales y no estructurales.* Perú: CENEPRED. Obtenido de https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/6390596/63910-6-medidas-estructurales-y-no-estructurales-oswaldo-lugo-cenepred.pdf

Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres. (2015). *Prioridades de Acción*. Obtenido de https://www.unisdr.org/files/43291_spanishsendaiframeworkfordisasterri.pdf

MARIÑO, W. M. (2016). *MODELAMIENTO DE ZONAS DE INUNDACIÓN POR MEDIO DE LAS HERRAMIENTAS HEC-RAS, GEO-RAS Y ARCGIS, PARA EL SECTOR COMPRENDIDO ENTRE LOS MUNICIPIOS DE CORRALES- PAZ DE RIO.* Colombia. Obtenido de file:///C:/Users/ELECTROPARC/Downloads/TGT-368%20(1).pdf

Navas, S. d. (2024). *Aplicación de una nueva metodología para mejorar la estimación de las frecuencias de inundación.* Obtenido de https://doi.org/10.4995/ia.2024.22293

Ninabanda Chela, N. R. (2017). *“Estudio Y Análisis, De Vulnerabilidad Integral Ante La Amenaza De Movimientos En Masa E Inundaciones En El Sector La Esperanza, Del Inundaciones En El Sector La Esperanza, Del Cantón Caluma*. Obtenido de “Estudio Y Análisis, De Vulnerabilidad Integral Ante La Amenaza De Movimientos En Masa E Inundaciones En El Sector La Esperanza, Del Inundaciones En El Sector La Esperanza, Del Cantón Caluma: https://dspace.ueb.edu.ec/bitstream/123456789/2009/1/in%20TESIS_ANALISIS%20DE%20V_2017.pdf

Nova Saah, K., Ordoñez Diaz, M., & Aguilar Jiménez, T. (2020). Evaluación del nivel de la vulnerabilidad ante el fenómeno de inundación en Montería – Colombia. Caso de studio. *Espacios*, 12. Obtenido de https://www.revistaespacios.com/a20v41n21/a20v41n21p15.pdf

Puentestar Quispi, H., & Ocampo Barragán , E. (2023). *Análisis de zonas susceptibles ante la amenaza de inundaciones, empleando SIG en el recinto Charquiyacu, cantón Caluma, periodo noviembre 2022-febrero 2023*. Obtenido de file:///C:/Users/User/Downloads/TESIS%20AN%C3%81LISIS%20DE%20ZONAS%20SUSCEPTIBLES%20ANTE%20LA%20AMENAZA%20DE%20INUNDACIONES,%20EMPLEANDO%20SIG%20EN%20El%20RECINTO%20CHARQUIYACU,%20CANT%C3%93N%20CALUMA,%20PER%C3%8DODO%20NOVIEMBRE%202022-FEBRERO%202023.%20(

Quishpi, H. R. (2023). *ANÁLISIS DE ZONAS SUSCEPTIBLES ANTE LA AMENAZA DE INUNDACIONES, EMPLEANDO SIG EN El RECINTO CHARQUIYACU, CANTÓN Caluma.* Guaranda. Obtenido de

https://dspace.ueb.edu.ec/server/api/core/bitstreams/c7abb2c7-01cb-47cd-8a0a-50d8b17c4923/content

Reglamento a la Ley de Seguridad Públicay y del Estado . (2017). *Registro Oficial Suplemento 290*. Obtenido de LEXIS: https://www.telecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/2018/06/Reglamento-a-la-Ley-de-Seguridad-Publica-y-del-Estado.pdf

ResearchGate. (Junio de 2021). *Simulación y análisis de inundaciones en cabeceras de cuenca, utilizando el software IBER en diferentes tramos*. Obtenido de ResearchGate: file:///C:/Users/User/Desktop/NOVENO/TESIS/702851.pdf

