



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRICOLA



**EVALUACIÓN DEL RIESGO ORIGINADO POR INUNDACIÓN
PLUVIAL EN LA CIUDAD DE MACUSANI, PROVINCIA DE
CARABAYA, DEPARTAMENTO DE PUNO, 2022**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. PAOLA DEL PILAR JAPURA QUISPE

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÍCOLA

PUNO - PERÚ

2024



NOMBRE DEL TRABAJO

EVALUACIÓN DEL RIESGO ORIGINADO POR INUNDACIÓN PLUVIAL EN LA CIUDAD DE MACUSANI, PROVINCIA DE CARABAYA, DEPARTAMENTO DE PUNO, 2022

AUTOR

PAOLA DEL PILAR JAPURA QUISPE

RECuento DE PALABRAS

15936 Words

RECuento DE CARACTERES

86838 Characters

RECuento DE PÁGINAS

99 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

17.9MB

FECHA DE ENTREGA

Jan 22, 2024 11:14 AM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Jan 22, 2024 11:16 AM GMT-5

● **15% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos:

- 13% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 11% Base de datos de trabajos entregados
- 3% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 12 palabras)




Ing. Alcides Hector Calderon Montalvo
INGENIERO AGRICOLA
CIP - 122022

Resumen



DEDICATORIA

*Con amor y cariño a mis padres Vicente Japura,
Mercedes Quispe y a mi abuela Luisa por la constancia
y apoyo recibido durante todo este proceso.*



AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por protegerme durante todo mi camino y darme fuerzas para superar obstáculos y dificultades a lo largo de toda mi vida.

Agradezco también la confianza y el apoyo brindado por parte de mis padres Vicente y Mercedes, que sin duda alguna en el trayecto de mi vida me han demostrado su amor, corrigiendo mis faltas y celebrando mis triunfos.

A mis hermanos, que con sus consejos me han ayudado a afrontar los retos que se me han presentado a lo largo de mi vida.

A mi abuela, que siempre le da sentido a mi vida. Y sé que está orgullosa de la persona en la cual me he convertido.

Agradezco especialmente a mis sobrinas, Brianna y Mariajose quienes con su cariño y fortalecimiento han sido parte fundamental de mi vida.

Gracias a todas las personas que ayudaron directa e indirectamente en la realización de este proyecto.

Paola del Pilar Japura Quispe



ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE FIGURAS	
ACRÓNIMOS	
RESUMEN	14
ABSTRACT.....	15
CAPÍTULO I	
INTRODUCCIÓN	
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	17
1.1.1. Problema general.....	19
1.1.2. Problemas específicos	19
1.2. HIPÓTESIS	20
1.2.1. Hipótesis general	20
1.2.2. Hipótesis específicas	20
1.3. JUSTIFICACIÓN	20
1.4. OBJETIVOS.....	21
1.4.1. Objetivo General	21
1.4.2. Objetivos Específicos.....	21
CAPÍTULO II	
REVISIÓN DE LITERATURA	
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION.....	22



2.1.1. Internacional.....	22
2.1.2. Nacional	23
2.1.3. Regional	26
2.2. MARCO TEORICO	26
2.2.1. Riesgo de desastre	26
2.2.2. Inundaciones	27
2.2.2.1. Inundaciones pluviales.....	28
2.2.2.2. Inundaciones fluviales.....	29
2.2.3. Riesgo de inundación	29
2.2.4. Gestión del riesgo.....	30
2.2.5. Prevención del riesgo de desastre	30
2.2.6. Peligro	31
2.2.7. Vulnerabilidad.....	31
2.2.8. Riesgo	31
2.2.9. SIG en la gestión de riesgos	32
2.2.10. Medidas para la prevención de riesgos	33
2.2.10.1. Medidas estructurales.....	33
2.2.10.2. Medidas no estructurales.....	33
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	33
2.3.1. Precipitación pluvial.....	33
2.3.2. Precipitación intensa	33
2.3.3. Inundación pluvial.....	34
2.3.4. Peligro	34
2.3.5. Vulnerabilidad.....	34
2.3.6. Gestión del riesgo de desastres	34



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. ZONA DE ESTUDIO.....	35
3.1.1. Límites	35
3.1.2. Vías de comunicación y accesibilidad	36
3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN	36
3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	37
3.3.1. Población.....	37
3.3.2. Muestra.....	37
3.4. PROCEDIMIENTO METODOLOGICO.....	37
3.4.1. Realizar la determinación de los niveles de peligro y vulnerabilidad originados por inundación pluvial en la ciudad de Macusani, provincia de Carabaya, departamento de Puno, 2022.....	37
3.4.2. Determinación de la vulnerabilidad	40
3.4.2. Establecer los niveles de riesgo originados por inundación pluvial en la ciudad de Macusani, provincia de Carabaya, departamento de Puno, 2022.	43
3.4.3. Proponer medidas estructurales y no estructurales para controlar la generación de riesgos originados por inundación pluvial en la ciudad de Macusani, provincia de Carabaya, departamento de Puno, 2022.	44
3.4.4. Clima de Macusani.....	45

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. REALIZAR LA DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE PELIGRO Y VULNERABILIDAD ORIGINADOS POR INUNDACIÓN PLUVIAL EN	
---	--



LA CIUDAD DE MACUSANI, PROVINCIA DE CARABAYA,	
DEPARTAMENTO DE PUNO, 2022.	50
4.1.1. Determinación del peligro.....	50
4.1.2. Determinación de la vulnerabilidad	65
4.2. ESTABLECER LOS NIVELES DE RIESGO ORIGINADOS POR	
INUNDACIÓN PLUVIAL EN LA CIUDAD DE MACUSANI,	
PROVINCIA DE CARABAYA, DEPARTAMENTO DE PUNO, 2022.....	81
4.3. PROPONER MEDIDAS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES	
PARA CONTROLAR LA GENERACIÓN DE RIESGOS ORIGINADOS	
POR INUNDACIÓN PLUVIAL EN LA CIUDAD DE MACUSANI,	
PROVINCIA DE CARABAYA, DEPARTAMENTO DE PUNO, 2022.....	87
V. CONCLUSIONES.....	91
VI. RECOMENDACIONES.....	92
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	93
ANEXOS.....	95

Área : Ingeniería y Tecnología

Línea : Recursos hídricos

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 25 de enero 2024



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1	Vías de comunicación y acceso a la zona en estudio..... 36
Tabla 2	Promedio de temperatura en Macusani 2023 46
Tabla 3	Matriz de comparación de pares del parámetro Precipitación 52
Tabla 4	Matriz de normalización de pares del parámetro Precipitación..... 52
Tabla 5	Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) de la Precipitación..... 53
Tabla 6	Valor del factor desencadenante 53
Tabla 7	Matriz de comparación de pares del parámetro Geología 59
Tabla 8	Matriz de normalización de pares del parámetro Geología 60
Tabla 9	Índice y Relación de Consistencia de la Geología..... 60
Tabla 10	Matriz de comparación de pares del parámetro Geomorfología..... 60
Tabla 11	Matriz de normalización de pares del parámetro Geomorfología 61
Tabla 12	Índice y Relación de Consistencia de la Geomorfología..... 61
Tabla 13	Matriz de comparación de pares del parámetro Pendiente 61
Tabla 14	Matriz de normalización de pares del parámetro Pendiente 62
Tabla 15	Índice y Relación de Consistencia de la Pendiente..... 62
Tabla 16	Valor del factor desencadenante 62
Tabla 17	Nivel de peligro por inundación Pluvial para el área en estudio 62
Tabla 18	Estratificación del nivel de peligro 63
Tabla 19	Criterio del parámetro Grupo Etareo 65
Tabla 20	Matriz de comparación de pares del parámetro Grupo Etareo..... 65
Tabla 21	Matriz de normalización de pares del parámetro Grupo Etareo 66
Tabla 22	Índice y Relación de Consistencia del Grupo Etareo..... 66
Tabla 23	Criterio del parámetro Discapacidad 66



Tabla 24	Matriz de comparación de pares del parámetro Discapacidad.....	67
Tabla 25	Matriz de normalización de pares del parámetro Discapacidad	67
Tabla 26	Índice y Relación de Consistencia de la Discapacidad	67
Tabla 27	Criterio del parámetro Nivel educativo.....	68
Tabla 28	Matriz de comparación de pares del parámetro Nivel educativo.....	68
Tabla 29	Matriz de normalización de pares del parámetro Nivel educativo	68
Tabla 30	Índice y Relación de Consistencia del Nivel educativo.....	69
Tabla 31	Criterio del parámetro Programas sociales	69
Tabla 32	Matriz de comparación de pares del parámetro Programas sociales	69
Tabla 33	Matriz de normalización de pares del parámetro Programas sociales	70
Tabla 34	Índice y Relación de Consistencia de los Programas sociales.....	70
Tabla 35	Criterio del parámetro Material de paredes	70
Tabla 36	Matriz de comparación de pares del parámetro Material de paredes.....	71
Tabla 37	Matriz de normalización de pares del parámetro Material de paredes	71
Tabla 38	Índice y Relación de Consistencia del Material de paredes.....	71
Tabla 39	Criterio del parámetro Material de Techos	71
Tabla 40	Matriz de comparación de pares del parámetro Discapacidad.....	72
Tabla 41	Matriz de normalización de pares del parámetro Material de Techos	72
Tabla 42	Índice y Relación de Consistencia del Material de Techos	72
Tabla 43	Criterio del parámetro Tipo de vivienda	73
Tabla 44	Matriz de comparación de pares del parámetro Tipo de vivienda.....	73
Tabla 45	Matriz de normalización de pares del parámetro Tipo de vivienda.....	73
Tabla 46	Índice y Relación de Consistencia del Tipo de vivienda	74
Tabla 47	Criterio del parámetro Características geológicas	74
Tabla 48	Matriz de comparación de pares del parámetro Características geológicas.	74



Tabla 49	Matriz de normalización de pares del parámetro Características geológicas	75
Tabla 50	Índice y Relación de Consistencia de las Características geológicas	75
Tabla 51	Criterio del parámetro Conocimiento y cumplimiento ambiental	75
Tabla 52	Matriz de comparación de pares del parámetro Conocimiento y cumplimiento ambiental.....	76
Tabla 53	Matriz de normalización de pares del parámetro Conocimiento y cumplimiento ambiental.....	76
Tabla 54	Índice y Relación de Consistencia del Conocimiento y cumplimiento ambiental.....	76
Tabla 55	Nivel de vulnerabilidad por inundación Pluvial	77
Tabla 56	Clase del nivel de vulnerabilidad	78
Tabla 57	Nivel de riesgo por inundación Pluvial en el área en estudio	81
Tabla 58	Estratificación del nivel de la Riesgo.....	82
Tabla 59	Matriz de Peligro, Vulnerabilidad y Nivel de Riesgo.....	85
Tabla 60	Medidas estructurales para la ciudad de Macusani.....	88
Tabla 61	Medidas no estructurales para la ciudad de Macusani.....	89



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Causas de Inundaciones	28
Figura 2 Zona de estudio	35
Figura 3 Metodología para determinar el peligro.....	39
Figura 4 Metodología para determinar la vulnerabilidad.....	43
Figura 5 Metodología para determinar el riesgo	44
Figura 6 Temperatura Máxima y minina en Macusani	45
Figura 7 Categoría de nubosidad de Macusani	46
Figura 8 Probabilidad diaria de precipitación en Macusani	47
Figura 9 Promedio mensual de lluvia en Macusani	47
Figura 10 Precipitación de nieve mensual en Macusani	48
Figura 11 Elevación solar y acimut en Macusani.....	48
Figura 12 Mapa de precipitación de la ciudad de Macusani	51
Figura 13 Mapa de geología de la ciudad de Macusani	54
Figura 14 Mapa de geomorfología de la ciudad de Macusani	56
Figura 15 Mapa de pendiente de la ciudad de Macusani	58
Figura 16 Mapa de peligro de la ciudad de Macusani.....	64
Figura 17 Mapa de vulnerabilidad de la ciudad de Macusani.....	79
Figura 18 Mapa de riesgo de la ciudad de Macusani	83



ACRÓNIMOS

CENEPRED	: Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres
INDECI	: Instituto Nacional de Defensa Civil
SENAMHI	: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú
SIG	: Sistema de información geográfica
P	: Peligro
V	: Vulnerabilidad
R	: Riesgo



RESUMEN

La presente tesis se efectuó a conocimiento de que en la ciudad de Macusani, según el INEI (2017), la ciudad de Macusani se ha incrementado rápidamente. Esta situación incita a la población a construir más viviendas. El objetivo de esta investigación es evaluar el riesgo de inundación pluvial en la ciudad de Macusani, provincia de Carabaya, departamento de Puno, 2022. Los métodos utilizados se basaron en los pasos señalados en el manual para la evaluación de riesgos causados por Fenómenos Naturales - Segunda Versión del CENEPRED. Inicialmente, estas áreas parecen estar libres de riesgo de inundación cuando hay poca presencia de agua. Los resultados que se obtuvo fueron en precipitación incide de consistencia (IC) y relación de consistencia (RC) 0.061 y 0.054 respectivamente, geología IC 0.018 y RC 0.017, geomorfología IC 0.008 y RC 0.007, pendiente IC 0.061 y RC 0.054, Grupo etario IC 0.024 y RC 0.022, discapacidad IC 0.072 y RC 0.064, nivel educativo IC 0.082 y RC 0.073, programas sociales IC 0.048 y RC 0.0043, material de techos IC 0.017 y RC 0.015, nivel educativo IC 0.082 y RC 0.073. Para el segundo objetivo las medidas a considerar fue mejorar las infraestructuras de las regiones que tiene que construir canales de drenaje, construir carreteras que facilite el flujo de agua, construir tejados con ángulos pronunciados, la cual se puede visualizar en el (ANEXO 1). En conclusión, se ha obtenido un riesgo de nivel ALTO mayoritariamente en la ciudad y en menor proporción un riesgo MEDIO; proponiendo infraestructuras que accedan un excelente drenaje de las aguas de lluvias; principalmente, que las medidas estructurales y no estructurales servirán para el adecuado manejo de los riesgos ante las inundaciones pluviales.

Palabras Clave: Inundación pluvial, prevención de riesgos, Peligro, Riesgo, Vulnerabilidad.



ABSTRACT

The present study was carried out because in the city of Macusani, according to the INEI (2017), the city of Macusani has increased rapidly. This situation encourages the population to build more homes. These areas initially seem free of flood risk when there is little presence of water, therefore the development of this research has been encouraged with the objective of carrying out the evaluation of the risk caused by pluvial flooding in the city of Macusani, province of Carabaya, department of Puno, 2022; The methodology that was followed was referred to the procedures described in the manual for the evaluation of risks caused by Natural Phenomena - 2nd Version of CENEPRED; where it was taken, the danger, vulnerability and its different emanations were determined. The results obtained were in precipitation incidence of consistency (IC) and consistency ratio (RC) 0.061 and 0.054 respectively, geology IC 0.018 and RC 0.017, geomorphology IC 0.008 and RC 0.007, slope IC 0.061 and RC 0.054, Age group IC 0.024 and RC 0.022, disability IC 0.072 and RC 0.064, educational level IC 0.082 and RC 0.073, social programs IC 0.048 and RC 0.0043, roofing material IC 0.017 and RC 0.015, educational level IC 0.082 and RC 0.073. For the second objective, the measures to be considered were to improve the infrastructure of regions that have a certain level of risk, build drainage channels, build roads that facilitate the flow of water, and build roofs with pronounced angles. In conclusion, a HIGH level risk has been obtained mainly in the city and a MEDIUM risk to a lesser extent; proposing infrastructures that allow better drainage of rainwater; mainly, that structural and non-structural measures will serve to adequately manage the risks of pluvial flooding.

Keywords: Pluvial flooding, risk prevention, Danger, Risk, Vulnerability.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Hoy en día es evidente que las grandes organizaciones han experimentado un crecimiento alarmante en las últimas décadas. Como consecuencia, se han producido, entre otras fuentes de contaminación, residuos industriales, emisiones, efluentes y otros aspectos medioambientales, que es necesario controlar o gestionar adecuadamente porque, sin una eliminación final, pueden lograr una repercusión negativa en el ecosistema y alterar el clima. Las personas que viven en lugares sensibles son las más afectadas por el efecto, lo que aumenta la probabilidad de experimentar muchas formas de catástrofes naturales (Aponte & Guillen, 2021).

La cantidad de catástrofes naturales se ha intensificado significativamente en los años recientes, siendo las inundaciones las que más han aumentado, ya que han impactado a más de 2.000 millones de personas y se cree que han costado más de 400.000 millones de dólares en pérdidas económicas (De la Quintana, y otros, 2018). El recurso hídrico siempre fluye por su cauce natural, por lo que hay que respetar los cursos naturales de agua, ya sean esporádicas como arroyos o ríos, y su entorno; y incorporarlo con la previsión meteorológica y una buena planificación urbana y ordenada. Hay que tener en cuenta que las inundaciones se producen en zonas donde este fenómeno se da de forma recurrente ya sea a corto, medio o largo plazo (Lucas, 2018)

Por lo anterior, la zonificación de riesgos será utilizada por parte de las entidades competentes como una herramienta de gestión territorial para la concepción e implantación de planes de ordenamiento, planes de progreso urbano, y otros planes que coadyuven al desarrollo sostenible (CENEPRED, 2014).



Ante ello se ha conducido la elaboración del estudio, denominado: Evaluación del riesgo originado por inundación pluvial en la ciudad de Macusani, provincia de Carabaya, departamento de Puno, 2022; el cual consta de los IV capítulos que se enumeran a continuación. El capítulo I, la introducción, define el problema de investigación, formula el problema, una hipótesis, la justifica y especifica los objetivos alcanzados. En este capítulo se destaca la importancia del estudio. El Capítulo III abarca el aspecto metodológico del estudio de forma similar al Capítulo II. Abarca la naturaleza y el plan del estudio, los instrumentos y métodos empleados, la población y la muestra, los procedimientos y el tratamiento de los datos. Los argumentos relativos al tema de la tesis, la historia, el marco teórico y los conceptos clave también se tratan en el Capítulo II. Los resultados de este estudio y los descubrimientos relacionados también se tratan en el Capítulo IV. A continuación, se presentan las conclusiones y sugerencias más significativas del estudio.

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las inundaciones pluviales, desencadenadas por lluvias intensas y persistentes, representan un desafío perenne que afecta a comunidades en Todo el planeta, soberanamente de donde viva y nivel de desarrollo (Abanto, 2017); Las inundaciones pluviales, desencadenadas por lluvias intensas y persistentes, representan un desafío perenne que afecta a comunidades en todo el mundo, independientemente de su ubicación geográfica y nivel de desarrollo (Tacsá, 2020).

Al igual que el resto del mundo, Perú no está exento de este fenómeno de precipitaciones extremas, las cuales propician pérdidas materiales y humanas. Adicionalmente, el potencial hidráulico de las redes de drenaje pluvial es consistentemente inadecuado y frecuentemente desactualizado, lo que conlleva a graves



problemas de inundaciones que obstaculizan el desarrollo de actividades, ocasionan pérdidas económicas, dañan la infraestructura, deterioran los bienes y, en situaciones extremas, ocasionan víctimas mortales. Rodríguez (2012); Asimismo, Perú es catalogado por Chanca & Inga (2018) como uno de los países más susceptibles a inundaciones, lo cual es respaldado por el hecho de que las inundaciones ocurren en varias regiones durante temporadas. Por ello, la inadecuada información que se brinda a la población y la falta de planes de gestión ocasionan daños humanos, materiales y económicos.

La evidencia histórica indica que la región de Macusani ha experimentado eventos de inundación pluvial en el pasado. Estos eventos han causado daños a la infraestructura, viviendas y han impactado negativamente en la vida cotidiana de los habitantes. La evaluación del riesgo proporcionará información valiosa sobre la magnitud y frecuencia de estos eventos. (Puma, 2017); Así mismo se especifica que en el año 2018, se originaron intensas lluvias en la ciudad de Macusani; ocasionando inundaciones con una magnitud de afección de 60 viviendas; ubicada en los barrios: San Antonia, Urbanización Allinccapac, Jorge Chavez, Urbanización de Praderas de Allinccapac Simón, Bolívar, Héroes de Cenepa, Miraflores y Tupac Amaru; la mayoría de ellas de material rustico (INDECI, 2018); De igual forma el COEN (2020), Durante la temporada de Lluvias del 2020, a las 13.30horas en efecto de las intensas lluvias paralelamente con granizos, ocasionaron inundaciones de las viviendas de la urbe Central lo cual conllevo a afectar a magnitudes de 3000m² aproximadamente.

