



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**



**EVALUACIÓN DE RIESGO POR INUNDACIÓN PLUVIAL EN EL  
CENTRO POBLADO DE SALCEDO – PUNO PARA UN PERIODO  
DE RETORNO DE 50 AÑOS**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**Bach. SANDRA CATAORA PARI**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO AGRÍCOLA**

**PUNO – PERÚ**

**2024**



## SANDRA CATACORA PARI

### EVALUACIÓN DE RIESGO POR INUNDACIÓN PLUVIAL EN EL CENTRO POBLADO DE SALCEDO – PUNO PARA UN PERIODO ...

Universidad Nacional del Altiplano

#### Detalles del documento

Identificador de la entrega  
trn:oid::8254:416326103

Fecha de entrega  
15 dic 2024, 11:59 a.m. GMT-5

Fecha de descarga  
15 dic 2024, 12:03 p.m. GMT-5

Nombre de archivo  
Tesis Final Riesgo Salcedo ok Sandra CP.pdf

Tamaño de archivo  
5.7 MB

  
José A. Mamani Gomez  
CIP: 86409

115 Páginas

21,967 Palabras

127,282 Caracteres





## 17% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

### Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto citado
- ▶ Texto mencionado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 12 palabras)

### Fuentes principales

- 16% Fuentes de Internet
- 3% Publicaciones
- 11% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

### Marcas de integridad

#### N.º de alerta de integridad para revisión

- Texto oculto**  
14 caracteres sospechosos en N.º de páginas  
El texto es alterado para mezclarse con el fondo blanco del documento.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

José A. Mamani Gomez  
C.P. 86409





## DEDICATORIA

Con inmensa gratitud, dedico este logro a mis padres, Cesáreo Catacora Cutipa y Pascuala Pari de Catacora, por ser el pilar más fuerte en mi vida, por su confianza absoluta, y por alentarme siempre. Su amor es mi One piece.

A mis hermanos, Cesar y Esaú, por el respaldo inquebrantable durante mi formación académica, y por compartir conmigo nuestra pasión por el anime, haciendo de mi infancia un recuerdo inolvidable.

A mis hermanas, Lily y Hayde, por ser ejemplo constante de esfuerzo, perseverancia y dedicación. Inculcándome el valor del trabajo arduo.

A mis sobrinos, por llenar mis días de alegría, convirtiendo mi juventud en una etapa llena de momentos felices e irrepetibles.

A Silvia, Q.E.P.D., cuyo recuerdo vive en mí y me inspira a seguir adelante.

Al manga One piece, por enseñarme que los sueños se alcanzan mediante el esfuerzo constante y sacrificio, incluso en medio de la incertidumbre, por mostrarme que cada desafío es una oportunidad para crecer. Por inspirarme a nunca rendirme, sin importar lo difícil que parezca el camino.

**Sandra Catacora Pari**



## AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional del Altiplano Puno por brindarme la oportunidad de alcanzar una de las metas más significativas en mi vida profesional. Su compromiso con la educación y el desarrollo de sus estudiantes ha sido fundamental en mi formación.

A la Facultad de Ingeniería Agrícola, por su valiosa labor en mi formación profesional. Su compromiso con la enseñanza ha enriquecido mi aprendizaje y me ha inspirado a alcanzar mis objetivos.

A mi asesor de tesis, el Dr. José Antonio Mamani Gomez por su invaluable orientación y apoyo durante todo el proceso de investigación.

A mis jurados, M.Sc. Oscar Raúl Mamani Luque, M.Sc. Edgardo Sebastián Guerra Bueno y la M.Sc. Gina Paola Espinoza Alarcón y por sus valiosas instrucciones, así como por su apoyo en la finalización de esta investigación.

**Sandra Catacora Pari**



# ÍNDICE GENERAL

	Pág.
<b>DEDICATORIA</b>	
<b>AGRADECIMIENTOS</b>	
<b>ÍNDICE GENERAL</b>	
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b>	
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	
<b>ÍNDICE DE ANEXOS</b>	
<b>ACRÓNIMOS</b>	
<b>RESUMEN .....</b>	<b>17</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>18</b>
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>INTRODUCCIÓN</b>	
<b>1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>20</b>
<b>1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....</b>	<b>23</b>
1.2.1. Problema general.....	23
1.2.2. Problema específico .....	23
<b>1.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>24</b>
1.3.1. Hipótesis general.....	24
1.3.2. Hipótesis específicas .....	24
<b>1.4. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO .....</b>	<b>25</b>
<b>1.5. OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>27</b>
1.5.1. Objetivo general.....	27
1.5.2. Objetivos específicos .....	27

## CAPÍTULO II



## REVISIÓN DE LITERATURA

<b>2.1. ANTECEDENTES .....</b>	<b>28</b>
2.1.1. A nivel internacional .....	28
2.1.2. A nivel nacional.....	31
2.1.3. A nivel local .....	35
<b>2.2. MARCO TEORICO .....</b>	<b>38</b>
2.2.1. Inundaciones pluviales .....	38
2.2.1.1. Periodos de retorno .....	38
2.2.1.2. Peligrosidad y vulnerabilidad.....	39
2.2.1.3. Riesgo.....	39
2.2.2. Evaluación de riesgo por inundaciones pluviales en áreas urbanas .....	40
2.2.3. Métodos y herramientas para la evaluación del riesgo .....	40
2.2.3.1. Modelos hidrológicos.....	40
2.2.3.2. SIG (Sistemas de Información Geográfica) .....	40
2.2.3.3. Percepción y adaptación de la comunidad .....	41
2.2.4. Factores locales: Salcedo – Puno .....	41
2.2.4.1. Geografía y clima de la región.....	41
2.2.4.2. Infraestructura y planificación urbana .....	42
2.2.5. Estudios previos sobre inundaciones pluviales en el Perú .....	42
2.2.6. Perspectivas futuras y tendencias.....	42

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

<b>3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ÁREA DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>43</b>
<b>3.2. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.....</b>	<b>45</b>
3.2.1. Mediciones in situ .....	45



3.2.2.	Análisis de datos climáticos .....	45
3.2.3.	Revisión documental .....	45
3.2.4.	Observación participante .....	45
<b>3.3.</b>	<b>TIPO Y NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>46</b>
3.3.1.	Tipo de investigación .....	46
3.3.2.	Nivel de investigación:.....	46
3.3.3.	Justificación.....	46
3.3.4.	Diseños de la investigación .....	47
<b>3.4.</b>	<b>POBLACIÓN Y MUESTRA .....</b>	<b>47</b>
3.4.1.	Población.....	47
3.4.2.	Muestra.....	47
3.4.3.	Muestreo.....	47
3.4.4.	Diseño de muestreo: .....	48
3.4.5.	Variables de estudio.....	48
3.4.5.1.	Variable independiente .....	48
3.4.5.2.	Variable dependiente: .....	48
3.4.5.3.	Delimitación temporal.....	48
3.4.5.4.	Delimitación espacial .....	48
<b>3.5.</b>	<b>PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO .....</b>	<b>48</b>
3.5.1.	Identificación de los niveles de peligrosidad por inundación pluvial en el centro poblado de Salcedo para un periodo de retorno de 50 años .....	49
3.5.1.1.	Recolección de datos climáticos históricos.....	50
3.5.1.2.	Pruebas de bondad de ajuste .....	50
3.5.1.3.	Evaluación topográfica .....	54
3.5.1.4.	Zonificación de áreas de peligro .....	54





3.5.1.5. Metodología para la determinación del peligro .....	54
3.5.1.6. Identificación del fenómeno y el peligro .....	55
3.5.2. Análisis de los niveles de vulnerabilidad por inundación pluvial en el centro poblado de Salcedo para un periodo de retorno de 50 años .....	56
3.5.2.1. Recolección de información sobre infraestructura y población	57
3.5.2.2. Evaluación de la vulnerabilidad física .....	58
3.5.2.3. Análisis de vulnerabilidad socioeconómica .....	58
3.5.2.4. Desarrollo de un índice de vulnerabilidad .....	58
3.5.2.5. Integración de datos en mapas de vulnerabilidad .....	58
3.5.2.6. Metodología para la determinación del nivel de vulnerabilidad	60
3.5.2.7. Análisis de los factores de vulnerabilidad.....	61
3.5.2.8. Jerarquización y ponderación de parámetros y descriptores.....	62
3.5.3. Zonificación del nivel de riesgo por inundación pluvial en el centro poblado de Salcedo para un periodo de retorno de 50 años .....	63
3.5.3.1. Metodología para el cálculo del riesgo .....	65
3.5.3.2. Cálculo del riesgo basado en la ecuación $R=f(P,V)$ .....	67
3.5.3.3. Generación de mapas de riesgo.....	67
3.5.3.4. Zonificación del riesgo.....	67
3.5.3.5. Validación de los resultados .....	68
3.5.3.6. Elaboración de propuestas de mitigación.....	68

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

<b>4.1. RESULTADOS .....</b>	<b>69</b>
4.1.1. Identificación los niveles de peligrosidad por inundación pluvial en el centro poblado de Salcedo para un periodo de retorno de 50 años .....	69



4.1.1.1.	Identificación del fenómeno y el peligro .....	71
4.1.1.2.	Identificación del ámbito de influencia.....	71
4.1.1.3.	Niveles de peligro .....	72
4.1.1.4.	Estrato nivel de peligrosidad.....	72
4.1.1.5.	Análisis de elementos expuestos en áreas susceptibles .....	74
4.1.1.6.	Mapa de peligrosidad por inundación pluvial.....	75
4.1.1.7.	Definición de escenarios .....	77
4.1.2.	Análisis de los niveles de vulnerabilidad por inundación pluvial en el centro poblado de Salcedo para un periodo de retorno de 50 años .....	77
4.1.2.1.	Análisis de los factores de vulnerabilidad.....	78
4.1.2.2.	Jerarquización y ponderación de parámetros y descriptores.....	79
4.1.2.3.	Ponderación de los parámetros de exposición social .....	80
4.1.2.4.	Análisis de la dimensión económica.....	80
4.1.2.5.	Análisis de la dimensión ambiental .....	81
4.1.2.6.	Niveles de vulnerabilidad.....	82
4.1.2.7.	Estratificación de la vulnerabilidad.....	83
4.1.2.8.	Mapa de la vulnerabilidad.....	84
4.1.3.	Zonificación del nivel de riesgo por inundación pluvial en el centro poblado de Salcedo para un periodo de retorno de 50 años .....	86
4.1.3.1.	Niveles del riesgo.....	87
4.1.3.2.	Estratificación del nivel de riesgo.....	89
4.1.3.3.	Mapa del riesgo por inundación pluvial.....	92
4.1.3.4.	Cálculo de efectos probables o cálculo de posibles pérdidas (todo lo que se encuentra en el área de estudio valorizado).....	93
<b>4.2.</b>	<b>DISCUSIÓN .....</b>	<b>93</b>



<b>V. CONCLUSIONES .....</b>	<b>96</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>97</b>
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>98</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>109</b>

**Área** : Ingeniería y Tecnología

**Línea** : Recursos Hídricos

**FECHA DE SUSTENTACIÓN:** 19 de diciembre del 2024



## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1	Dimensión social..... 62
Tabla 2	Dimensión económica..... 63
Tabla 3	Definición de nivel de peligrosidad ..... 72
Tabla 4	Niveles de peligro por inundación pluvial ..... 72
Tabla 5	Matriz de niveles de peligro..... 73
Tabla 6	Población expuesta..... 75
Tabla 7	Viviendas y terrenos expuestos ..... 75
Tabla 8	Matriz de comparación de pares de la dimensión social..... 79
Tabla 9	Matriz de normalización de la dimensión social..... 79
Tabla 10	Dimensión económica..... 80
Tabla 11	Matriz de comparación de pares de la dimensión económica..... 81
Tabla 12	Matriz de normalización de la dimensión económica..... 81
Tabla 13	Niveles de vulnerabilidad ..... 82
Tabla 14	Estratificación de la vulnerabilidad ..... 83
Tabla 15	Matriz del riesgo ..... 89
Tabla 16	Estratificación del riesgo..... 89
Tabla 17	Valoración de consecuencias..... 93



## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1	Mapa de ubicación de la zona de estudio..... 44
Figura 2	Metodología general para determinar el nivel de peligrosidad..... 55
Figura 3	Clasificación de peligro ..... 56
Figura 4	Metodología del análisis de la vulnerabilidad ..... 60
Figura 5	Metodología de cálculo de riesgo ..... 65
Figura 6	Diagrama de flujo del proceso de determinación de nivel de riesgo ..... 67
Figura 7	Mapa del área de influencia urbanización Salcedo ..... 70
Figura 8	Elementos expuestos (predios urbanos y rural..... 74
Figura 9	Mapa de peligro por inundación pluvial ..... 76
Figura 10	Mapa de vulnerabilidad..... 85
Figura 11	Mapa de riesgo ..... 92
Figura 12	Vista de la Av. Industrial ..... 109
Figura 13	Vista de la Av. Industrial y vista del canal principal ..... 109
Figura 14	Vista del canal principal de la Av. Industrial - Norte ..... 109
Figura 15	Vista del canal principal de la Av. Industrial - Sur..... 110
Figura 16	Vista de la entrevista en la Av. Industrial ..... 110
Figura 17	Vista de los predios vacíos de la Av. Industrial..... 110
Figura 18	Vista de la entrevista en la Av. Sideral ..... 111
Figura 19	Vista de la entrevista en la Av. Integración – Av. J.F. Cáceres..... 111
Figura 20	Vista del afluyente de la Av. J.F. Cáceres..... 111
Figura 21	Vista del afluyente de la Av. J.F. Cáceres – Jr. La Arboleda ..... 112
Figura 22	Vista de la entrevista a una vecina en la Av. J.F. Cáceres – Jr. La Arboleda ..... 112



Figura 23	Vista de la entrevista en la Av. Estudiante .....	112
Figura 24	Vista de la entrevista en la Av. Estudiante – Jr. La Arboleda.....	113
Figura 25	Vista de la entrevista en la carretera longitudinal de la Sierra Sur .....	113
Figura 26	Vista de la entrevista en el grifo Petro Perú.....	113



## ÍNDICE DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
ANEXO 1 Panel fotográfico.....	109
ANEXO 2 Declaración jurada de autenticidad de tesis.....	114
ANEXO 3 Autorización para el depósito de tesis en el repositorio institucional .....	115



## ACRÓNIMOS

ANA	: Autoridad Nacional del Agua
CENEPRED	: Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres
COEN	: Centro de Operaciones de Emergencia Nacional
COER	: Centro de Operaciones de Emergencia Regional
INDECI	: Instituto Nacional de Defensa Civil
INEI	: Instituto Nacional de Estadística e Informática
MINAM	: Ministerio del Ambiente
MINEDU	: Ministerio de Educación
MINSA	: Ministerio de Salud
ONG	: Organismos No Gubernamentales
PCM	: Presidencia del Consejo de Ministros
PR	: Periodo de Retorno
SENAMHI	: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología
SIG	: Sistema de Información Geográfica
SIGRID	: Sistema de Información para la Gestión del Riesgo de Desastres
SIREDECI	: Sistema Regional de Defensa Civil
UNAP	: Universidad Nacional del Altiplano Puno





## RESUMEN

Esta investigación evalúa el riesgo por inundación pluvial en el centro poblado de Salcedo, Puno, considerando un periodo de retorno de 50 años. Se emplea una metodología basada en el Proceso de Análisis Jerárquico (PAJ), desarrollado por Thomas L. Saaty (1980), que utiliza matrices para determinar los niveles de peligrosidad y vulnerabilidad, conforme a los estándares del CENEPRED. En el área de estudio (24,80 ha), se identificaron zonas de alta exposición, como la Urbanización de Salcedo, afectadas por ocupación no planificada en áreas de riesgo medio (34,68 %) debido a fenómenos hidrometeorológicos. Los resultados revelan un peligro alto (57,42 %) y una vulnerabilidad media (64,31 %), lo que deriva en un riesgo medio del 34,68 %, un riesgo alto del 32,14 %, un riesgo muy alto del 20,40 % y un riesgo bajo del 12,78 % sobre las 24,80 ha totales del área estudiada. Estos hallazgos destacan la necesidad de implementar medidas de gestión del riesgo, tanto estructurales como no estructurales, para reducir el impacto de futuras inundaciones. Además, el estudio incluye la elaboración de mapas de riesgo que visualizan las áreas de mayor exposición, facilitando la planificación y toma de decisiones para la mitigación de desastres. La investigación aporta información clave para gestionar de manera eficiente el riesgo por inundación en Salcedo y promover un desarrollo urbano sostenible.

**Palabras clave:** Desastres, Evaluación, Inundación, Riesgo, Salcedo.



## ABSTRACT

This research evaluates the risk due to pluvial flooding in the town of Salcedo, Puno, considering a return period of 50 years. A methodology based on the Hierarchical Analysis Process (HAP), developed by Thomas L. Saaty (1980), which uses matrices to determine the levels of hazard and vulnerability, according to CENEPRED standards, is used. In the study area (24.80 ha), high exposure zones were identified, such as the Salcedo Urbanization, affected by unplanned occupation in medium risk areas (34.68 %) due to hydrometeorological phenomena. The results reveal a high hazard (57.42 %) and medium vulnerability (64.31 %), resulting in a medium risk of 34.68 %, a high risk of 32.14 %, a very high risk of 20.40 % and a low risk of 12.78 % over the total 24.80 ha of the area studied. These findings highlight the need to implement risk management measures, both structural and non-structural, to reduce the impact of future floods. In addition, the study includes the elaboration of risk maps that visualize the areas of greatest exposure, facilitating planning and decision making for disaster mitigation. The research provides key information to efficiently manage flood risk in Salcedo and promote sustainable urban development.

**Keywords:** Assessment, Disasters, Flood, Risk, Salcedo.



# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

El cambio climático y el incremento de fenómenos meteorológicos extremos han exacerbado el riesgo de desastres naturales a nivel global (Nyberg et al., 2022; Rivera et al., 2022). Entre estos fenómenos, las inundaciones pluviales destacan por su frecuencia y el impacto económico, social y ambiental que generan (Bladé et al., 2021). En particular, las zonas urbanas se ven especialmente vulnerables debido a la creciente impermeabilización del suelo, el desordenado crecimiento urbano y la falta de infraestructuras adecuadas para el manejo de aguas pluviales (Khalifeh et al., 2018). Estas condiciones elevan la probabilidad de que se produzcan eventos de inundación que afecten gravemente a la población y a la infraestructura urbana (Romali & Yusop, 2020).

En el caso del centro poblado de Salcedo, ubicado en la región de Puno, Perú, las inundaciones pluviales representan un riesgo constante debido a su topografía, la falta de un sistema adecuado de drenaje pluvial, y la influencia de un clima caracterizado por intensas lluvias estacionales (Romali & Yusop, 2020). El área se encuentra sujeta a un patrón climático altiplánico, con precipitaciones concentradas en cortos periodos de tiempo, lo que aumenta la vulnerabilidad del territorio frente a episodios de inundación (Bladé et al., 2021).

Este fenómeno no solo pone en peligro la vida y el bienestar de los habitantes, sino que también afecta negativamente a las actividades económicas y a la infraestructura, especialmente en zonas urbanas que no cuentan con un adecuado planeamiento y gestión de riesgos (Nyberg et al., 2022; Rivera et al., 2022). Las consecuencias pueden ser devastadoras si no se toman medidas preventivas que incluyan la planificación adecuada,

la infraestructura resiliente y la gestión del riesgo (Revueltas et al., 2020; Woodmansee et al., 2021).

El presente estudio tiene como objetivo evaluar el riesgo de inundación pluvial en el Centro Poblado de Salcedo para un periodo de retorno de 50 años, empleando un enfoque basado en la modelización hidrológica e hidráulica. Para ello, se ha considerado el análisis detallado de las características físicas de la zona, como la pendiente del terreno, la capacidad de infiltración de los suelos y la capacidad del sistema de drenaje, así como de los registros históricos de precipitaciones y su proyección futura (Sridhar et al., 2024).

Asimismo, se identificó las áreas de mayor vulnerabilidad y se estimó el impacto potencial que tendrían las inundaciones en términos de pérdidas humanas, materiales y económicas. El análisis de un periodo de retorno de 50 años permite establecer una base sólida para la planificación urbana y la toma de decisiones en cuanto a la implementación de medidas de mitigación y adaptación ante eventos pluviales extremos (Alqaisi & Abdulridha, 2020; Bladé et al., 2021). El uso de herramientas tecnológicas avanzadas, como los modelos de simulación hidrológica, proporcionó información crucial para diseñar estrategias de gestión de riesgos más eficaces (Alejo et al., 2022).

La investigación, busca no solo entender el fenómeno de las inundaciones pluviales en Salcedo, sino también contribuir a la reducción del riesgo de desastres en la región, mediante la generación de conocimiento que permita a las autoridades locales y regionales tomar decisiones informadas para mejorar la resiliencia de la comunidad frente a futuros eventos climáticos extremos (Zeng et al., 2021).

## **1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El Centro Poblado de Salcedo, ubicado en la región de Puno, Perú, se enfrenta a un riesgo creciente de inundaciones pluviales debido a varios factores geográficos,



climáticos y antropogénicos (CENEPRED, 2022). El acelerado crecimiento urbano en los últimos años ha generado un uso desordenado del suelo, lo que ha aumentado la impermeabilización de la superficie (Effiong et al., 2024). La urbanización no planificada, junto con la ausencia de infraestructura adecuada de drenaje pluvial, ha dejado a la población vulnerable a las consecuencias de lluvias intensas, las cuales son cada vez más frecuentes como resultado del cambio climático (Nyberg et al., 2022).

El clima en Puno se caracteriza por intensas precipitaciones durante la temporada de lluvias (los meses de diciembre, enero y febrero), con tormentas que pueden llegar a saturar rápidamente los suelos y las infraestructuras urbanas, incrementando el riesgo de inundaciones (Romali & Yusop, 2020). Este fenómeno afecta especialmente a las zonas urbanas más densamente pobladas, como Salcedo, donde las calles y avenidas actúan como canales de esorrentía no planificados. En temporadas de lluvias intensas, el agua pluvial no es evacuada de manera eficiente, lo que genera acumulaciones peligrosas de agua que afectan tanto a la infraestructura física como a la seguridad de los habitantes (CENEPRED, 2022; Yan et al., 2021).