Sacoto Flores , M., & Sánchez García , C. (2023). *Vulnerabilidad de los elementos esenciales y evaluación integral del riesgo de desastre para la planificación urbana y gestión del riesgo en Azogues, Ecuador*. Obtenido de Cuadernos de investigación geográfica: file:///C:/Users/User/Downloads/Dialnet-VulnerabilidadesDeLosElementosEsencialesYEvaluacio-9026787.pdf

Sampieri, R. H. (2018). *Metodología de la investigación.* Mexico. Obtenido de file:///C:/Users/ELECTROPARC/AppData/Local/Microsoft/Windows/INetCache/IE/YZ0PI0CQ/26-roberto-hernandez-sampieri-christian-p.-mendoza-metodologia-de-la-investigacion-las-rutas-cuantitativa-cuali-spanish-edition-2018-mcgraw-hill-interamericana-de-espana-s.

Secretaría de Gestión de Riesgo. (Abril de 2018). *Plan Nacional de Respuesta ante Desastres*. Obtenido de https://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/08/Plan-Nacional-de-Respuesta-SGR-RespondeEC.pdf

Secretaria de Gestión de Riesgo. (2018). *Servicios esenciales*. Obtenido de Glosario de Términos de Gestión de Riesgo de Desastres: https://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/01/GLOSARIO-DE-T%C3%89RMINOS-DE-GESTI%C3%93N-DE-RIESGOS-DE-DESASTRES-GUIA-DE-CONSULTA.pdf#:~:text=Amenaza%3A%20Es%20un%20proceso%2C%20fen%C3%B3meno,%2C%20Asamblea%20General%2C%20Nacione

Secretaría de Seguridad y Protección Ciudadana. (Octubre de 2004). *Inundaciones costeras* . Obtenido de Serie Fascículos: https://www.cenapred.unam.mx/es/Publicaciones/archivos/3-FASCCULOINUNDACIONES.PDF

Secretaría de Seguridad y Protección Ciudadana. (Octubre de 2004). *Inundaciones fluviales.* Obtenido de Serie Fascículos: https://www.cenapred.unam.mx/es/Publicaciones/archivos/3-FASCCULOINUNDACIONES.PDF

Secretaría de seguridad y protección ciudadana. (Abril de 2012). *¿Qué es una inundación?* Obtenido de https://pcivil.michoacan.gob.mx/wp-content/uploads/2018/02/Folleto_de_Inundaciones.pdf

telegrafo, E. (21 de Marzo de 2022). *El desborde del río en Caluma causa pérdida de viviendas y cultivos*. Obtenido de Telegrafo: https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/nacionales/44/el-desborde-del-rio-en-caluma-causa-perdida-de-viviendas-y-cultivos

UNISDR . (2018). *Infraestructuras vitales*. Obtenido de GLOSARIO DE TÉRMINOS Y CONCEPTOS DE LA GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES PARA LOS PAÍSES MIEMBROS DE LA COMUNIDAD ANDINA: https://www.undrr.org/sites/default/files/inline-files/P2.10.pdf?startDownload=true

UNISDR. (2009). *Desastre*. Obtenido de Terminología sobre reducción del riesgo de desastre: https://www.unisdr.org/files/7817_UNISDRTerminologySpanish.pdf

Zhicay Lombaida , J. (Enero de 2020). *Caracterización morfométrica y estudio hidrológico de la microcuenca del río San Francisco, cantón Gualaceo* . Obtenido de file:///C:/Users/User/Desktop/DECIMO/PDFS/UPS-CT008684.pdf

ANEXOS

Anexo 1

Encuesta dirigida hacia la población.

El objetivo es: Analizar la amenaza de inundación por desbordamiento del rio Caluma sobre los elementos expuestos del recinto Charquiyacu. Escogimos esta zona debido al nivel de exposición en los elementos esenciales (Centros de Salud, Centros Educativos, Servicios Básicos, Población, Sistemas de infraestructura, etc.) que se ven afectadas durante el incremento del caudal.