Así mismo según reportes del SENAMHI (2022); estima que las precipitaciones serán más intensas con el tiempo debido al cambio climático, lo que podría dar lugar a inundaciones por precipitaciones de mayor magnitud que las actuales; ahondando este hecho Debido a la información inadecuada proporcionada por los residentes, a su falta de preparación para este fenómeno y a la ausencia de planes de gestión de la ciudad de



Macusani; hacen prever la total falta de interés del gobierno por desarrollar planes para prepararse mejor ante este fenómeno natural y poner en marcha sistemas de drenaje pluvial que eviten y reduzcan el riesgo de inundaciones; por lo tanto, es necesario, la evaluación del riesgo es un componente esencial de la planificación urbana resiliente. Proporciona información clave para el diseño de infraestructuras, la gestión del uso del suelo y la implementación de medidas de mitigación que fortalezcan la resiliencia de la ciudad de Macusani ante inundaciones pluviales. De este modo, se pueden aplicar acciones para prevenir y disminuir los efectos de este fenómeno natural. (Toledo, 2022).

1.1.1. Problema general

¿Cómo realizar la evaluación del riesgo originado por inundación pluvial en la ciudad de Macusani, provincia de Carabaya, departamento de Puno, 2022?

1.1.2. Problemas específicos

- ¿Cómo realizar la determinación de los niveles de peligro y vulnerabilidad originados por inundación pluvial en la ciudad de Macusani, provincia de Carabaya, departamento de Puno, 2022?
- ¿Cómo establecer los niveles de riesgo originados por inundación pluvial en la ciudad de Macusani, provincia de Carabaya, departamento de Puno, 2022?
- ¿Cuáles serán las propuestas de medidas estructurales y no estructurales generación de riesgos originados por inundación pluvial en la ciudad de Macusani, provincia de Carabaya, departamento de Puno, 2022?



1.2. HIPÓTESIS

1.2.1. Hipótesis general

La evaluación del riesgo originado por inundación pluvial se considerará mediante la multiplicación del nivel de peligro y vulnerabilidad, y en base a ello es propuesto las medidas estructurales y no estructurales en la ciudad de Macusani, provincia de Carabaya, departamento de Puno, 2022

1.2.2. Hipótesis específicas

- Se analizarán los niveles de peligro y vulnerabilidad originados por inundación pluvial en la ciudad de Macusani.
- los niveles de peligro y vulnerabilidad originados por inundación pluvial en la ciudad de Macusani, tienen un riesgo mayor ya que aun cuentan con casas de adobe y no cuentan con buena estructura.
- las medidas propuestas se harán de acuerdo a los resultados que se obtendrán tanto estructural y no estructural.

1.3. JUSTIFICACIÓN

Este trabajo se justifica por el hecho de que, según el INEI (2017), la ciudad de Macusani se ha incrementado rápidamente. Esta situación incita a la población a construir más viviendas, que suelen estar situadas en zonas bajas con poca topografía. Estas zonas parecen inicialmente libres de riesgo de inundación cuando hay poca presencia de agua, pero cuando se crean avenidas máximas, se convierten en áreas de elevado riesgo de inundación. Tampoco se ha investigado el riesgo que entrañan las lluvias torrenciales; Adicionalmente, se afirma que la falta de un proyecto de investigación de riesgo para las inundaciones pluviales provoca que la ciudadanía no sea consciente de este riesgo. En



consecuencia, la realización de dicho estudio suministrará el nivel de riesgo al fenómeno de inundación pluvial de origen natural en la ciudad de Macusani, con el objetivo de dar a la sociedad y a las autoridades una base de conocimiento a partir de los resultados generados, La investigación propuesta contribuirá al conocimiento científico sobre las inundaciones pluviales y ofrecerá herramientas prácticas para la evaluación y gestión del riesgo. Esto no solo beneficiará a la comunidad académica, sino que también proporcionará recursos valiosos para profesionales y responsables de la toma de decisiones.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo General

Analizar el Contexto Climático y Hidrográfico riesgo originado por inundación pluvial en la ciudad de Macusani, provincia de Carabaya, departamento de Puno, 2022

1.4.2. Objetivos Específicos.

- Evaluar la Vulnerabilidad de la Población y la Infraestructura originados por inundación pluvial en la ciudad de Macusani, provincia de Carabaya, departamento de Puno, 2022
- Establecer los niveles de riesgo originados por inundación pluvial en la ciudad de Macusani, provincia de Carabaya, departamento de Puno, 2022.
- Proponer medidas estructurales y no estructurales para controlar la generación de riesgos originados por inundación pluvial en la ciudad de Macusani, provincia de Carabaya, departamento de Puno, 2022.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION

2.1.1. Internacional

Talavera (2018), en su tesis su objetivo es de estimar el nivel de riesgo ante inundaciones de la residencial San Andrés-Mexico, mostrando su circunstancia actual con el fin de recomendar medidas no estructurales para reducir el peligro de inundaciones. La metodología que utilizo fue analítica – comparativo. Para definir un amplio espectro de los bienes en riesgo y los rasgos distintivos de la región, como resultado se combinaron datos estadísticos con la información referencial de los planes de desarrollo municipales. Siguiendo los lineamientos del CENAPRED, en conclusión se determinó que la tasa total indica que existe un riesgo alto, destacando por los niveles de agua anual y el entorno ambiental-físico anticipadamente descrito, jugaron un papel importante como determinants para la estimación del riesgo.

Lucas (2018), en su estudio tiene como objetivo analizar el riesgo de inundación para proponer medidas preventivas en la disminución de daños potenciales que se origine en la localidad de Roblecito, la metodología siguió los siguientes pasos: El paso inicial consistió en identificar siete categorías de vulnerabilidad: medioambiental, social, educativa, física, económica, científica y cultural. Estas categorías se estudiaron para evaluar la vulnerabilidad global. En la segunda etapa, se analizaron mapas de pendiente, curvas, SPI, TWI, NC y longitud del río a nivel de microcuenca para evaluar el grado de peligro. A



continuación, utilizando los SIG, se crearon mapas de peligro y vulnerabilidad para evaluar el riesgo, como resultado se decidió que la mayor porción de la ciudad está sometida a un riesgo muy alto y alto de inundación, ya que lo resultante revelaron altos grados de vulnerabilidad en una porción significativa del área de estudio, además el peligro se describió en muy alto. En conclusión, el estudio determino que el lugar de investigación está en un riesgo algo de inundación pluvial por la ubicación plana en la se encuentra.

2.1.2. Nacional

Aponte & Guillen (2021), realizaron el trabajo de investigación con el objetivo de estimar el riesgo por inundación pluvial por medio del nivel de peligro y vulnerabilidad del Distrito de La Esperanza. Georeferencing and polls of the neighborhood's residents served as the instruments. La metodología que siguió fue el Manual del INDECI en 2006, como enfoque para calcular el riesgo, ya que es más fácil de usar y más eficaz. Como resultado se obtuvo los hallazgos, existe una alta vulnerabilidad con una vulnerabilidad total de 72% y una alta peligrosidad de 70%. Utilizando estas indicaciones, evaluamos la probabilidad de inundaciones pluviales en este asentamiento humano. En conclusión, la ubicación es un factor importante ya que al estar en una quebrada tiene alta probabilidad de inundación.

Lazo & Correo (2021), realizaron el trabajo de investigación con el objetivo de estimar los grados de riesgo originado por la inundación pluvial en función del peligro y vulnerabilidad de la población y sus modos de vivir. En la metodología Se identificaron y analizaron las características del fenómeno de inundación pluvial relacionadas con la vulnerabilidad para establecer los niveles de peligrosidad. mediante matrices creadas por Thomas Saaty, se utilizó la técnica



multicriterio para determinar la ordenación y coeficiente de los parámetros y descriptores. El mapa de zonificación de peligros muestra las clasificaciones y los niveles de riesgo que se determinaron. Como resultado de estas cuestiones, ya se ha examinado la vulnerabilidad de los parámetros susceptibles, basándose en los aspectos medioambientales, sociales y económicos y en sus respectivos elementos de exposición, fragilidad y resiliencia. Es evidente que, dadas las condiciones físicas del territorio analizado, resulta complicado actuar sobre la amenaza. Utilizando la matriz del CENEPRED, se calcularon los grados de riesgo con base al peligro y vulnerabilidad. En conclusión, la zonificación del riesgo muestra los niveles y rangos de peligro. Tras calcular las pérdidas y daños potenciales provocados por los sucesos o fenómenos, se propusieron soluciones estructurales y también no estructurales para prevenir el riesgo.

Vásquez (2021), en su investigación con el objetivo de estimar el nivel de riesgo en la quebrada los Chilcos. La compilación de información se efectuó entre octubre a diciembre de 2021, y siguió el enfoque descrito en la guía del CENEPRED. A través de encuestas, fichas técnicas y datos recopilados del SENAMHI, ANA, el software HEC RAS procesó los datos para calcular el peligro de inundación, el cual fue evaluado utilizando los resultados del estudio hidrológico de la quebrada Chilcos. Los resultados del estudio confirmaron la hipótesis planteada en cuanto a la existencia de un alto riesgo. Además, se cuantificó el grado de vulnerabilidad al que está susceptible la población de esta localidad, el resultado es una puntuación de 0,56, que está dentro del intervalo de 0,384R1,676 y, en definitiva, un grado de peligrosidad alto. 55 está dentro del intervalo de 0,384R1,676, lo que indica una vulnerabilidad muy alta. Lo que demuestra la premisa del estudio y lleva a la conclusión de que deberían



construirse gaviones de cajón para reducir el peligro de inundación y salvaguardar la región de los niveles más altos de inundación.

Chanca & Inga (2018), desarrollaron una investigación con el objetivo de evaluar la incidencia para examinar los niveles de peligro y vulnerabilidad se utilizó una encuesta para determinar el nivel de peligro relacionado con las inundaciones y un cuestionario para determinar el nivel de vulnerabilidad relacionado con las inundaciones.. Estos cuestionarios se rellenaron observando los variados elementos según cada ítem. A continuación, los resultados obtenidos se analizaron con el programa Microsoft Excel. La muestra estaba formada por 11 pueblos del distrito de Moya. Los resultados mostraron que el 82% del distrito de Moya es propenso a una zona de alta vulnerabilidad a las inundaciones y que el 61% del mismo tiene una calificación de alto riesgo de inundación porque es propenso a las inundaciones. En conclusión, el resultado de la prueba estadística 0,05 apoya la adopción de la hipótesis alternativa, en conclusión, lo que demuestra que las inundaciones tienen un impacto considerable en el riesgo de catástrofe todo ello principalmente por el cambio climático.

De la Quintana, y otros (2018), ejecutaron su tesis con el objetivo de determinar los niveles de peligrosidad, vulnerabilidad y el riesgo, para conocer el potencial de incidencia de la inundación por fuertes precipitaciones de modo insólito en la laguna de Huacarpa y cuenca del río Lucre. Para su preparación de la metodología utilizaron el enfoque de la segunda edición del "evar", que les permitió examinar los elementos de evaluación y susceptibilidad de los fenómenos. El INGEMMET, el INEI, la ANA, la Municipalidad Distrital, el CENEPRED y la colecta de información por parte del equipo que realizó el estudio fueron las fuentes a las que se recurrió para lograr datos dentro de este



marco. Llegaron a la conclusión de que las áreas urbanas se encuentran en alto riesgo de inundación debido a las fuertes lluvias, y especularon sobre los posibles efectos de esto en las áreas urbanas del C.P. de Huacarpay.

2.1.3. Regional

Toledo (2022), efectuó el estudio, el propósito de estimar el riesgo por inundación pluvial en el área urbana del distrito de Ocuvi; El método utilizado fue de acuerdo con el manual del CENEPRED, la metodología inicio con identificar la amenaza a través de los factores (desencadenantes y condicionantes) a un tiempo de retorno-PR de 2 años y 50 años; adicionalmente, determinar la vulnerabilidad; y finalmente, obtener el nivel de riesgo multiplicando ambos criterios; cada uno de estos factores se utilizó para estimar el riesgo. Además de la vulnerabilidad a un PR 2 años (alto 74,61%; medio 8,59% y bajo 8. 43%), PR 50 años (muy alto 75,75% y alto 24,25%), y el nivel de riesgo, que actualmente oscila entre alto 89,40% y muy alto-4,27%) a un PR 50 un riesgo muy alto, están los niveles de peligrosidad resultantes: PR 2 años (muy alto 62,56%; y alto 36,54%) y PR-50 años (muy alto 96,62%; y alto 3,38%). En conclusión, es que, en comparación con el peligro a un PR de 2 años, el riesgo a un PR de 50 años aumentara el nivel de riesgo.

2.2. MARCO TEORICO

2.2.1. Riesgo de desastre

Es la situación en la que una ciudad específica, así como las actividades que la soportan y dependen de ella, sufren pérdidas y daños como resultado de una amenaza; es dinámico e impredecible porque sus dos componentes -amenaza y



vulnerabilidad- sufren de manera diferente dependiendo de la ubicación, el entorno, el tiempo y la población (CENEPRED, 2014).

Sólo si la población trabaja en conjunto para reducir estos factores, sin crear nuevos riesgos ni alargar sus vulnerabilidades, se pueden disminuir los valores del riesgo (Toledo, 2022).

Las circunstancias de riesgo, que enfatizan que el riesgo surge porque existe una población o infraestructura susceptible a la ocurrencia, pueden tener implicaciones económicas, sociales y ambientales en el futuro si no se corrigen (Cardenas, 2018).

El riesgo no puede eliminarse, sino que sólo puede disminuirse mediante el conjunto de daños provocados por las medidas adoptadas por las organizaciones y la sociedad en general para prevenirlo, mitigarlo y erradicarlo (Mamani, 2020).

2.2.2. Inundaciones

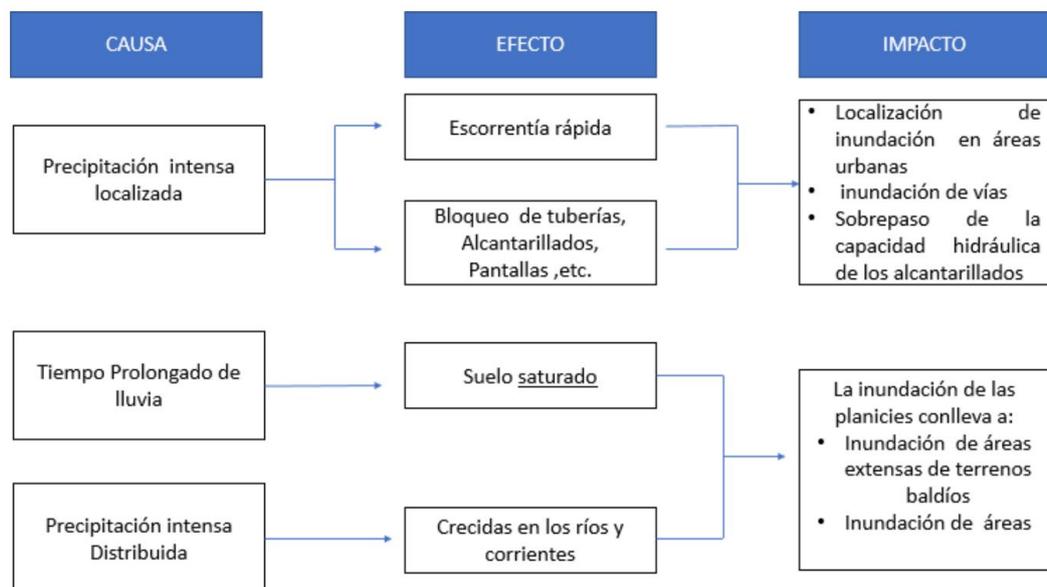
Implica la crecida gradual y anómala del agua en un instante dado, que puede ser causada por factores naturales logrando ser un arroyo, riachuelo o río. Perjudica al ganado, la agricultura y las zonas urbanas debido a fenómenos meteorológicos como la lluvia. En otras palabras, supone exponer los elementos y posesiones de la población al riesgo de inundaciones (Vasquez, 2021).

Además, según Talavera (2018), agrega que las urbanizaciones que desde su construcción no han tenido regulado su asentamiento en las conurbaciones de cuerpos de agua, también son susceptibles a las inundaciones por carecer de los recursos económicos para controlar o aminorar los daños ocasionados por este fenómeno.

Debido a la naturaleza de la sociedad y a la estrecha conexión entre ésta y los fenómenos naturales, cuando una población se afirme en una zona, debe lidiar con los cambios bruscos del territorio, haciéndolo con un conocimiento anticipado, lo que provoca un riesgo a la calidad de vida de los residentes (Puma, 2017).

Figura 1

Causas de Inundaciones



Fuente: (Vásquez, 2021)

2.2.2.1. Inundaciones pluviales

Las inundaciones pluviales son provocadas por un acrecentamiento de las precipitaciones, que se origina cuando el terreno o la superficie están completamente saturados de recursos hídricos. En ese momento, las precipitaciones comienzan a acumularse y a crear grandes lagunas que se llenan de agua de lluvia, donde suele permanecer un tiempo antes de evaporarse y de que el área recupere su capacidad de absorción hídrica. La inundación pluvial es con ninguna duda, el cumulo de agua debida a precipitaciones importantes en una zona que no es propicia a las descargas



masivas, lo que provoca el aumento del agua que invade el territorio adyacente (CENEPRED, 2014).

2.2.2.2. Inundaciones fluviales

Se originan cuando el cauce de un río se colmata de agua en efecto a las fuertes lluvias precipitadas en esa región. Cuando esto ocurre, el río se desborda y llega a las tierras cercanas, donde puede provocar corrimientos de tierra y dañar viviendas vulnerables. Sin embargo, si este fenómeno se controla adecuadamente, podría cambiar y convertirse en la norma (CENEPRED, 2014).

2.2.3. Riesgo de inundación

Es un peligro natural común causando daños a la economía, la sociedad y ecosistemas. Su investigación exige con frecuencia la evaluación de variables de riesgo y susceptibilidad. Geográficamente, la amenaza de la inundación está simbolizado por las áreas inundables susceptible de inundación, siendo las crecidas de los ríos y las lluvias torrenciales los principales desencadenantes (Lucas, 2018).

Partiendo de estas ideas, la principal acción para el manejo de las inundaciones es resguardar las zonas inundables libres de personas para que logren realizar su misión natural. Sin embargo, actualmente, esto no es fácil debido a la alta densidad de población causada por la inadecuada gestión de suelos, lo que hace esencial la implementación de medidas de mitigación y prevención (Chanca & Inga, 2018).



2.2.4. Gestión del riesgo

Es un grupo de habilidades, medidas y profesiones enfocadas a planear actividades y programas para disminuir las consecuencias de las catástrofes. Se fracciona en 3 acciones, que son las siguientes (Aponte & Guillen, 2021):

- **La Prevención (Antes):** Estimar el riesgo y disminuir del riesgo.
- **La Respuesta (Durante):** hay una respuesta que implica el tratamiento real, el análisis de daños y la recuperación.
- **La Reconstrucción (Después):** El componente principal de la prevención, la estimación del riesgo, será el único tema tratado para los objetivos de este manual.

2.2.5. Prevención del riesgo de desastre

CENEPRED (2014), destaca que la prevención del riesgo es una operación cuyo propósito es la reducción, prevención, y gestión a largo plazo de los eventos extremos, de igual manera con la idónea capacitación y reacción ante eventos naturales, tomando en cuenta las estrategias del país con particular hincapié en las asociadas con los aspectos ambientales, económicos, seguridad, defensa nacional de modo sostenible.

Además, Aponte & Guillen (2021), lo definen como un proceso que tiene como objetivo cambiar las condiciones actuales de riesgo y prevenir nuevos riesgos en la zona por medio de "medidas correctivas", que se fijan con anticipación para disminuir el peligro, y la vulnerabilidad de la población, los modos de vida, la propiedad, la estructura y los materiales ambientales, con propósito de minimizar las pérdidas en el caso de la ocurrencia de acontecimientos extremos.