Además de la topografía del lugar, caracterizada por pendientes que facilitan el rápido escurrimiento del agua hacia zonas bajas, la falta de planificación en la construcción de viviendas y la creciente urbanización informal agravan aún más la situación (Torres, 2021). Los sistemas de drenaje existentes son insuficientes para manejar grandes volúmenes de agua, y muchos de ellos se encuentran obstruidos o en mal estado, lo que empeora la situación durante eventos de lluvias extremas (Ribeiro et al., 2022). Esto no solo causa daños materiales significativos, sino que también interrumpe el desarrollo socioeconómico de la región, afecta la salud pública y genera pérdidas en actividades productivas clave, como la agricultura y el comercio (Khan et al., 2019).



Uno de los principales problemas identificados es la falta de una evaluación técnica y científica detallada que permita determinar con precisión las áreas más vulnerables a las inundaciones, así como la magnitud de los riesgos a los que se enfrenta la población (Mohammed, 2019; Ogras & Onen, 2020). Aunque se conocen los efectos perjudiciales de las lluvias intensas, no se han desarrollado estudios suficientes que consideren escenarios de inundación pluvial con un enfoque de gestión de riesgos a largo plazo, como lo es un periodo de retorno de 50 años (Vogt et al., 2024). Este vacío de información limita la capacidad de las autoridades locales para implementar políticas efectivas de prevención y mitigación del riesgo (Maity, 2024; Yang et al., 2024).

Por otro lado, la falta de conciencia y de una cultura preventiva en la población local también contribuye a agravar el problema (Zacharias et al., 2024; Zhang et al., 2024). La falta de educación en torno a la gestión de riesgos de desastres ha generado una respuesta reactiva ante los eventos de inundación, en lugar de implementar estrategias proactivas de adaptación y mitigación (Revathy & Mangaiyarkkarasi, 2024; Wang et al., 2024). La necesidad de contar con un análisis de riesgo robusto y a largo plazo es urgente para desarrollar planes de contingencia, obras de infraestructura y medidas preventivas que puedan reducir la vulnerabilidad de la población ante futuros eventos climáticos extremos (Maity, 2024; Yang et al., 2024).

El problema central, por tanto, radica en la carencia de un enfoque integral para la evaluación y gestión del riesgo de inundación pluvial en Salcedo. No existen estudios previos que determinen, con una base científica y técnica adecuada, el impacto potencial de inundaciones para un periodo de retorno de 50 años (Chen et al., 2024; Flores et al., 2023). Sin esta información crucial, las intervenciones planificadas podrían ser insuficientes o ineficaces, dejando a la población expuesta a riesgos evitables. La ausencia de una evaluación detallada de las áreas de mayor vulnerabilidad, las características de

las precipitaciones y la capacidad del sistema de drenaje impide la formulación de políticas y estrategias de prevención sólidas (Yang et al., 2024).

Este trabajo de investigación se propone abordar esta problemática mediante la evaluación del riesgo de inundación pluvial en el Centro Poblado de Salcedo para un periodo de retorno de 50 años, con el fin de proporcionar información técnica que contribuya a la formulación de estrategias de mitigación y a la planificación urbana resiliente. El estudio busca ofrecer una base científica sólida para que las autoridades locales puedan tomar decisiones informadas y adoptar medidas que reduzcan la vulnerabilidad de la población frente a las inundaciones pluviales, protegiendo tanto la infraestructura urbana como el bienestar de los habitantes de Salcedo.

## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.2.1. Problema general**

El desarrollo de la investigación que se ha planteado son las siguientes interrogantes:

¿Cuál es el nivel de riesgo por inundaciones pluviales en el centro poblado de Salcedo para un periodo de retorno de 50 años?

### **1.2.2. Problema específico**

¿Cuáles son los niveles de peligrosidad por inundación pluvial en el centro poblado de Salcedo considerando un periodo de retorno de 50 años?

¿Cuáles son los factores que contribuyen a la vulnerabilidad del centro poblado de Salcedo ante inundaciones pluviales para un periodo de retorno de 50 años?



¿Cómo se distribuye espacialmente el riesgo por inundación pluvial en el centro poblado de Salcedo, según los niveles de peligrosidad y vulnerabilidad, para un periodo de retorno de 50 años?

### **1.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **1.3.1. Hipótesis general**

El nivel de riesgo por inundaciones pluviales en el centro poblado de Salcedo está condicionado por la interacción significativa entre la peligrosidad inherente de las precipitaciones y la vulnerabilidad socioestructural de la población, lo que incrementa el potencial de daños durante eventos extremos con un periodo de retorno de 50 años.

#### **1.3.2. Hipótesis específicas**

Los niveles de peligrosidad por inundación pluvial en el centro poblado de Salcedo están determinados por factores topográficos, hidrológicos y la falta de infraestructura adecuada para el manejo de aguas, siendo mayores en zonas bajas, cercanas a cauces con drenaje deficiente o inexistente.

La vulnerabilidad por inundación pluvial en el centro poblado de Salcedo está influenciada por la densidad poblacional, la calidad y resistencia de las edificaciones, así como por la proximidad a zonas críticas con infraestructura de drenaje insuficiente o deteriorada.

La zonificación del riesgo por inundación pluvial en el centro poblado de Salcedo muestra que las áreas de mayor peligro y vulnerabilidad se superponen, identificándose como prioritarias para implementar medidas de mitigación y





planes de contingencia que reduzcan el impacto de eventos extremos en un periodo de retorno de 50 años.

#### **1.4. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO**

Las inundaciones son consideradas uno de los desastres naturales más destructivos a nivel mundial, debido a las devastadoras consecuencias que generan tanto en términos de pérdidas económicas como en el número de víctimas humanas. Este fenómeno no solo causa la destrucción de infraestructura, viviendas y cultivos, sino que también pone en riesgo la vida de las personas y afecta gravemente la economía local, regional y nacional (Alejo et al., 2022; CENEPRED, 2022). En el contexto peruano, este tipo de desastre es recurrente debido a la marcada estacionalidad de las precipitaciones en la región andina, donde se alternan estaciones secas y lluviosas bien definidas. Estas condiciones incrementan la vulnerabilidad de muchas poblaciones, particularmente aquellas ubicadas en zonas bajas o mal gestionadas, como es el caso del centro poblado de Salcedo, ubicado en Puno.

El centro poblado de Salcedo enfrenta cada año problemas graves de inundación durante la temporada de lluvias. Esta situación es agravada por diversos factores, entre ellos la falta de limpieza y mantenimiento adecuado del cauce del río y drenes, el incremento en la intensidad y frecuencia de las precipitaciones, y la deficiencia en las medidas de prevención y planificación urbana (Plass & Zinn, 2024; Tayfur et al., 2024). Las inundaciones no solo afectan las viviendas, sino que también impactan negativamente en la calidad de vida de los habitantes, disminuyendo sus oportunidades económicas, destruyendo infraestructura y exponiéndolos a enfermedades y riesgos adicionales (Menon et al., 2024).



Dada esta situación, es de vital importancia realizar un estudio que permita evaluar de manera precisa los niveles de riesgo de inundación en el Centro Poblado de Salcedo. El objetivo es determinar qué áreas son más propensas a inundarse, identificando zonas de mayor vulnerabilidad y riesgo. La evaluación propuesta para un periodo de retorno de 50 años permitió proyectar la magnitud de futuras inundaciones y sus posibles impactos, brindando una base científica sólida para la planificación y la toma de decisiones en materia de gestión de riesgos y desastres.

Este estudio no solo proporciona conocimientos técnicos basados en normativas y regulaciones vigentes, sino que también contribuye al desarrollo de medidas de prevención, mitigación y preparación ante inundaciones (Landwehr et al., 2024). Asimismo, los resultados de esta investigación son útiles para la comunidad local y las autoridades, facilitando la identificación de las zonas críticas, la implementación de sistemas de alerta temprana, la elaboración de planes de contingencia y la adopción de políticas públicas adecuadas para proteger tanto a las personas como a sus bienes (Fouladi et al., 2024).

La evaluación de riesgos por inundación en el Centro Poblado de Salcedo es una necesidad urgente y trascendental, ya que permite tomar decisiones informadas para prevenir y mitigar los daños ocasionados por las inundaciones. Además, este proyecto se alinea con los objetivos nacionales e internacionales de reducción de riesgos de desastres, aportando al bienestar y seguridad de la población, mejorando su calidad de vida y fortaleciendo la resiliencia del territorio ante fenómenos climáticos extremos (Revathy & Mangaiyarkkarasi, 2024).



## **1.5. OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN**

### **1.5.1. Objetivo general**

Determinar el nivel de riesgo por inundaciones pluviales existente en el centro poblado de Salcedo para un periodo de retorno de 50 años.

### **1.5.2. Objetivos específicos**

Identificar los niveles de peligrosidad por inundación pluvial en el centro poblado de Salcedo para un periodo de retorno de 50 años.

Analizar los niveles de vulnerabilidad por inundación pluvial en el centro poblado de Salcedo para un periodo de retorno de 50 años.

Zonificar el nivel de riesgo por inundación pluvial en el centro poblado de Salcedo para un periodo de retorno de 50 años.



## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. ANTECEDENTES

Al respecto, se han realizado estudios sobre inundaciones pluviales, así como investigaciones similares. Además, existen estudios relacionados con análisis multicriterio en inundaciones a nivel local y regional, los cuales se detallan a continuación:

##### 2.1.1. A nivel internacional

En Irán, se ha desarrollado en artículo científico “Evaluación del riesgo de inundaciones urbanas utilizando el método híbrido de TOPSIS y el aprendizaje automático” Rafiei et al. (2021) donde realizan la evaluación del riesgo por inundaciones en la ciudad de Jiroft, Irán, aplicando tres métodos de aprendizaje automático para generar mapas de peligro SVM, RF, BRT y utilizaron la herramienta TOPSIS para el estudio de vulnerabilidad, con lo que se logró generar el mapa de riesgo de inundación. Como resultado señalan que las áreas con una densidad de población alta o muy alta son las más vulnerables a las inundaciones.

En Colombia, se tiene la investigación denominada “Evaluación del riesgo urbano por inundaciones del río Supía” Londoño (2021) en donde el objetivo es evaluar el riesgo por inundación en la cabecera urbana del municipio de Supia. Donde realizó una modelación de la amenaza por inundación utilizando el modelo hidráulico Iber 2D, así como un análisis de vulnerabilidad ante inundaciones. Para finalmente realizar el cálculo del riesgo de inundaciones utilizó el software CAPRA que parte de la integración de la amenaza y la vulnerabilidad y como



resultado se tiene un mapa de riesgo. Asimismo, concluye que el riesgo por inundaciones en la zona urbana del río Supía es muy bajo, esto se debe a que las profundidades de inundación para eventos extremos poco periódicos sobre la cabecera urbana del municipio son bastante bajas y los elementos expuestos son poco frágiles por lo que los daños físicos son mínimos.

En México, se tiene la investigación denominada “Evaluación tendencial del riesgo de desastre a inundación en las colonias Nuevo Progreso y Tamalcab de Chetumal, Quintana Roo 2019 al 2119” Ku (2020). Que tiene como objetivo de evaluar el riesgo tendencial por inundación en distintos periodos de tiempo a 100 años en las colonias Nuevo Progreso y Tamalcab de la ciudad de Chetumal, empleando la metodología del IMTA y del CENAPRED. Los resultados que obtuvieron señalan que, para la posteridad a mediano y largo plazo, la ciudad de Chetumal sería un área de desastre por inundaciones pluviales y pluviales por efecto de los fenómenos hidrológicos. Concluyendo que se tiene un riesgo elevado a desastres frente a la existencia de amenazas de origen hidrometeorológico.

En Argentina, se tiene el estudio denominado “Un análisis a nivel de cuenca del riesgo de inundación en áreas urbanas y periurbanas: un estudio de caso en la región metropolitana de Buenos Aires, Argentina” Flores et al. (2020) donde el objetivo fue analizar el riesgo por inundaciones en áreas urbanas y periurbanas en la cuenca alta y media del río Luján entre 1985 y 2015, donde se evaluó los factores que perjudican a las inundaciones partiendo de datos meteorológicos y aplicando modelos hidrológicos, así como imágenes de sensores remotos, con la combinación de ambos análisis se determinó situaciones de riesgo de inundaciones. Según los resultados obtenidos durante el periodo de estudio la precipitación máxima y valores hidrométricos se mantuvieron estables, salvo en



los años 2011-2015 que se tuvo la presencia de la fase seca-húmeda, es ahí que hubo una expansión urbana descontrolada en la zona de estudio, los mismos que se exponen al riesgo de inundación.

En Guayaquil, Ecuador se ha desarrollado la investigación con el objetivo de “analizar el riesgo de inundación en la localidad de Roblecito, con el objetivo de proponer medidas preventivas para reducir daños potenciales”. Desarrollado por Lucas (2018). La metodología incluyó la identificación de siete categorías de vulnerabilidad: medioambiental, social, educativa, física, económica, científica y cultural, que se utilizaron para evaluar la vulnerabilidad global de la zona. En una segunda etapa, se analizaron mapas de pendiente, curvas, SPI, TWI, NC y la longitud del río a nivel de microcuenca para evaluar el grado de peligro. A través de sistemas de información geográfica (SIG), se generaron mapas de peligro y vulnerabilidad, determinando que la mayor parte de la ciudad está expuesta a un riesgo muy alto de inundación debido a su alta vulnerabilidad y ubicación en una zona plana. En conclusión, el estudio reveló que Roblecito enfrenta un riesgo elevado de inundación pluvial, lo que subraya la necesidad de medidas preventivas.

En México, en la investigación titulada “Riesgo y vulnerabilidad por inundaciones. Caso de estudio: conjunto urbano san Andrés, municipio de Calimaya”, Talavera (2018) Propone como objetivo estudiar el nivel de riesgo por inundaciones existente en el conjunto urbano Residencial San Andrés, a fin de dejar ver su etapa actual para sugerir acciones no estructurales que contribuyan en la mitigación del riesgo, para lo cual utilizó el método analítico-comparativo realizando compilación de información mediante censos en la zona de estudio, para así compararlo con los que se encuentran establecidos por el CENAPRED,



así como también el método instrumental para determinar el índice de vulnerabilidad. Llegando a la conclusión que la zona de estudio se encuentra en un nivel de riesgo alto.

### **2.1.2. A nivel nacional**

En Huaraz, se tiene la investigación “evaluación preliminar de riesgo por inundación en el barrio Nueva Florida de la ciudad de Huaraz”, Reyes and Reyes (2022) tuvieron como objetivo estimar y calcular los niveles de riesgo por inundación. Siguiendo la metodología como investigación transversal, no experimental, se analizó el peligro y vulnerabilidad. Como resultado se consiguió en mapa de niveles de riesgo por inundación. Llegando a la conclusión de que el Sector Nueva Florida presenta niveles de riesgo muy alto y riesgo alto por inundación pluvial.

En Piura, se ha desarrollado la investigación denominado "evaluación del riesgo por inundación en la Institución Educativa San Francisco de Asís, Centro Poblado La Quinta – Marcavelica - Sullana - Piura", desarrollado por Lazo and Correa (2021). La investigación tuvo el objetivo de “establecer los niveles de riesgo por inundación pluvial, analizando el peligro y la vulnerabilidad de la población y su entorno”; como parte de la metodología se desarrolló bajo los lineamientos del Manual de Evaluación de Riesgos del CENEPRED (2014). Para ello, se identificaron los parámetros del evento de inundación y los factores condicionantes del territorio, utilizando el método multicriterio de Saaty (1980), para jerarquizar y ponderar los descriptores. Los resultados se plasmaron en un mapa de zonificación de peligros. Dada la naturaleza física del área, actuar sobre el peligro es complejo, por lo que se analizó la vulnerabilidad de los elementos



expuestos (social, económica y ambiental). Los niveles de riesgo se determinaron mediante una matriz del CENEPRED, con un mapa de zonificación de riesgos. Además, se calcularon las pérdidas potenciales y se propusieron medidas estructurales y no estructurales para prevenir y reducir el riesgo de inundación.

En Trujillo, se ha desarrollado la investigación titulada “Evaluación de riesgos por inundación pluvial en el asentamiento humano Nuevo Indoamérica, del distrito de La Esperanza – 2021”, Aponte and Guillen (2021) tuvieron como objetivo identificar el riesgo por inundación pluvial según el nivel de amenaza y susceptibilidad respecto a una circunstancia en el que la quebrada del Cerro Las Cabras se active. El método que aplicaron para establecer el riesgo fue el Manual de estimación de riesgo establecido por INDECI en el año 2006. Obteniendo los resultados que indican que el nivel de peligro es alto teniendo un 70% y el nivel de vulnerabilidad es alto teniendo un 72%, hallando una vulnerabilidad media; lo que finalmente desencadena en un nivel de riesgo alto de inundación pluvial en la zona de estudio.

En Loreto, se tiene la investigación “Evaluación del riesgo ante el proceso de inundación del sector urbano de Pebas utilizando técnica fotogramétrica con drone, 2021”, Saavedra (2021) tiene como objetivo evaluar el riesgo por un evento hidrometeorológico extremo para el área de estudio, determinando el nivel de peligrosidad y vulnerabilidad. La investigación fue del tipo no experimental. Para determinar el nivel de peligrosidad se consideró como factor condicionante la precipitación pluvial y desencadenantes la fisiografía, pendiente y suelo, asimismo utilizo técnicas fotogramétricas con drone, en cuanto a la vulnerabilidad estudió las dimensiones social y social-económica. Los resultados respecto a la peligrosidad, vulnerabilidad y riesgo son muy alto, alto moderado y bajo, de esa





manera a través de SIG realiza los mapas de riesgo ante inundación en al área de estudio. Donde concluye que el 7% del área urbana en la zona de estudio se encuentra el riesgo “muy alto”.

En Cajamarca, la investigación tuvo como objetivo de “determinar el nivel de riesgo por inundación en la zona de Huacariz, sector 24, mediante el diseño de gaviones tipo caja en la quebrada Los Chilcos, Cajamarca, en 2021”. Desarrollado por Vasquez (2021). Los datos fueron recolectados entre octubre y diciembre de 2021 utilizando la metodología del manual de CENEPRED. Se realizaron encuestas, fichas técnicas y se recopiló información de SENAMHI y ANA. El análisis de los datos se realizó con el programa HEC-RAS. El peligro de inundación se evaluó a través de un estudio hidrológico, revelando un alto riesgo de inundación en la zona. Asimismo, se determinó una vulnerabilidad muy alta para la población, obteniendo un nivel de riesgo alto con un valor de 0.55, dentro del rango de  $0.384 < R < 1.676$ . Como medida de mitigación, se propuso la construcción de gaviones tipo caja para proteger la zona frente a inundaciones.

En Lima, se ha desarrollado la tesis “Evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales en el distrito de los olivos utilizando el método multicriterio empleado por CENEPRED”, Hilario (2020) tiene como objetivo determinar los niveles de riesgo dentro de un área de estudio asignado y así elaborar mapas de riesgo. La investigación se encuentra en base al “Manual para la Evaluación de Riesgos originados por fenómenos Naturales” (CENEPRED, 2014), donde se determina el nivel de riesgo del área de estudio, partiendo de identificar las amenazas y susceptibilidad, zonificándolo en 55 multiláteros autónomos. Donde concluye que la amenaza es de un nivel de riesgo alto para los multiláteros que rodean del margen de rio, la susceptibilidad es de nivel medio en todos los



multiláteros de estudio, por lo que el riesgo es alto en todos los multiláteros que rodean el margen de río y los posibles daños son inaceptables, mientras que los demás multiláteros encuentran en riesgo medio.

En Cajamarca, se ha desarrollado la tesis “Nivel de riesgo por inundación del área urbana del distrito de Chilete - Provincia de Contumazá - Región Cajamarca”, Mostacero (2020) teniendo como objetivo establecer el grado de riesgo por inundación en la zona urbana del área de estudio. Aplicando una investigación No experimental, descriptiva, para la recopilación de información eligió la quebrada las Huerta, donde para estimar el riesgo aplicó la matriz de INDECI. Concluyendo que la zona urbana se encuentra en riesgo bajo.

En Cajamarca, se ha desarrollado la investigación teniendo como objetivo de “identificar las áreas inundables del sector 24 (Villa Huacariz) en Cajamarca”; desarrollado por Mantilla (2019) utilizando la metodología del INDECI para generar mapas de riesgo de inundación. Se emplearon diferentes tiempos de retorno de lluvias ( $T_r$ ) para periodos de 308.16, 475.06 y 975.29 años, asociados a una vida útil de 50 años y riesgos de falla del 5%, 10% y 15%. La información pluviométrica fue procesada para obtener caudales máximos mediante el Método Racional, resultando en caudales de 71.11 m<sup>3</sup>/s, 66.09 m<sup>3</sup>/s y 63.24 m<sup>3</sup>/s para distintos escenarios. Estos datos fueron modelados con el software Iber V2.4.3 para simular la escorrentía superficial y con ArcGIS 10.3 se elaboraron los mapas de riesgo que clasifican las áreas inundables en niveles de intensidad baja, media y alta. Se identificaron las áreas de riesgo de falla: 165,894 m<sup>2</sup> (5%), 158,086 m<sup>2</sup> (10%) y 150,278 m<sup>2</sup> (15%), ayudando a la gestión del riesgo y la planificación territorial en la región.



En Ayacucho, se ha desarrollado la investigación “Nivel de riesgo a inundaciones en la quebrada Tarahuayco en el distrito de Ayacucho”, Huaracc (2018) con el objetivo de establecer el nivel de riesgo a causa de inundación en la quebrada Tarahuayco, así como la vulnerabilidad y el peligro. La investigación es de tipo aplicada de nivel correlacional, realizó simulaciones hidrológicas e hidráulicas con SIG, asimismo los resultados que obtuvo considerando el área de estudio se determina que el 11.4% vulnerabilidad alta, el 35.7% vulnerabilidad media, el 52.9% vulnerabilidad baja, el 90% nivel de peligro alto, el 10.2% riesgo alto, 32.1% riesgo medio, el 57.7% riesgo bajo.