ENCUESTA A LA POBLACION

1. **¿Cuántas personas forman parte de su familia?**

_____

	Número
Niñas	
Niños	
Jóvenes	
Personas adultas	
Tercera edad	
Personas con discapacidad	

Tipo de discapacidad (%) _____

2. **Cuál es su nivel de estudio**

Primaria _____

Secundaria _____

Superior _____

3. **¿A qué se dedica en su vida diaria?**

_____

_____

4. **¿Qué evento es el que más afecta a su familia?**

Sismo _____

Deslizamiento _____

Inundación _____

5. **¿Cuáles son los meses con las precipitaciones más fuertes?**

Noviembre _____

Diciembre _____

Enero _____

Febrero _____

6. **¿Cuáles son los cultivos más afectados por el desbordamiento del rio Caluma?**

Cultivo	
Cacao	
Naranja	
Plátano Verde	
Café	
Maíz	

7. **¿Hace que tiempo se presentó un desbordamiento en el recinto?**

Tiempo	
Este año (2024)	
1 año	
3 años	
5 años	
Mas años	

8. **¿Qué institución ha brindado capacitaciones sobre cómo actuar en casos de una emergencia y ha brindado ayuda al recinto durante una emergencia?**

Secretaria de Gestión de Riesgos _____

Municipio cantón Caluma _____

Otras instituciones _____

Nombre de la institución _____

_____

_____

9. **En caso de un desbordamiento, tiene conocimiento sobre las rutas seguras de evacuación. Especifique.**

Si _____

No _____

Nombre de la ruta	Km	Tiempo

10. ¿Existen zonas seguras o puntos de encuentro en caso de que presentarse un evento?

Si _____

No _____

Nombre del lugar_____

_____

11. ¿Tiene conocimiento de los lugares adecuados que se utilizaría como albergues?

Si _____

No _____

Nombre del lugar_____

_____

12. ¿El municipio ha realizado alguna acción de respuesta en caso de presentarse el desbordamiento?

Si _____

No _____

Cual ha sido la acción: _____

_____

_____

13. Alguna institución ha realizado la implementación de un proyecto u obra de mitigación en el recinto.

Si _____

No _____

Obra

IDENTIFICACION DE INFRAESTRUCTURA

Variable de Vulnerabilidad	Indicadores	Número	Total
Sistema estructural	Hormigón armado		
	Estructura metálica		
	Estructura de madera		
	Mixta madera-hormigón		
	Mixta metálica-hormigón		
Tipo de material en paredes	Pared de ladrillo		
	Pared de Bloque		
	Pared de piedra		
Tipo de cubierta	Cubierta metálica		
	Loza de hormigón armado		
	Vigas de madera y Zinc		
	Caña, zinc, eternit		
Sistema de entrepisos	Loza de hormigón armado		
	Vigas y entramada de madera		
	Entramado madera-caña		
	Entramado metálica		
	Entramado hormigón-metálica		
Número de pisos	1 Piso		
	2 Pisos		
	3 Pisos		
	4 Pisos		
	5 Pisos o más		
Año de Construcción	Antes de 1970		

	Entre 1971 y 1980		
	Entre 1981 y 1990		
	Entre 1991 y 2010		
Estado de conservación	Bueno		
	Aceptable		
	Regular		
	Malo		
Características del suelo bajo la edificación	Firme, Seco		
	Inundable		
	Ciénega		
	Húmedo-blando-relleno		
Topografía del sitio	A nivel, terreno plano		
	Bajo nivel calzada		
	Sobre nivel calzada		
	Escarpe positivo o negativo		
Forma de la construcción	Regular		
	Irregular		
	Irregularidad severa		

Hoja de Observación

El objetivo es: Analizar la amenaza de inundación por desbordamiento del rio Caluma sobre los elementos expuestos del recinto Charquiyacu. Escogimos esta zona debido al nivel de exposición en los elementos esenciales (centros de salud, centros educativos, servicios básicos, upc) que se ven afectadas durante el incremento del caudal.