2.2.6. Peligro

Según CENEPRED (2014), afirma que la gestión del riesgo de eventos es un enfoque tecnológico para detectar y definir los peligros, examinar las vulnerabilidades, cuantificar, regular, gestionar e informar los riesgos con el propósito de alcanzar un crecimiento continuo mediante una toma de decisiones inteligente. El uso del análisis de riesgos consiente en la toma de acciones y la evaluación de riesgos.

Por otro lado, Aponte & Guillen (2021), en este análisis se combinan las posibilidades del peligro hallado, siendo, su intensidad, tal como la evaluación de la resiliencia de los parámetros expuestos al peligro, dentro de un área geográfica determinada

2.2.7. Vulnerabilidad

Adicionalmente, el CENEPRED (2014) señala que el nivel de vulnerabilidad de un factor se define como el nivel en que está expuesto a un peligro natural o antrópico de una severidad determinada. Describe la disposición con que un elemento como la vivienda, las ocupaciones productivas, la infraestructura, el grado de afiliación, las actividades de vigilancia y el establecimiento institucional-político- puede sobrevivir a daños materiales e individuales.

2.2.8. Riesgo

El riesgo, o la interacción de los escenarios espacio-temporales del área de incidencia expresados en extensión de susceptibilidad del territorio, es la mezcla del conocimiento teórico y empírico sobre la ocurrencia de la amenaza previamente definida.



Para determinar el criterio que hay que tener en cuenta se utiliza la siguiente ecuación.

$$R = P * V$$

Donde:

R = Riesgo

P = Peligro

V = Vulnerabilidad

2.2.9. SIG en la gestión de riesgos

Los SIG se están empleando como apoyo en diversos sectores, ante todo en la administración de datos sobre recursos de carácter natural, infraestructuras, demografía y peligros. Logra ser útil para detectar los lugares que son menos susceptibles a los peligros o que no lo son en absoluto y que son los más adecuados para el incremento y las labores productivas (De la Quintana, y otros, 2018).

La principal herramienta que los SIG aportan a la gestión de las inundaciones son los llamados mapas de riesgo de inundación. Estos mapas ayudan a tomar decisiones e identifican las zonas que requieren atención inmediata, las regiones que merecen el uso de estrategias de gestión de riesgos y los planos de los terrenos que deben priorizarse en las investigaciones de riesgo. Los SIG también permiten a los zonificadores detectar las estructuras situadas en zonas susceptibles a inundarse que solicitan la creación de programas de acción para los fenómenos (Toledo, 2022).



2.2.10. Medidas para la prevención de riesgos

2.2.10.1. Medidas estructurales

Cualquier infraestructura física destinada a disminuir o prevenir riesgos, así como el uso de métodos de ingeniería para hacer estructuras y sistemas resilientes a las amenazas (CENEPRED, 2014).

2.2.10.2. Medidas no estructurales

Toda acción que prevenga o disminuya el riesgo y sus efectos sin el uso de la construcción física y haga uso de conocimientos, costumbres o acuerdos ya establecidos, particularmente por medio de leyes y reglamentos, mayor conciencia pública, instrucción y formación (CENEPRED, 2014).

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

2.3.1. Precipitación pluvial

Son meteorológicas recogidas en la extensión de la tierra, como la nieve, la granizada y la lluvia, entre otras. También existen la escarcha y el rocío, que son precipitaciones modestas pero dignas de mención en algunos lugares. (Toledo, 2022).

2.3.2. Precipitación intensa

Las amenazas geomorfológicas naturales como erosión, movilizaciones en masa, inundaciones, deslizamientos y afluencias, y crecidas de ríos y quebradas son causadas por eventos hidrometeorológicos intensos que ocurren con poca



frecuencia y con una aparente dispersión geográfica desigual (Chanca & Inga, 2018).

2.3.3. Inundación pluvial

Se desarrolla cuando una concentración de la precipitación cae en una región determinada, colmatando el potencial de retención del suelo y manteniéndola así durante un determinado tiempo (Toledo, 2022).

2.3.4. Peligro

Ocurrencia potencialmente perjudicial que ocurra en un lugar determinado, con una magnitud concreta, durante un lapso determinado y con una prevalencia determinada (CENEPRED, 2014).

2.3.5. Vulnerabilidad

Es la propensión de una población, entorno físico o actividad socioeconómica a sufrir daños como consecuencia de un riesgo. Para describir la vulnerabilidad se pueden utilizar tres factores: fragilidad, resiliencia y exposición, (CENEPRED, 2014).

2.3.6. Gestión del riesgo de desastres

Se trata de la operación social con objetivo de prevención, la minimización y el manejo a largo plazo de los elementos de riesgo de catástrofe en una comunidad, también la formulación y reacción adecuadas ante eventos de catástrofe, tomando en cuenta al mismo tiempo las políticas del país, con particular prioridad en las asociadas con asuntos económicos, medioambientales, de seguridad, defensa nacional y territoriales (CENEPRED, 2014).

CAPÍTULO III

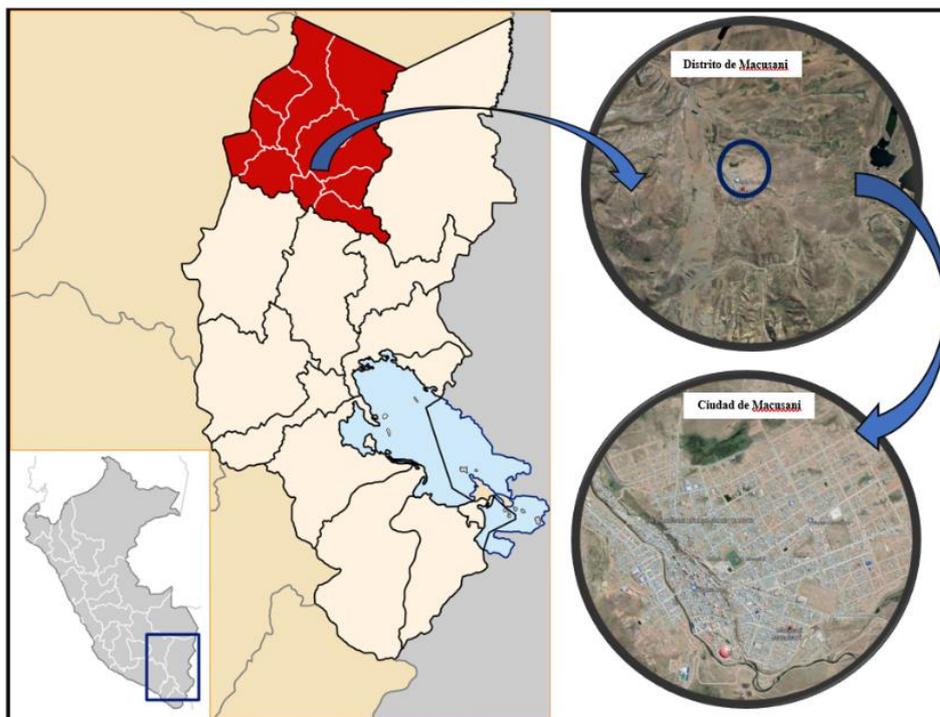
MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. ZONA DE ESTUDIO

El presente trabajo de investigación, es en la ciudad de Macusani, provincia de Carabaya, encontrándose en la región de Puno, Perú ubicado en las Coordenadas, Latitud: $14^{\circ} 4'5.87''S$ Longitud: $70^{\circ}25'45.42''O$, a una altura de 4352 m.s.n.m.

Figura 2

Zona de estudio



Fuente: Elaboración propia

3.1.1. Limites

- Por el este : Distrito de Ajoyani
- Por el oeste : Distrito de Corani
- Por el norte : Distrito de Ayapata y Ollachea



- Por el sur : Provincia de melgar

3.1.2. Vías de comunicación y accesibilidad

Puntos de acceso y enlaces de comunicación de la ciudad de Juliaca a la zona de investigación se presentan en la Tabla 1:

Tabla 1

Vías de comunicación y acceso a la zona en estudio

De	a	Tipo de vía	Distancia	Tiempo
Juliaca	Azángaro	Carretera asfaltada	73.5 km	1:09 horas
Azángaro	San Antón	Puno Carretera asfaltada	55.6 km	0:50 horas
San Antón	Macusani	Kelluyo Carretera trocha	81.1 km	1:10 horas

3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El estudio a emplear en la creación de este proyecto es **DESCRIPTIVA** porque pretende describir las cualidades, rasgos, variables o hechos de conocimiento, fenómenos, hechos, en un momento específico, o cualquier otro evento que se esté estudiando (Baena, 2017).

En el caso del presente estudio se describió el nivel de peligro, vulnerabilidad, y riesgo para el área en estudio (ciudad de Macusani); y en base a estos resultados se propuso medidas tanto estructurales y no estructurales para disminuir los impactos de las inundaciones pluviales.



Dado que toda la recopilación de datos para determinar el riesgo y la vulnerabilidad se realizará mediante la observación de los fenómenos, el diseño del estudio es NO EXPERIMENTAL (Hernández & Mendoza, 2018).

Este diseño de investigación es pertinente para la presente investigación porque la variable independiente no se modificará.

3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.3.1. Población

La población en estudio es la zona en estudio; siendo en este caso la ciudad de Macusani, provincia de Carabaya, departamento de Puno.

3.3.2. Muestra

Se ha estimado que la muestra es la misma especificada que la localidad; siendo la ciudad de Macusani, provincia de Carabaya, departamento de Puno.

3.4. PROCEDIMIENTO METODOLOGICO

3.4.1. Realizar la determinación de los niveles de peligro y vulnerabilidad originados por inundación pluvial en la ciudad de Macusani, provincia de Carabaya, departamento de Puno, 2022.

Para realizar el valor de los niveles de peligro y vulnerabilidad originados por inundación pluvial en la ciudad de Macusani; se empleó los procedimientos descritos por el (CENEPRED, 2014); el cual indica lo siguiente:

a) Determinación del peligro

Para determinar el riesgo, se analizó en primer lugar el procedimiento de análisis jerárquico; a continuación, se consideraron dos variables que influyen en la probabilidad de inundaciones pluviales siendo:

- **Factor desencadenante-**. Al ser la inundación pluvial la causa principal en este caso, la "precipitación" es el principal factor desencadenante. Para determinar la precipitación máxima anual ocurrida en un periodo de tiempo determinado, se descargaron datos pluviométricos de las estaciones meteorológicas más cercanas a la zona de estudio y se organizaron en una hoja de cálculo Excel. A continuación, estos datos se interpolaron en una aplicación ArcGIS.; y mediante la ayuda de la herramienta "Kriging" los datos fueron modelados en el área en estudio (ciudad de Macusani); y, a partir de esta información, se determinó la cantidad de precipitaciones en la zona de estudio; a continuación, se obtuvo el vector de priorización (descriptor) mediante el Proceso de análisis Jerárquico; después, se asignó a cada descriptor un peso específico; por último, se calculó el factor desencadenante (**precipitaciones**) mediante la siguiente ecuación.

$$\sum_{k=i}^n Factor_{desenc} * Descriptor_{desenc} * Peso_{desenc} = Valor_{desenc}$$

- **Factor condicionante-**. Se tomaron en cuenta los elementos condicionantes del área de estudio para la inundación pluvial, específicamente pendiente, geología y geomorfología. Estos datos fueron obtenidos del geo sitio GEO GPS PERU-MINAM en dimensión Shapefile.; para consecutivamente ser interpolados en el Software ArcGIS; y delimitarlas en la zona en estudio; se

utilizó la siguiente ecuación para determinar el valor del elemento condicionante después de someter los datos de pendiente, geología y geomorfología al proceso de análisis Jerárquico para crear el vector de preferencia (Descriptor). Se asignó un peso específico a cada descriptor.

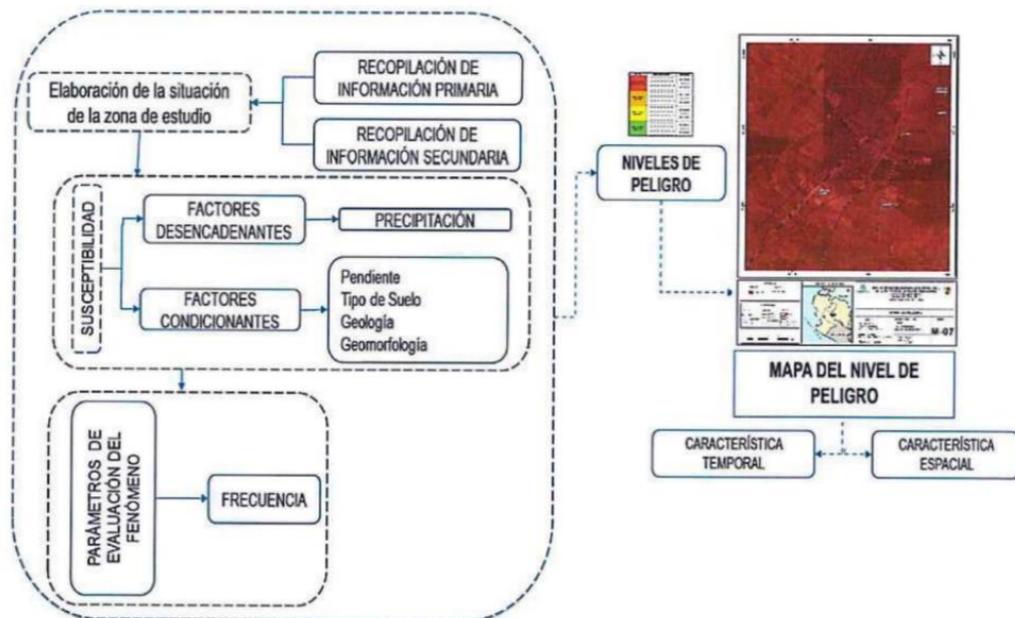
$$\sum_{k=i}^n Factor_{condi} * Descriptor_{condi} * Peso_{condic} = Valor_{condic}$$

Se utilizó la aplicación Excel para ordenar los valores de los componentes condicionantes y desencadenantes. A continuación, el programa ArcGIS importó estos datos en la tabla de características del vector principal, donde se determinó el valor de peligro mediante la siguiente ecuación.

$$Valor_{condic} * Valor_{desenc} = Valor_{peligrosidad}$$

Figura 3

Metodología para determinar el peligro



Fuente: (CENEPRED, 2014)

3.4.2. Determinación de la vulnerabilidad

La información sobre los aspectos de resiliencia y fragilidad se tuvo en cuenta en las dimensiones social, económica y medioambiental para determinar la vulnerabilidad.

- **Dimensión Social:** En la extensión social se reflexionó lo siguiente:
 - Fragilidad-. **Grupo Etario y la Discapacidad** (Se recopilaron los datos del último Censo del INEI para evaluar la vulnerabilidad y deterioro del grupo etario. Luego de aplicar estos datos al Proceso de Análisis Jerárquico, se obtuvo un vector de prioridad o descriptor. A cada descriptor se le asignó un peso y con esta información se utilizó la siguiente ecuación para determinar la vulnerabilidad. "Grupo Etario y Discapacidad").

$$\sum_{k=i}^n \text{Fragilidad}_{social} * \text{Descriptor}_{social} * \text{Peso}_{social} = \text{Valor}_{social_1}$$

- Resiliencia-. **Nivel educativo y los programas sociales** (Para diagnosticar la invulnerabilidad "Nivel educativo y programas sociales"; de la misma manera que el procedimiento de susceptibilidad, se recopiló toda la información disponible del INEI; los datos fueron sometidos al Proceso de Análisis Jerárquico para adquirir el vector de priorización (Descriptor); se asignó un peso a cada descriptor; con esta información se aplicó la siguiente ecuación para determinar la resiliencia).

$$\sum_{k=i}^n \text{Resiliencia}_{social} * \text{Descriptor}_{social} * \text{Peso}_{social} = \text{Valor}_{social_2}$$

Aplicando la subsiguiente ecuación para estimar la vulnerabilidad en la dimensión social

$$Valor_{social_1} * Valor_{social_2} = Valor_{Vulnerabilidad\ social}$$

- **Dimensión económica-**. Se tuvieron en cuenta los siguientes factores de resiliencia y susceptibilidad.
 - **Fragilidad-**. Para calcular la fragilidad, se realizaron visitas sobre el terreno y se tomaron imágenes por satélite de la zona de estudio para determinar qué materiales constituían la mayor parte de los muros, tejados e infraestructuras de drenaje de aguas pluviales. A continuación, los datos se procesaron mediante el desarrollo de análisis jerárquico para crear un vector de priorización; a cada descriptor se le asignó un peso específico, y se utilizó la subsiguiente ecuación para calcular la fragilidad de la dimensión económica).

$$\sum_{k=i}^n Fragilidad_{econo} * Descriptor_{econo} * Peso_{econo} = Valor_{economica_1}$$

- **Resiliencia-**. **Tipo de vivienda** (De forma similar, para determinar el tipo de vivienda presente en la zona de estudio, se utilizaron visitas sobre el terreno e imágenes por satélite. A continuación, se utilizó el procedimiento de Análisis Jerárquico para conseguir el vector de priorización, o descriptor; se asignó un peso específico a cada descriptor, y se utilizó la siguiente ecuación para determinar la resiliencia de la dimensión económica basándose en esta información.

$$\sum_{k=i}^n Resiliencia_{econo} * Descriptor_{econo} * Peso_{econo} = Valor_{economica_2}$$

La vulnerabilidad de la dimensión económica se calculó mediante la siguiente fórmula.

$$Valor_{economica_1} * Valor_{economica_2} = Valor_{vulnerabilidad\ economica}$$

- **Dimensión ambiental-**. En el ámbito medioambiental se tuvieron en cuenta los siguientes elementos de fragilidad y resiliencia.

- Susceptibilidad-. **Características Geológicas** (Para hallar la fragilidad "Características geológicas") Se recopiló información del municipio de Macusani sobre la capacidad portante del suelo para usar el Proceso de Análisis Jerárquico y crear un vector de priorización (Descriptor). Se asignó un peso a cada descriptor y la ecuación resultante se utilizó para encontrar la fragilidad en la dimensión ambiental.

$$\sum_{k=i}^n Fragilidad_{ambien} * Descriptor_{ambien} * Peso_{ambien} = Valor_{ambiental_1}$$

- Resiliencia-. **Conocimiento y cumplimiento ambiental** (Para comprobar la invulnerabilidad, se tuvo en cuenta el "Conocimiento y cumplimiento ambiental"; de forma similar a la determinación de la fragilidad, se recopiló toda la indagación disponible del municipio de Macusani; a continuación, se aplicó el Proceso de Análisis Jerárquico a estos datos para adquirir el vector de priorización, o descriptor); a continuación, se asignó a cada descriptor un peso específico, y se utilizó la siguiente ecuación para determinar la resiliencia).

$$\sum_{k=i}^n Resiliencia_{ambien} * Descriptor_{ambien} * Peso_{ambien} = Valor_{ambiental_2}$$

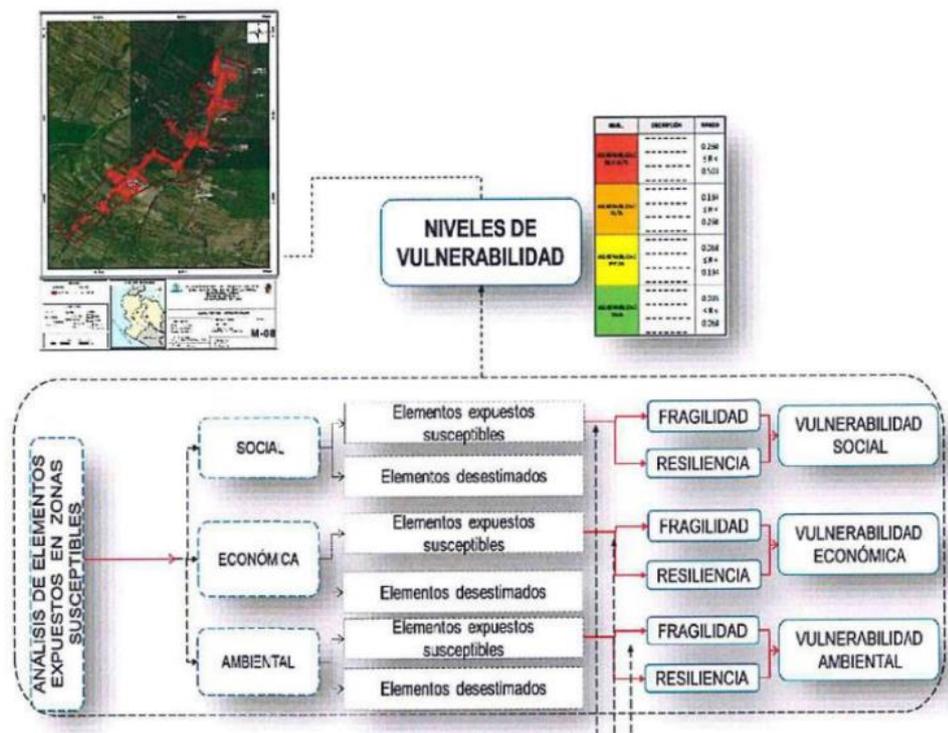
Hemos utilizado la siguiente fórmula para calcular la vulnerabilidad en el ámbito medioambiental.

$$Valor_{ambiental_1} * Valor_{ambiental_2} = Valor_{vulnerabilidad\ ambiental}$$

Para determinar el grado de vulnerabilidad de la zona estudiada se aplicó la siguiente fórmula: tiene en cuenta los efectos combinados de la vulnerabilidad social, económica y ambiental. todo ello de acuerdo al (CENEPRED, 2014).