### **2.1.3. A nivel local**

En Macusani, se ha desarrollado la investigación con el objetivo de “evaluar el riesgo de inundación pluvial en la ciudad de Macusani, provincia de Carabaya, departamento de Puno, 2022”. Desarrollado por Japura (2024). Se aplicaron métodos basados en el manual del CENEPRED para la evaluación de riesgos causados por fenómenos naturales. Los resultados arrojaron índices y relaciones de consistencia para estos factores, con valores que reflejan un riesgo mayor en ciertos aspectos de la ciudad. Las medidas propuestas para mitigar este riesgo incluyen la mejora de infraestructuras, como la construcción de canales de drenaje, carreteras que faciliten el flujo de agua, y tejados con ángulos pronunciados. En conclusión, la ciudad presenta mayoritariamente un riesgo de inundación pluvial de nivel ALTO, y en menor proporción un riesgo MEDIO. Se recomiendan tanto medidas estructurales como no estructurales para mejorar el manejo de las aguas pluviales y reducir los riesgos.



En Ocuvi, se tiene la investigación titulada “Evaluación de riesgo por inundación pluvial en la zona urbana del distrito de Ocuvi, provincia de Lampa”, Toledo (2022) tiene como objetivo valorar el riesgo originado por inundación pluvial en la zona urbana para un PR de 50 años. La investigación es descriptiva, asimismo se aplicó la metodología acorde al manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales del CENEPRED, estableciendo el peligro mediante los factores (desencadenante y condicionantes) y la vulnerabilidad de acuerdo a los factores en la dimensión social, económica y ambiental, para de esa manera obtener el nivel de riesgo. Concluyendo que el riesgo por inundación pluvial a un PR de 50 años es muy alto.

En Juliaca, se tuvo la investigación con el objetivo de “analizar el riesgo por inundaciones pluviales y la actitud hacia las técnicas de sistemas urbanos de drenaje sostenible en zonas comerciales de Juliaca”. Desarrollado por Quispe (2022). Se buscó verificar si la gestión sostenible de aguas pluviales es una alternativa viable para reducir los daños y molestias causados por las inundaciones. La investigación, de tipo descriptivo correlacional, incluyó encuestas a 156 jefes de hogar sobre los efectos de las inundaciones desde perspectivas hidráulica, ambiental y de desarrollo sostenible. Los resultados mostraron una disminución de daños directos e indirectos, tanto tangibles como intangibles, y una actitud positiva hacia las técnicas de drenaje sostenible. El estudio identificó un nivel de peligro muy alto, con alta vulnerabilidad y riesgo muy alto. Además, la charla informativa dirigida a la población comercial fue significativa al concientizar sobre los beneficios del drenaje sostenible, demostrando la viabilidad de su aplicación.



En Puno, se ha desarrollado la tesis “Análisis de riesgo por inundaciones y propuesta de mejora en infraestructura de protección en el centro poblado de Jayllihuaya Puno – 2021”, Belon (2022) tiene como objetivo estudiar el riesgo de inundación en el Centro Poblado de Jayllihuaya para un PR de 50 y 20 años, así como delimitar la población y áreas vulnerables a inundaciones en el barrio central, urbanización Muños Najar y Urb. Ciudad Jardín. La investigación es aplicada, de enfoque cuantitativo, no experimental. Según los resultados que se obtuvieron la vulnerabilidad para un PR de 50 años es de 36.58% y para un PR de 20 años es de 11.5% y las familias más afectadas por inundación pertenecen a la Urb. Ciudad Jardín con el 70%. Concluye que la construcción de encausamientos ayudó a acortar las consecuencias de las inundaciones.

En Puno, se ha desarrollado la investigación denominada “Análisis y estimación de un modelo probabilista de riesgo por inundación, aplicado a la microcuenca Llavini, distrito, provincia y región de Puno – Perú”, Gonzalo and Paucar (2020). El objetivo es valorar las zonas de riesgo utilizando un patrón probabilista ante una inundación pluvial, identificando la peligrosidad y la vulnerabilidad en el área de estudio – zona urbana a nivel de manzanas. La investigación es descriptiva, deductivo y tecnológico, asimismo se basó en el manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales del CENEPRED por lo que tuvieron que compilar datos de meteorológica, geomorfológica, geológica, datos estadísticos de la población y la estructura física de lotes para identificar las amenazas y estudiar la Vulnerabilidad. Donde tiene como resultado las zonas de peligrosidad según los niveles que representa, el 3% Muy Alto, un 24% Alto, un 66% Medio y un 7% nivel bajo, en el análisis de vulnerabilidad se verificó que el 15% es de un nivel muy alto y un 81% nivel alto,



4% nivel bajo, de las cuales se pudo estimar las zonas de riesgo donde se determinó que el 85% es de nivel alto, 13% nivel medio y un 2% nivel bajo.

## **2.2. MARCO TEORICO**

### **2.2.1. Inundaciones pluviales**

Las inundaciones pluviales son fenómenos naturales provocados por lluvias intensas que superan la capacidad de infiltración del suelo y de los sistemas de drenaje (Maity, 2024; Yang et al., 2024). A menudo se producen en áreas urbanas con poca permeabilidad. En esta sección se deben incluir definiciones, causas y factores que contribuyen a las inundaciones pluviales. Es importante incluir referencias a estudios que traten la relación entre el cambio climático, el aumento de eventos de precipitación extrema y la creciente frecuencia de inundaciones (Zhang et al., 2024).

#### **2.2.1.1. Periodos de retorno**

Un concepto clave en la evaluación de riesgos es el período de retorno, que indica la probabilidad de que ocurra un evento determinado (en este caso, una inundación) en un período específico (Sridhar et al., 2024; Zeidan, 2024). En este apartado, se pueden incluir estudios que expliquen la metodología para el cálculo de períodos de retorno, su aplicación en la gestión del riesgo y su interpretación en términos de seguridad y planificación territorial (Thinphanga & Friend, 2024; Vohra & Kumar, 2024).

### **2.2.1.2. Peligrosidad y vulnerabilidad**

La peligrosidad por inundación pluvial se refiere a la probabilidad de que ocurra el evento y su magnitud, mientras que la vulnerabilidad hace referencia a la susceptibilidad de la población y la infraestructura ante este fenómeno (Zacharias et al., 2024). Se recomienda incluir estudios sobre cómo se clasifican los niveles de peligrosidad (baja, media, alta) y los factores que influyen en la vulnerabilidad (económicos, sociales, estructurales) (Vogt et al., 2024; Zhang et al., 2024).

### **2.2.1.3. Riesgo**

El riesgo se define como la combinación de la peligrosidad, la vulnerabilidad y la capacidad de respuesta o resiliencia (Zacharias et al., 2024). Este apartado puede incluir investigaciones que traten modelos y metodologías para la zonificación del riesgo, además de ejemplos de análisis de riesgo en contextos urbanos, particularmente en áreas similares a Salcedo (Plass & Zinn, 2024; Revathy & Mangaiyarkkarasi, 2024; Tayfur et al., 2024).

El riesgo se define como una combinación de información teórica y empírica en relación con la ocurrencia de una amenaza previamente identificada (Devi et al., 2024; Menon et al., 2024). Este concepto implica la interrelación de los contextos espaciales y temporales del ámbito de influencia, los cuales están representados en las diversas dimensiones de la vulnerabilidad del territorio.

El criterio para evaluar el riesgo se basa en la siguiente ecuación:

$$R = f(P, V) \quad (1)$$

Donde: **P** = Peligro y **V** = Vulnerabilidad

### **2.2.2. Evaluación de riesgo por inundaciones pluviales en áreas urbanas**

Existen numerosas investigaciones que abordan la evaluación de riesgo de inundación en áreas urbanas, lo que incluye la identificación de zonas susceptibles, análisis de vulnerabilidad de la población y propuestas de mitigación (CENEPRED, 2022). Es útil revisar estudios similares llevados a cabo en otros centros urbanos de la región andina, así como estudios en áreas con características geográficas y climáticas similares a Puno (Moldenhauer et al., 2024; Zeidan, 2024).

### **2.2.3. Métodos y herramientas para la evaluación del riesgo**

En esta sección es fundamental explorar diversas metodologías empleadas para la evaluación del riesgo por inundación pluvial:

#### **2.2.3.1. Modelos hidrológicos**

Revisar los modelos hidrológicos utilizados para simular eventos de inundación pluvial, como el HEC-RAS o el SWMM, que permiten estimar la distribución y magnitud de las inundaciones (Aly et al., 2024; Fitts, 2024). Estos modelos suelen emplear datos de precipitación, características del terreno y capacidad de drenaje (Moldenhauer et al., 2024; Sun et al., 2024).

#### **2.2.3.2. SIG (Sistemas de Información Geográfica)**

El uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) para la zonificación del riesgo es una herramienta ampliamente utilizada (Bajjali,





2017). Estudios previos pueden incluir aplicaciones de SIG para la elaboración de mapas de peligrosidad, vulnerabilidad y riesgo (Olivera et al., 2004; Pandey et al., 2024).

### **2.2.3.3. Percepción y adaptación de la comunidad**

Es relevante incorporar estudios que analicen la percepción del riesgo por parte de la población local y las medidas de adaptación que han implementado (Distefano, 2020; Holden, 2019). Esto permite un análisis más completo de la vulnerabilidad y las capacidades de resiliencia (Gupta & Gupta, 2024).

### **2.2.4. Factores locales: Salcedo – Puno**

Es crucial contextualizar la evaluación del riesgo de inundación pluvial en el caso específico del centro poblado de Salcedo – Puno, tomando en cuenta sus características geográficas, climatológicas y socioeconómicas (Chand & Mistri, 2024):

#### **2.2.4.1. Geografía y clima de la región**

Salcedo está ubicado en una región altiplánica con particularidades climáticas que afectan la frecuencia y magnitud de las lluvias (Persson et al., 2024; Sun et al., 2024). La revisión debe incluir estudios meteorológicos e hidrológicos previos de la región de Puno (Persson et al., 2024; Sridhar et al., 2024).

#### **2.2.4.2. Infraestructura y planificación urbana**

Una revisión de la infraestructura de drenaje y la planificación urbana es clave para comprender por qué ciertas áreas de Salcedo pueden ser más susceptibles a las inundaciones (Dey et al., 2024; Gupta & Gupta, 2024; Jain & Singh, 2024). Estudios previos en otros centros poblados con características similares pueden ofrecer un marco comparativo (Pandey et al., 2024; Pavelic et al., 2024).

#### **2.2.5. Estudios previos sobre inundaciones pluviales en el Perú**

La revisión de literatura debe incluir investigaciones realizadas en el Perú sobre la gestión del riesgo de inundaciones, especialmente en la región altiplánica (Devi et al., 2024; Menon et al., 2024). Revisar políticas nacionales y regionales sobre la gestión de riesgos, así como estudios que evalúen su implementación en áreas rurales y urbanas (AlMahasneh & Abuhamoor, 2024; Menon et al., 2024).

#### **2.2.6. Perspectivas futuras y tendencias**

Se deben considerar estudios que traten las proyecciones de riesgo bajo el escenario de cambio climático, que predicen un aumento en la intensidad y frecuencia de eventos pluviales (Dube & Bhaga, 2024; Maity, 2024). Esta perspectiva es vital para evaluar cómo los riesgos pueden evolucionar y qué medidas de mitigación deben implementarse (Puthalpet, 2022; Santha, 2020).



## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ÁREA DE INVESTIGACIÓN

El Centro Poblado de Salcedo está ubicado en el distrito de Puno, provincia de Puno, en la región de Puno, en la parte sur del país. Esta región se encuentra a orillas del Lago Titicaca, el lago navegable más alto del mundo, y se caracteriza por su altitud y su clima frío.

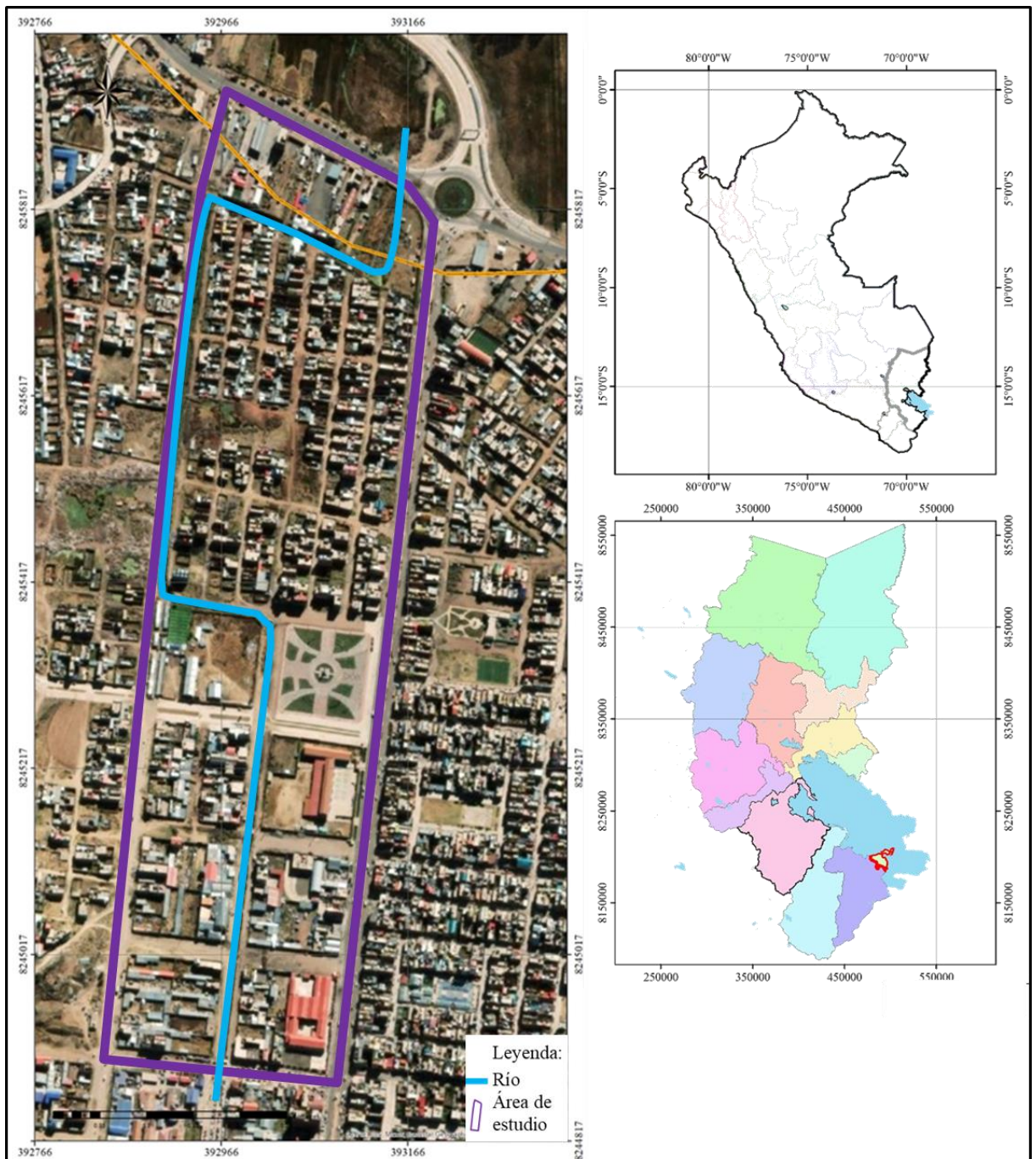
Salcedo está aproximadamente ubicado entre las siguientes coordenadas UTM como es las coordenadas norte: 8245957 y 8244876; coordenadas este: 392960 y 393087, se encuentra a una altura aproximadamente 3,825 metros sobre el nivel del mar. El área de estudio se encuentra en una región altiplánica, con una topografía mayormente plana, pero con ligeras ondulaciones. La zona presenta un clima frío (SENAMHI, 2024), con una marcada temporada de lluvias entre los meses de diciembre hasta febrero, lo que aumenta el riesgo de inundaciones pluviales. El área cercana al lago Titicaca puede influir en la dinámica hídrica local, aumentando la susceptibilidad a las inundaciones pluviales.

Salcedo se encuentra al lado derecho de la carretera Puno-Ilave, siendo parte del crecimiento urbano de esta ciudad. Su proximidad al lago y la expansión urbana hacen que sea un área vulnerable a eventos de inundación debido a la urbanización no planificada y la falta de infraestructura de drenaje.

Esta ubicación geográfica influye directamente en los niveles de riesgo asociados a las inundaciones pluviales, ya que el terreno, el clima y las características hidrológicas locales juegan un papel crucial en la peligrosidad y vulnerabilidad de la zona.

**Figura 1**

*Mapa de ubicación de la zona de estudio*





## **3.2. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN**

En este apartado se describe el enfoque general de la investigación, ya sea cualitativo, cuantitativo o mixto, y cómo se combinan para responder a los objetivos planteados (Patankar et al., 2023).

### **3.2.1. Mediciones in situ**

Se realizan mediciones directas en el terreno para evaluar aspectos como la topografía, capacidad de drenaje, y puntos críticos de acumulación de agua. Estas mediciones permiten identificar los factores de peligro (P) por inundación pluvial (CENEPRED, 2014).

### **3.2.2. Análisis de datos climáticos**

Se recopila y analiza datos históricos de veinte años de precipitación y temperaturas del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), para evaluar la intensidad y frecuencia de las lluvias en el área de estudio, así como los periodos de retorno asociados (SENAMHI, 2024).

### **3.2.3. Revisión documental**

Se revisó estudios previos, informes técnicos, planes de gestión del riesgo y políticas de ordenamiento territorial aplicables a la zona de Salcedo, Puno. También se analizó mapas hidrológicos y topográficos disponibles (SENAMHI, 2024).

### **3.2.4. Observación participante**

Se utilizó la observación directa de la infraestructura existente, como los sistemas de drenaje pluvial, la disposición urbana y la interacción de la población



con su entorno durante eventos de lluvia, para identificar vulnerabilidades no documentadas formalmente (Amaya et al., 2020; Fuentes et al., 2020).

### **3.3. TIPO Y NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.3.1. Tipo de investigación**

La investigación es de tipo aplicada, ya que busca resolver un problema concreto en un contexto local (Amaya et al., 2020; Fuentes et al., 2020). También es descriptiva y explicativa, al identificar las condiciones actuales de peligro y vulnerabilidad, así como las causas y factores que contribuyen al riesgo de inundación pluvial (CENEPRED, 2022).

#### **3.3.2. Nivel de investigación:**

La investigación se clasifica en el nivel descriptivo y correlacional (Antony, 2023), dado que describe los niveles de peligrosidad y vulnerabilidad, y analiza la relación entre estos factores para zonificar el riesgo (CENEPRED, 2022).

#### **3.3.3. Justificación**

La investigación se justifica por la necesidad de comprender el riesgo por inundación pluvial en el Centro Poblado de Salcedo, considerando el crecimiento poblacional y los efectos del cambio climático que aumentan la frecuencia de eventos de lluvia intensa. Esta evaluación permitió desarrollar medidas de mitigación y prevención (Antony, 2023).

### **3.3.4. Diseños de la investigación**

El diseño es no experimental y transversal, ya que no se manipularon variables y se recopilaron datos en un momento específico para analizar la situación actual de riesgo en Salcedo (Antony, 2023; Patankar et al., 2023). También se podría considerar un diseño exploratorio, dado que este tipo de análisis puede no haberse aplicado previamente en la zona (Fresno, 2019).

## **3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA**

### **3.4.1. Población**

La población en estudio comprende el Centro Poblado de Salcedo, que incluye tanto su infraestructura como la población residente, quienes se ven afectados directa o indirectamente por las inundaciones pluviales (Fuentes et al., 2020).

### **3.4.2. Muestra**

La muestra se define tomando en cuenta las áreas urbanas más vulnerables o expuestas a la amenaza de inundación pluvial, según datos históricos y mediciones in situ. Además, se incluyó grupos poblacionales representativos de las zonas de mayor riesgo (Fuentes et al., 2020).

### **3.4.3. Muestreo**

El muestreo fue de tipo no probabilístico por conveniencia, dado que se seleccionaron las áreas y personas que representen adecuadamente las zonas críticas para el estudio (Dimotikalis & Skiadas, 2024).



#### **3.4.4. Diseño de muestreo:**

El diseño de muestreo está enfocado en los sectores más propensos a inundaciones, identificados por el análisis previo de peligrosidad y vulnerabilidad. Se utilizaron mapas de riesgo y datos históricos para guiar la selección de las muestras (Antony, 2023).

#### **3.4.5. Variables de estudio**

##### **3.4.5.1. Variable independiente**

Peligro (P): Representa la probabilidad de ocurrencia de un evento de inundación pluvial, determinada por factores climáticos y geográficos de la zona de estudio.

##### **3.4.5.2. Variable dependiente:**

Vulnerabilidad (V): Se refiere a las características del centro poblado (infraestructura, capacidad de drenaje, aspectos socioeconómicos) que lo hacen susceptible al impacto de las inundaciones pluviales.

##### **3.4.5.3. Delimitación temporal**

Año 2024.

##### **3.4.5.4. Delimitación espacial**

Centro poblado de Salcedo.

### **3.5. PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO**

Para cada objetivo específico de la investigación, se ha requerido un procedimiento metodológico adecuado que guíe la recolección, análisis y síntesis de la



información. A continuación, se detallan los pasos metodológicos para abordar cada uno de los objetivos específicos. Así mismo para este sistema se ha tomado como referencia de las siguientes investigaciones Huaracc (2018); Mostacero (2020); Toledo (2022).

### **3.5.1. Identificación de los niveles de peligrosidad por inundación pluvial en el centro poblado de Salcedo para un periodo de retorno de 50 años**

Para la determinación del peligro por inundación, se utiliza la metodología establecida mediante el proceso de Análisis jerárquico (CENEPRED, 2014).