Verificación de los elementos expuestos / Hoja de Observación

Provincia: _____

Cantón: _____

Coordenada X: _____

Coordenada Y: _____

SECTOR SOCIAL

VIVIENDAS INFRAESTRUCTURA

1. **¿Cuántas viviendas están dentro de la zona del desbordamiento del Rio Caluma?**

   10 _____

   20 _____

   O más _____

2. **¿Cuántas centros religiosos están dentro de la zona de peligro del desbordamiento del Rio Caluma?**

   1_____

   Ninguna_____

   Nombre _____

   Coordenadas X _____

   Y _____

3. ¿**Cuántas infraesctruras públicas (centros educativos, centro de salud) se encuentran en la zona de peligro de desbordamiento del Rio Caluma?**

   Escuelas

   1___

   Ninguna_____

   Nombre de la institución_____

Coordenadas X _____

Y _____

4. **¿Cuál es el número de estudiantes total?**

   _____

5. **¿Modalidad de asistencia a clases?**

   Matutino _____

   Vespertino _____

6. **¿Número total de docentes?**

   _____

7. **¿Como el centro educativo actúa en caso de una emergencia?**

   _____

_____

8. **Centro de Salud**

   1_____

   Nombre del Centro de Salud_____

   Coordenadas X _____

   Y _____

9. **¿Cuál es el número de trabajadores total del Centro de Salud?**

   _____

10. **¿Cuántos trabajadores está en cada área?**

    Medicina General _____

    Odontología _____

    Medicina Familiar _____

    Psicología _____

    Obstetricia _____

    Discapacidad _____

    SECTOR ECONÓMICO

    COMERCIO

11. ¿Cuáles son las actividades de comercio?

    _____

    _____

La suscrita Ingeniera **GREY IRENE BARRAGÁN AROCA,** en calidad de **TUTORA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN,** docente de la Universidad Estatal de Bolivar.

CERTIFICA

Que la Srta. **PASTO PAZTO ANDREA GISSELA,** portadora de la cédula de ciudadanía No. **020267830-6,** y la Srta. **PAZTO CEPEDA JUDITH CAROLINA** portadora de la cédula de ciudadanía No. **172685822-6,** estudiantes de la FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD Y DEL SER HUMANO, culminados en la **Carrera Ingeniería en Riesgos de Desastres,** modalidad presencial, una vez revisado el documento ***"Amenaza de inundación y elementos expuestos por el desbordamiento del río Caluma en el recinto Charquiyacu del cantón Caluma, provincia Bolívar, en el periodo septiembre – diciembre 2024"***, pueden proceder a realizar el proceso del empaste de su proyecto de investigación.

Guaranda, 21 de abril de 2025

Atentamente,

.....

Ing. Grey Barragán Aroca. MsC.

Tutora del Proyecto de Investigación

VÍAS Y REDES DE TRANSPORTE

12. ¿Cuántas vías principales y/o secundarias están expuestas al desbordamiento del río Caluma?

1_____

2_____

Ninguna_____

Coordenadas X _____

Y _____

SISTEMA DE AGUA Y ALCANTARILLADO

13. ¿Para el consumo que tipo de agua tiene?

Potable _____

Tratada _____

Clorada _____

Entubada ____

Otros(especificar): _____

14. ¿Existen infraestructura de agua?

Si _____

No _____

15. ¿Cuántas infraesctruras de agua potable están expuestas al desbordamiento del Rio Caluma?

1_____

No tienen infraestructura de agua potable_____

Coordenadas X _____

Y _____

16. ¿Cuenta con alcantarillado?

Si _____

No _____

17. ¿Cuántas infraesctruras de alcantarillado están expuestas al desbordamiento del río Caluma?