Figura 4

Metodología para determinar la vulnerabilidad



Fuente: (CENEPRED, 2014)

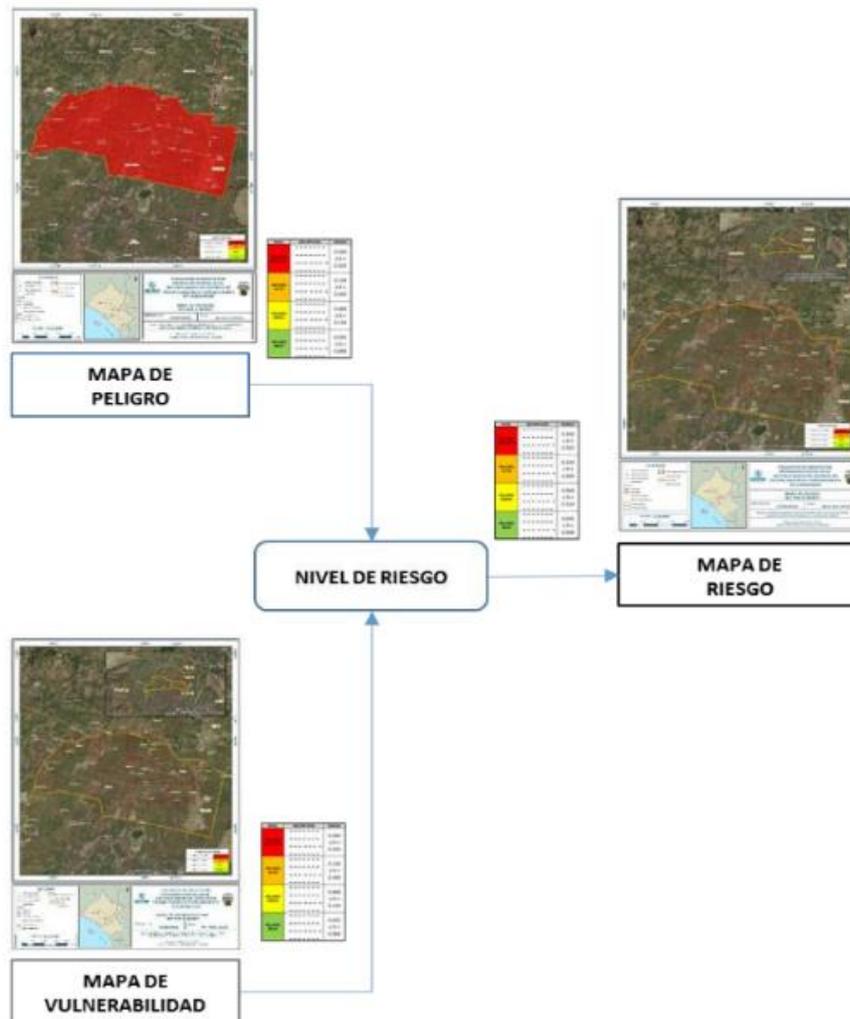
3.4.2. Establecer los niveles de riesgo originados por inundación pluvial en la ciudad de Macusani, provincia de Carabaya, departamento de Puno, 2022.

Para instituir los niveles de riesgo originados por inundación pluvial en la ciudad de Macusani; siendo el valor de riesgo por el valor del peligro con el valor de vulnerabilidad; se empleó la siguiente fórmula.

$$Valor_{PELIGROSIDAD} * Valor_{VULNERABILIDAD} = Valor_{RESGO}$$

Figura 5

Metodología para determinar el riesgo



Fuente: (CENEPRED, 2014)

3.4.3. Proponer medidas estructurales y no estructurales para controlar la generación de riesgos originados por inundación pluvial en la ciudad de Macusani, provincia de Carabaya, departamento de Puno, 2022.

Para el presente objetivo se propuso medidas estructurales y no estructurales, frente al riesgo de las inundaciones pluviales.

Medidas estructurales- Para salvaguardar a la población y sus bienes de las amenazas que suponen las inundaciones pluviales, se han propuesto soluciones estructurales que reflejan una intervención de ingeniería física.

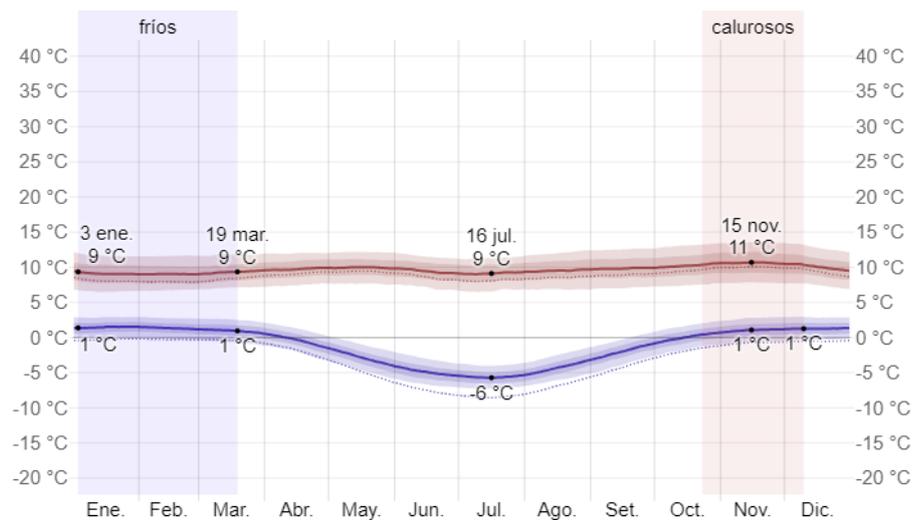
Medidas no estructurales- Las medidas estructurales fueron en parte para la población de la ciudad de Macusani, debido a que no presumen una construcción física la cual viene a ser mediante el empleo del conocimiento para someter el riesgo y sus impactos.

Dichas medidas propuestas van dirigidas a la entidad competente de la municipalidad; para que ellas la puedan aplicar; y en base a ello poder prevenir las consecuencias que año tras año generan graves perjuicios a la población y estructura de la ciudad.

3.4.4. Clima de Macusani

Figura 6

Temperatura Máxima y mínima en Macusani



Fuente: (Weatherspark, 2023)

En la figura 6 se puede apreciar que las líneas rojas son niveles máximos de días calurosos donde el 15 de noviembre estuvo con 11°C y el 16 de julio el día más frío del año con -6°C.

Tabla 2

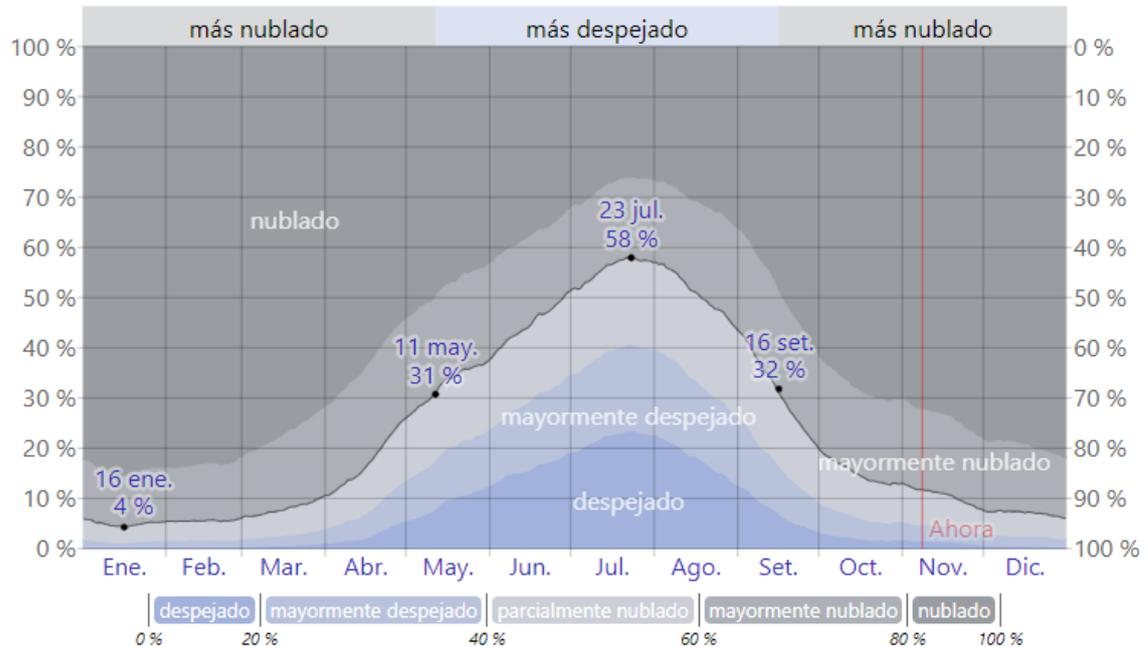
Promedio de temperatura en Macusani 2023

Promedio	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.
Máxima	9°C	9°C	9°C	10°C	10°C	9°C	9°C	10°C	10°C	10°C	11°C	10°C
Temp.	5°C	5°C	5°C	5°C	4°C	2°C	2°C	3°C	4°C	5°C	5°C	5°C
Min	1°C	1°C	1°C	-0°C	-3°C	-5°C	-6°C	-4°C	-2°C	0°C	1°C	1°C

En la tabla 2 se aprecia el promedio del año 2023 con promedio máximo de 10°C y un promedio mínimo de -6°C.

Figura 7

Categoría de nubosidad de Macusani



Fuente: (Weatherspark, 2023)

En la figura 7 se puede visualizar las categorías de nubosidad más nublado y más despejado. Un 4% está en despejado y un 58% mayormente nublado.

Figura 8

Probabilidad diaria de precipitación en Macusani

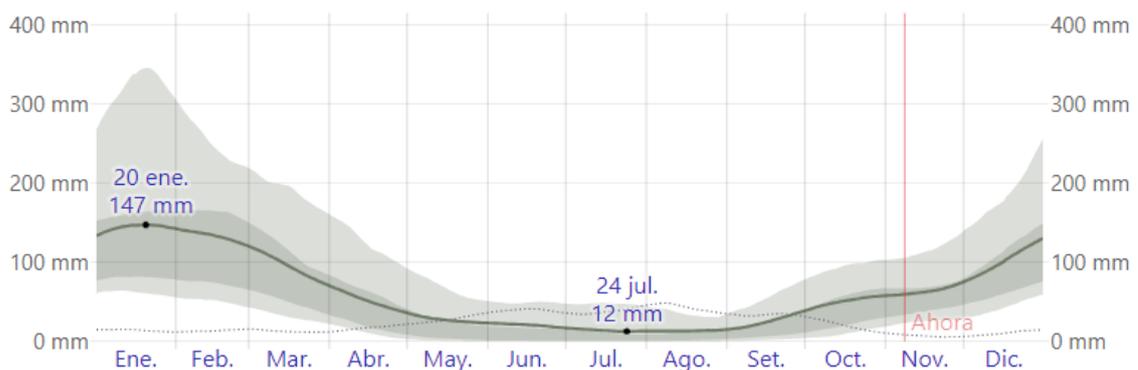


Fuente: (Weatherspark, 2023)

En la figura 8 se puede visualizar las probabilidades de precipitación todo el año del 2023, donde en enero se tubo una probabilidad de 61% y en agosto se tuvo una probabilidad de 8%.

Figura 9

Promedio mensual de lluvia en Macusani

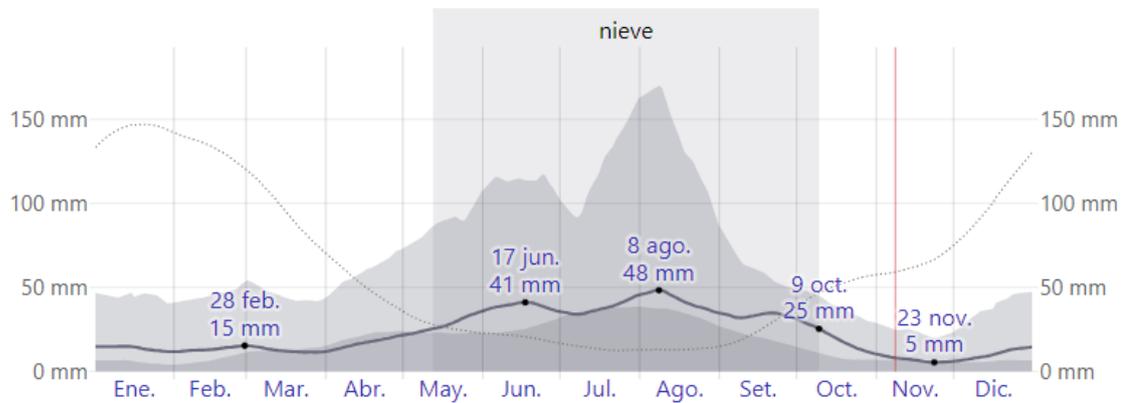


Fuente: (Weatherspark, 2023)

En la figura 9 se puede visualizar el promedio lluvia, en enero se tuvo lluvia 144mm, en los meses siguientes se tuvo poca presencia de lluvia y en los ultomos meses de setiembre, noviembre esta aumentando el promedio de lluvia.

Figura 10

Precipitación de nieve mensual en Macusani

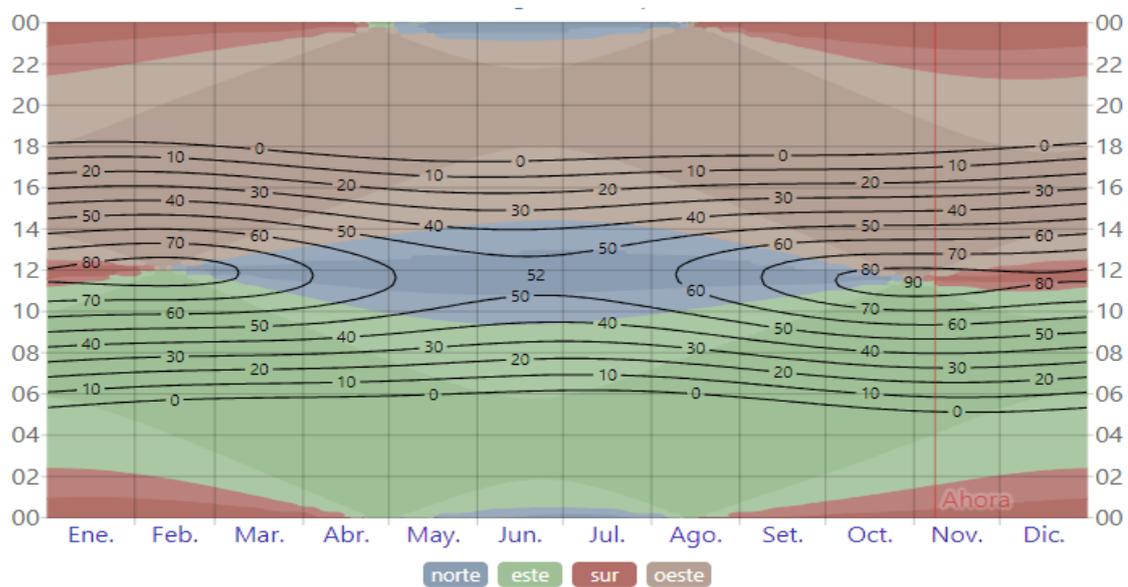


Fuente: (Weatherspark, 2023)

En la figura 10 se puede visualizar que desde el mes de mayo aumento las precipitaciones de nieve teniendo el pico mas alto el 8 de agosto.

Figura 11

Elevación solar y acimut en Macusani



Fuente: (Weatherspark, 2023)



En la figura 11 se puede visualizar la elevación solar y el acimut que va de norte que esta de color azul, este de color verde, sur de color rojo y oeste de color café.



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

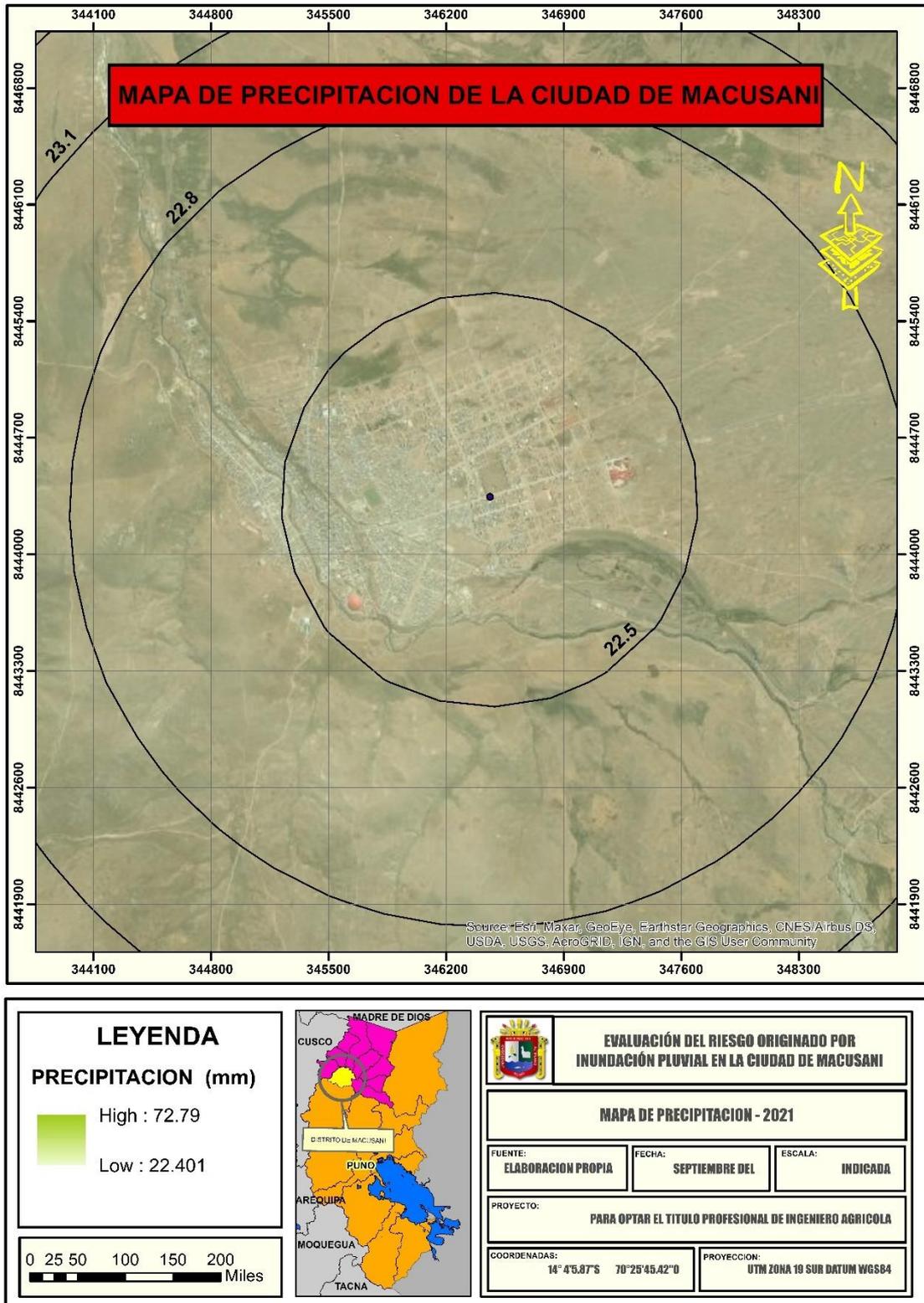
4.1. REALIZAR LA DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE PELIGRO Y VULNERABILIDAD ORIGINADOS POR INUNDACIÓN PLUVIAL EN LA CIUDAD DE MACUSANI, PROVINCIA DE CARABAYA, DEPARTAMENTO DE PUNO, 2022.