Siguiendo las siguientes fases: recopilación de la información útil de estudios publicados por instituciones competentes en el área (INGEMMET, INEI, SENAMHI), información histórica de precipitación y temperatura, topografía, geomorfología y geología del área de estudio; los parámetros de evaluación del fenómeno de inundación; la susceptibilidad considerando como factores condicionantes: los parámetros que favorecen al progreso del fenómeno de inundación que son la pendiente, geología y geomorfología; y como factor desencadenante: el parámetro que contribuye al desarrollo del fenómeno de inundación que genera el peligro en el área de estudio que es la precipitación.

Para finalmente determinar el nivel de peligrosidad mediante el proceso de análisis jerárquico de Saaty (1980).

Considerando la siguiente ecuación:

$$Peligrosidad = \text{Parámetro del fenómeno} * \text{peso} + \text{susceptibilidad} * \text{peso} \quad (2)$$

Donde:

$$Susceptibilidad = \text{Fact condicionante} * \text{peso} + \text{Fac desenc} * \text{peso} \quad (3)$$



### 3.5.1.1. Recolección de datos climáticos históricos

Se recopilaron datos de precipitación y otros factores climáticos relevantes (como intensidad y frecuencia de lluvias) de instituciones como SENAMHI, así como estudios previos de veinte años que aborden patrones de lluvias en la estación meteorológica de Puno.

Se definieron las series temporales necesarias para establecer el periodo de retorno de 50 años.

La precipitación máxima en la urbanización Salcedo se ha estimado mediante un análisis de frecuencia, aplicando modelos probabilísticos para ciclos de retorno específicos. Se ha utilizado las siguientes distribuciones de probabilidad: normal, log-normal (2 y 3 parámetros), gamma (2 y 3 parámetros), log-Pearson tipo III, Gumbel y log-Gumbel.

### 3.5.1.2. Pruebas de bondad de ajuste

Para evaluar si los datos se ajustan a las distribuciones seleccionadas, se ha usado pruebas de ajuste como  $\chi^2$  y Kolmogorov-Smirnov, las más reconocidas en teoría estadística. Estas permiten verificar si el conjunto de datos es una muestra independiente de la distribución considerada.

#### Prueba $X^2$

Propuesta por Karl Pearson (1900), esta prueba evalúa la calidad del ajuste para distribuciones log-normal y normal. Su aplicación comienza dividiendo los datos en intervalos de clase  $k$ , seguido del cálculo del parámetro estadístico correspondiente.

$$D = \sum_{i=1}^k (\theta_i - \varepsilon_i)^2 / \varepsilon_i \quad (4)$$

Dónde:

$\theta_i$  Es el número observado de eventos en el intervalo  $i$  y  $\varepsilon_i$  es el número esperado de eventos en el mismo intervalo.

$\varepsilon_i$  Se calcula como:

$$\varepsilon_i = n[F(S_i) - F(I_i)] \quad i= 1, 2 \dots k$$

Se define  $F(S_i)$  y  $F(I_i)$  como las funciones de distribución en los límites superior e inferior del intervalo  $i$ , respectivamente, con  $n$  como el número de eventos. Una vez calculado el parámetro  $D$  para cada distribución, se determina el valor crítico de la distribución  $\chi^2$  con  $v=k-1-m$  grados de libertad y un nivel de significancia  $\alpha$ , donde  $m$  es el número de parámetros estimados.

Una distribución es aceptada si cumple con los criterios establecidos.

$$D \leq X_{1-\alpha, k-1-m}^2 \quad (5)$$

El valor de  $X_{1-\alpha, k-1-m}^2$  se obtiene de tablas de la función de distribución  $X^2$

Cabe recalcar que la prueba del  $X^2$ , desde un punto de vista matemático solo debería usarse para comprobar la normalidad de las funciones normal y Log normal.

## Prueba kolmogorov – smirnov

Este método evalúa la bondad de ajuste y selecciona la distribución más representativa comparando el valor máximo absoluto  $D$  entre la función de distribución observada  $F(xm)$ :

$$D = \frac{\text{máx}}{F_o(xm) - F(xm)} \quad (6)$$

El valor crítico  $d$  depende del número de datos y el nivel de significancia seleccionado. Si  $D < d$ , se acepta la hipótesis nula. A diferencia de la prueba  $\chi^2$ , no requiere agrupar datos. La función de distribución observada se calcula como:

$$F = (xm) = \frac{1 - m}{(n + 1)} \quad (7)$$

Donde  $m$  es el orden del dato y  $n$  el total de datos. Esta prueba compara las probabilidades empíricas y teóricas utilizando la diferencia absoluta máxima entre los valores observados y teóricos.

$$\Delta = \text{máx. } |F(x) - P(x)| \quad (8)$$

Dónde:

$\Delta$  = Estadístico de Smirnov-Kolmogorov, cuyo valor es igual a la diferencia máxima existente entre la probabilidad ajustada y la probabilidad empírica.

$F(x)$  = Probabilidad de la distribución de ajuste o teórica.

$P(x)$  = Probabilidad experimental o empírica de los datos, denominada también frecuencia acumulada.

Ventajas y limitaciones de la Prueba de Smirnov-Kolmogorov

Ventajas:

- No requiere conocimientos previos de funciones teóricas.
- Aplica a datos no agrupados, evitando la necesidad de crear intervalos de clase.
- Compatible con cualquier distribución teórica y trabaja con funciones de distribución acumulada.

A diferencia de  $\chi^2$ , no exige un mínimo de observaciones por clase.

Limitaciones:

- Es una prueba de aproximación, no exacta.

### **Relación entre en periodo de retorno y función de distribución acumulada**

Las ecuaciones para la función de distribución acumulativa  $F(x)$ , están representadas por la siguiente ecuación.

$$F(x) = P(X < x) = \int_{-\infty}^x f(x)dx \quad (9)$$

La ecuación expresa una probabilidad que el suceso no ocurra. En este caso el periodo de retorno ( $T$ ) se calcula mediante la siguiente expresión:

$$T = \frac{1}{P(x \geq X)} = \frac{1}{1 - p(X > x)} = \frac{1}{1 - F(x)} \quad (10)$$

En ingeniería, los diseños se basan en eventos máximos que no deben superarse dentro de un periodo de recuperación específico. Los



valores de  $F(x)$  se estiman para un tiempo de retorno determinado utilizando la ecuación correspondiente.

$$F = 1 - \frac{1}{T} \quad (11)$$

### **3.5.1.3. Evaluación topográfica**

Se ha utilizado el Sistema de Información para la Gestión del Riesgo de Desastres (SIGRID), además nos hemos apoyado del SIG (Sistemas de Información Geográfica), analizando se la topografía de la zona para identificar puntos bajos o áreas de acumulación de agua.

### **3.5.1.4. Zonificación de áreas de peligro**

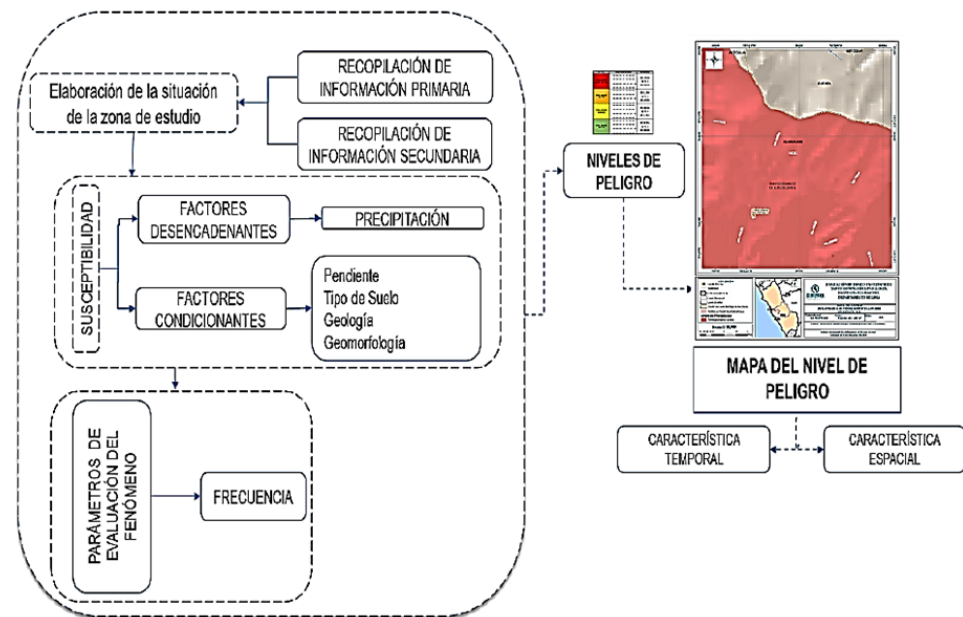
Se elaboraron mapas de peligrosidad a una escala de 1/2500 que muestren las zonas de Salcedo con mayor riesgo de inundación en función de la intensidad de las lluvias y la capacidad de absorción del terreno.

### **3.5.1.5. Metodología para la determinación del peligro**

Para determinar el nivel de peligrosidad por el fenómeno natural en la urbanización de Salcedo, se utilizó la siguiente metodología. Además, se ha tomado como base el Manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales, Versión 02 del CENEPRED (2014).

**Figura 2**

*Metodología general para determinar el nivel de peligrosidad*



Nota. adaptado del CENEPRED (2014)

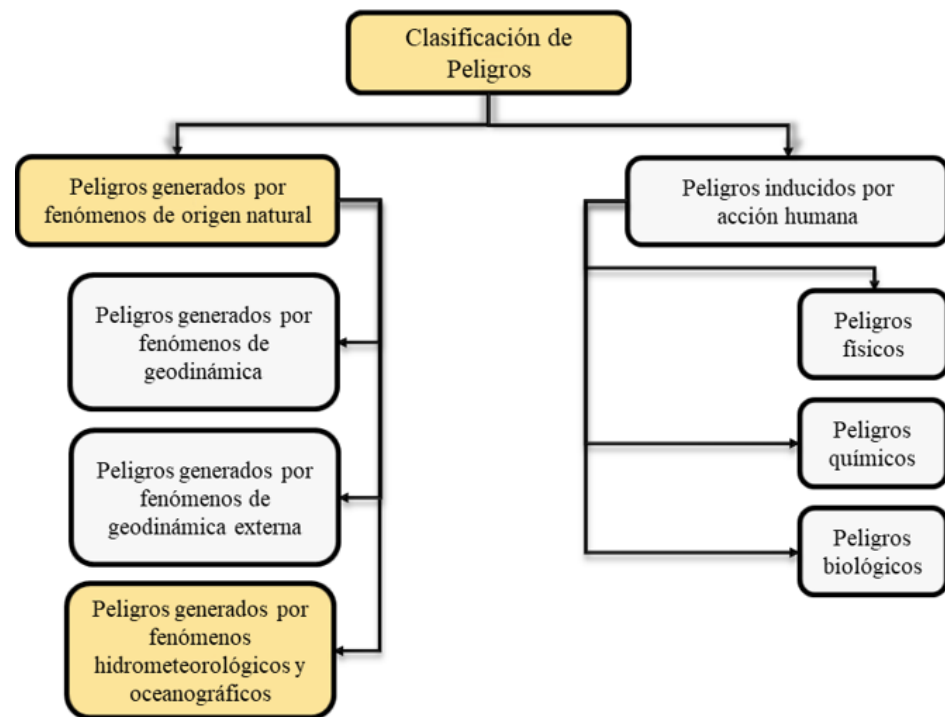
### 3.5.1.6. Identificación del fenómeno y el peligro

El peligro, según su origen, puede ser de dos clases: los generados por fenómenos de origen natural; y, los inducidos por la acción humana. Para el presente trabajo de investigación solo se ha considerado los peligros originados por fenómenos de origen natural.

Para el estudio estos fenómenos se han agrupado los peligros de acuerdo con su origen. Esta agrupación nos permite realizar la identificación y caracterización de cada uno de ellos.

**Figura 3**

*Clasificación de peligro*



*Nota.* adaptado del CENEPRED (2014)

El peligro que afecta principalmente en el área de influencia evaluada, está basado en la experiencia, reconocimiento y visitas de campo, así como los antecedentes suscitados en la zona de interés.

El peligro que ocurre en la zona de interés con bastante frecuencia, es originado por fenómenos de origen natural de tipo hidrometeorológico, que viene a ser la inundación pluvial.

### **3.5.2. Análisis de los niveles de vulnerabilidad por inundación pluvial en el centro poblado de Salcedo para un periodo de retorno de 50 años**

Se utilizaron parámetros de evaluación basados en las dimensiones social y económica, considerando aspectos de exposición, fragilidad y resiliencia. A través de encuestas realizadas en el centro poblado de Salcedo, se pudo conocer



las particularidades de sus habitantes, así como las características específicas de las viviendas que ocupan. Además, se recopilaron datos del Sistema de Información para la Gestión del Riesgo de Desastres (SIGRID) (CENEPRED, 2024).

Para analizar el nivel de vulnerabilidad, se ha considerado parámetros como el grupo etario, la capacitación en temas de gestión de riesgos, el interés en participar en capacitaciones, el estado de conservación de las viviendas y el tipo de material de construcción. A partir de las encuestas y datos proporcionados por entidades competentes, se ha asignado un peso (ponderación) a cada parámetro, según su repercusión frente a inundaciones, siendo el mayor peso aquel con mayor impacto. La vulnerabilidad se ha calculado mediante la siguiente ecuación:

$$Vulnerabilidad = Economico * peso + Social * peso \quad (12)$$

### **3.5.2.1. Recolección de información sobre infraestructura y población**

Se recopiló información sobre la infraestructura existente, como sistemas de drenaje, calles, viviendas, servicios públicos y la organización del centro poblado.

Se obtuvieron datos socioeconómicos de la población local (nivel de ingresos, acceso a servicios, densidad poblacional, etc.) a través de censos y entrevistas con la población directa de la zona de estudio.

### **3.5.2.2. Evaluación de la vulnerabilidad física**

Se analizó la calidad de las construcciones, la disposición de las redes de drenaje y el estado de las infraestructuras críticas. Se identificaron las áreas más susceptibles a daños en caso de inundación.

### **3.5.2.3. Análisis de vulnerabilidad socioeconómica**

Se identificaron los grupos sociales más vulnerables, como aquellos con menores recursos económicos o menor capacidad de respuesta ante desastres.

### **3.5.2.4. Desarrollo de un índice de vulnerabilidad**

Se estableció un índice de vulnerabilidad basado en los factores físicos, económicos y sociales que influyen la susceptibilidad de la población e infraestructura frente a las inundaciones.

### **3.5.2.5. Integración de datos en mapas de vulnerabilidad**

Se elaboraron mapas utilizando SIG, donde se representen las áreas más vulnerables a las inundaciones, combinando datos de infraestructura, condiciones socioeconómicas y capacidad de respuesta.

Mapa de vulnerabilidad: Se elaboró un mapa detallado que identifica las zonas con diferentes grados de vulnerabilidad en función de la infraestructura existente, la calidad de las viviendas y la situación socioeconómica de la población. Las áreas se clasificaron en:

Alta vulnerabilidad: Sectores con infraestructura deficiente (viviendas frágiles, calles sin pavimentar) y poblaciones de bajos ingresos,



con limitado acceso a servicios y escasa capacidad de respuesta ante emergencias.

Media vulnerabilidad: Áreas con condiciones moderadas, donde las construcciones y los sistemas de drenaje son medianamente eficientes, pero que aún podrían verse afectadas en eventos extremos.

Baja vulnerabilidad: Sectores con mejor infraestructura y drenaje, y población con mayores recursos para enfrentar posibles inundaciones.

Evaluación de la vulnerabilidad física: Se realizó un análisis de las infraestructuras urbanas, identificando que las zonas con sistemas de drenaje ineficientes o inexistentes son las más propensas a sufrir inundaciones severas. Además, las viviendas con estructuras débiles fueron categorizadas como altamente vulnerables.

Evaluación socioeconómica: Se recopiló información sobre la situación socioeconómica de los habitantes, identificando a los grupos más vulnerables: familias con bajos ingresos, personas mayores, y aquellas que carecen de acceso a servicios básicos. Estos factores incrementan la vulnerabilidad de estas poblaciones ante una inundación.

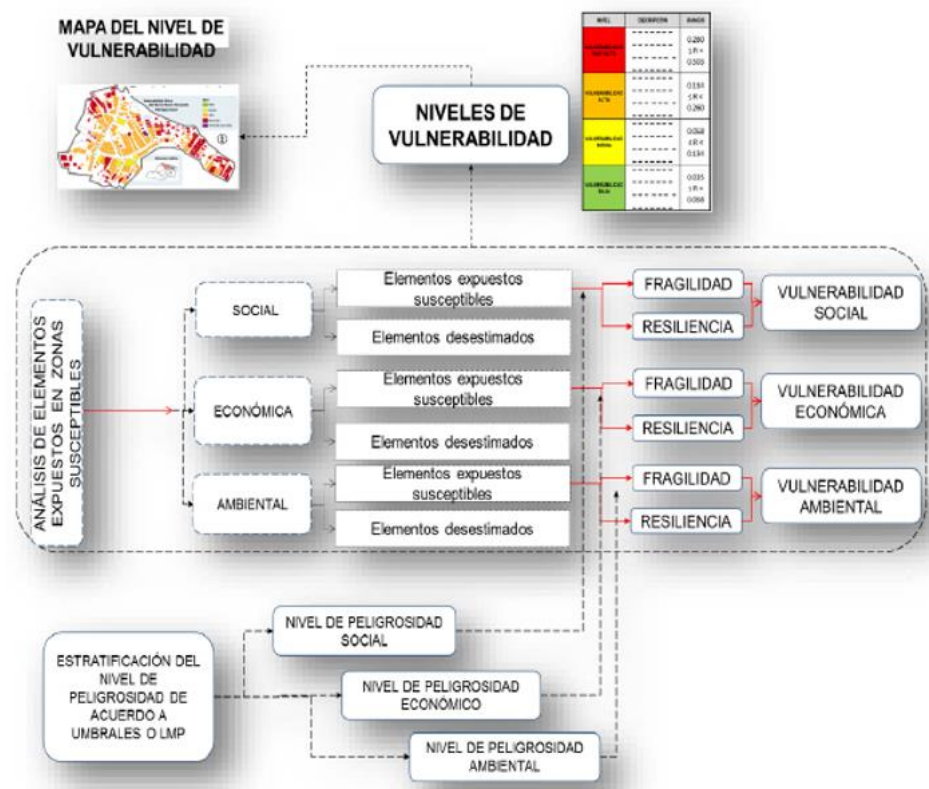
Índice de vulnerabilidad: Se creó un índice que combina factores físicos y sociales, lo que permitió cuantificar la vulnerabilidad de diferentes zonas. Este índice facilita la priorización de áreas que requieren atención urgente para reducir su susceptibilidad a los efectos de las inundaciones.

### 3.5.2.6. Metodología para la determinación del nivel de vulnerabilidad

Para realizar el análisis de vulnerabilidad, se utiliza la siguiente metodología como se muestra en el Grafico.

**Figura 4**

*Metodología del análisis de la vulnerabilidad*



*Nota.* Adaptado de CENEPRED (2014)

Para determinar los niveles de vulnerabilidad en el área de influencia de la inundación pluvial por desborde del río Salcedo del Distrito Puno, Provincia de Puno Departamento de Puno, se ha considerado realizar el análisis de los factores de la vulnerabilidad en la dimensión social y económica, utilizando los parámetros para ambos casos, según detalle.



### 3.5.2.7. Análisis de los factores de vulnerabilidad

a) La exposición se relaciona con las decisiones y prácticas que colocan al ser humano y sus medios de vida en zonas de impacto de peligros. Esto ocurre por factores como crecimiento demográfico no planificado, migración, urbanización sin el ordenamiento territorial ordenado o adecuado y políticas económicas insostenibles. Una mayor exposición implica una mayor vulnerabilidad. Este componente analiza las unidades sociales expuestas, como población, infraestructura, unidades productivas y líneas vitales, frente a los peligros identificados.

b) La fragilidad refleja las desventajas o debilidades relativas del ser humano y sus medios de vida frente a un peligro. Este componente está vinculado a condiciones internas, como formas de construcción, incumplimiento de normativas vigentes y uso de materiales inadecuados. Una mayor fragilidad aumenta la vulnerabilidad.

c) La resiliencia se refiere a la capacidad del ser humano y sus medios de vida para enfrentar un peligro. Está vinculada a factores sociales y organizativos de la población. Una mayor resiliencia reduce la vulnerabilidad.

### 3.5.2.8. Jerarquización y ponderación de parámetros y descriptores

#### Dimensión social

Tabla 1

*Dimensión social*

Exposición		Fragilidad			Resiliencia	
Grupo etario	Grado de instrucción	Tenencia de vivienda	Carga familiar	Nivel organización	Actitud frente al riesgo	Conocimiento de la GRD
De 0 a 5 años y mayores a 60 años	Primaria	Propia, totalmente pagada	Mayor 5 personas	Muy mala	No le importa el peligro	No conoce
De 6 a 17 años	Secundaria	Propia, parcialmente pagada	4 personas	Mala	Le importa poco el peligro	Escaso conocimiento
De 18 a 30 años	Técnico	Alquilada	3 personas	Buena	Le importa el peligro, pero no tiene a donde ir	Regular conocimiento
De 31 a 50 años	Superior no universitaria	Posesión de vivienda por invasión	2 personas	Muy buena	Le importa el peligro y tiene donde ir	Buen conocimiento
De 51 a 61 años	Superior universitaria	Otra forma: donación	Vive solo	Excelente	Le importa el peligro y predispuesto a salir	Aplica el conocimiento

## Dimensión económica

Tabla 2

### *Dimensión económica*

Exposición	Fragilidad	Resiliencia
Localización de la edificación.	Material predominante en los muros de la construcción	Campañas de difusión.
Servicios de agua susceptible al peligro.	Estado de conservación de las edificaciones.	Grado de relación entre instituciones locales.
Tipo de alumbrado eléctrico de la vivienda susceptible al peligro.	Antigüedad de la construcción de las edificaciones	Organización y capacitación institucional.