1_____

2_____

O más _____

Coordenadas X _____

Y _____

CULTIVOS Y ACTIVIDADES AGRÍCOLAS

18. ¿Cuántos terrenos agrícolas están expuestas al desbordamiento del Rio Caluma?

1 hectárea_____

Mas de 5 hectáreas_____

19. ¿Qué tipo de cultivo se encuentra expuestas al desbordamiento del Rio Caluma?

Plátano verde_____

Cacao_____

Naranja_____

Otros(especificar): _____

POBLACIÓN

20. ¿Cuántas personas viven en la zona de riesgo?

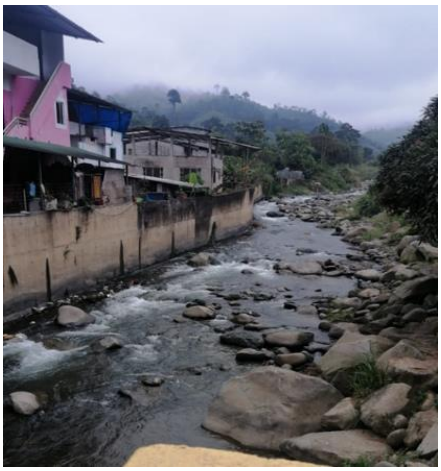
Menos de 50 _____

Entre 50 y 100 _____

Entre 100 y 130 _____

Anexo 2

Viviendas cercanas al cauce del río Caluma



Nota: Elaborado por: Pasto Andrea, Pazto Judith, 2024. Fecha: 9 de septiembre de 2024.

Se observan edificaciones ubicadas a orillas del cauce del río Caluma. Estas viviendas presentan un alto nivel de exposición al desbordamiento, lo que aumenta su vulnerabilidad ante eventos de inundación. Se evidencian materiales de construcción como adobe y ladrillo, algunos en estado de deterioro.

Reconocimiento de los Elementos Esenciales Centro de Salud



Nota: Elaborado por: Pasto Andrea, Pazto Judith, 2024. Fecha: 25 de octubre de 2024.

Infraestructura esencial para la atención médica de la población. Su ubicación y estado estructural son factores claves para evaluar su vulnerabilidad ante inundaciones y su capacidad de respuesta en caso de emergencia.

Red vial y accesibilidad



Nota: Elaborado por: Pasto Andrea, Pazto Judith, 2024. Fecha: 24 de noviembre de 2024.

Vía principal utilizada por la comunidad, la cual podría verse afectada por el desbordamiento del río Caluma. La evaluación de estas rutas permite analizar la conectividad del recinto en escenarios de emergencia.

Infraestructura de servicios básicos



Nota: Elaborado por: Pasto Andrea, Pazto Judith, 2024. Fecha: 24 de noviembre 2024.

En esta imagen se visualizan sistemas de abastecimiento de agua y energía, fundamentales para la comunidad. Su exposición a posibles inundaciones podría comprometer la calidad de vida de los habitantes y dificultar los trabajos de respuesta ante desastres.

Entrevista a la población



Nota: Elaborado por: Pasto Andrea, Pazto Judith, 2024. Fecha: 24 de noviembre 2024.

Entrevista a los habitantes del recinto Charquiyacu, donde se recopila información sobre el impacto del desbordamiento del río Caluma, las medidas de prevención implementadas, la percepción del riesgo y la respuesta de las autoridades. Estas entrevistas permitieron identificar los principales problemas de la comunidad y las posibles estrategias de mitigación.

Medición del Caudal





Nota: Elaborado por: Pasto Andrea, Pazto Judith, 2024. Fecha: 9 de noviembre 2024.

En la imagen se observa la medición del caudal y la profundidad del río Caluma en diferentes puntos estratégicos del recinto Charquiyacu. Para ello, se utilizaron herramientas como cintas métricas, varas calibradas para determinar las dimensiones del cauce, Además, se empleó flotadores y cronómetros para estimar la velocidad del agua, aplicando la fórmula del caudal.