4.1.1. Determinación del peligro

- a) Factor desencadenante-** El factor desencadenante para la inundación pluvial es la precipitación; por ello se realizó su modelación mediante la descarga de datos de precipitación de las estaciones meteorológicas más próximas; siendo estas (Estación Macusani, Santa Rosa y Crucero)

Figura 12

Mapa de precipitación de la ciudad de Macusani



En la figura 12, se manifiesta el mapa de precipitación de la ciudad de Macusani, indicando que presenta una precipitación máxima diaria que fluctúa entre 22.401mm a 72.79mm; según la interpolación de las estaciones meteorológicas más cercanas a la zona en estudio.

- **Estudio del factor desencadenante**

Tabla 3

Matriz de comparación de pares del parámetro Precipitación

Precipitación	Matriz de comparación de pares				
	>72.79m m	72.79 - 56.00 mm	56.00 - 39.20 mm	39.20 - 22.40mm	≤22.40m m
>72.79mm	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
72.79 - 56.00 mm	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
56.00 - 39.20 mm	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
39.20 - 22.40mm	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
≤22.40mm	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00
Suma	1.79	4.68	9.53	16.33	25.00
1/Suma	0.560	0.214	0.105	0.061	0.040

Tabla 4

Matriz de normalización de pares del parámetro Precipitación

Precipitación	Matriz de normalización de pares					Vector de priorización
	>72.79 mm	72.79 - 56.00 mm	56.00 - 39.20 mm	39.20 - 22.40mm	≤22.40 mm	
>72.79mm	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
72.79 - 56.00 mm	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
56.00 - 39.20 mm	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
39.20 - 22.40mm	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Fuente: Elaboración propia



Tabla 5

Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) de la Precipitación

IC	RC
0.061	0.054

- **Valor del factor desencadenante**

Tabla 6

Valor del factor desencadenante

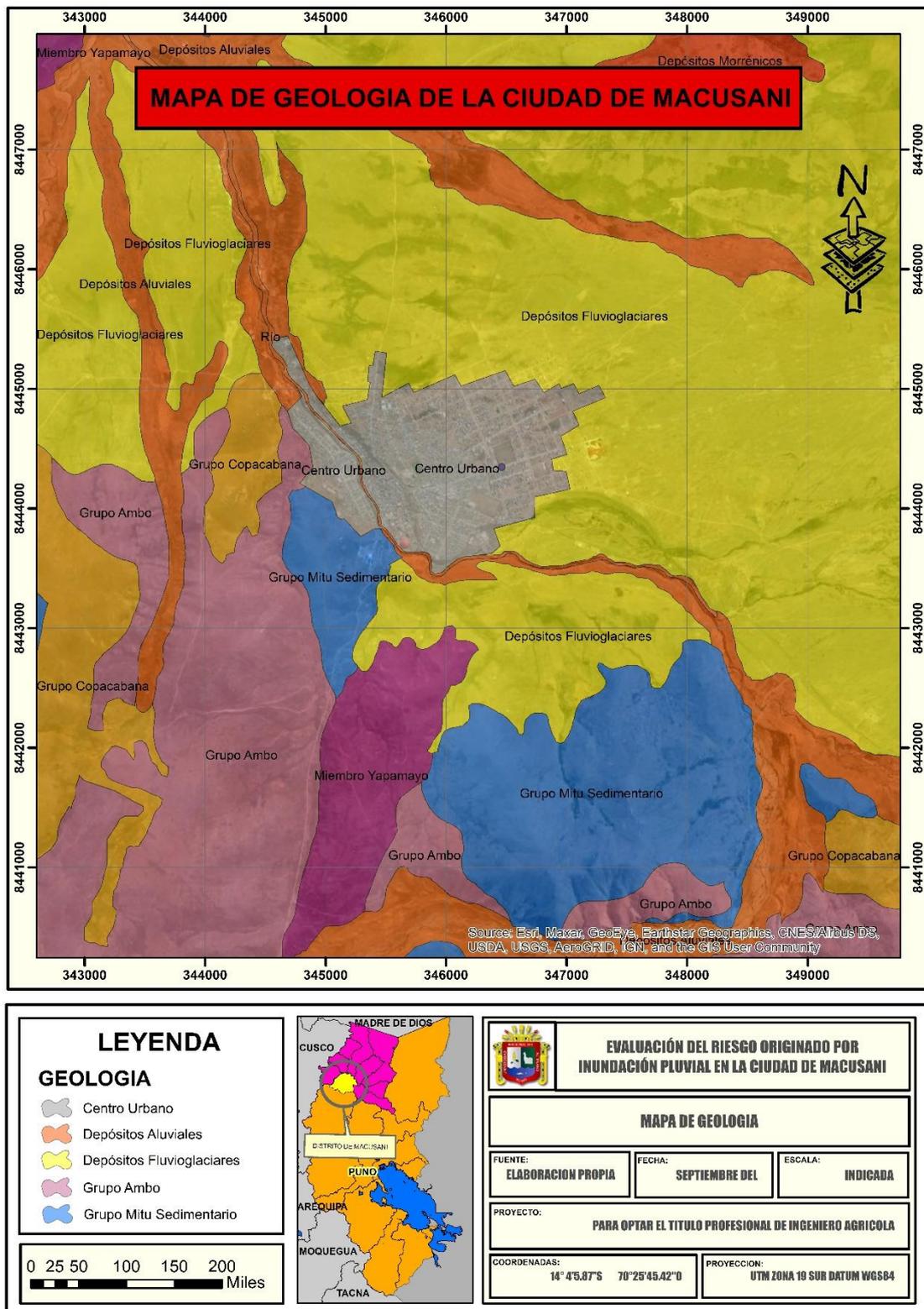
Precipitación		Valor
Peso	Descriptor	
1.000	0.503	0.503
1.000	0.260	0.260
1.000	0.134	0.134
1.000	0.068	0.068
1.000	0.035	0.035

Fuente: Elaboración propia

- b) Factor condicionante-.** La geología, la geomorfología y la pendiente se han tenido en cuenta a la hora de determinar el factor condicionante de la zona estudiada, como se observa en las siguientes figuras:

Figura 13

Mapa de geología de la ciudad de Macusani





En la figura 13, se aprecia el mapa de geología de la ciudad de Macusani, representado en colores las características geológicas en cual indica que el color plomo es el centro urbano.

El color naranja representa los depósitos aluviales conformado por grava y arena en matriz en areno-limosa.

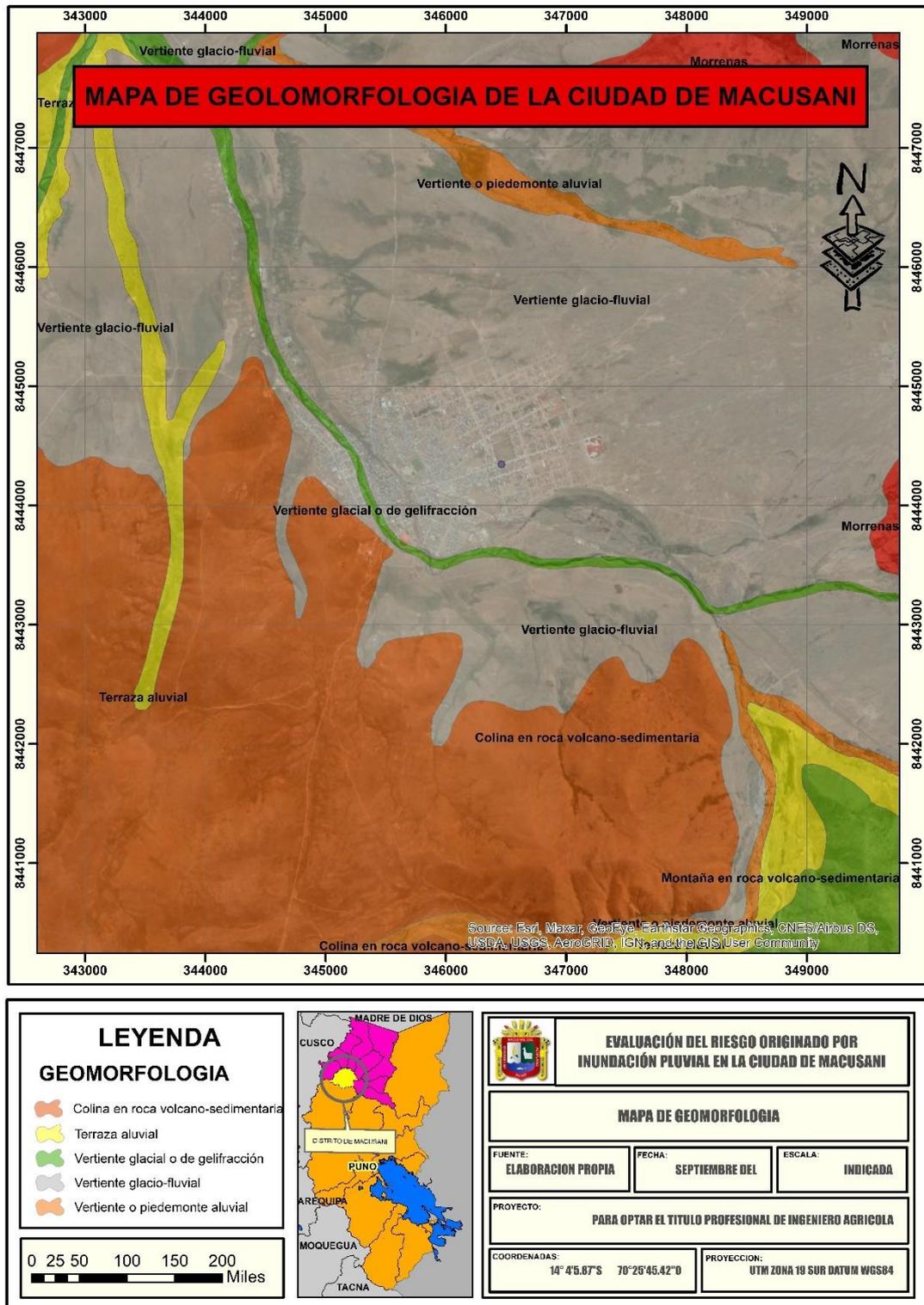
El color amarillo representa depósitos fluvioglaciares según se componen de arenas, arcillas y materiales como bloques y fragmentos angulosos a subangulosos que fueron dispersados por las corrientes de deshielo y corrían como hilos por las altas mesetas junto con una fina capa de clásticos que crearon extensas llanuras con guijarros subangulosos como rasgo definitorio.

El color rosado representa el grupo ambo comprende areniscas, pizarras y conglomerados.

El color azul representa el grupo Mitu Sedimentario esta unidad está compuesta por areniscas cuarcíticas y arcósicas. INGEMMET (2020) está ampliamente expuesta a lo largo de la quebrada de la ciudad de Macusani.

Figura 14

Mapa de geomorfología de la ciudad de Macusani





En la figura 14, se aprecia el mapa de geomorfología de la ciudad de Macusani, indicando las geomorfologías en diferentes características representado en colores en la cual presenta el color naranja como Colina en roca volcano-sedimentaria desde el punto de vista litológico, esta forma de relieve está constituida por rocas volcánicas desgastadas por la erosión, sus pendientes de moderadas a bajas son las que los definen. Gonzales (2021)

El color amarillo representa Terraza aluvial se trata de las zonas situadas en la parte superior de las llanuras de inundación provocadas por los ríos, donde los bordes de las laderas inferiores suelen verse afectados por la erosión y el socavamiento. Esto provoca con frecuencia corrimientos de tierras.

Gonzales (2021).

El color verde representa la vertiente glacial o de gelifracción nos indica que los procesos erosivos típicos del medio glaciar son los responsables de las rocas que se encuentran en la ladera clima glaciar, en ocasiones pueden provocar la fractura de la roca debido a las tensiones que soportan al congelarse. Luque (2012).

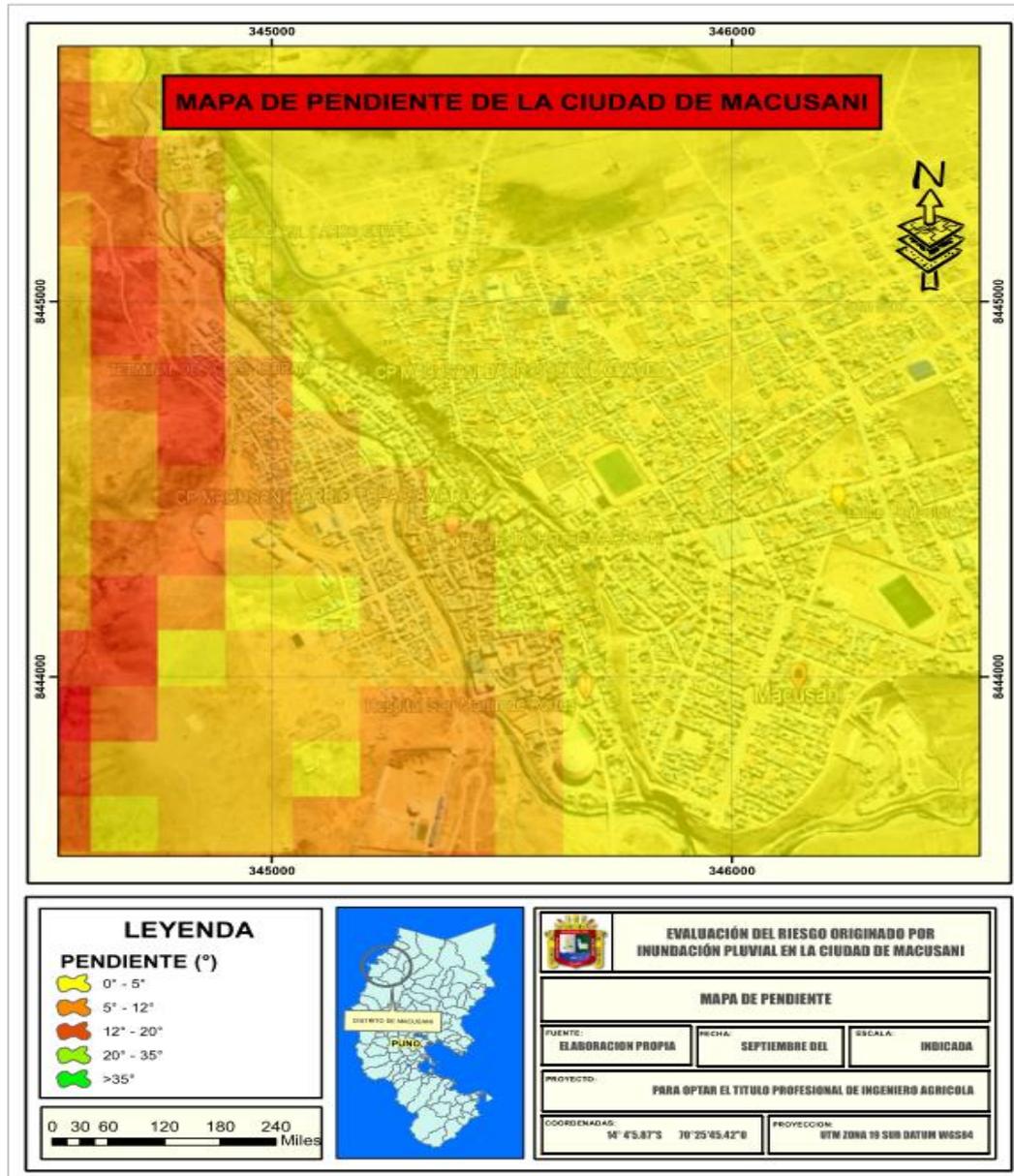
El color plomo representa la vertiente glacio-fluvial donde comprende de materiales morrénicos que han sido removilizados por gravedad o por acción fluvial. Generalmente constituidos por material heterométrico, gravas suredondadas en una matriz franco arenosa con una permeabilidad viable en profundidad a través de compactos, estos materiales se encuentran rellenando valles glaciares y ocupando laderas montañosas en regiones glaciares. Luque (2012).

El color anaranjado claro representa el vertiente o piedemonte aluvial son capirotos o abanicos de escasa pendiente en la desembocadura de los arroyos cuya

pendiente oscila entre 2° y 15° se crean por acumulaciones de material transportado por flujos inusuales. Luque (2012).

Figura 15

Mapa de pendiente de la ciudad de Macusani



En la figura 15, se muestra el mapa de pendiente de la ciudad de Macusani, caracterizando con diferentes colores y la región de color amarillo indica que tiene una pendiente ligeramente inclinada representado que gran parte de la ciudad estaría en peligro muy alto en casos de inundaciones por lluvias, la parte anaranjada esta con una pendiente de ligeramente empinada con peligro alto, el rojo indica una pendiente moderadamente empicada con peligro medio, el color verde claro son de pendientes empinadas en la cual no hay en la zona de estudio pero representa peligro medio y finalmente el color verde representa una pendiente muy empicada con un peligro muy bajo.