### 3.5.3. Zonificación del nivel de riesgo por inundación pluvial en el centro poblado de Salcedo para un periodo de retorno de 50

años

Mapa de riesgo por inundación pluvial: Se elaboró un mapa final que combina la información de peligrosidad y vulnerabilidad, generando una zonificación del riesgo en el Centro Poblado de Salcedo. El mapa identifica tres niveles de riesgo:

Alto riesgo: Sectores donde la combinación de alta peligrosidad y alta vulnerabilidad genera una probabilidad significativa de inundaciones graves y daños severos.



Riesgo medio: Áreas donde la peligrosidad o vulnerabilidad es moderada, lo que implica riesgos de inundación en eventos extremos, pero con un impacto potencialmente menor.

Bajo riesgo: Zonas con menor peligro y vulnerabilidad, donde la probabilidad de daños por inundaciones es reducida.

Zonificación del riesgo: A partir del mapa de riesgo, se zonificaron las áreas del centro poblado, identificando los sectores que requieren medidas de mitigación más urgentes. Las áreas con mayor riesgo se ubicaron principalmente en las zonas bajas y cercanas a cuerpos de agua, mientras que las áreas con bajo riesgo se encuentran en las partes más elevadas del territorio.

Recomendaciones de mitigación: Con base en la zonificación del riesgo, se propusieron acciones concretas para mitigar los efectos de las inundaciones pluviales, tales como:

Mejora de los sistemas de drenaje en las áreas de alto riesgo:  
Fortalecimiento de la infraestructura en las zonas vulnerables, mediante la construcción de viviendas más resistentes y la pavimentación de calles.

Reubicación de familias en áreas críticas, particularmente en los sectores de mayor riesgo: Educación y concientización de la población sobre la prevención de riesgos y medidas de respuesta en caso de inundaciones.

Informe final de riesgo: Informe detallado que integra todos los resultados obtenidos, destacando las áreas de mayor y menor riesgo, y proponiendo un plan de acción para la mitigación de los riesgos de inundación pluvial en el Centro



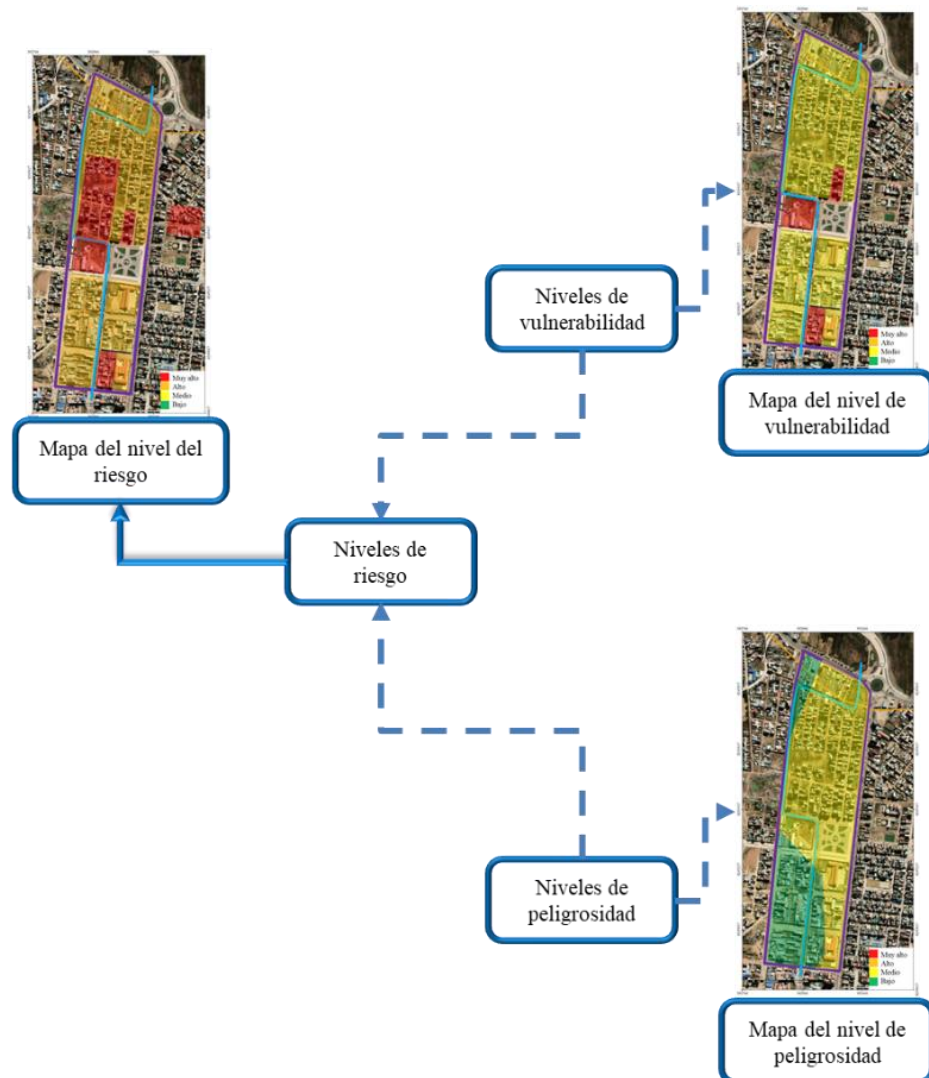
Poblado de Salcedo, con énfasis en la infraestructura y la preparación de la población.

### 3.5.3.1. Metodología para el cálculo del riesgo

Para determinar el cálculo del riesgo de la zona, se utiliza el siguiente procedimiento.

**Figura 5**

*Metodología de cálculo de riesgo*



Para el cálculo de la obtención del nivel de riesgo, primero se identificó la peligrosidad a la que está expuesta el centro poblado de

salcedo, luego se realizó un análisis de vulnerabilidades en base a la dimensión social y económica según su exposición, fragilidad y resiliencia, para finalmente determinar el nivel de riesgo, el mismo que está de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$R_{ie|t} = \int (P_i, V_e)|t \quad (13)$$

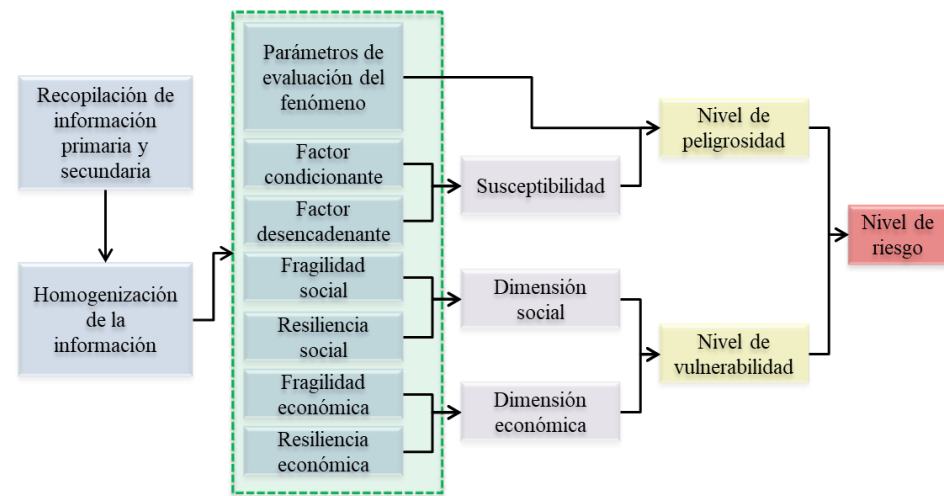
Donde:  $P_i$  = Peligro con intensidad  $i$  durante un periodo de exposición  $t$ ;  $V_e$  = Vulnerabilidad de un elemento expuesto  $e$  antes un peligro  $P_i$

Rango		Niveles
0.068	$\leq R < 0.253$	Riesgo muy alto
0.018	$\leq R < 0.068$	Riesgo alto
0.005	$\leq R < 0.018$	Riesgo medio
0.001	$\leq R < 0.005$	Riesgo bajo

Con los resultados obtenidos según la escala del nivel de riesgo y con la utilización de las herramientas de análisis espaciales propias del software GIS, se realizó el mapa de riesgo por inundación el cual permite zonificar el riesgo.

**Figura 6**

*Diagrama de flujo del proceso de determinación de nivel de riesgo*



### 3.5.3.2. Cálculo del riesgo basado en la ecuación $R=f(P,V)$

Aplicando la fórmula  $R=f(P,V)$ , donde R es el riesgo, P es el peligro identificado en el primer objetivo y V es la vulnerabilidad evaluada en el segundo objetivo, se procede a calcular el nivel de riesgo para cada área del centro poblado de Salcedo.

### 3.5.3.3. Generación de mapas de riesgo

Se elaboraron mapas de riesgo que combinen las capas de peligrosidad y vulnerabilidad generadas en los objetivos anteriores. Estos mapas mostraron las áreas más críticas, donde la intersección entre alta peligrosidad y alta vulnerabilidad genere mayores niveles de riesgo.

### 3.5.3.4. Zonificación del riesgo

Se clasificaron las áreas del centro poblado en diferentes niveles de riesgo (bajo, medio, alto) según la combinación de los factores de peligrosidad y vulnerabilidad.



Se identificaron las zonas que requieren medidas de mitigación más urgentes.

#### **3.5.3.5. Validación de los resultados**

Los mapas y la zonificación son validados a través de consultas con expertos locales, autoridades y otros estudios previos para asegurar que reflejan correctamente la realidad del área de estudio.

#### **3.5.3.6. Elaboración de propuestas de mitigación**

A partir de los resultados obtenidos, se propuso medidas de mitigación específicas para las áreas con mayor nivel de riesgo, tales como mejoras en infraestructura, reubicación de poblaciones vulnerables o implementación de sistemas de drenaje eficientes.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Conforme a los objetivos planteados en la presente investigación, los resultados obtenidos, se ha considerado las investigaciones Así mismo para este sistema se ha tomado como referencia las siguientes investigaciones Huaracc (2018); Mostacero (2020); Toledo (2022), a fin de responder nuestras preguntas y respondiendo a nuestros objetivos trazados.

#### 4.1. RESULTADOS

##### 4.1.1. Identificación los niveles de peligrosidad por inundación pluvial en el centro poblado de Salcedo para un periodo de retorno de 50 años

Se generó un mapa que muestra las áreas del Centro Poblado de Salcedo con diferentes niveles de peligrosidad frente a eventos de inundación pluvial. Las zonas se clasificaron en:

**Alta peligrosidad:** Sectores con una alta probabilidad de acumulación de agua debido a la baja capacidad de drenaje y la topografía del área, especialmente en zonas cercanas a cuerpos de agua y pendientes pronunciadas.

**Media peligrosidad:** Áreas con moderada susceptibilidad, donde las lluvias intensas generan acumulaciones temporales, pero el riesgo de inundación es menor debido a mejores condiciones de drenaje.

**Baja peligrosidad:** Zonas elevadas o con sistemas de drenaje efectivos que permiten la rápida evacuación del agua.

Determinación del periodo de retorno: Se obtuvo un análisis basado en los datos históricos de precipitación proporcionados por SENAMHI, que permitió establecer el periodo de retorno de 50 años. Este periodo marca los eventos de lluvias más intensas que podrían generar inundaciones significativas en el centro poblado de Salcedo.

**Figura 7**

*Mapa del área de influencia urbanización Salcedo*





Modelos hidrológicos: Se aplicaron los modelos hidrológicos, confirmando que ciertas áreas críticas presentan altos riesgos de desbordamiento y acumulación de agua pluvial en eventos extremos. Estos modelos permitieron predecir el comportamiento de los flujos de agua bajo lluvias intensas.

#### **4.1.1.1. Identificación del fenómeno y el peligro**

Los peligros pueden clasificarse según su origen en dos tipos: aquellos generados por fenómenos naturales y los inducidos por actividades humanas. En este estudio, se consideran únicamente los peligros de origen natural.

Para facilitar su análisis, estos fenómenos se han agrupado según su origen, lo que permite su adecuada identificación y caracterización.

El peligro que ocurre en la zona de interés con bastante frecuencia, es originado por fenómenos de origen natural de tipo hidrometeorológico, que viene a ser la inundación pluvial.

#### **4.1.1.2. Identificación del ámbito de influencia**

La identificación del área de influencia por inundación pluvial abarca un sector de la urbanización de Salcedo, la zona de estudio está ubicada dentro de las siguientes coordenadas UTM aproximadas son: coordenadas norte: 8245957 y 8244876; coordenadas este: 392960 y 393087; de la zona de estudio.

#### 4.1.1.3. Niveles de peligro

En la siguiente tabla, se muestran los niveles de peligro y los valores obtenidos, según el Proceso de Análisis Jerárquico, según el manual de CENEPRED (2014).

**Tabla 3**

*Definición de nivel de peligrosidad*

Peso: 0.50		Susceptibilidad peso: 0.50				
Peso f. Condicionante = 0.70		Peso F.D. 0.30				
Parámetro de evaluación	Factores condicionantes				Factor desencadenante	
Peso	1	0.539	0.297	0.164	1	
Descriptor	Frecuencia	Pendiente	Geología	Geomorfología	Precipitación	Valor peligro
D1	0.441	0.436	0.457	0.426	0.437	0.44
D2	0.293	0.275	0.259	0.274	0.302	0.287
D3	0.152	0.162	0.16	0.162	0.149	0.155
D4	0.079	0.087	0.085	0.097	0.076	0.082
D5	0.035	0.040	0.038	0.040	0.035	0.036

**Tabla 4**

*Niveles de peligro por inundación pluvial*

Rango		Nivel de peligro
0.287	≤ P < 0.440	Muy alto
0.155	≤ P < 0.287	Alto
0.082	≤ P < 0.155	Medio
0.036	≤ P < 0.082	Bajo

#### 4.1.1.4. Estrato nivel de peligrosidad

Para determinar los niveles de peligrosidad se tomaron en cuenta el parámetro general, parámetros condicionantes y el factor desencadenante, así como sus correspondientes descriptores.



Los parámetros han permitido categorizar en niveles, es decir la estratificación del peligro, según valores ponderados calculados.

**Tabla 5**

*Matriz de niveles de peligro*

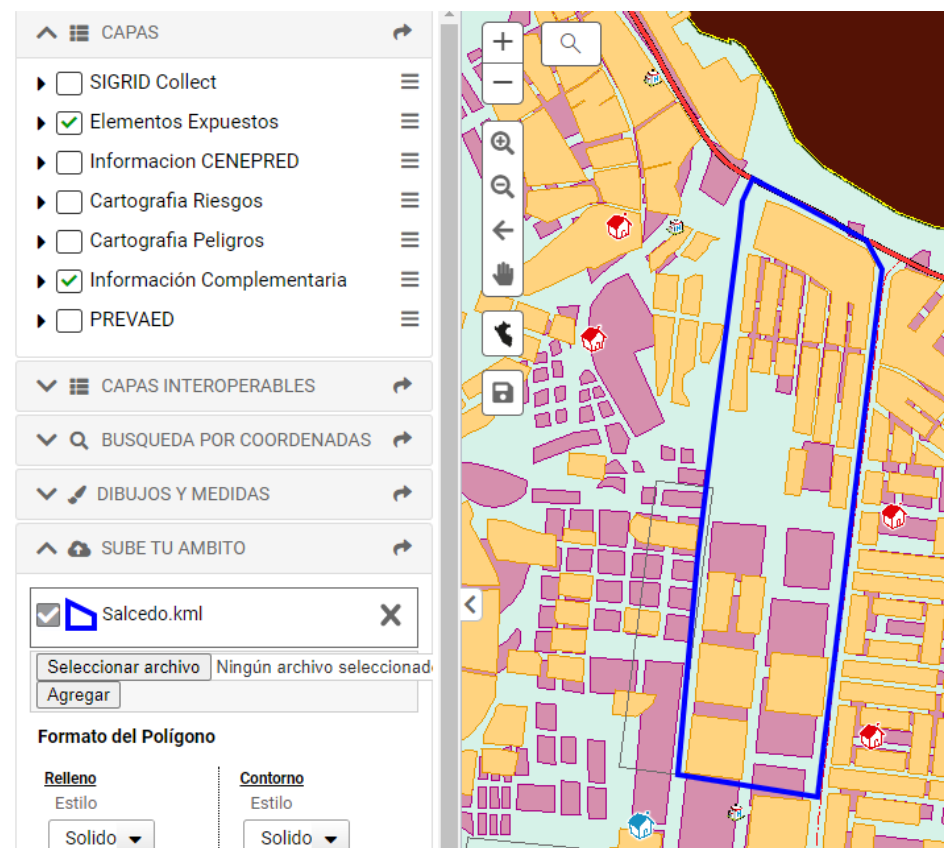
Descripción	Rango	Nivel de peligro
Los Factores condicionantes: predominan las unidades geológicas de Depósitos pluviales (Qh-fl), predominan las unidades geomorfológicas de Cauce pluvial (C-fl), predomina una pendiente de 0°-3° y con un Factor desencadenante de precipitación de >30 y ≤ 60 mm/h Muy fuertes, con Frecuencia de Todos los años.	$0.287 \leq P < 0.44$	Muy alto
Los Factores condicionantes: predominan las unidades geológicas de Depósitos aluviales (Qh-al1), predominan las unidades geomorfológicas de Vertiente o piedemonte aluvial (V-al), predomina una pendiente de 3°-12° y con un Factor desencadenante de precipitación de >15 y ≤ 30 mm/h Fuertes, con Frecuencia de cada 10 años.	$0.155 \leq P < 0.287$	Alto
Los Factores condicionantes: predominan las unidades geológicas de Familia Muñani (P-mu), predominan las unidades geomorfológicas de Quebradas y cárcavas (Qc), predomina una pendiente de 12°-30° y con un Factor desencadenante de precipitación de >3 y ≤15 mm/h Moderadas, con Frecuencia de cada 5 años.	$0.082 \leq P < 0.155$	Medio
Los Factores condicionantes: predominan las unidades geológicas de depósitos Aluviales recientes, predominan las unidades geomorfológicas de colina en roca sedimentaria y montañas en roca, predomina una pendiente mayor a 25° y con un Factor desencadenante de precipitación de 3 y 15 mm/h, con Frecuencia mayor de 5 años.	$0.036 \leq P < 0.082$	Bajo

#### 4.1.1.5. Análisis de elementos expuestos en áreas susceptibles

Los elementos expuestos analizados para la urbanización de Salcedo, comprende a los elementos expuestos susceptibles (población, viviendas, lotes y/o terrenos, servicios públicos básicos, entre otros) que se encuentren en la zona de estudio como potencial del impacto al peligro por inundación pluvial, y que puede sufrir los efectos sobre la consecuencia ante la ocurrencia o manifestación del peligro.

**Figura 8**

*Elementos expuestos (predios urbanos y rural*



Como se aprecia en la figura anterior según el SIGRID, solo se tiene como elementos expuestos en el área de estudio predios urbanos y rural y por ende la población que habita en dicha área.



**Tabla 6**

*Población expuesta*

Elemento expuesto	Cantidad	Unidad de Medida
Población	799	personas

**Tabla 7**

*Viviendas y terrenos expuestos*

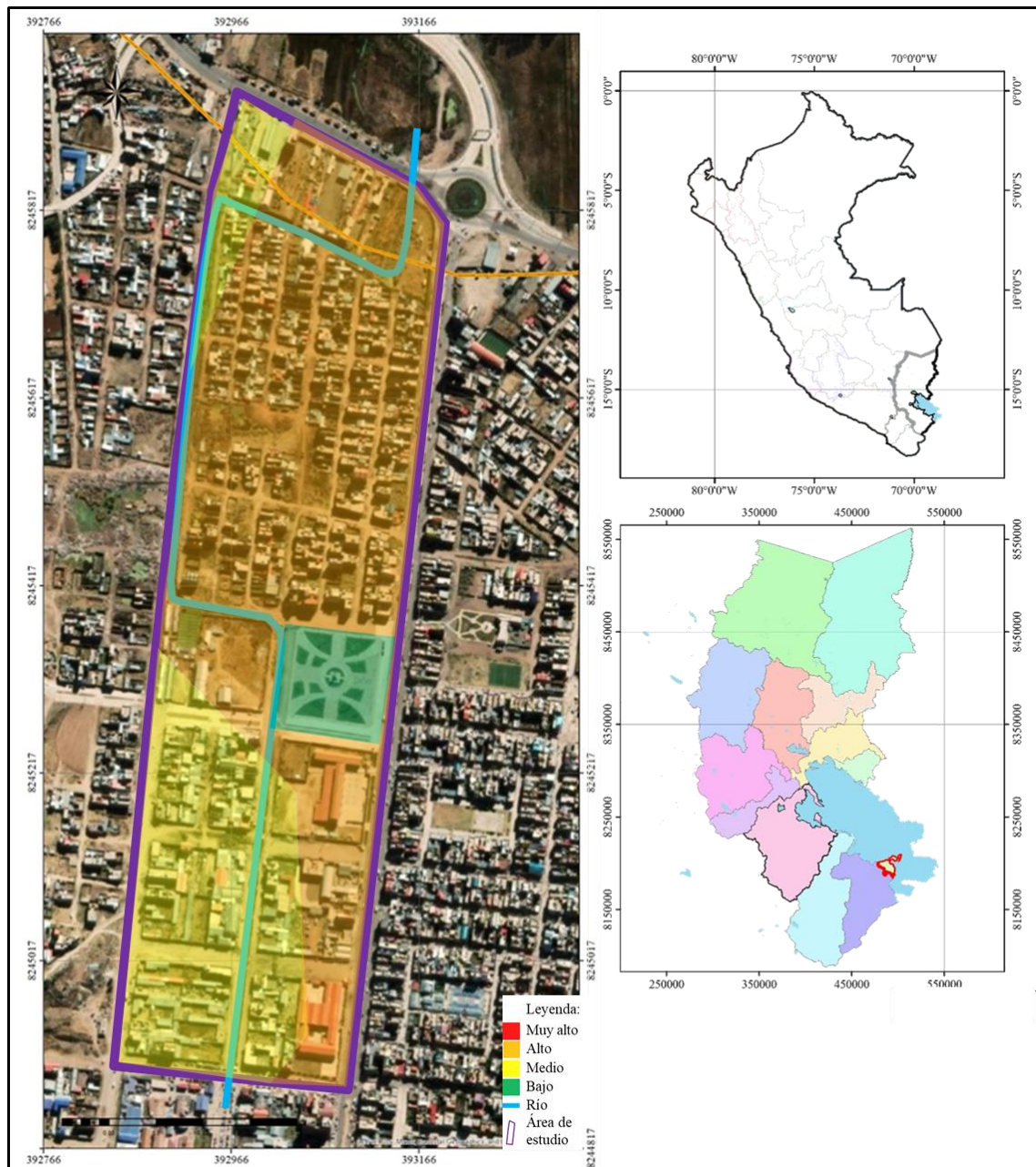
Elemento expuesto	Cantidad	Unidad de Medida
Viviendas	405.00	unidades
Terrenos	25.60	hectáreas

#### **4.1.1.6. Mapa de peligrosidad por inundación pluvial**

Para elaborar el mapa de peligrosidad, se homogenizaron áreas con características similares en cuanto a su nivel de peligro, utilizando herramientas de análisis espacial propias de los Sistemas de Información Geográfica (GIS). El resultado de este proceso se presenta a continuación.