- **Análisis de los factores condicionantes**

a) Parámetro Geología

Tabla 7

Matriz de comparación de pares del parámetro Geología

Matriz de comparación de pares					
Geología	Centro urbano	Depósitos Fluviograciars	Grupo mitu sedimentario	Depósitos aluviales	Grupo Ambo
Centro urbano	1.00	2.00	4.00	5.00	7.00
Depósitos Fluviograciars	0.50	1.00	2.00	4.00	5.00
Grupo mitu sedimentario	0.25	0.50	1.00	2.00	4.00
Depósitos aluviales	0.20	0.25	0.50	1.00	2.00
Grupo Ambo	0.14	0.20	0.25	0.50	1.00
Suma	2.09	3.95	7.75	12.50	19.00
1/Suma	0.478	0.253	0.129	0.080	0.053

Tabla 8

Matriz de normalización de pares del parámetro Geología

Matriz de normalización de pares						
Geología	Centro urbano	Depósitos Fluvioglaciares	Grupo mitu sedimentario	Depósitos aluviales	Grupo Ambo	Vector de priorización
Centro urbano	0.478	0.506	0.516	0.400	0.368	0.454
Depósitos	0.239	0.253	0.258	0.320	0.263	0.267
Fluvioglaciares						
Grupo mitu sedimentario	0.119	0.127	0.129	0.160	0.211	0.149
Depósitos aluviales	0.096	0.063	0.065	0.080	0.105	0.082
Grupo Ambo	0.068	0.051	0.032	0.040	0.053	0.049
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Tabla 9

Índice y Relación de Consistencia de la Geología

IC	RC
0.018	0.017

b) Parámetro Geomorfología

Tabla 10

Matriz de comparación de pares del parámetro Geomorfología

Matriz de comparación de pares					
Geomorfología	Vertiente glacial o de gelifracción	Vertiente glacio-fluvial	Colina en roca volcano-sedimentaria	Terraza aluvial	Vertiente o piedemonte aluvial
Vertiente glacial o de gelifracción	1.00	2.00	4.00	7.00	9.00
Vertiente glacio-fluvial	0.50	1.00	2.00	4.00	7.00
Colina en roca volcano-sedimentaria	0.25	0.50	1.00	2.00	4.00
Terraza aluvial	0.14	0.25	0.50	1.00	2.00
Vertiente o piedemonte aluvial	0.11	0.14	0.25	0.50	1.00
Suma	2.00	3.89	7.75	14.50	23.00
1/Suma	0.499	0.257	0.129	0.069	0.043

Tabla 11

Matriz de normalización de pares del parámetro Geomorfología

Geomorfología	Matriz de normalización de pares					
	Vertiente glacial o de gelifracción	Vertiente glacio-fluvial	Colina en roca volcano-sedimentaria	Terraza aluvial	Vertiente o piedemonte aluvial	Vector de priorización
Vertiente glacial o de gelifracción	0.499	0.514	0.516	0.483	0.391	0.481
Vertiente glacio-fluvial	0.250	0.257	0.258	0.276	0.304	0.269
Colina en roca volcano-sedimentaria	0.125	0.128	0.129	0.138	0.174	0.139
Terraza aluvial	0.071	0.064	0.065	0.069	0.087	0.071
Vertiente o piedemonte aluvial	0.055	0.037	0.032	0.034	0.043	0.040
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Tabla 12

Índice y Relación de Consistencia de la Geomorfología

IC	RC
0.008	0.007

c) Parámetro Pendiente

Tabla 13

Matriz de comparación de pares del parámetro Pendiente

Pendiente	Matriz de comparación de pares				
	0° - 5°	5° - 12°	12° - 20°	20° - 35°	>35°
0° - 5°	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
5° - 12°	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
12° - 20°	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
20° - 35°	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
>35°	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00
Suma	1.79	4.68	9.53	16.33	25.00
1/Suma	0.560	0.214	0.105	0.061	0.040

Tabla 14

Matriz de normalización de pares del parámetro Pendiente

Pendiente	Matriz de normalización de pares					Vector de priorización
	0° - 5°	5° - 12°	12° - 20°	20° - 35°	>35°	
0° - 5°	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
5° - 12°	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
12° - 20°	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
20° - 35°	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
>35°	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Tabla 15

Índice y Relación de Consistencia de la Pendiente

IC	RC
0.061	0.054

- Valor del factor condicionante

Tabla 16

Valor del factor desencadenante

Pendiente		Geología		Geomorfología		Valor
Peso	Descriptor	Peso	Descriptor	Peso	Descriptor	
0.539	0.503	0.297	0.454	0.164	0.481	0.485
0.539	0.260	0.297	0.267	0.164	0.269	0.264
0.539	0.134	0.297	0.149	0.164	0.139	0.139
0.539	0.068	0.297	0.082	0.164	0.071	0.072
0.539	0.035	0.297	0.049	0.164	0.040	0.040

- Nivel de peligro

Tabla 17

Nivel de peligro por inundación Pluvial para el área en estudio

Factor desencadenante	Factor condicionante	Valor	Rango	Nivel de peligro
0.503	0.485	0.496	$0.261 \leq p \leq 0.496$	Muy alto
0.260	0.264	0.261	$0.136 \leq p < 0.261$	Alto
0.134	0.139	0.136	$0.069 \leq p < 0.136$	Medio
0.068	0.072	0.069	$0.037 \leq p < 0.069$	Bajo
0.035	0.040	0.037		

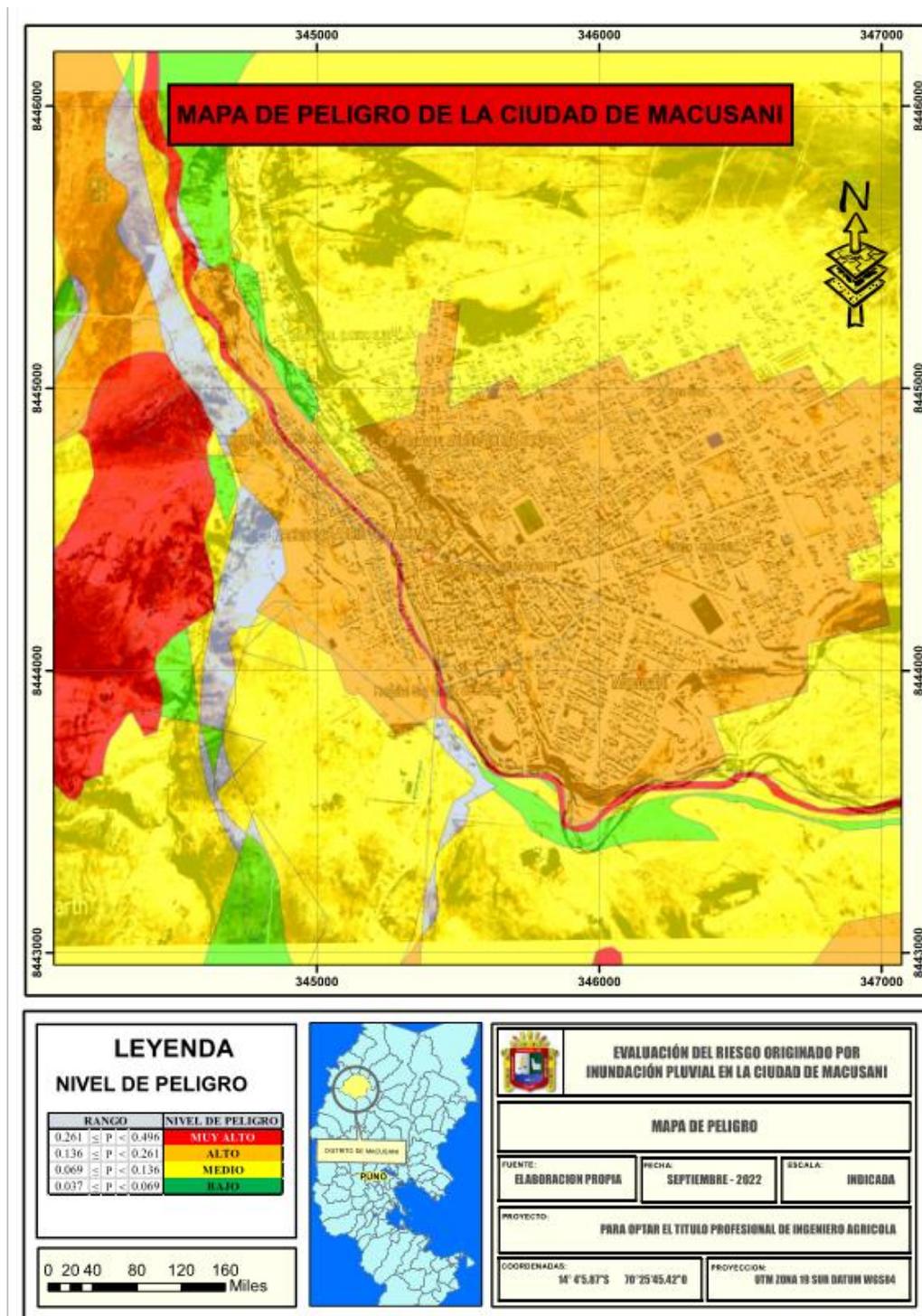
Tabla 18

Estratificación del nivel de peligro

Nivel de peligro	Descripción
Peligro muy alto ($0.261 \leq p \leq 0.496$)	Precipitaciones mayores o iguales a 72.79 mm, con secciones de geología similar a la del centro urbano, semejándose a una geomorfología de tipo vertiente glacial o de gelifracción, y conjuntamente con pendiente de terreno inferiores a 5°.
Peligro alto ($0.136 \leq p < 0.261$)	Se registraron entre 56.00 y 72.79 mm de precipitaciones, zonas de geología de depósitos fluvioglaciares, una geomorfología de ladera glaciofluvial y una pendiente del terreno que oscilaba entre 5° y 12°.
Peligro medio ($0.069 \leq p < 0.136$)	Precipitaciones de 39.20 a 56.00 mm, secciones de geología sedimentaria del grupo mitu, geomorfología de tipo colina en roca volcánica-sedimentaria y una pendiente del terreno de 12 a 20 grados.
Peligro bajo ($0.037 \leq p < 0.069$)	precipitaciones iguales o inferiores a 39.20 mm, regiones de geología de depósito aluvial con geomorfología de tipo terraza aluvial, y pendientes del terreno superiores a 20° también presentes.

Figura 16

Mapa de peligro de la ciudad de Macusani



En la figura 16, se estima el mapa de peligro de la ciudad de Macusani, ante la inundación pluvial, indicando que el área total de la ciudad de Macusani

presenta un nivel MUY ALTO de peligro ante las inundaciones pluviales; por estar geográficamente en una pendiente de terreno plana.

4.1.2. Determinación de la vulnerabilidad

a) Vulnerabilidad social

- **Fragilidad social (Grupo Etareo)**

Tabla 19

Criterio del parámetro Grupo Etareo

Parámetro		Grupo Etareo
Descriptor	FS1	De 0 a 5 años y mayor a 65 años
	FS2	De 5 a 12 años y de 60 a 65 años
	FS3	De 12 a 15 años y de 50 a 60 años
	FS4	De 15 a 30 años
	FS5	De 30 a 50 años

Tabla 20

Matriz de comparación de pares del parámetro Grupo Etareo

Matriz de comparación de pares					
Grupo Etareo	FS1	FS2	FS3	FS4	FS5
FS1	1.00	2.00	4.00	5.00	6.00
FS2	0.50	1.00	2.00	4.00	5.00
FS3	0.25	0.50	1.00	2.00	4.00
FS4	0.20	0.25	0.50	1.00	2.00
FS5	0.17	0.20	0.25	0.50	1.00
Suma	2.12	3.95	7.75	12.50	18.00
1/Suma	0.472	0.253	0.129	0.080	0.056

Tabla 21

Matriz de normalización de pares del parámetro Grupo Etareo

Grupo etareo	Matriz de normalización de pares					Vector de priorización
	FS1	FS2	FS3	FS4	FS5	
FS1	0.472	0.506	0.516	0.400	0.333	0.446
FS2	0.236	0.253	0.258	0.320	0.278	0.269
FS3	0.118	0.127	0.129	0.160	0.222	0.151
FS4	0.094	0.063	0.065	0.080	0.111	0.083
FS5	0.079	0.051	0.032	0.040	0.056	0.051
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Tabla 22

Índice y Relación de Consistencia del Grupo Etareo

IC	RC
0.024	0.022

- **Fragilidad social (Discapacidad)**

Tabla 23

Criterio del parámetro Discapacidad

Parámetro	Discapacidad
Descripciones	
FS6	Mental o Intelectual
FS7	Visual
FS8	Para usar brazos y piernas
FS9	Para oír, hablar
FS10	No tiene

Tabla 24*Matriz de comparación de pares del parámetro Discapacidad*

Matriz de comparación de pares					
Discapacidad	FS6	FS7	FS8	FS9	FS10
FS6	1.00	3.00	4.00	5.00	7.00
FS7	0.33	1.00	3.00	4.00	5.00
FS8	0.25	0.33	1.00	3.00	4.00
FS9	0.20	0.25	0.33	1.00	3.00
FS10	0.14	0.20	0.25	0.33	1.00
Suma	1.93	4.78	8.58	13.33	20.00
1/Suma	0.519	0.209	0.117	0.075	0.050

Fuente: Elaboración propia**Tabla 25***Matriz de normalización de pares del parámetro Discapacidad*

Matriz de normalización de pares						
Discapacidad	FS6	FS6	FS6	FS6	FS6	Vector de priorización
FS6	0.519	0.627	0.466	0.375	0.350	0.467
FS7	0.173	0.209	0.350	0.300	0.250	0.256
FS8	0.130	0.070	0.117	0.225	0.200	0.148
FS9	0.104	0.052	0.039	0.075	0.150	0.084
FS10	0.074	0.042	0.029	0.025	0.050	0.044
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Fuente: Elaboración propia**Tabla 26***Índice y Relación de Consistencia de la Discapacidad*

IC	RC
0.072	0.064

- **Resiliencia social (Nivel educativo)**

Tabla 27

Criterio del parámetro Nivel educativo

Parámetro	Nivel educativo	
Descriptores	RS1	Ninguno y/o inicial
	RS2	Primaria
	RS3	Secundaria
	RS4	Superior No universitaria
	RS5	Superior Universitario y/o postgrado u Otro Similar

Tabla 28

Matriz de comparación de pares del parámetro Nivel educativo

Matriz de comparación de pares					
Nivel educativo	RS1	RS2	RS3	RS4	RS5
RS1	1.00	3.00	5.00	6.00	7.00
RS2	0.33	1.00	3.00	5.00	6.00
RS3	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
RS4	0.17	0.20	0.33	1.00	3.00
RS5	0.14	0.17	0.20	0.33	1.00
Suma	1.84	4.70	9.53	15.33	22.00
1/Suma	0.543	0.213	0.105	0.065	0.045

Tabla 29

Matriz de normalización de pares del parámetro Nivel educativo

Matriz de normalización de pares						
Nivel educativo	RS1	RS2	RS3	RS4	RS5	Vector de priorización
RS1	0.543	0.638	0.524	0.391	0.318	0.483
RS2	0.181	0.213	0.315	0.326	0.273	0.261
RS3	0.109	0.071	0.105	0.196	0.227	0.141
RS4	0.090	0.043	0.035	0.065	0.136	0.074
RS5	0.078	0.035	0.021	0.022	0.045	0.040
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Tabla 30*Índice y Relación de Consistencia del Nivel educativo*

IC	RC
0.082	0.073

- **Resiliencia social (Programas sociales)**

Tabla 31*Criterio del parámetro Programas sociales*

Parámetro	Nivel educativo
Desc	RS6
riptore	RS7
s	RS8
	RS9
	RS10

Tabla 32*Matriz de comparación de pares del parámetro Programas sociales*

	Matriz de comparación de pares				
Programas sociales	RS6	RS7	RS8	RS9	RS10
RS6	1.00	2.00	3.00	5.00	7.00
RS7	1.00	1.00	2.00	3.00	5.00
RS8	0.33	0.50	1.00	2.00	3.00
RS9	0.20	0.33	0.50	1.00	2.00
RS10	0.14	0.20	0.33	0.50	1.00
Suma	2.68	4.03	6.83	11.50	18.00
1/Suma	0.374	0.248	0.146	0.087	0.056

Tabla 33

Matriz de normalización de pares del parámetro Programas sociales

Matriz de normalización de pares						
Programas sociales	RS1	RS2	RS3	RS4	RS5	Vector de priorización
RS1	0.374	0.496	0.439	0.435	0.389	0.426
RS2	0.374	0.248	0.293	0.261	0.278	0.291
RS3	0.125	0.124	0.146	0.174	0.167	0.147
RS4	0.075	0.083	0.073	0.087	0.111	0.086
RS5	0.053	0.050	0.049	0.043	0.056	0.050
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Tabla 34

Índice y Relación de Consistencia de los Programas sociales

IC	RC
0.048	0.043

b) Vulnerabilidad económica

- **Fragilidad económica (Material de paredes)**

Tabla 35

Criterio del parámetro Material de paredes

Parámetro	Material de paredes
Desc	FE1 Estera u otro material
riptore	FE2 Adobe o tapial
s	FE3 Piedra con Barro
	FE4 Bloque de cemento
	FE5 Ladrillo

Tabla 36

Matriz de comparación de pares del parámetro Material de paredes

Matriz de comparación de pares					
Material de paredes	FE1	FE2	FE3	FE4	FE5
FE1	1.00	3.00	5.00	9.00	10.00
FE2	0.33	1.00	3.00	5.00	9.00
FE3	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
FE4	0.11	0.20	0.33	1.00	3.00
FE5	0.10	0.11	0.20	0.33	1.00
Suma	1.74	4.64	9.53	18.33	28.00
1/Suma	0.573	0.215	0.105	0.055	0.036

Tabla 37

Matriz de normalización de pares del parámetro Material de paredes

Matriz de normalización de pares						Vector de priorización
Material de paredes	FE1	FE2	FE3	FE4	FE5	
FE1	0.472	0.506	0.516	0.400	0.333	0.446
FE2	0.236	0.253	0.258	0.320	0.278	0.269
FE3	0.118	0.127	0.129	0.160	0.222	0.151
FE4	0.094	0.063	0.065	0.080	0.111	0.083
FE5	0.079	0.051	0.032	0.040	0.056	0.051
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Tabla 38

Índice y Relación de Consistencia del Material de paredes

IC	RC
0.051	0.046

- **Fragilidad económica (Material de Techos)**

Tabla 39

Criterio del parámetro Material de Techos

Parámetro	Material de Techos
Desc	FE6 Otro material
riptores	FE7 Estera
s	FE8 Plancha de Calamina
	FE9 Teja Andina
	FE10 Concreto armado

Tabla 40

Matriz de comparación de pares del parámetro Discapacidad

Matriz de comparación de pares					
Material de Techos	FE6	FR7	FE8	FE9	FE10
FE6	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00
FE7	0.50	1.00	2.00	3.00	4.00
FE8	0.33	0.50	1.00	2.00	3.00
FE9	0.25	0.33	0.50	1.00	2.00
FE10	0.20	0.25	0.33	0.50	1.00
Suma	2.28	4.08	6.83	10.50	15.00
1/Suma	0.438	0.245	0.146	0.095	0.067

Tabla 41

Matriz de normalización de pares del parámetro Material de Techos

Matriz de normalización de pares						
Material de Techos	FE6	FR7	FE8	FE9	FE10	Vector de priorización
FE6	0.438	0.490	0.439	0.381	0.333	0.416
FE7	0.219	0.245	0.293	0.286	0.267	0.262
FE8	0.146	0.122	0.146	0.190	0.200	0.161
FE9	0.109	0.082	0.073	0.095	0.133	0.099
FE10	0.088	0.061	0.049	0.048	0.067	0.062
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Tabla 42

Índice y Relación de Consistencia del Material de Techos

IC	RC
0.017	0.015

- **Resiliencia económica (Tipo de vivienda)**

Tabla 43

Criterio del parámetro Tipo de vivienda

Parámetro	Tipo de vivienda	
Descriptor	RE1	No destinada para habitación humana
	RE2	Choza, cabaña, residencia temporal u otro
	RE3	Vivienda en casa vecindad
	RE4	Vivienda en Edificio
	RE5	Vivienda unifamiliar

Tabla 44

Matriz de comparación de pares del parámetro Tipo de vivienda

Matriz de comparación de pares					
Tipo de vivienda	RE1	RE2	RE3	RE4	RE5
RE1	1.00	3.00	5.00	6.00	7.00
RE2	0.33	1.00	3.00	5.00	6.00
RE3	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
RE4	0.17	0.20	0.33	1.00	3.00
RE5	0.14	0.17	0.20	0.33	1.00
Suma	1.84	4.70	9.53	15.33	22.00
1/Suma	0.543	0.213	0.105	0.065	0.045

Tabla 45

Matriz de normalización de pares del parámetro Tipo de vivienda

Matriz de normalización de pares						
Nivel educativo	RE1	RE2	RE3	RE4	RE5	Vector de priorización
RE1	0.543	0.638	0.524	0.391	0.318	0.483
RE2	0.181	0.213	0.315	0.326	0.273	0.261
RE3	0.109	0.071	0.105	0.196	0.227	0.141
RE4	0.090	0.043	0.035	0.065	0.136	0.074
RE5	0.078	0.035	0.021	0.022	0.045	0.040
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Tabla 46

Índice y Relación de Consistencia del Tipo de vivienda

IC	RC
0.082	0.073

c) Vulnerabilidad ambiental

- **Fragilidad ambiental (Características geológicas)**

Tabla 47

Criterio del parámetro Características geológicas

Parámetro	Características geológicas
Desc	FA1 Los suelos de relleno con un nivel freático alto son suelos frágiles.
riptores	FA2 Suelos de baja capacidad portante
	FA3 Suelos con capacidad portante media
	FA4 Suelos con capacidad portante alta
	FA5 Características geotécnicas favorables del suelo

Tabla 48

Matriz de comparación de pares del parámetro Características geológicas

Características geológicas	Matriz de comparación de pares				
	FA1	FA2	FA3	FA4	FA5
FA1	1.00	3.00	4.00	5.00	7.00
FA2	0.33	1.00	3.00	4.00	5.00
FA3	0.25	0.33	1.00	3.00	4.00
FA4	0.20	0.25	0.33	1.00	3.00
FA5	0.14	0.20	0.25	0.33	1.00
Suma	1.93	4.78	8.58	13.33	20.00
1/Suma	0.519	0.209	0.117	0.075	0.050

Tabla 49

Matriz de normalización de pares del parámetro Características geológicas

Matriz de normalización de pares						
Características geológicas	FA1	FA2	FA3	FA4	FA5	Vector de priorización
FA1	0.519	0.627	0.466	0.375	0.350	0.467
FA2	0.173	0.209	0.350	0.300	0.250	0.256
FA3	0.130	0.070	0.117	0.225	0.200	0.148
FA4	0.104	0.052	0.039	0.075	0.150	0.084
FA5	0.074	0.042	0.029	0.025	0.050	0.044
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Tabla 50

Índice y Relación de Consistencia de las Características geológicas

IC	RC
0.072	0.064

- **Resiliencia ambiental (Conocimiento y cumplimiento ambiental)**

Tabla 51

Criterio del parámetro Conocimiento y cumplimiento ambiental

Parámetro	Conocimiento y cumplimiento ambiental	
Descriptor	RA1	RA2
	Las prohibiciones ambientales no son conocidas ni por el público ni por las autoridades.	Sólo las autoridades conocen la normativa medioambiental y no la respetan.
	Las restricciones medioambientales pasan desapercibidas para las autoridades y la población, que sólo las cumplen parcialmente.	Las autoridades, los grupos vecinales y el público en general conocen la existencia de restricciones medioambientales, pero las acatan en su mayoría.
	La mayoría de las veces se cumplen las normas medioambientales.	

Tabla 52*Matriz de comparación de pares del parámetro Conocimiento y cumplimiento***ambiental**

Conocimiento y cumplimiento ambiental	Matriz de comparación de pares				
	RA1	RA2	RA3	RA4	RA5
RA1	1.00	2.00	3.00	5.00	6.00
RA2	0.50	1.00	2.00	3.00	5.00
RA3	0.33	0.50	1.00	2.00	3.00
RA4	0.20	0.33	0.50	1.00	2.00
RA5	0.17	0.20	0.33	0.50	1.00
Suma	2.20	4.03	6.83	11.50	17.00
1/Suma	0.455	0.248	0.146	0.087	0.059

Tabla 53*Matriz de normalización de pares del parámetro Conocimiento y cumplimiento***ambiental**

Conocimiento y cumplimiento ambiental	Matriz de normalización de pares					Vector de priorización
	RE1	RE2	RE3	RE4	RE5	
RE1	0.455	0.496	0.439	0.435	0.353	0.435
RE2	0.227	0.248	0.293	0.261	0.294	0.265
RE3	0.152	0.124	0.146	0.174	0.176	0.154
RE4	0.091	0.083	0.073	0.087	0.118	0.090
RE5	0.076	0.050	0.049	0.043	0.059	0.055
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Tabla 54*Índice y Relación de Consistencia del Conocimiento y cumplimiento ambiental*

IC	RC
0.011	0.010



d) Valor de la vulnerabilidad social, económica y ambiental

Tabla 55

Nivel de vulnerabilidad por inundación Pluvial

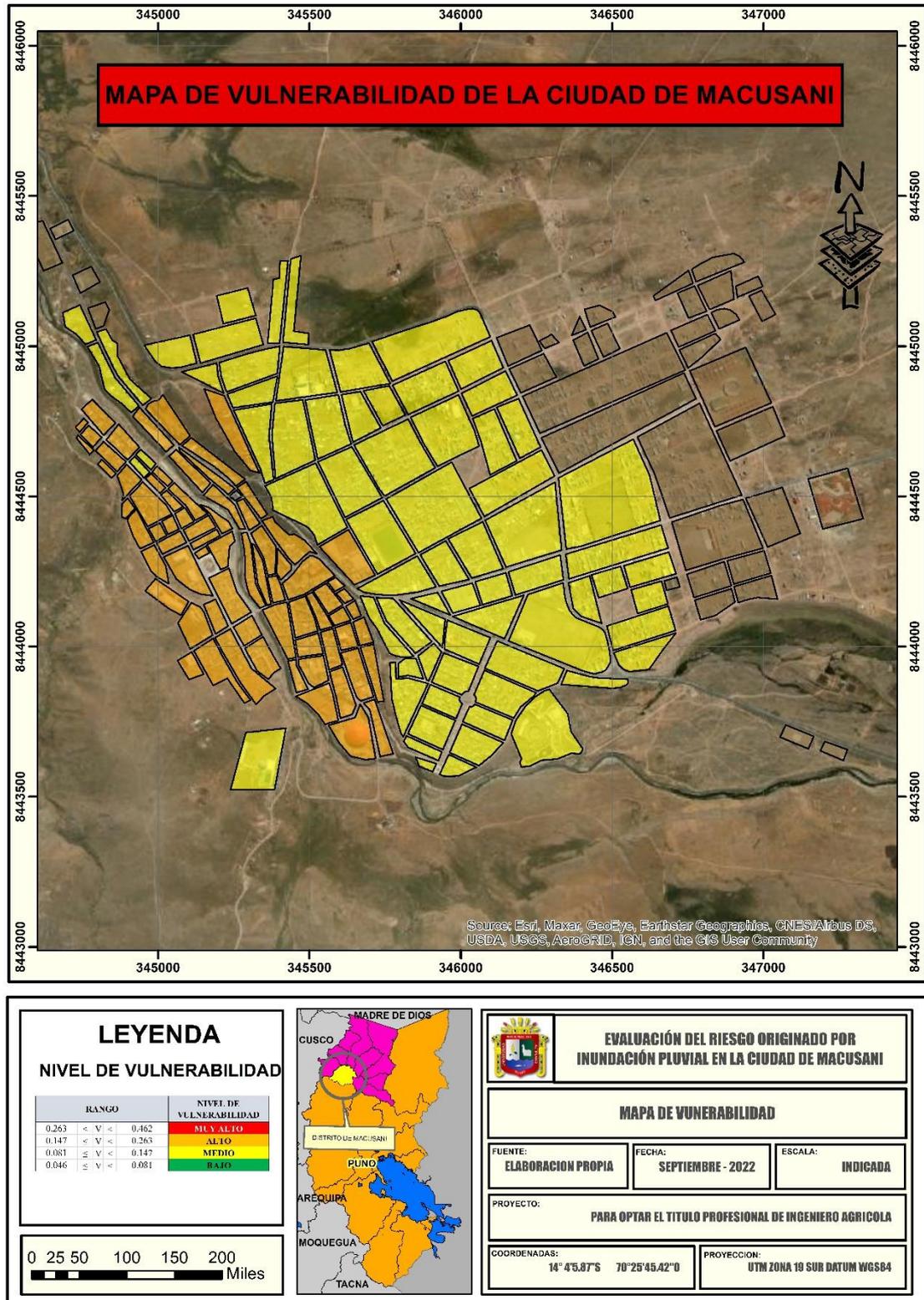
Vulnerabilidad social		Vulnerabilidad económica		Vulnerabilidad ambiental		Valor	Rango	Nivel de peligro
Valor	Peso	Valor	Peso	Valor	Peso			
0.459	0.333	0.475	0.333	0.451	0.333	0.462	$0.263 \leq V < 0.462$	Muy alto
0.268	0.333	0.262	0.333	0.260	0.333	0.263	$0.147 \leq V < 0.263$	Alto
0.147	0.333	0.143	0.333	0.151	0.333	0.147	$0.081 \leq V < 0.147$	Medio
0.080	0.333	0.077	0.333	0.087	0.333	0.081	$0.046 \leq V < 0.081$	Bajo
0.046	0.333	0.044	0.333	0.050	0.333	0.046		

Tabla 56*Clase del nivel de vulnerabilidad*

Nivel de vulnerabilidad	Descripción
Vulnerabilidad muy alta ($0.263 \leq V < 0.462$)	Edades de 0 a 5 años y mayores de 65; deficiencias intelectuales, mentales o visuales; escolarización mínima o inexistente; y ausencia de programas sociales. Dependiendo de si el edificio está destinado a ser ocupado o no, la mayor parte de las paredes están construidas con adobe, tierra apisonada u otro material, mientras que el tejado es de estera u otro material. Los suelos colapsables (vertederos, niveles freáticos altos), el conocimiento y la observancia del medio ambiente y la falta de cumplimiento por parte de la comunidad y el gobierno son ejemplos de características geológicas.
Vulnerabilidad alta ($0.147 \leq V < 0.263$)	La mayoría tienen entre 60 y 65 años, no pueden usar los brazos ni las piernas y sólo han ejecutado la escuela primaria y secundaria, participan en programas sociales conjuntos, reciben una pensión por debajo de los 65 años o reúnen los requisitos para el plus de cuna, entre otros. La mayoría de los muros son de piedra con techos de barro, lámina de calamina y chozas o viviendas improbables o de inquilinato, dependiendo del estilo de vivienda. Las características geológicas incluyen suelos de baja capacidad de carga y la ignorancia y el desprecio de las autoridades por las leyes medioambientales. Sólo las autoridades son conscientes de la existencia de leyes medioambientales.
Vulnerabilidad media ($0.081 \leq V < 0.147$)	La mayoría tienen entre 12 y 15 años y entre 50 y 60, padecen carencias auditivas, han cursado estudios superiores fuera de la universidad y participan en actividades comunitarias como "cestas de alimentos", "comedores sociales" y "vasos de leche". Con techo de teja andina, se utiliza principalmente bloque de cemento para las paredes de la estructura. Las características geológicas incluyen suelos de capacidad portante media, comprensión y cumplimiento de las normas medioambientales, y cumplimiento parcial por parte de la comunidad y el gobierno.
Vulnerabilidad baja ($0.046 \leq V < 0.081$)	La mayoría tienen entre 15 y 30 años y entre 30 y 50 años, sin discapacidades, con un título universitario o equivalente y participan en programas sociales que promueven la vivienda y/o la propiedad de la vivienda. El ladrillo se utiliza como material de construcción principal para las paredes, mientras que el tejado es de hormigón armado. Suelos con alta capacidad de carga, concienciación y cumplimiento de las normas medioambientales: Las autoridades, los grupos comunitarios y el público en general son conscientes de que existen restricciones medioambientales y, por lo general, se respetan estos requisitos.

Figura 17

Mapa de vulnerabilidad de la ciudad de Macusani





En la figura 17, se evalúa el mapa de vulnerabilidad de la ciudad de Macusani, ante la inundación pluvial, indicando que el área fluctúa entre niveles de vulnerabilidad ALTO, MEDIO y BAJO ante las inundaciones pluviales.

Los hallazgos mencionados, al ser comparados con la investigación realizada por Lucas (2018), revelan rasgos distintivos. En concreto, se descubre que la localidad de Roblecito es extremadamente vulnerable a las inundaciones pluviales y que la gestión inadecuada de los RR.SS y los suministros de agua residenciales de dudosa procedencia son las causas fundamentales de todos estos problemas. Así mismo los resultados con relación al estudio realizado por Lazo & Correo (2021), presentan características que no se asemejan encontrando un nivel de peligro y vulnerabilidad MUY ALTO ante las inundaciones pluviales en IE San Francisco de Asis, siendo susceptible de sufrir inundaciones pluviales porque no ha adoptado una red debidamente diseñada y erigida para verter las aguas pluviales durante las fuertes precipitaciones, y porque ahora dispone de un método aceptable para hacerlo; y posteriormente con respecto al estudio ejecutado por Aponte & Guillen (2021), tampoco se asemejan encontrando que en la zona Nuevo Indoamérica, distrito de La Esperanza, existe un alto nivel de peligrosidad en el 70% del área y un alto nivel de vulnerabilidad a las inundaciones pluviales en el 72% del área debido a la escasa planificación de medidas educativas para que la población responda eficazmente ante la posibilidad de un evento. También, el gobierno local no planifica los proyectos de construcción para reducir los riesgos de catástrofe.



4.2. ESTABLECER LOS NIVELES DE RIESGO ORIGINADOS POR INUNDACIÓN PLUVIAL EN LA CIUDAD DE MACUSANI, PROVINCIA DE CARABAYA, DEPARTAMENTO DE PUNO, 2022.

Tabla 57

Nivel de riesgo por inundación Pluvial en el área en estudio

Riesgo		Valor	Rango	Nivel de riesgo
Peligro	Vulnerabilidad			
0.496	0.462	0.229	$0.069 \leq R < 0.229$	Muy alto
0.261	0.263	0.069	$0.020 \leq R < 0.069$	Alto
0.136	0.147	0.020	$0.006 \leq R < 0.020$	Medio
0.069	0.081	0.006	$0.002 \leq R < 0.006$	Bajo
0.037	0.046	0.002		

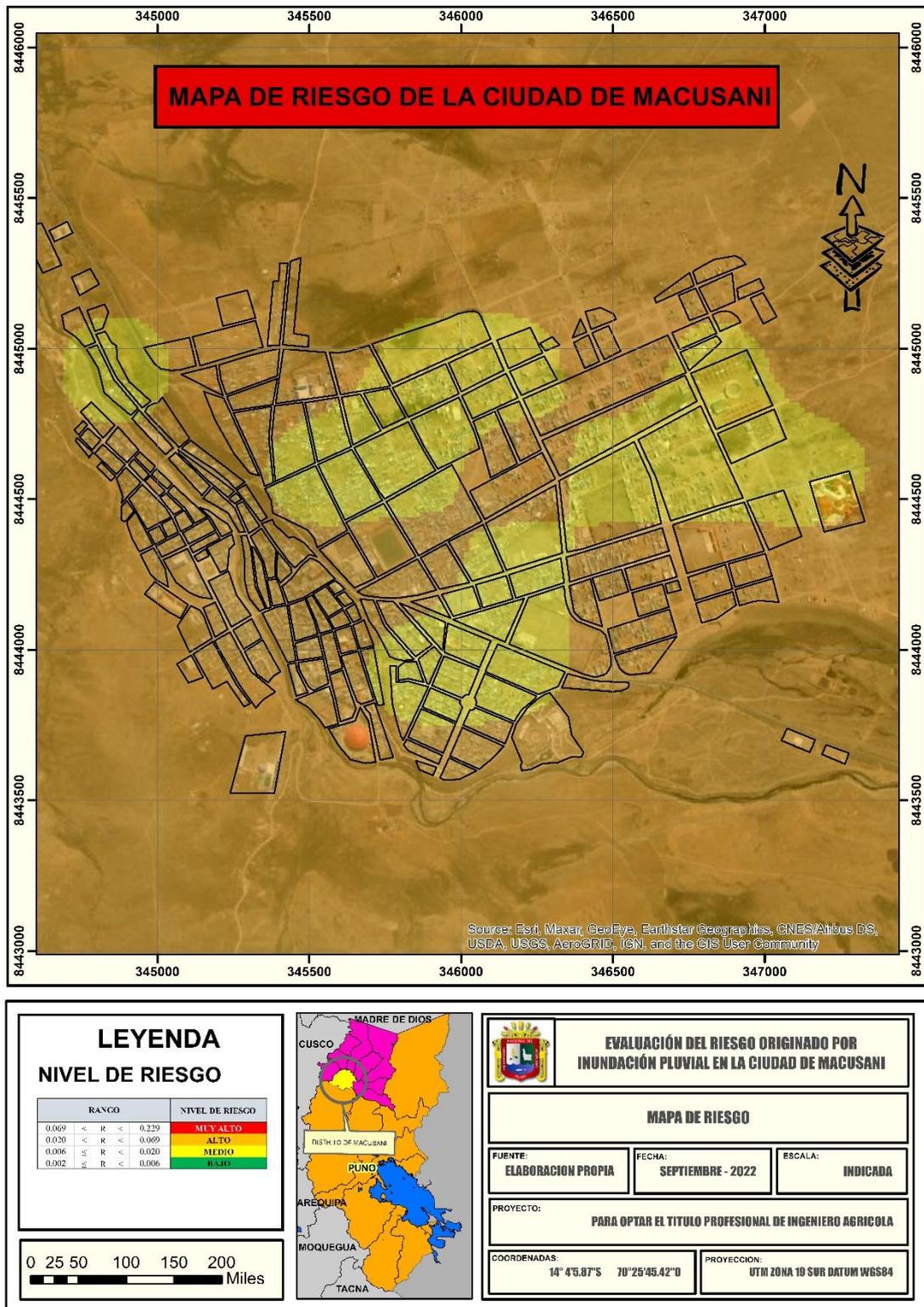
Tabla 58

Estratificación del nivel de la Riesgo

Nivel de riesgo	Descripción
Riesgo muy alto (0.069 ≤ R < 0.229)	superior o igual a 72,79 mm de precipitaciones, lugares con geología de centros urbanos, geomorfología con pendiente glaciario o gelifracción, y también con una pendiente del terreno inferior a 5°. Las edades oscilan entre menos de cinco años y más de cincuenta y cinco; discapacidades mentales, intelectuales o visuales; escasa o nula educación formal; y falta de programación social. La mayoría de las paredes son de adobe, tierra apisonada u otro material, mientras que el tejado es de estera u otro material, dependiendo de si la estructura está destinada a ser habitada o no. Las características geológicas incluyen suelos colapsables (vertederos, niveles freáticos elevados), comprensión y cumplimiento de las normas medioambientales, y falta de cumplimiento por parte de la comunidad y el gobierno.
Riesgo alto (0.020 ≤ R < 0.069)	La precipitación pluvial oscila entre 56.00 y 72.79 mm, regiones de depósitos fluvio-glaciales, una geomorfología de ladera glacio-fluvial y una pendiente del terreno entre 5o y 12o. El rango de edad es principalmente de 5 a 12 años y de 60 a 65 años, con limitaciones que afectan el uso de brazos y piernas, los niveles de educación básica y secundaria, la participación en programas sociales, y/o la edad de jubilación 65 papilla, cuna plus, y/u otras pensiones. Los muros están contruidos en su mayoría con piedra y barro, techos de lámina de calamina y chozas o viviendas improbables o de inquilinato, dependiendo del estilo de vivienda. Los suelos de baja capacidad portante y el conocimiento y cumplimiento de la legislación medioambiental son rasgos geológicos característicos. La presencia de restricciones medioambientales sólo la conocen los funcionarios, pero no la cumplen
Riesgo medio (0.006 ≤ R < 0.020)	Precipitaciones entre 39,20 y 56,00 mm, geología sedimentaria del grupo mitu en ciertas localidades, geomorfología de tipo colina volcano-sedimentaria, y pendientes entre 12 y 20 o. El rango de edad es mayoritariamente con edades comprendidas entre los 12 y los 15 años y los 50 y los 60, con pérdida de audición, que cursan estudios superiores fuera de la universidad y que participan en servicios sociales como el comedor social, la cesta de alimentos y el vaso de leche. Con techo de teja andina, se utiliza mayoritariamente bloque de cemento para las paredes de la estructura. Los rasgos geológicos incluyen suelos de capacidad portante media, comprensión y cumplimiento de las normas medioambientales, y cumplimiento parcial por parte de la comunidad y el gobierno.
Riesgo bajo (0.002 ≤ R < 0.006)	Precipitaciones inferiores o iguales a 39,20 mm, Algunas zonas presentan la geomorfología de terrazas aluviales, la geología de depósitos aluviales y una pendiente de más de 20 grados. El grupo de edad mayoritario se sitúa entre los 15 y los 30 años y entre los 30 y los 50 años, sin impedimentos, con titulación universitaria, postgrado o algo equiparable, y con programas sociales de vivienda en propiedad y/o vivienda. El ladrillo se utiliza como material de construcción principal para las paredes, mientras que el tejado es de hormigón armado. Suelos con gran porte de carga, concienciación y acatamiento de las normas ambientales: Las autoridades, los grupos comunitarios y el público en general son conscientes de que existen restricciones medioambientales y, por lo general, se respetan estos requisitos.

Figura 18

Mapa de riesgo de la ciudad de Macusani





En la figura 18, se aprecia el mapa de riesgo de la ciudad de Macusani, ante la inundación pluvial, indicando que el área existe la predominancia de un riesgo ALTO ante las inundaciones pluviales; No obstante, existe también en menor proporción un nivel de riesgo MEDIO en la ciudad de Macusani.