**Figura 9**

*Mapa de peligro por inundación pluvial*



Según el mapa anterior se indica que el peligro del área de influencia o interés es Alto ante Inundación pluvial en la urbanización de Salcedo del Distrito Puno, Provincia de Puno Región de Puno.



#### **4.1.1.7. Definición de escenarios**

Se ha considerado el escenario más alto: “Con una intensidad de precipitación de  $>15$  y  $\leq 30$  mm/h, en donde predomina una pendiente de  $3^\circ - 12^\circ$ , así mismo predominan las unidades geológicas de depósitos aluviales (Qh-al1), de la misma manera predominan las unidades geomorfológicas de vertiente o piedemonte aluvial (V-al), se produciría el desborde del río e Inundaciones pluviales en la urbanización de Salcedo del distrito Puno, provincia de Puno, región de Puno, ocasionando daños en los elementos expuestos en sus dimensiones social y económica.

#### **4.1.2. Análisis de los niveles de vulnerabilidad por inundación pluvial en el centro poblado de Salcedo para un periodo de retorno de 50 años**

Mapa de vulnerabilidad: Se elaboró un mapa detallado que identifica las zonas con diferentes grados de vulnerabilidad en función de la infraestructura existente, la calidad de las viviendas y la situación socioeconómica de la población. Las áreas se clasificaron en:

Alta vulnerabilidad: Sectores con infraestructura deficiente (viviendas frágiles, calles sin pavimentar) y poblaciones de bajos ingresos, con limitado acceso a servicios y escasa capacidad de respuesta ante emergencias.

Media vulnerabilidad: Áreas con condiciones moderadas, donde las construcciones y los sistemas de drenaje son medianamente eficientes, pero que aún podrían verse afectadas en eventos extremos.

Baja vulnerabilidad: Sectores con mejor infraestructura y drenaje, y población con mayores recursos para enfrentar posibles inundaciones.



Evaluación de la vulnerabilidad física: Se realizó un análisis de las infraestructuras urbanas, identificando que las zonas con sistemas de drenaje ineficientes o inexistentes son las más propensas a sufrir inundaciones severas. Además, las viviendas con estructuras débiles fueron categorizadas como altamente vulnerables.

Evaluación socioeconómica: Se recopiló información sobre la situación socioeconómica de los habitantes, identificando a los grupos más vulnerables: familias con bajos ingresos, personas mayores, y aquellas que carecen de acceso a servicios básicos. Estos factores incrementan la vulnerabilidad de estas poblaciones ante una inundación.

Índice de vulnerabilidad: Se creó un índice que combina factores físicos y sociales, lo que permitió cuantificar la vulnerabilidad de diferentes zonas. Este índice facilita la priorización de áreas que requieren atención urgente para reducir su susceptibilidad a los efectos de las inundaciones.

#### **4.1.2.1. Análisis de los factores de vulnerabilidad**

La exposición se refiere a las decisiones y prácticas que colocan al ser humano y sus medios de vida en áreas de riesgo frente a un peligro. Esta exposición puede originarse por una relación inadecuada con el entorno, como el crecimiento demográfico no planificado, los procesos migratorios, la urbanización sin un manejo adecuado del territorio, o políticas de desarrollo económico insostenibles. A mayor exposición, mayor vulnerabilidad. Este componente analiza las unidades sociales expuestas, tales como la población, unidades productivas, infraestructura y otros elementos, frente a los peligros identificados.

La fragilidad se refiere a las condiciones de desventaja o debilidad del ser humano y sus medios de vida frente a un peligro, especialmente en relación con factores internos. Esto incluye aspectos como las condiciones físicas de una comunidad, la construcción deficiente, el incumplimiento de normativas de edificación, o el uso inadecuado de materiales. A mayor fragilidad, mayor vulnerabilidad.

La resiliencia se refiere a la capacidad de los seres humanos y sus medios de vida para hacer frente a los peligros. Está vinculada a factores sociales y organizativos dentro de la población. A mayor resiliencia, menor vulnerabilidad.

#### 4.1.2.2. Jerarquización y ponderación de parámetros y descriptores

**Tabla 8**

*Matriz de comparación de pares de la dimensión social*

<b>Parámetro</b>	<b>Exposición Social</b>	<b>Fragilidad Social</b>	<b>Resiliencia Social</b>
Exposición Social	1.00	3.0	5.0
Fragilidad Social	1/3	1.00	3.0
Resiliencia Social	1/5	1/3	1.00
Suma	1.53	4.33	9.00
1/Suma	0.65	0.23	0.11

**Tabla 9**

*Matriz de normalización de la dimensión social*

<b>Parámetro</b>	<b>Exposición Social</b>	<b>Fragilidad Social</b>	<b>Resiliencia Social</b>	<b>Vector Priorización</b>
Exposición Social	0.65	0.69	0.56	0.63
Fragilidad Social	0.21	0.23	0.33	0.26
Resiliencia Social	0.13	0.08	0.11	0.10

*Nota.* Índice y relación de consistencia

Índice de consistencia IC: 0.019; relación de consistencia  $< 0.1$  RC

0.037

#### 4.1.2.3. Ponderación de los parámetros de exposición social

Para la obtención de los valores ponderados para los parámetros del factor exposición de la dimensión social, se ha utilizado el proceso de análisis jerárquico, siguiendo la metodología CENEPRED (2014).

#### 4.1.2.4. Análisis de la dimensión económica

La identificación de las actividades económicas e infraestructura expuestas dentro del área de estudio o influencia del fenómeno de origen natural permitió determinar los elementos vulnerables y no vulnerables. Posteriormente, se incorporó un análisis de la fragilidad económica y la resiliencia económica.

Con estos datos, se pudo establecer los niveles de vulnerabilidad económica. La dimensión económica se analiza a través de tres factores clave: exposición económica, fragilidad económica y resiliencia económica.

**Tabla 10**

*Dimensión económica*

Exposición	Fragilidad	Resiliencia
Localización de la edificación	Material predominante en los muros de la construcción	Campañas de difusión
Servicios de agua susceptible al peligro	Estado de conservación de las edificaciones	Grado de relación entre instituciones locales
Tipo de alumbrado eléctrico de la vivienda susceptible al peligro	Antigüedad de la construcción de las edificaciones	Organización y capacitación institucional



**Tabla 11**

*Matriz de comparación de pares de la dimensión económica*

Parámetro	Exposición Económica	Fragilidad Económica	Resiliencia Económica
Exposición Económica	1.00	3.0	5.0
Fragilidad Económica	1/3	1.00	3.0
Resiliencia Económica	1/5	1/3	1.00
Suma	1.53	4.33	9.00
1/Suma	0.65	0.23	0.11

**Tabla 12**

*Matriz de normalización de la dimensión económica*

Parámetro	Exposición Económica	Fragilidad Económica	Resiliencia Económica	Vector Priorización
Exposición económica	0.65	0.69	0.56	0.63
Fragilidad económica	0.22	0.23	0.33	0.26
Resiliencia económica	0.13	0.08	0.11	0.11

*Nota.* Índice y relación de consistencia

Índice de consistencia IC: 0.019; relación de consistencia  $< 0.1$  RC  
0.037.

#### **4.1.2.5. Análisis de la dimensión ambiental**

Se identifican los recursos naturales renovables y no renovables expuestos dentro del área de influencia del fenómeno de origen natural, distinguiendo entre los recursos vulnerables y no vulnerables. Posteriormente, se incorpora un análisis de la fragilidad ambiental y la resiliencia ambiental, lo que permite determinar los niveles de vulnerabilidad ambiental.

Sin embargo, en este estudio no se considera la dimensión ambiental, ya que toda el área evaluada está ocupada por zonas urbanas e infraestructura urbana.

#### 4.1.2.6. Niveles de vulnerabilidad

En el siguiente cuadro, se muestran los niveles de Vulnerabilidad y sus respectivos rangos.

**Tabla 13**

*Niveles de vulnerabilidad*

<b>Niveles</b>	<b>Rango</b>
Vulnerabilidad muy alta	$0.27 \leq R < 0.49$
Vulnerabilidad alta	$0.14 \leq R < 0.27$
Vulnerabilidad media	$0.07 \leq R < 0.14$
Vulnerabilidad baja	$0.03 \leq R < 0.07$

Se identificó el nivel de vulnerabilidad media ante Inundación pluvial por desborde del río Salcedo del Distrito Puno, Provincia de Puno Departamento de Puno. A continuación, se muestran los mapas del nivel de vulnerabilidad.

#### 4.1.2.7. Estratificación de la vulnerabilidad

Tabla 14

*Estratificación de la vulnerabilidad*

Nivel	Descripción	Rango
<b>Vulnerabilidad muy alta</b>	<p>EXPOSICIÓN SOCIAL: Grupo etario De 0 a 5 años y mayores a 60 años, Grado de instrucción: Primaria, Tenencia de vivienda Propia, totalmente pagada, Carga familiar Mayor 5 personas, Nivel organización: Muy mala, Actitud frente al riesgo: No le importa el peligro Conocimiento de la GRD: No conoce.</p> <p>EXPOSICIÓN ECONOMICA: Localización de la edificación Muy cercana: 0 a 100 metros, cuenta con los Servicios de agua susceptible al peligro: Red pública dentro de la vivienda, Tipo de alumbrado eléctrico de la vivienda susceptible al peligro: Electricidad, Material predominante en los muros de la construcción: Muro de adobe, Estado de conservación de las edificaciones: Muy mala Antigüedad de la construcción de las edificaciones: De 11 a 20 años., Campañas de difusión: No hay difusión en diversos medios de comunicación sobre temas GRD Grado de relación entre instituciones locales: No hay coordinación entre instituciones locales y gobiernos provincial, Organización y capacitación institucional: No hay capacitación, las institución local o provincial presentan poca efectividad frente al peligro recurrente.</p>	$0.27 \leq R < 0.49$
<b>Vulnerabilidad alta</b>	<p>EXPOSICIÓN SOCIAL: Grupo etario De 6 a 17 años , Grado de instrucción: Secundaria, Tenencia de vivienda Propia, parcialmente pagada, Carga familiar 4 personas, Nivel organización: Mala, Actitud frente al riesgo: Le importa poco el peligro Conocimiento de la GRD: Escaso conocimiento.</p> <p>EXPOSICIÓN ECONOMICA: Localización de la edificación Cercana: 100 a 200 metros, cuenta con los Servicios de agua susceptible al peligro: Red pública fuera de la vivienda, Tipo de alumbrado eléctrico de la vivienda susceptible al peligro: Paneles solares, Material predominante en los muros de la construcción: Muro de piedra, Estado de conservación de las edificaciones: Mala Antigüedad de la construcción de las edificaciones: De 6 a 10 años., Campañas de difusión: Escasa difusión en diversos medios de comunicación sobre temas GRD Grado de relación entre instituciones locales: Poca coordinación entre instituciones locales y gobiernos provincial, Organización y capacitación institucional: Poca capacitación, las institución local o provincial presentan poca efectividad frente al peligro recurrente.</p>	$0.14 \leq R < 0.27$

Nivel	Descripción	Rango
<b>Vulnerabilidad media</b>	<p>EXPOSICIÓN SOCIAL: Grupo etario De 18 a 30 años , Grado de instrucción: Técnico, Tenencia de vivienda Alquilada, Carga familiar 3 personas, Nivel organización: Buena, Actitud frente al riesgo: Le importa el peligro pero no tiene a donde ir Conocimiento de la GRD: Regular conocimiento.</p> <p>EXPOSICIÓN ECONOMICA: Localización de la edificación Medianamente cerca: 200 a 300 metros., cuenta con los Servicios de agua susceptible al peligro: Pílon de uso público, Tipo de alumbrado eléctrico de la vivienda susceptible al peligro: Generador eléctrico, Material predominante en los muros de la construcción: Muro calamina, Estado de conservación de las edificaciones: Regular Antigüedad de la construcción de las edificaciones: De 2 a 5 años., Campañas de difusión: Difusión masiva en diversos medios de comunicación sobre temas GRD Grado de relación entre instituciones locales: Hay coordinación entre instituciones locales y gobiernos provincial, Organización y capacitación institucional: Hay capacitación, las institución local o provincial presentan efectividad frente al peligro recurrente.</p>	$0.07 \leq R < 0.14$
<b>Vulnerabilidad baja</b>	<p>EXPOSICIÓN SOCIAL: Grupo etario De 31 a 50 años, Grado de instrucción: Superior no universitaria, Tenencia de vivienda Posesión de vivienda por invasión, Carga familiar 2 personas, Nivel organización: Muy buena, Actitud frente al riesgo: Le importa el peligro y tiene donde ir Conocimiento de la GRD: Buen conocimiento.</p> <p>EXPOSICIÓN ECONOMICA: Localización de la edificación Alejada: 300 a 400 metros., cuenta con los Servicios de agua susceptible al peligro: Camión cisterna u otro similar, Tipo de alumbrado eléctrico de la vivienda susceptible al peligro: Mechero, lámpara, Vela, Material predominante en los muros de la construcción: Muro de bloqueta, Estado de conservación de las edificaciones: Buena Antigüedad de la construcción de las edificaciones: De 1 año, Campañas de difusión: Difusión masiva y frecuente en diversos medios de comunicación sobre temas GRD Grado de relación entre instituciones locales: Hay coordinación entre instit. locales y gob. Prov. Las org conocen instrumentos de gestión, Organización y capacitación institucional: Regularmente capacitan, las institución local o provincial está presupuestado la mitigación del peligro recurrente.</p>	$0.03 \leq R < 0.07$

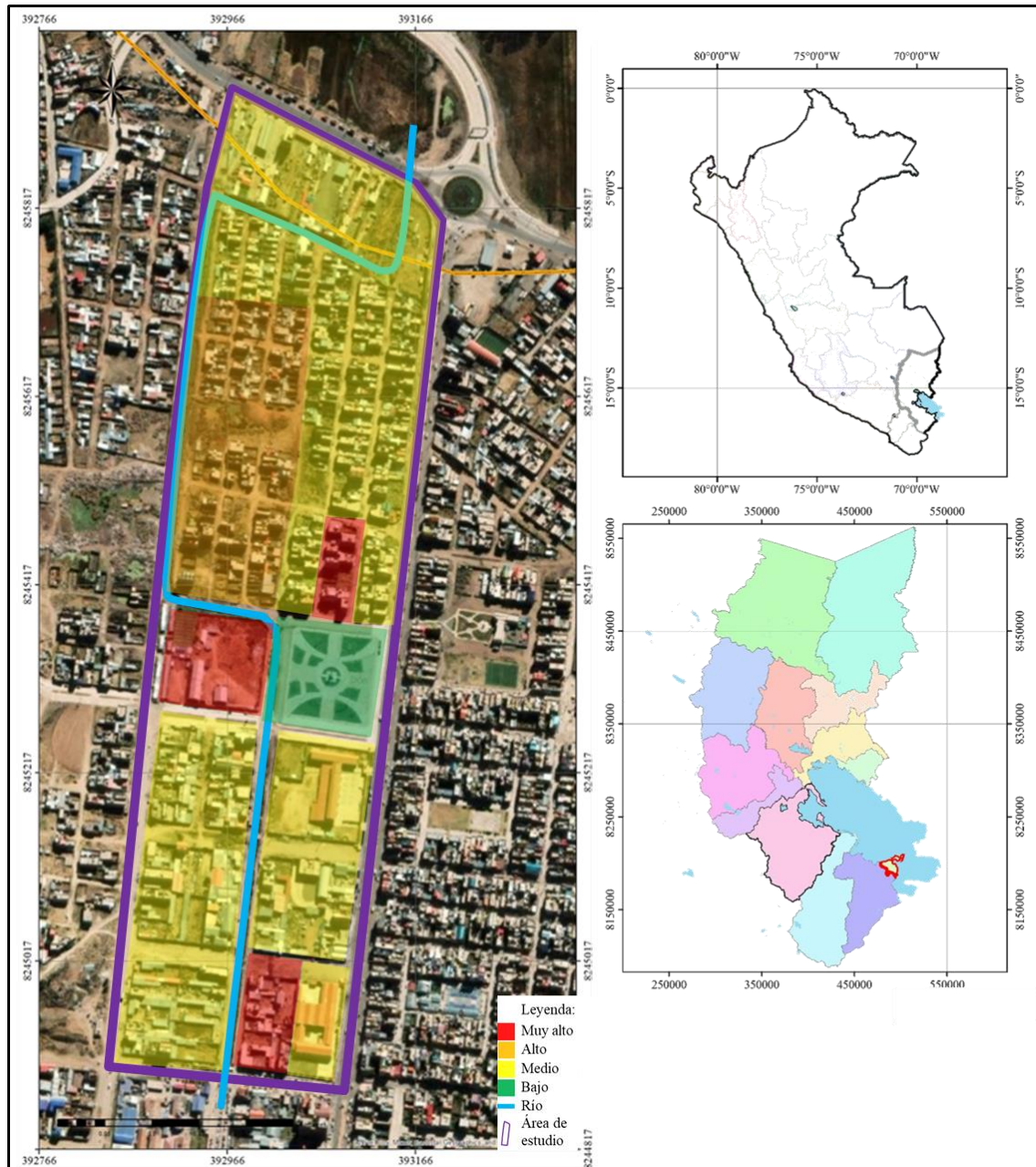
#### 4.1.2.8. Mapa de la vulnerabilidad

Se aprecia el nivel de vulnerabilidad media ante Inundación pluvial por desborde del río Salcedo del Distrito Puno, Provincia de Puno

Departamento de Puno. A continuación, se muestran los mapas del nivel de vulnerabilidad.

**Figura 10**

*Mapa de vulnerabilidad*



#### **4.1.3. Zonificación del nivel de riesgo por inundación pluvial en el centro poblado de Salcedo para un periodo de retorno de 50 años**

Mapa de riesgo por inundación pluvial: Se elaboró un mapa final que combina la información de peligrosidad y vulnerabilidad, generando una zonificación del riesgo en el Centro Poblado de Salcedo. El mapa identifica tres niveles de riesgo:

**Alto riesgo:** Sectores donde la combinación de alta peligrosidad y alta vulnerabilidad genera una probabilidad significativa de inundaciones graves y daños severos.

**Riesgo medio:** Áreas donde la peligrosidad o vulnerabilidad es moderada, lo que implica riesgos de inundación en eventos extremos, pero con un impacto potencialmente menor.

**Bajo riesgo:** Zonas con menor peligro y vulnerabilidad, donde la probabilidad de daños por inundaciones es reducida.

**Zonificación del riesgo:** A partir del mapa de riesgo, se zonificaron las áreas del centro poblado, identificando los sectores que requieren medidas de mitigación más urgentes. Las áreas con mayor riesgo se ubicaron principalmente en las zonas bajas y cercanas a cuerpos de agua, mientras que las áreas con bajo riesgo se encuentran en las partes más elevadas del territorio.

**Recomendaciones de mitigación:** Con base en la zonificación del riesgo, se propusieron acciones concretas para mitigar los efectos de las inundaciones pluviales, tales como:



Mejora de los sistemas de drenaje en las áreas de alto riesgo. Fortalecimiento de la infraestructura en las zonas vulnerables, mediante la construcción de viviendas más resistentes y la pavimentación de calles. Reubicación de familias en áreas críticas, particularmente en los sectores de mayor riesgo. Educación y concientización de la población sobre la prevención de riesgos y medidas de respuesta en caso de inundaciones.

Informe final de riesgo: Se presentó un informe detallado que integra todos los resultados obtenidos, destacando las áreas de mayor y menor riesgo, y proponiendo un plan de acción para la mitigación de los riesgos de inundación pluvial en el Centro Poblado de Salcedo, con énfasis en la infraestructura y la preparación de la población.

#### **4.1.3.1. Niveles del riesgo**

##### **Riesgo bajo**

Características: Zona con exposición limitada a inundaciones. Los eventos son ocasionales y tienen un impacto bajo o moderado sobre la infraestructura y la comunidad.

Medidas: Programas de preparación comunitaria y monitoreo de las condiciones ambientales.

##### **Riesgo medio**

Características: Zona con exposición moderada a inundaciones pluviales, donde los eventos pueden causar daños materiales y afectar la actividad económica y social en un grado moderado.



Medidas: Implementación de sistemas de alerta temprana, planificación de respuesta a emergencias y mejora de infraestructura de drenaje.

### **Riesgo alto**

Características: Zona con alta exposición a inundaciones pluviales, con eventos que ocurren con mayor frecuencia y causan daños significativos en infraestructura, viviendas y actividad económica.

Medidas: Infraestructura de control de inundaciones (drenajes, diques), mejoras en la planificación urbana y campañas de capacitación comunitaria.

### **Riesgo muy alto**

Características: Zona con exposición crítica a inundaciones, donde los eventos son frecuentes y generan graves daños, desplazamiento de personas y afectaciones en la salud y seguridad de la población.

Medidas: Construcción de infraestructuras de mitigación (represas, canales de desvío), reubicación de asentamientos en zonas seguras, implementación de un sistema de respuesta rápida y educación continua en prevención y mitigación.

Esta estratificación permite identificar y clasificar el nivel de riesgo en diferentes áreas del centro poblado, facilitando así la toma de decisiones para la implementación de medidas adecuadas de prevención, mitigación y preparación ante posibles inundaciones pluviales.



**Tabla 15**

*Matriz del riesgo*

PMA	0.440	0.031	0.062	0.119	0.216
PA	0.287	0.020	0.040	0.077	0.141
PM	0.155	0.011	0.022	0.042	0.076
PB	0.082	0.006	0.011	0.022	0.040
		0.070	0.140	0.270	0.490
		VB	VM	VA	VMA

*Nota.* PMA Peligro muy alta; PA Peligro alto; PM Peligro medio; PB Peligro baja; VB Vulnerabilidad baja; VM Vulnerabilidad media; VA Vulnerabilidad alta; VMA Vulnerabilidad muy alta.

#### 4.1.3.2. Estratificación del nivel de riesgo

**Tabla 16**

*Estratificación del riesgo*

Nivel	Descripción	Rango
Riesgo muy alta	Los factores condicionantes: predominan las unidades geológicas de Depósitos fluviales (Qh-fl), predominan las unidades geomorfológicas de Cauce Fluvial (C-fl), predomina una pendiente de 0 °-3° y con un factor desencadenante de precipitación de >30 y ≤ 60 mm/h Muy fuertes, con frecuencia de todos los años. EXPOSICIÓN SOCIAL: Grupo etario De 0 a 5 años y mayores a 60 años, Grado de instrucción: Primaria, Tenencia de vivienda Propia, totalmente pagada, Carga familiar Mayor 5 personas, Nivel organización: Muy mala, Actitud frente al riesgo: No le importa el peligro Conocimiento de la GRD: No conoce. EXPOSICIÓN ECONOMICA: Localización de la edificación Muy cercana: 0 a 100 metros, cuenta con los Servicios de agua susceptible al peligro: Red pública dentro de la vivienda, Tipo de alumbrado eléctrico de la vivienda susceptible al peligro: Electricidad, Material predominante en los muros de la construcción: Muro de adobe, Estado de conservación de las edificaciones: Muy mala Antigüedad de la construcción de las edificaciones: De 11 a 20 años., Campañas de difusión: No hay difusión en diversos medios de comunicación sobre temas GRD Grado de relación entre instituciones locales: No hay coordinación entre instituciones locales y gobiernos provincial, Organización y capacitación institucional: No hay capacitación, las institución local o provincial presentan poca efectividad frente al peligro recurrente.	0.077 ≤ P ≤ 0.216



Nivel	Descripción	Rango
<b>Riesgo alto</b>	<p>Los Factores condicionantes: predominan las unidades geológicas de Depósitos aluviales (Qh-al1), predominan las unidades geomorfológicas de Vertiente o piedemonte aluvial (V-al), predomina una pendiente de 3°-12° y con un Factor desencadenante de precipitación de &gt;15 y ≤30 mm/h Fuertes, con Frecuencia de cada 10 años. EXPOSICIÓN SOCIAL: Grupo etario De 6 a 17 años, Grado de instrucción: Secundaria, Tenencia de vivienda Propia, parcialmente pagada, Carga familiar 4 personas, Nivel organización: Mala, Actitud frente al riesgo: Le importa poco el peligro Conocimiento de la GRD: Escaso conocimiento. EXPOSICIÓN ECONOMICA: Localización de la edificación Cercana: 100 a 200 metros, cuenta con los Servicios de agua susceptible al peligro: Red pública fuera de la vivienda, Tipo de alumbrado eléctrico de la vivienda susceptible al peligro: Paneles solares, Material predominante en los muros de la construcción: Muro de piedra, Estado de conservación de las edificaciones: Mala Antigüedad de la construcción de las edificaciones: De 6 a 10 años., Campañas de difusión: Escasa difusión en diversos medios de comunicación sobre temas GRD Grado de relación entre instituciones locales: Poca coordinación entre instituciones locales y gobiernos provincial, Organización y capacitación institucional: Poca capacitación, las institución local o provincial presentan poca efectividad frente al peligro recurrente.</p>	0.022 ≤ P ≤ 0.077
<b>Riesgo medio</b>	<p>Los Factores condicionantes: predominan las unidades geológicas de Familia Muñani (P-mu), predominan las unidades geomorfológicas de Quebradas y cárcavas (Qc), predomina una pendiente de 12°-30° y con un Factor desencadenante de precipitación de &gt;3 y ≤15 mm/h Moderadas, con Frecuencia de cada 5 años. EXPOSICIÓN SOCIAL: Grupo etario De 18 a 30 años, Grado de instrucción: Técnico, Tenencia de vivienda Alquilada, Carga familiar 3 personas, Nivel organización: Buena, Actitud frente al riesgo: Le importa el peligro, pero no tiene a donde ir Conocimiento de la GRD: Regular conocimiento. EXPOSICIÓN ECONOMICA: Localización de la edificación Medianamente cerca: 200 a 300 metros., cuenta con los Servicios de agua susceptible al peligro: Pílon de uso público, Tipo de alumbrado eléctrico de la vivienda susceptible al peligro: Generador eléctrico, Material predominante en los muros de la construcción: Muro calamina, Estado de conservación de las edificaciones: Regular Antigüedad de la construcción de las edificaciones: De 2 a 5 años., Campañas de difusión: Difusión masiva en diversos medios de comunicación sobre temas GRD Grado de relación entre instituciones locales: Hay coordinación entre instituciones locales y gobiernos provincial, Organización y capacitación institucional: Hay capacitación, las institución local o provincial presentan efectividad frente al peligro recurrente.</p>	0.006 ≤ P ≤ 0.022

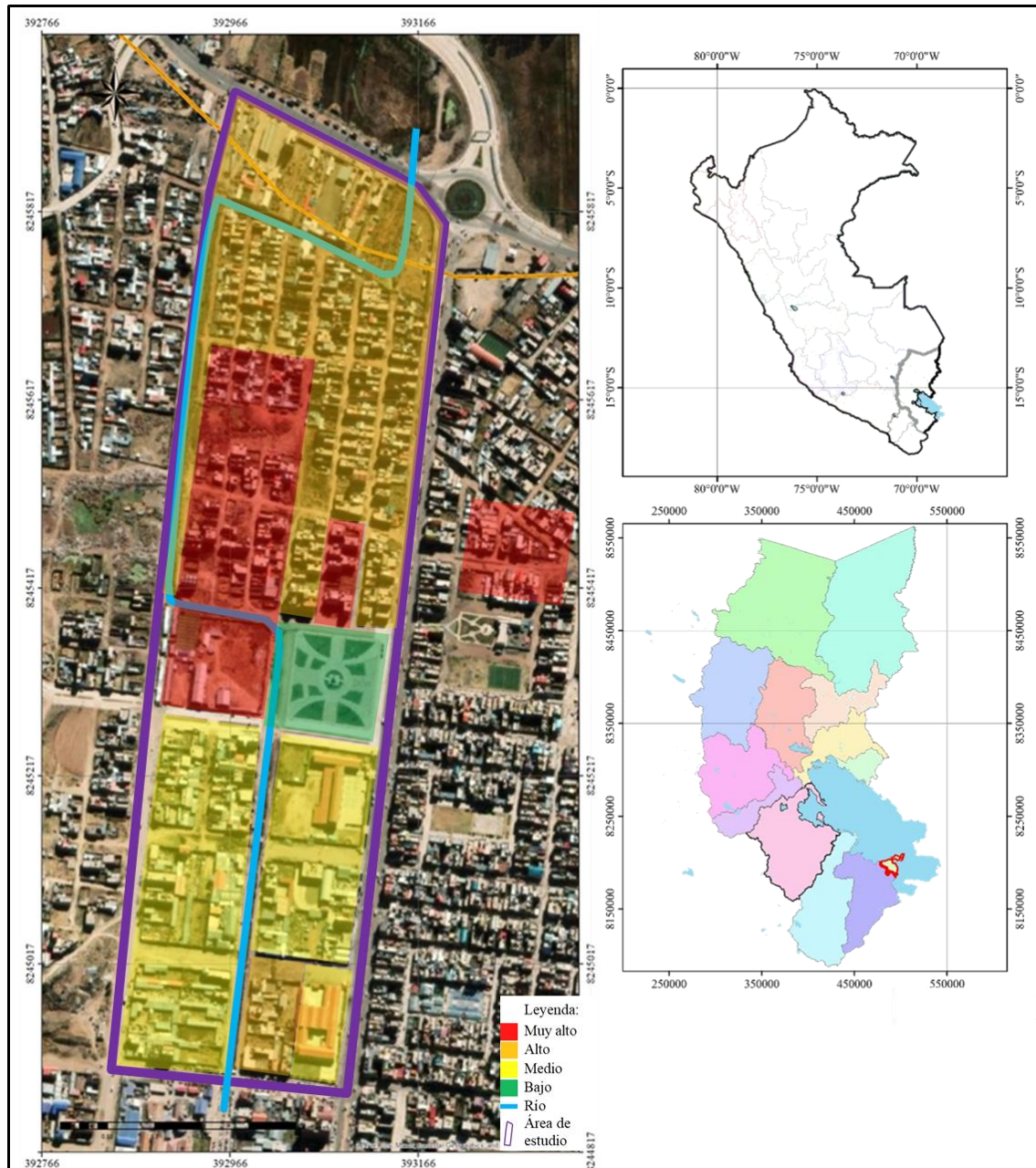


Nivel	Descripción	Rango
<b>Riesgo baja</b>	<p>Los Factores condicionantes: predominan las unidades geológicas de Depósitos Aluviales recientes, predominan las unidades geomorfológicas de colina en roca sedimentaria y montañas en roca, predomina una pendiente mayor a 25° y con un Factor desencadenante de precipitación de 3 y 15 mm/h, con Frecuencia mayor de 5 años. EXPOSICIÓN SOCIAL: Grupo etario De 31 a 50 años, Grado de instrucción: Superior no universitaria, tenencia de vivienda, posesión de vivienda por invasión, Carga familiar 2 personas, Nivel organización: Muy buena, Actitud frente al riesgo: Le importa el peligro y tiene donde ir Conocimiento de la GRD: Buen conocimiento, EXPOSICIÓN ECONOMICA: Localización de la edificación Alejada: 300 a 400 metros., cuenta con los Servicios de agua susceptible al peligro: Camión cisterna u otro similar, Tipo de alumbrado eléctrico de la vivienda susceptible al peligro: Mechero, lámpara, Vela, Material predominante en los muros de la construcción: Muro de bloqueta, Estado de conservación de las edificaciones: Buena Antigüedad de la construcción de las edificaciones: De 1 año, Campañas de difusión: Difusión masiva y frecuente en diversos medios de comunicación sobre temas GRD Grado de relación entre instituciones locales: Hay coordinación entre instituciones locales y gobierno Provincial, Las organizaciones conocen instrumentos de gestión, Organización y capacitación institucional: Regularmente capacitan, las institución local o provincial está presupuestado la mitigación del peligro recurrente.</p>	0.001 ≤ P ≤ 0.006

### 4.1.3.3. Mapa del riesgo por inundación pluvial

Figura 11

Mapa de riesgo



#### 4.1.3.4. Cálculo de efectos probables o cálculo de posibles pérdidas (todo lo que se encuentra en el área de estudio valorizado)

**Tabla 17**

*Valoración de consecuencias*

Efectos probables	Daños probables	Perdidas probables	Total
<b>Daños probables</b>			
Viviendas construidas con material de ladrillo o concreto	S/ 3,500.00		S/ 3,500.00
20 viviendas construidas con material precario	S/ 5,000.00		S/ 5,000.00
<b>Perdidas probables</b>			
Costos de adquisición de carpas		S/ 8,000.00	S/ 8,000.00
Costos de adquisición de módulos de vivienda		S/ 7,000.00	S/ 7,000.00
Gastos de atención de emergencia		S/ 1,500.00	S/ 1,500.00
Total	S/ 8,500.00	S/ 16,500.00	S/ 25,000.00

## 4.2. DISCUSIÓN

El análisis de peligrosidad, basado en el periodo de retorno de 50 años, ha revelado áreas críticas en el Centro Poblado de Salcedo donde las características topográficas y los patrones de lluvia incrementan significativamente el riesgo de inundaciones. Los resultados obtenidos mediante la simulación hidrológica son coherentes con estudios similares realizados en otras localidades con condiciones climáticas y geográficas comparables, lo que refuerza la validez de los resultados.

En particular, las zonas de mayor peligrosidad coinciden con áreas de baja altitud y cercanas a cuerpos de agua, donde la acumulación de agua es más frecuente debido a la falta de infraestructura de drenaje adecuada. Esta situación es común en ciudades de rápido crecimiento, donde la planificación urbana no ha sido acompañada por un desarrollo adecuado de infraestructuras de drenaje. En este sentido, es crucial comparar



estos hallazgos con experiencias similares en otras ciudades andinas, donde se han implementado sistemas de drenaje pluvial exitosos.

Es importante destacar que, aunque el estudio ha utilizado datos históricos para el periodo de retorno, la incertidumbre climática derivada del cambio climático podría modificar las frecuencias de eventos extremos en el futuro. Esto sugiere la necesidad de adoptar un enfoque flexible y dinámico en la planificación del manejo de riesgos, considerando escenarios de cambio climático.

El análisis de vulnerabilidad ha evidenciado que las zonas más afectadas por inundaciones no son únicamente aquellas donde la peligrosidad es alta, sino también donde las condiciones socioeconómicas y de infraestructura son más deficientes. Este resultado refuerza el concepto de vulnerabilidad como un fenómeno multidimensional, donde la capacidad de respuesta y recuperación ante un desastre depende tanto de factores físicos como sociales.

Las áreas con alta vulnerabilidad social, caracterizadas por bajos niveles de ingreso, acceso limitado a servicios básicos y construcciones precarias, se encuentran particularmente expuestas a los impactos de las inundaciones. Este hallazgo coincide con estudios previos que resaltan la relación entre la pobreza y la vulnerabilidad a desastres. En este contexto, la evaluación de la vulnerabilidad en Salcedo no solo debe centrarse en la mejora de infraestructuras físicas, sino también en el fortalecimiento de capacidades locales y la mejora de las condiciones socioeconómicas.

Asimismo, los resultados destacan la importancia de los sistemas de alerta temprana y la educación de la población para reducir la vulnerabilidad. En otros casos, como en poblaciones rurales de la sierra peruana, se ha demostrado que programas de capacitación y participación comunitaria pueden aumentar significativamente la



resiliencia ante desastres. De esta manera, en Salcedo, la implementación de medidas similares podría contribuir a mitigar los efectos adversos de las inundaciones.

La zonificación del riesgo por inundación pluvial ha permitido identificar con claridad las áreas más críticas en el centro poblado de Salcedo. Al combinar los resultados de la peligrosidad y la vulnerabilidad, se han identificado zonas de alto, medio y bajo riesgo. Este enfoque integrado de zonificación de riesgos es crucial para el desarrollo de políticas públicas efectivas y la priorización de acciones preventivas.

La zonificación ha demostrado ser una herramienta útil para la toma de decisiones, ya que permite enfocar recursos y esfuerzos en las áreas que presentan mayor riesgo. En el caso de Salcedo, las zonas de alto riesgo coinciden con áreas densamente pobladas y con infraestructura deficiente, lo que sugiere la necesidad de intervenciones urgentes. Experiencias similares en otras ciudades han mostrado que la zonificación de riesgos, acompañada de políticas de gestión territorial, puede reducir significativamente los daños causados por inundaciones.

Es importante resaltar que, aunque la zonificación propuesta refleja las condiciones actuales de peligrosidad y vulnerabilidad, es necesario considerar los impactos futuros del cambio climático, que pueden alterar los patrones de lluvia y aumentar la frecuencia de inundaciones. De este modo, las zonas de riesgo identificadas podrían cambiar en función de la evolución del clima y de las intervenciones urbanas que se implementen.

Finalmente, la zonificación del riesgo debe ser vista como una herramienta dinámica que debe ser actualizada periódicamente para reflejar los cambios en el entorno, el desarrollo de infraestructura y los avances en la mitigación de riesgos. En este sentido, el enfoque adoptado en este estudio puede servir de modelo para futuras investigaciones.



## V. CONCLUSIONES

- El 57,42 % de las áreas bajas presentan una peligrosidad alta (14,24 ha), debido a la topografía, acumulación de aguas pluviales y deficiencia en los sistemas de drenaje, especialmente en sectores con mayor densidad poblacional y cercanos a cauces sin mantenimiento; 29,80 % el peligro es medio (7,39 ha) y un peligro bajo de 12,78 % que representa la plaza de la urbanización Salcedo (3,17 ha).
- El 64,31 % de las viviendas evaluadas presentan una vulnerabilidad media debido a construcción precaria, densidad poblacional elevada y acceso limitado a servicios básicos (15,95 ha); 14,35 % tiene una vulnerabilidad alta (3,56 ha); 12,78 % tiene una vulnerabilidad baja (3,17 ha) y 8,55 % tiene una vulnerabilidad muy alta (2,12 ha).
- La zonificación del riesgo identificó un riesgo medio 34,68 % (8,60 ha); riesgo alto 32,14 % (7,97 ha), riesgo muy alto 20,40 % (5,06 ha) y un riesgo bajo 12,78 % (3,17 ha). Las áreas de riesgo medio coinciden con zonas de mayor peligrosidad y vulnerabilidad.





## VI. RECOMENDACIONES

- Implementar programas de educación y sistemas de alerta temprana para reducir la vulnerabilidad en las áreas con mayor densidad poblacional.
- Desarrollar políticas de reubicación y planificación urbana en las zonas identificadas como de riesgo crítico, priorizando la sostenibilidad y la adaptación al cambio climático.
- Se debe priorizar la refacción y el reforzamiento de viviendas, centros de salud, escuelas y otras infraestructuras críticas ubicadas en áreas vulnerables.
- El gobierno local debe emplear la zonificación de riesgo como herramienta para regular y controlar el crecimiento urbano. En las zonas de alto riesgo, se deben evitar nuevos desarrollos urbanos o limitar su expansión, promoviendo el uso de estas áreas para zonas verdes o recreativas.



## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alejo, R., Mamani, J. A., y Pilares, I. A. (2022). Mapeo de inestabilidad de laderas en cuencas de fuerte pendiente mediante el enfoque de talud infinito. *Veritas et Scientia*, 11. <https://doi.org/10.47796/VES.V11I1.601>
- AlMahasneh, L. M., y Abuhamoor, D. I. (2024). Case study 3: Mapping of suitable green water harvesting interventions at arid ecosystems to enhance water-food-ecosystem nexus: A case from Jordan. In *Rainwater Harvesting for the 21st Century* (pp. 171-175). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781032638102-13>
- Alqaisi, A. Z. M., y Abdulridha, R. I. (2020). Analysis of the hydraulic characteristics of al Mahawil stream using HECRAS: a field study. *EM International*, 29(4), 856 - 863 p. <http://www.envirobiotechjournals.com/PR/v39i420/Poll%20Res-5.pdf>
- Aly, A. I. M., Salem, W. M., Ahmed, M. A., y Hussien, R. A. (2024). Chapter 10 - Isotope hydrology techniques to identify and quantify recharge and pollution sources in the Nile River system, Egypt. In B. A. Zeidan y A. I. M. Aly (Eds.), *The Nile River System, Africa* (Vol. 2, pp. 233-259). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-90122-2.00005-X>
- Amaya, M., Pérez, M. M., Romero, M. A., Suárez, E., y Vaughan, N. (2020). *Manual de citas y referencias bibliográficas: Latino, APA, Chicago, IEEE, MLA, Vancouver* (4 ed.). Universidad de los Andes, Vicerrectoría Académica, Ediciones Uniandes.
- Antony, J. (2023). 4 - A systematic methodology for design of experiments. In J. Antony (Ed.), *Design of Experiments for Engineers and Scientists (Third Edition)* (pp. 33 - 50 p.). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-15173-6.00002-0>
- Aponte, E. P., y Guillen, R. J. (2021). *Evaluación de riesgos por inundación pluvial en el asentamiento humano Nuevo Indoamérica, del distrito de La Esperanza-2021* Universidad Privada del Norte; Facultad de Ingeniería; Carrera de Ingeniería Ambiental]. Trujillo, PE. <https://hdl.handle.net/11537/29401>
- Bajjali, W. (2017). *ArcGIS for environmental and water issues*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-61158-7>



- Belon, E. S. (2022). *Análisis de riesgo por inundaciones y propuesta de mejora en infraestructura de protección en el centro poblado de Jayllihuaya, Puno-2021* [Universidad César Vallejo; Facultad de Ingeniería y Arquitectura; Escuela de Ingeniería Civil]. Lima, PE. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/91367>
- Modelación numérica en ríos en régimen permanente y variable: una visión a partir del modelo HEC-RAS, Edicions UPC (2021).
- CENEPRED. (2014). *Manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales. Versión 02*. Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED). Dirección de Gestión de Procesos (DGP) - Subdirección de Normas y Lineamientos (SNL).
- CENEPRED. (2022). *Orientaciones para la Implementación de la Gestión Prospectiva y Correctiva del Riesgo de Desastres en los Gobiernos Regionales y Locales*. Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED).
- CENEPRED. (2024). *Portal del SIGRID: Sistema de Información para la Gestión del Riesgo*. Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED). Retrieved 30 de enero from <https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/mapa>
- Chand, S., y Mistri, T. (2024). Chapter 13 - Analysis of watershed attributes for water resource management using geospatial technology: a case study of Haringmuri watershed. In S. Chandra Pal, U. Chatterjee, y R. Chakraborty (Eds.), *Modern Cartography Series* (Vol. 12, pp. 327-354). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-23890-1.00013-X>
- Chen, H., Wang, X., Lu, H., y Van Balen, R. (2024). The impacts of climate change, early agriculture and internal fluvial dynamics on paleo-flooding episodes in Central China. *Science of The Total Environment*, 954, 176431. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.176431>
- Devi, C. M., Gobinath, A., Priya, S. P., Reshmika, K. S., y Sivakarathi, G. (2024). Predicting natural disasters with AI and machine learning. In *Utilizing AI and*