Los hallazgos obtenidos en relación al estudio de Lucas (2018) muestran características distintivas, indicando un nivel de riesgo MUY ALTO y ALTO en la ciudad de Roblecito. Esto ocurre como consecuencia de la ubicación de la ciudad en la parte baja de la cuenca del río Pijullo y en sus orillas, que es prácticamente exclusivamente terreno llano. De igual manera con relación a la tesis realizada por Lazo & Correo (2021), presentan características que no se asemejan encontrando en su estudio un nivel de riesgo MEDIO y ALTO ante las inundaciones pluviales en la IE. de San Francisco de Asís, a razón de que está sujeta a la ocurrencia natural de inundaciones pluviales debido sobre todo al fenómeno de El Niño y a la falta de una estructura adecuada de drenaje de aguas pluviales; y finalmente con respecto al estudio realizado por Aponte & Guillen (2021), tampoco son iguales el cual en su estudio encontró un nivel de riesgo ALTO ante las inundaciones pluviales en la zona nuevo Indoamérica; porque el barrio está cerca de un arroyo y en una ladera, porque los vecinos tienen bajos ingresos y luchan por conseguir servicios básicos, y porque no hay talleres ni conferencias de reducción de riesgos.

Tabla 59

Matriz de Peligro, Vulnerabilidad y Nivel de Riesgo

	PELIGRO Y VULNERABILIDAD	DESCRIPCIÓN ENCONTRADA EN LA CIUDAD DE MACUSANI	NIVEL DE RIESGO
PELIGRO	Parámetro Precipitación	>72.79 mm	MUY ALTO
		72.79 - 56.00 mm	ALTO
		56.00 - 39.20 mm	MEDIO
		39.20 - 22.40 mm	BAJO
		≤22.40 mm	BAJO
	Parámetro Geología	Centro urbano	MUY ALTO
		Depósitos fluvioglaciares	ALTO
		Grupo mitu sedimento	MEDIO
		Depósitos aluviales	BAJO
	Parámetro Gemología	Grupo ambo	BAJO
		Vertiente glacial o de gelifracción	MUY ALTO
		Vertiente glacio-fluvial	ALTO
		Colina en roca volcano-sedimentaria	MEDIO
		Terraza aluvial	BAJO
	Parámetro Pendiente	Vertiente o piedemonte aluvial	BAJO
		pendiente 0° - 5°	MUY ALTO
		pendiente 5° - 12°	ALTO
		pendiente 12° - 20°	MEDIO
		pendiente 20° - 35°	BAJO
	VULNERABILIDAD SOCIAL	Fragilidad Social (Grupo Etereo)	pendiente >35°
de 0 a 5 años y mayor a 65 años			MUY ALTO
de 5 a 12 años y de 60 a 65 años			ALTO
De 12 a 15 años y de 50 a 60 años			MEDIO
De 15 a 30 años			BAJO
Fragilidad Social (Discapacidad)		De 30 a 50 años	BAJO
		Mental o Intelectual	MUY ALTO
		Visual	MUY ALTO
		Para usar brazos y piernas	ALTO
		Para oír, hablar	MEDIO
Resiliencia Social	No tiene	BAJO	
	Ninguno y/o inicial	MUY ALTO	
		Primaria	ALTO



VULNERABILIDAD ECONÓMICA	(Nivel Educativo)	Secundaria	ALTO
		Superior No universitaria	MEDIO
		Superior Universitario y/o postgrado u Otro Similar	BAJO
	Resiliencia Social (Programas Sociales)	Ninguno	MUY ALTO
		Juntos y/o pensión 65 y/u otros	ALTO
		Papilla y/o Cuna mas	ALTO
		Vaso de leche y/o comedor popular y/o canasta alimentaria	MEDIO
		Techó propio y/o vivienda	BAJO
	Fragilidad Económica (Material De Paredes)	Estera u otro material	MUY ALTO
		Adobe o tapial	MUY ALTO
		Piedra con Barro	ALTO
		Bloque de cemento	MEDIO
		Ladrillo	BAJO
	Fragilidad Económica (Material Techos)	Otro material	MUY ALTO
		Estera	MUY ALTO
Plancha de Calamina		ALTO	
Teja Andina		MEDIO	
Concreto armado		BAJO	
Resiliencia Económica (Tipo De Vivienda)	No destinada para habitación humana	MUY ALTO	
	Choza, cabaña, residencia temporal u otro	ALTO	
	Vivienda en casa vecindad	ALTO	
	Vivienda en Edificio	MEDIO	
	Vivienda unifamiliar	BAJO	
VULNERABILIDAD AMBIENTAL	Fragilidad Ambiental (Características Geológicas)	Los suelos de relleno con un nivel freático alto son suelos frágiles.	MUY ALTO
		Suelos de baja capacidad portante	ALTO
		Suelos con capacidad portante media	MEDIA
		Suelos con capacidad portante alta	BAJO
		Características geotécnicas favorables del suelo	BAJO
	Resiliencia Ambiental (Conocimiento Y Cumplimiento Ambiental)	Las limitaciones medioambientales no son populares ni por el público ni por las autoridades	MUY ALTO
		Las limitaciones medioambientales sólo son acreditadas por los funcionarios, que no las respetan	MUY ALTO
		Las limitaciones medioambientales pasan desapercibidas para las autoridades y la población, que sólo las cumplen parcialmente.	ALTO



Las autoridades, los grupos vecinales y el público en general conocen la existencia de restricciones medioambientales, pero las acatan en su mayoría	MEDIO
La mayoría de las veces se cumplen las normas medioambientales	BAJO

4.3. PROPONER MEDIDAS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES PARA CONTROLAR LA GENERACIÓN DE RIESGOS ORIGINADOS POR INUNDACIÓN PLUVIAL EN LA CIUDAD DE MACUSANI, PROVINCIA DE CARABAYA, DEPARTAMENTO DE PUNO, 2022.

a) Medidas estructurales-

En la tabla 60, se aprecia las medidas estructurales para la ciudad de Macusani; indicando que se propone: obras que consientan un adecuado drenaje de las aguas en las áreas de riesgo alto de la ciudad de Macusani, para impedir las inundaciones y aminorar las consecuencias de las intensas precipitaciones; también la construcción de canales en las zonas de riesgo alto para facilitar la conducción de las aguas pluviales; Por último, se construyen techos con ángulos de caída que permitan que el agua escurra y no quede atrapada en ellos. De este modo se evita el atrapamiento y posible colapso de los tejados ligeros (calaminas, madera, esteras, etc.), así como la instauración de cunetas en las carreteras para permitir la esorrentía del agua de lluvia hacia la zona de drenaje.

Tabla 60

Medidas estructurales para la ciudad de Macusani

Numero de medidas	Medidas a considerar
1	Para minimizar las inundaciones y atenuar las consecuencias de las lluvias torrenciales, se están realizando mejoras en las infraestructuras de las regiones de alto riesgo de la ciudad de Macusani (Anexo 1) .
2	La construcción de canales para permitir el drenaje de las precipitaciones en los lugares de alto riesgo.
3	La construcción de zanjas junto a las carreteras para facilitar el flujo de las precipitaciones hacia la zona de drenaje.
4	La construcción de tejados con ángulos de caída evita que el agua se enquiste y pueda provocar el derrumbe de tejados ligeros (como los de calaminas, madera o esteras).

b) Medidas no estructurales-

En la tabla 61, se aprecia las medidas no estructural para la ciudad de Macusani; indicando que se propone: la integración transversal de la gestión del riesgo de catástrofes en los procesos de zonificación territorial y desarrollo local; la mejora de los potenciales de gestión de los responsables, burócratas y técnicos del Ayuntamiento, facilitándoles esencialmente el desempeño de las ocupaciones y responsabilidades delegadas de acuerdo con el marco jurídico vigente y la estrategia de manejo del riesgo de catástrofes del país; el establecimiento de un uso adecuado del suelo y el empleo de medidas de control urbanístico; El establecimiento de un Sistema de Alerta Temprana para inundaciones permitirá a la población prepararse mejor para posibles eventos adversos, identificando e indicando rutas de evacuación y refugios seguros en caso de inundaciones por lluvias. Esto también aumentará la capacidad de la población para gestionar el riesgo de catástrofes de forma prospectiva, correctiva y reactiva, así como para desarrollar un Plan de Prevención y Reducción de Catástrofes.

Tabla 61

Medidas no estructurales para la ciudad de Macusani

Numero de medidas	Medidas a considerar
1	Integrar transversalmente el manejo del riesgo de catástrofes en el desarrollo de planificación territorial y desarrollo local.
2	Reforzar las competencias administrativas de los técnicos, agentes y funcionarios del municipio, en particular facilitándoles el ocupación de sus funciones de conformidad con la política nacional de gestión del riesgo de catástrofes y el marco jurídico vigente.
3	Establecer usos aceptables del suelo y llevar a cabo medidas de gestión urbana sin asentarse en zonas de riesgo extremo.
4	La instalación de un Sistema de Alerta Temprana para inundaciones permitirá a la población anticipar cuándo se producirá un suceso potencialmente dañino y estar mejor preparada para afrontarlo.
5	En caso de inundaciones debidas a la lluvia, identificar y señalar refugios seguros.
6	Impulsar la formulación de la población para la gestión del riesgo de catástrofes mediante medidas proactivas, correctivas y reactivas.
7	Integrar transversalmente la gestión del riesgo de eventos extremos en el proceso de zonificación territorial y desarrollo local.

Con respecto al planteamiento de la hipótesis “La evaluación del riesgo ocasionado por inundación pluvial se considerará mediante la multiplicación del nivel de peligro y vulnerabilidad, y en pie a ello es presentado las medidas estructurales y no estructurales en la ciudad de Macusani, provincia de Carabaya, departamento de Puno, 2022”; se aceptó ello; a razón de que el nivel de riesgo se obtiene de la multiplicación de dos factores siendo el peligro y la vulnerabilidad; y mediante ello se propuso las medidas de prevención frente al riesgo

Los resultados con relación al estudio elaborado por Lazo & Correo (2021), no se asemejan el cual propuso medidas estructurales para un diseño de drenaje pluvial en la zona de estudio, considerando la pendiente del terreno y el diseño de nuevas estructuras



y/o el fortalecimiento de las estructuras actuales en la IE San Francisco de Asís. También sugirió medidas no estructurales, como la educación sobre la posibilidad de los riesgos de inundación, informando y explicando para que logren ser comprendidos por los pobladores y lograr un elevado nivel de concientización; y en conclusión con relación al estudio ejecutado por Aponte & Guillen (2021), tampoco se igualan el cual en su investigación propuesto la construcción de defensa ribereña hacia la quebrada que atraviesa la localidad nuevo Indoamérica; a razón de que en temporadas de avenida esta tiende a incrementar su caudal y por ende generar inundaciones e las partes de topografía plana.



V. CONCLUSIONES

- De acuerdo a los resultados el nivel de riesgo de concluye ante las inundaciones pluviales en la localidad de Macusani es MUY ALTO; por estar geográficamente a una pendiente de terreno plana; y con respecto a la vulnerabilidad se encuentra en rango de ALTO, MEDIO, y BAJO ante las inundaciones pluviales.
- Según los resultados se concluye que en la ciudad de Macusani existe la predominancia de un riesgo ALTO ante las inundaciones pluviales; no obstante, existe también en menor proporción un nivel de riesgo MEDIO ante las inundaciones pluviales.
- Según los resultados se propone medidas estructurales como infraestructuras que tenga un acceso a un mejor drenaje de las precipitaciones; como canales de evacuación, cunetas y la construcción de techos que tengan una pendiente de caída para que discurra las aguas de lluvia; y se propone moderadas no estructurales como reunir la gestión de riesgo de desastre, fortalecimiento de la capacidad de gestión de autoridades, funcionarios y población en general; también acciones de control urbano; de igual manera la instalación del sistema de alerta temprana y finalmente la señalización de rutas de evacuación hacia zonas seguras ante las inundaciones pluviales.



VI. RECOMENDACIONES

- Se aconseja que las autoridades competentes que empleen medidas preventivas y de reajuste del riesgo, tanto estructurales como no estructurales para evitar y minimizar el peligro de inundaciones pluviales.
- Se recomienda a las autoridades competentes manifestar y capacitar a los nuevos residentes que deseen erigir sus viviendas en la ciudad de Macusani; construirlo en lugares óptimos para garantizarles una prevención frente a los riesgos de desastres.
- Se suplica a los pobladores que residen en las zonas de alto riesgo ante las inundaciones pluviales reforzar sus casas en especial las de material rustico; para la prevención frente al riesgo.
- Se recomienda que las instituciones encargadas de la toma de decisiones tomen medidas preventivas contra la posibilidad de que las lluvias inunden la ciudad de Macusani basándose en las conclusiones de este estudio.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

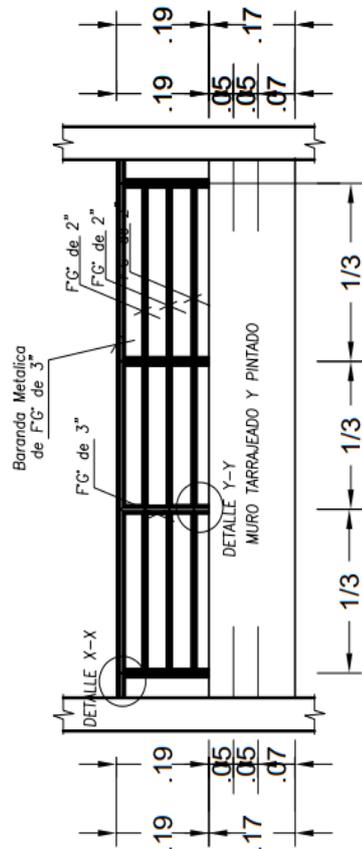
- Abanto, C. (2017). Evaluación de riesgo de inundación mediante modelo de gestión de aguas pluviales del sector sur de la ciudad de Cajamarca. Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca. Obtenido de <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/3327>
- Aponte, E., & Guillen, R. (2021). Evaluación de riesgos por inundación pluvial en el asentamiento humano nuevo INDOAMÉRICA, del distrito de la Esperanza. Trujillo: Universidad privada del Norte.
- Baena, G. (2017). Metodología de la investigación. México: Grupo Editorial Patria. Obtenido de http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales_de_consulta/Drogas_de_Abuso/Articulos/metodologia%20de%20la%20investigacion.pdf
- Cárdenas, R. (2018). El clima, caracteres, causas, clasificación, fenómenos y alteraciones climáticas. Aplicación didáctica. Lima: Universidad Nacional de Educación.
- CENEPRED. (2014). Manual para la evaluación del riesgo originado por fenómenos naturales 2da versión. Lima: Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres.
- Chanca, K., & Inga, Y. (2018). Influencia de la inundación en el riesgo de desastre del distrito de Moya de la provincia y departamento de Huancavelica 2017. Huancavelica: Universidad Nacional de Huancavelica.
- COEN. (2020). Precipitaciones Pluviales en el distrito de Macusani-Puno. IIMA: Centro de Operaciones de Emergencia Nacional.
- De la Quintana, J., Gomez, J., Jimenez, G., Morales, J., Quispe, M., & Cavero, S. (2018). Evaluación de riesgo por inundación pluvial en el distrito de Lucre y centro poblado de Huacarpay de la provincia de Quispicanchis - región Cusco. MAST'ARIY, 1-7.
- INDECI. (2018). Fuertes lluvias en el distrito de Macusani. Macusani: Instituto Nacional de Defensa Civil.
- Lazo, L., & Correo, C. (2021). Evaluación de riesgo por inundación en la institución educativa san francisco de Asis, centro poblado La Quinta–Marcavelica-Sullana-Piura. Piura: Universidad Cesar Vallejo.



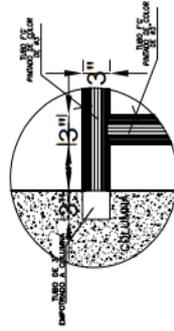
- Lucas, G. (2018). Análisis del riesgo por inundación en la localidad de Roblecito, Cantón Urdaneta: propuesta de medidas de mitigación. Guayaquil: Universidad de Guayaquil. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/29502/1/TESIS-GIUSEPPE%20LUCAS%20VERA.pdf>
- Mamani, L. (2020). Modelación hidrológica e hidráulica bidimensional del río Cabanillas tramo puente – bocatoma Cabanilla, utilizando el modelo HEC-RAS 2D. Puno: Universidad Nacional del Altiplano Puno.
- Puma, G. (2017). Los peligros que afectan como helada, Granizos tormentas y Vulnerabilidades en el distrito de Macusani. Puno: Universidad Nacional del Altiplano.
- Rodriguez, H. (2012). inundaciones en zonas urbanas. medidas preventivas y correctivas, acciones estructurales y no estructurales. México DC: Universidad nacional autónoma de México.
- SENAMHI. (2022). Reporte de inundaciones-Puno. Lima: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología.
- Tacsa, E. (2020). Inundación fluvial y pluvial en el casco urbano del distrito de José Crespo y castillo, a fin de proponer medidas estructurales y no estructurales. Huánuco: Universidad Nacional Hermilio Valdizan. Obtenido de <http://repositorio.unheval.edu.pe/bitstream/handle/UNHEVAL/5817/TIC00206T12.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Talavera, G. (2018). Riesgo y vulnerabilidad por inundaciones. Caso de estudio: conjunto urbano San Andrés, Municipio de Calimaya. UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO. Toluca: Universidad Autonoma del estado de Mexico. Obtenido de <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/98631/Riesgo%20y%20Vulnerabilidad%20por%20Inundaci%C3%B3n.%20Residencial%20San%20Andr%C3%A9s.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Toledo, B. (2022). Evaluación de riesgo por inundación pluvial en la zona urbana del distrito de Ocuvi, provincia de lampa. Puno: Universidad Nacional del Aliplano de Puno.
- Vasquez, D. (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. Cajamarca: Universidad Privada del Norte.



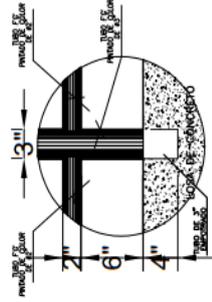
ANEXOS



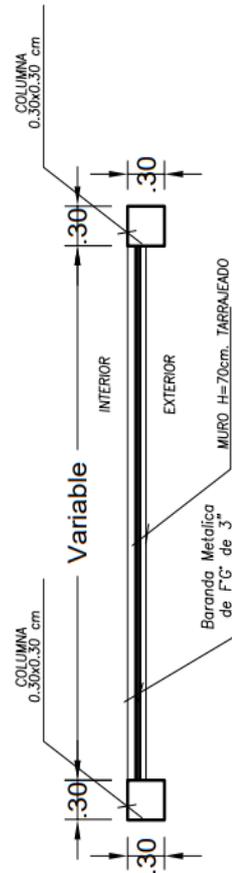
ELEVACION DE BARANDA METALICA
ESCALA 1:25



**ELEVACION
DETALLE X-X**
SIN ESCALA



**PLANTA
DETALLE Y-Y**
SIN ESCALA



PLANTA DE BARANDA METALICA
ESCALA 1:25

DETALLES DE BARANDA
EN GALERIAS DE CIRCULACION



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO

TITULO: PUNO DE DETALLES DE CANALES DE DRENAJE PLUVIAL
 AUTOR: PABLO PACHECO
 INSTITUCION: UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO
 FECHA: 2022

TITULO: EVALUACION DEL RIESGO DERIVADO POR INTRUSION PLUVIAL EN LA CIUDAD DE INACAP
 AUTOR: PABLO PACHECO
 INSTITUCION: UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO
 FECHA: 2022

TITULO: PCDDP - 002
 AUTOR: PABLO PACHECO
 INSTITUCION: UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO
 FECHA: 2022



DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo PADCA DEL PIAD JAZURA QUISPE,
identificado con DNI 40290654 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:
" EVALUACIÓN DEL RIESGO ORIGINADO POR INUNDACIÓN
FLUVIAL EN LA CIUDAD DE MACUSANI, PROVINCIA DE CARABAYA,
DEPARTAMENTO DE PUNO, 2022 "

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 19 de ENERO del 2024


FIRMA (obligatoria)



Huella



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

Por el presente documento, Yo Paola del Pilar Lapura Quispe,
identificado con DNI 70290634 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:

"EVALUACIÓN DEL RIESGO ORIGINADO POR INUNDACIÓN PLUVIAL EN LA CIUDAD DE MACUSANI, PROVINCIA DE CARABAYA, DEPARTAMENTO DE PUNO, 2022"

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 19 de ENERO del 2024

FIRMA (obligatoria)



Huella