- Machine Learning for Natural Disaster Management* (pp. 254-273). IGI Global.  
<https://doi.org/10.4018/979-8-3693-3362-4.ch015>
- Dey, S., Santra, M., Ghosh, A. R., y Samanta, P. (2024). Chapter 15 - Global solutions for integrated water resources management in cities throughout the world. In S. Chandra Pal, S. S. Roy, A. Saha, y M. Abioui (Eds.), *Developments in Environmental Science* (Vol. 16, pp. 351-385). Elsevier.  
<https://doi.org/10.1016/B978-0-443-23665-5.00015-6>
- Dimotikalis, Y., y Skiadas, C. H. (2024). *Data Analysis and Related Applications 3: Theory and Practice, New Approaches* [Book]. Wiley.  
<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85192334096&partnerID=40&md5=bf75c734d954bb5195c3b6a4e0c7d750>
- Distefano, T. (2020). *Water resources and economic processes* [Book]. Taylor and Francis Inc. <https://doi.org/10.4324/9780429025013>
- Dube, T., y Bhaga, T. D. (2024). Chapter 8 - Climate variability and water resources. In T. Dube, M. D. Shekede, C. Shoko, y T. D. Mushore (Eds.), *Remote Sensing of Climate* (pp. 159-182). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-21731-9.00001-6>
- Effiong, C., Ngang, E., y Ekott, I. (2024). Land use planning and climate change adaptation in river-dependent communities in Nigeria. *Environmental Development*, 49, 100970. <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2024.100970>
- Fitts, C. R. (2024). Chapter 5 - Hydrology and geology. In C. R. Fitts (Ed.), *Groundwater Science (Third Edition)* (pp. 125-192). Academic Press.  
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811455-1.00011-3>
- Flores, A. P., Giordano, L., y Ruggerio, C. A. (2020). A basin-level analysis of flood risk in urban and periurban areas: A case study in the metropolitan region of Buenos Aires, Argentina. *Heliyon*, 6(8), e04517.  
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04517>
- Flores, E. L., Flores, E., Yana, V., Quino, G., y Mamani, J. A. (2023). Relationship between daily evaporation of class A tank and climate elements at the Ichuña meteorological station in Moquegua Perú. *The International Journal of*



*Engineering and Science (IJES)*, 12(9), 55 - 67 p. <https://doi.org/10.9790/1813-12095567>

Fouladi, A., Maqsood, T., y Venkatesan, S. (2024). Investigating the influence of information sources on flood-coping appraisal: Insights into flood mitigation behaviour. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 113, 104865. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2024.104865>

Fresno, C. (2019). *Metodología de la investigación: así de fácil*. El Cid Editor. <https://reddolac.org/profiles/blogs/libro-metodologia-de-la-investigacion-asi-de-facil>

Fuentes, D. D., Toscano, A. E., Malvaceda, E., Díaz, J. L., y Díaz, L. (2020). *Metodología de la investigación: Conceptos, herramientas y ejercicios prácticos en las ciencias administrativas y contables* (1 ed.). Universidad Pontificia Bolivariana. <https://doi.org/10.18566/978-958-764-879-9>

Gonzalo, W., y Paucar, M. W. (2020). *Análisis y estimación de un modelo probabilista de riesgo por inundación, aplicado a la microcuenca Llavini, distrito, provincia y región de Puno - Perú* Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Civil]. Puno, PE. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/13692>

Gupta, S., y Gupta, S. K. (2024). Chapter 25 - Water resource mapping, monitoring, and modeling using geospatial approaches. In S. Chandra Pal, S. S. Roy, A. Saha, y M. Abioui (Eds.), *Developments in Environmental Science* (Vol. 16, pp. 575-602). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-23665-5.00025-9>

Hilario, D. S. (2020). *Evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales en el distrito de Los Olivos utilizando el método multicriterio empleado por CENEPRED* Pontificia Universidad Católica del Perú; Facultad de Ciencias e Ingeniería]. Lima, PE. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/18942>

Holden, J. (2019). *Water Resources: An Integrated Approach* (2 ed.) [Book]. Taylor and Francis. <https://doi.org/10.4324/9780429448270>

Huaracc, R. (2018). *Nivel de riesgo a inundaciones en la quebrada Tarahuayco en el distrito de Ayacucho* Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga; Facultad



- de Ingeniería de Minas Geología y Civil; Escuela de Ingeniería Civil]. Ayacucho, PE. <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/2779>
- Jain, S. K., y Singh, V. P. (2024). Chapter 9 - Water Resources Planning. In S. K. Jain y V. P. Singh (Eds.), *Water Resources Systems Planning and Management (Second Edition)* (pp. 503-548). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821349-0.00005-8>
- Japura, P. d. P. (2024). *Evaluación del riesgo originado por inundación pluvial en la ciudad de Macusani, provincia de Carabaya, departamento de Puno, 2022* Universidad Nacional del Altiplano. Facultad de Ingeniería Agrícola. Escuela Profesional de Ingeniería Agrícola]. Puno, PE. <https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/21387>
- Khalifeh, M., Alikhah, M., y Rezvani, M. (2018). Assessment of land capability for agriculture and rangeland development using hierarchical analysis method (Case study: Gaz long-Lavar-e Saheli Watershed of Bushehr Province). *Geographical Researches Quarterly* 33(1), 109 - 123 p.
- Khan, K. A., Zaman, K., Shoukry, A. M., Sharkawy, A., Gani, S., Sasmoko, Ahmad, J., Khan, A., y Hishan, S. S. (2019). Natural disasters and economic losses: controlling external migration, energy and environmental resources, water demand, and financial development for global prosperity. In *Environmental Science and Pollution Research* (Vol. 26, pp. 14287-14299).
- Ku, G. A. (2020). *Evaluación tendencial del riesgo de desastre a inundación en las colonias Nuevo Progreso y Tamalcab de Chetumal, Quintana Roo 2019 al 2119* Universidad de Quintana Roo]. Chetumal, MX.
- Landwehr, T., Dasgupta, A., y Waske, B. (2024). Towards robust validation strategies for EO flood maps. *Remote Sensing of Environment*, 315, 114439. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2024.114439>
- Lazo, L. A., y Correa, C. A. (2021). *Evaluación de riesgo por inundación en Institución Educativa San Francisco de Asis, centro poblado La Quinta - Marcavelica - Sullana - Piura* Universidad César Vallejo; Facultad de Ingeniería y Arquitectura;



Escuela de Ingeniería Civil]. Piura, PE.

<https://hdl.handle.net/20.500.12692/72918>

Londoño, J. S. (2021). *Evaluación del riesgo urbano por inundaciones del río Supia* Universidad Nacional de Colombia; Facultad de Ingeniería y Arquitectura; Departamento de Ingeniería Civil; Maestría en Ingeniería - Recursos Hidráulicos]. Manizales, CO. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/79634>

Lucas, G. E. (2018). *Análisis del riesgo por inundación en la localidad de Roblecito, cantón Urdaneta: propuesta de medidas de mitigación* Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Naturales]. Guayaquil, EC.

Maity, R. (2024). Hydrological alterations under climate change: Global-scale challenges and opportunities for adaptation and sustainable development. In *Civil Engineering Innovations for Sustainable Communities with Net Zero Targets* (pp. 102-128). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781032686899-7>

Mantilla, F. A. (2019). *Identificación de áreas inundables mediante modelamiento hidráulico de la quebrada Chinchinmarca - sector 24 (Villa Huacariz) - Cajamarca* Universidad Nacional de Cajamarca. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Hidráulica ]. Cajamarca, PE. <http://hdl.handle.net/20.500.14074/3693>

Menon, N. V. C., Kolathayar, S., y K.S., S. (2024). Applications of civil engineering in disaster risk reduction. In *Civil Engineering Innovations for Sustainable Communities with Net Zero Targets* (pp. 215-222). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781032686899-16>

Mohammed, M. P. (2019). River flood hazard modeling: forecasting flood hazard for disaster risk reduction planning. In *Civ Eng J* (Vol. 5, pp. 2309-2317).

Moldenhauer, K. M., Maerker, K., Chiffard, P., Hübner, R., y Kleber, A. (2024). Chapter 4 - Influence of cover beds on slope hydrology. In A. Kleber y B. Terhorst (Eds.), *Mid-Latitude Slope Deposits (Cover Beds) (Second Edition)* (pp. 149-180). Elsevier Science. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-96003-8.00003-7>

Mostacero, A. G. (2020). *Nivel de riesgo por inundación del área urbana del distrito de Chilete-provincia de Contumazá-región Cajamarca* Universidad Privada del



- Norte; Facultad de Ingeniería; Carrera de Ingeniería Civil]. Cajamarca, PE.  
<https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/25374>
- Nyberg, D., Wright, C., y Bowden, V. (2022). *Organising responses to climate change: the politics of mitigation, adaptation and suffering*. Cambridge University Press.  
<https://doi.org/10.1017/9781009266901>
- Ogras, S., y Onen, F. (2020). Flood Analysis with HEC-RAS: A Case Study of Tigris River. In X. Liu (Ed.), *Advances in Civil Engineering* (Vol. 2020, pp. 613-1982): Hindawi.
- Olivera, F., Valenzuela, M., y Srinivasan, R. (2004). ArcGIS-SWAT: A GIS Interface for the Soil and Water Assessment Tool (SWAT). In ASCE (Ed.), *Critical Transitions In Water And Environmental Resources Management* (pp. 1-9).  
[https://doi.org/10.1061/40737\(2004\)203](https://doi.org/10.1061/40737(2004)203)
- Pandey, M., Senapati, S., y Bhunia, G. S. (2024). Chapter 27 - GIS-based modeling for water resource monitoring and management: a critical review. In S. Chandra Pal, S. S. Roy, A. Saha, y M. Abioui (Eds.), *Developments in Environmental Science* (Vol. 16, pp. 621-636). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-23665-5.00027-2>
- Patankar, K. A., Kalantar, T., Cook, S., Nicoli, E., Tuft, B., y Crimmins, M. (2023). Chapter 22 - Application of high-throughput methodologies and artificial intelligence for adhesion testing. In D. A. Dillard (Ed.), *Advances in Structural Adhesive Bonding (Second Edition)* (pp. 751 - 775). Woodhead Publishing.  
<https://doi.org/10.1016/B978-0-323-91214-3.00020-X>
- Pavelic, P., Magombeyi, M., Schmitter, P., y Jacobs, I. (2024). Chapter 26 - Water for sustainable development: examining the water–energy–food–society nexus (SDG 17). In A. Mukherjee (Ed.), *Water Matters* (pp. 323-331). Elsevier.  
<https://doi.org/10.1016/B978-0-443-15537-6.00026-4>
- Persson, A., Pilesjö, P., y Hasan, A. (2024). Chapter 15 - Dynamic modeling of urban hydrology in a geographic information system-setting with TFM-DYN. In G. P. Petropoulos y C. Chalkias (Eds.), *Geographical Information Science* (pp. 315-336). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-13605-4.00004-7>





- Plass, J., y Zinn, J. O. (2024). Shifting risks back to the state? Flood insurance and responsibility in the face of climate change in Australia. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 113, 104874. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2024.104874>
- Puthalpet, J. R. (2022). *The Daunting Climate Change: Science, Impacts, Adaptation & Mitigation Strategies, Policy Responses* [Book]. Taylor and Francis. <https://doi.org/10.1201/9781003264705>
- Quispe, M. J. (2022). *Análisis de riesgo por inundaciones pluviales y actitud hacia sistemas de drenaje sostenible en zonas comerciales de la ciudad de Juliaca* Universidad Nacional del Altiplano. Facultad de Ingeniería Agrícola. Escuela Profesional de Ingeniería Agrícola]. Puno, PE. <https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/19354>
- Rafiei, E., Azareh, A., Choubin, B., Mosavi, A. H., y Clague, J. J. (2021). Evaluating urban flood risk using hybrid method of TOPSIS and machine learning. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 66, 102614. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2021.102614>
- Revathy, J. S., y Mangaiyarkkarsi, J. (2024). Machine Learning Algorithms for Natural Disaster Prediction and Management. In *Utilizing AI and Machine Learning for Natural Disaster Management* (pp. 24-38). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-3362-4.ch002>
- Revueltas, J. E., Zabaleta, A., Mercado, T., y Aguirre, S. (2020). Cambios en el clima local y su efecto en la regulación hídrica en microcuencas del departamento del Magdalena, Norte de Colombia. *Información tecnológica*, 31(6), 193 - 206 p. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642020000600193>
- Reyes, R. M., y Reyes, E. (2022). Evaluación preliminar de riesgo por inundación en el barrio Nueva Florida de la ciudad de Huaraz. *Aporte Santiaguino*, 15(1), 103-116 p. <https://doi.org/10.32911/as.2022.v15.n1.926>
- Ribeiro, D. F., Saito, S. M., y Célia, R. (2022). Disaster vulnerability analysis of small towns in Brazil. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 68, 102726 - 102728 p. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2021.102726>



- Rivera, J. E., Oh, C. H., Oetzel, J., y Clement, V. (2022). *Business adaptation to climate change*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781108888691>
- Romali, N. S., y Yusop, Z. (2020). Flood damage and risk assessment for urban area in Malaysia. In *Hydrology Research*.
- Saaty, T. L. (1980). *The analytic hierarchy process : planning, priority setting, resource allocation*. McGraw-Hill International Book Co.
- Saavedra, A. J. (2021). *Evaluación del riesgo ante el proceso de inundación del sector urbano de Pebas utilizando técnica fotogramétrica con drone, 2021* Universidad Científica del Perú; Facultad de Ciencias e Ingeniería; Programa Académico de Ingeniería Ambiental]. Maynas, PE. <http://hdl.handle.net/20.500.14503/1696>
- Santha, S. D. (2020). *Climate change and adaptive innovation: A model for social work practice* (1 ed.) [Book]. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780429203138>
- SENAMHI. (2024). *Portal del SENAMHI: Descarga de datos meteorológicos a nivel nacional*. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. Retrieved 30 de enero from <https://www.senamhi.gob.pe/?&p=descarga-datos-hidrometeorologicos>
- Sridhar, V., Ali, S. A., y Apel, H. (2024). Chapter 2 - Hydrology and water resources in the Mekong River Basin. In H. Q. Nguyen, H. Apel, Q. B. Le, M. T. Nguyễn, y V. Sridhar (Eds.), *The Mekong River Basin* (pp. 53-83). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-90814-6.00003-6>
- Sun, G., Tiwari, K. R., Hao, L., Amatya, D., Liu, N., y Song, C. (2024). Chapter 6 - Climate change and forest hydrology in future forests. In S. G. McNulty (Ed.), *Future Forests* (pp. 95-124). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-90430-8.00003-4>
- Talavera, G. (2018). *Riesgo y vulnerabilidad por inundaciones. Caso de estudio: Conjunto urbano San Andrés, Municipio de Calimaya* Universidad Autónoma del Estado de México; Facultad de Planeación Urbana y Regional]. Toluca, MX. <http://hdl.handle.net/20.500.11799/98631>



- Tayfur, I., Şimşek, P., Gunduz, A., Kako, M., Nomura, S., y Ryan, B. (2024). Strengthening public health system resilience to disasters in Türkiye: Insights from a scorecard methodology. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 113, 104869. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2024.104869>
- Thinphanga, P., y Friend, R. (2024). Thailand's policy vacuum: Land use planning as sites of negotiation and contestation. *Land Use Policy*, 137, 106994. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2023.106994>
- Toledo, B. (2022). *Evaluación de riesgo por inundación pluvial en la zona urbana del Distrito de Ocuwiri, Provincia de Lampa* Universidad Nacional del Altiplano. Facultad de Ingeniería Agrícola. Escuela Profesional de Ingeniería Agrícola]. Puno, PE. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/18110>
- Torres, S. F. (2021). Mainstreaming land use planning into disaster risk management: Trends in Lima, Peru. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 62, 102404. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2021.102404>
- Vasquez, D. I. (2021). *Nivel de riesgo por inundación en la zona de Huacariz Sector - 24 mediante diseño de gaviones tipo caja en la quebrada Los Chilcos Cajamarca 2021* Universidad Privada del Norte. Facultad de Ingeniería. Ingeniería Civil]. Cajamarca, PE. <https://hdl.handle.net/11537/30003>
- Vogt, T., Treu, S., Mengel, M., Frieler, K., y Otto, C. (2024). Modeling surge dynamics improves coastal flood estimates in a global set of tropical cyclones. *Communications Earth & Environment*, 5(1), 529. <https://doi.org/10.1038/s43247-024-01707-x>
- Vohra, R., y Kumar, A. (Eds.). (2024). *Advanced Geospatial Practices in Natural Environment Resource Management*. IGI Global. <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-1396-1>.
- Wang, Y., Zhang, P., Xie, Y., Chen, L., y Cai, Y. (2024). Machine learning insights into the evolution of flood Resilience: A synthesized framework study. *Journal of Hydrology*, 643, 131991. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2024.131991>
- Woodmansee, R. G., Moore, J. C., Ojima, D. S., y Richards, L. (2021). *Natural resource management reimagined: using the systems ecology paradigm* (R. G.



- Woodmansee, J. C. Moore, D. S. Ojima, y L. Richards, Eds.). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781108655354>
- Yan, G., Cheng, H., Jiang, Z., Teng, L., Tang, M., Shi, T., Jiang, Y., Yang, G., y Zhou, Q. (2021). Recognition of fluvial bank erosion along the main stream of the Yangtze river. *Engineering*, 19 p. <https://doi.org/10.1016/j.eng.2021.03.027>
- Yang, Y., Zhu, D. Z., Loewen, M. R., Zhang, W., van Duin, B., y Mahmood, K. (2024). Impacts of climate change on urban stormwater runoff quantity and quality in a cold region. *Science of The Total Environment*, 954, 176439. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.176439>
- Zacharias, L., Christy, J., Roopesh, B. N., V S, B., y Kasi, S. (2024). Development of a scale for measuring psychosocial vulnerability in disaster-prone areas. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 113, 104761. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2024.104761>
- Zeidan, B. A. (2024). Chapter 1 - The hydrology of the Nile River Basin. In B. A. Zeidan y A. I. M. Aly (Eds.), *The Nile River System, Africa* (Vol. 2, pp. 3-30). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-90122-2.00014-0>
- Zeng, T., Chen, G., Reniers, G., y Yang, Y. (2021). Methodology for quantitative risk analysis of domino effects triggered by flood. *Process Safety and Environmental Protection*, 147, 866 - 877 p. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2020.12.042>
- Zhang, L., Feng, Z.-k., Yao, X.-r., Niu, W.-j., Wang, Y.-q., y Mo, L. (2024). A multi-objective operation optimization method for dynamic control of reservoir water level in evolving flood season environments. *Journal of Hydrology*, 643, 131940. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2024.131940>

## ANEXOS

### ANEXO 1: Panel fotográfico

#### Figura 12

*Vista de la Av. Industrial*



#### Figura 13

*Vista de la Av. Industrial y vista del canal principal*



#### Figura 14

*Vista del canal principal de la Av. Industrial - Norte*



**Figura 15**

*Vista del canal principal de la Av. Industrial - Sur*



**Figura 16**

*Vista de la entrevista en la Av. Industrial*



**Figura 17**

*Vista de los predios vacíos de la Av. Industrial*



### Figura 18

*Vista de la entrevista en la Av. Sideral*



### Figura 19

*Vista de la entrevista en la Av. Integración – Av. J.F. Cáceres*



### Figura 20

*Vista del afluyente de la Av. J.F. Cáceres*



**Figura 21**

*Vista del afluyente de la Av. J.F. Cáceres – Jr. La Arboleda*



**Figura 22**

*Vista de la entrevista a una vecina en la Av. J.F. Cáceres – Jr. La Arboleda*



**Figura 23**

*Vista de la entrevista en la Av. Estudiante*





**Figura 24**

*Vista de la entrevista en la Av. Estudiante – Jr. La Arboleda*



**Figura 25**

*Vista de la entrevista en la carretera longitudinal de la Sierra Sur*



**Figura 26**

*Vista de la entrevista en el grifo Petro Perú*





## ANEXO 2: Declaración jurada de autenticidad de tesis



Universidad Nacional  
del Altiplano Puno



Vicerrectorado  
de Investigación



Repositorio  
Institucional

### DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo SANDRA CATACORA PARI  
identificado con DNI 47538183 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional,  Programa de Segunda Especialidad,  Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERIA AGRICOLA

informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación denominada:

" EVALUACION DE RIESGO POR INUNDACION RUVIAL EN EL CENTRO  
POBLADO DE SALCEDO - PUNO PARA UN PERIODO DE RETORNO  
DE 50 AÑOS "

Es un tema original.

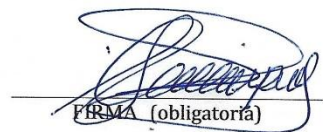
Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 13 de DIEMBRE del 2024

  
FIRMA (obligatoria)



Huella



### ANEXO 3: Autorización para el depósito de tesis en el repositorio institucional



Universidad Nacional  
del Altiplano Puno



Vicerrectorado  
de Investigación



Repositorio  
Institucional

#### AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo SANDRA CATACORA PARI  
identificado con DNI 47538183 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional,  Programa de Segunda Especialidad,  Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERIA AGRICOLA

informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación denominada:

“ EVALUACION DE RIESGO POR INUNDACION PLUVIAL EN EL CENTRO  
POBLADO DE SALCEDO - PUNO PARA UN PERIODO DE RETARNO DE  
50 AÑOS ”

para la obtención de  Grado,  Título Profesional o  Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los “Contenidos”) que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.


En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

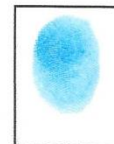
Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 13 de DICIEMBRE del 2024

  
FIRMA (obligatoria)



Huella