



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TESIS

“EVALUACIÓN DE RIESGO POR DESLIZAMIENTO DE SUELO EN EL AA. HH.
BARRANQUILLA Y APV. CHINCHERO DEL ÁREA DE INFLUENCIA DE LA
QUEBRADA SAPHY DEL DISTRITO DE CUSCO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO
CUSCO, 2022”

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Gestión de Riesgos y Cambio Climático

Presentado por:

BACH. MONTALBAN HUAMAN, Omar

Para optar al Título Profesional de:

Ingeniero Ambiental

Asesor:

Dr. Félio Calderón La Torre

CUSCO – PERÚ

2023



Agradecimiento

Agradecido primeramente a Jehová dios ya que él ha sido mi guía en estos años maravillosos en la universidad, a los profesores de la escuela profesional de ingeniería ambiental que a su paciencia, sabiduría y dedicación me brindaron todos los conocimientos teórico-practico que hoy estoy aplicando en la institución donde laboro, también a mi asesor, Dr. Ing. Félio Calderón la Torre, por su orientación, críticas y valiosa instrucción de la misma manera la disposición y paciencia en aquellos momentos de postración en el desarrollo de este maravilloso trabajo de investigación. Además, a mis colegas de trabajo que gracias a ellos he podido fortalecer los conocimientos que recibí en la universidad, me enseñaron a querer más esta hermosa profesión y ver la manera de cómo mejorar la sociedad en la que vivo, así mismo a Marian Han Nguyen mi amada esposa que con impulso diario me ha dado las fuerzas para no desfallecer y mejorar cada día.



Dedicatoria

Esta investigación se la dedico a Iris y Olga las dos madres que tengo por nunca dejar de creer en mí y haberme formado como persona correcta, a Eleanor mi hija y Marian mi esposa que son los pilares de mi vida y la razón para seguir adelante.



INDICE

1. CAPITULO I: Introducción	1
1.1. Planteamiento del Problema	1
1.1.1. Ubicación	2
1.1.2. Ubicación geográfica	3
1.1.3. Ubicación geopolítica	3
1.1.4. Ortofoto 2015-2016	5
1.2. Formulación Del Problema.....	7
1.2.1. Problema General.....	7
1.2.2. Problemas Específicos Secundarios.....	7
1.3. Justificación De La Investigación.....	7
1.3.1. Conveniencia Técnica.....	7
1.3.2. Relevancia Social.....	8
1.3.3. Implicancias Prácticas.....	8
1.3.4. Valor Teórico	9
1.4. Objetivo De La Investigación.....	9
1.4.1. Objetivo Central.....	9
1.4.2. Objetivos Específicos.....	9
1.5. Delimitación Del Estudio	10
1.5.1. Delimitación Espacial	10
1.5.2. Delimitación Temporal	10
2. CAPITULO II: Marco Teórico - Conceptual	11
2.1. Antecedentes.....	11
2.1.1. Antecedentes A Nivel Local	11
2.1.2. Antecedentes A Nivel Nacional	12
2.1.3. Antecedentes A Nivel Internacional	14
2.2. Bases Teóricas	16
2.2.1. Movimientos De Masa.....	16
2.2.2. Deslizamiento	20
2.2.3. Flujo	22
2.2.4. Evaluación De Riesgos	25
2.2.5. Gestión De Riesgos De Desastres.....	26
2.2.6. Peligros	27
2.2.7. Vulnerabilidad.....	31



2.2.8. Riesgo	33
2.3. Marco Legal.....	39
2.4. Hipótesis	40
2.4.1. Hipótesis General.....	40
2.4.2. Hipótesis Especifica.....	41
2.5. Variables E Indicadores.....	41
2.5.1. Identificación De Variables	41
2.5.2. Operacionalización de Variables	42
3. CAPITULO III: Método.....	43
3.1. Alcance de estudio.....	43
3.1.1. Tipo de investigación.....	43
3.2. Diseño de la investigación.....	43
3.3. Población	43
3.4. Muestra	44
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	44
3.5.1. Técnica.....	44
3.5.2. Instrumentos.....	45
3.6. Validez y confiabilidad de los instrumentos.....	45
3.6.1. Validez.....	45
3.6.2. Confiabilidad.....	46
3.6.3. Proceso de análisis jerárquico (PAJ).....	48
3.6.4. Materiales.....	57
3.6.3.2 Equipos De Campo	57
3.7. Plan de análisis de datos	58
4. CAPITULO IV: Resultados De La Investigación.....	63
4.1. Resultados Respecto a los Objetivos Específicos.....	63
4.1.1. Identificación De Peligros.....	63
4.1.2. Análisis De Vulnerabilidades.....	99
4.2. Resultados respecto al Objetivo General.....	152
4.2.1. Cálculo de Riesgos.....	152
VALOR	161
DESCRIPTOR.....	161
NIVEL DE PRIORIZACIÓN.....	161



CAPÍTULO V: Discusión.....	165
4.3. Descripción de los Hallazgos más Relevantes y Significativos	165
4.4. Limitaciones del Estudio	165
4.5. Comparación Crítica con la Literatura Existente.....	166
4.6. Implicancias del Estudio.....	166
5. CONCLUSIONES	166
6. RECOMENDACIONES	168
7. REFERENCIAS	170



Índice de Tablas

Tabla 1 <i>Coordenadas UTM</i>	3
Tabla 2 Clasificación de deslizamientos según Varnes-1978	18
Tabla 3 Escala de velocidades según Cruden y Varnes (1996).....	19
Tabla 4 Operacionalización de variables	42
Tabla 5 Validez del Instrumento	46
Tabla 6 Información de peligros	59
Tabla 7 Clasificación de las Pendientes por Descriptor	63
Tabla 8 Descriptores de la Cobertura Vegetal	67
Tabla 9 Dominio Geológico	70
Tabla 10 Sub-Unidades Geomorfológicas de nuestra área de estudio	73
Tabla 11 Estación Utilizada para la Evaluación (1964-2014).....	75
Tabla 12 Precipitaciones Pluviales mensuales	76
Tabla 13 Descripción del Periodo de Retorno de Deslizamiento.....	78
Tabla 14 Periodo de retorno	80
Tabla 15 Tiempo de retorno	81
Tabla 16 Matriz de comparación de pares del parámetro de evaluación	81
Tabla 17 Matriz de normalización de pares del parámetro de evaluación	81
Tabla 18 Matriz de relación de consistencia del parámetro de evaluación	82
Tabla 19 Factores condicionantes y desencadenantes.....	82
Tabla 20 Comparación de los pares del parámetro y los factores condicionantes	83
Tabla 21 Normalización de pares del parámetro de los factores condicionantes.....	83
Tabla 22 Relación de consistencia del parámetro y factores condicionantes.....	84
Tabla 23 Rango de pendientes	85
Tabla 24 Comparación de pares del parámetro de pendientes	85
Tabla 25 Normalización de pares del parámetro de pendiente	85
Tabla 26 Relación de consistencia del parámetro	86
Tabla 27 Descriptores de la cobertura vegetal	86
Tabla 28 Comparación de pares del parámetro de cobertura vegetal.....	87
Tabla 29 Normalización de pares del parámetro de la cobertura vegetal	87
Tabla 30 Relación de consistencia del parámetro de la cobertura vegetal	87
Tabla 31 Descriptores de la Geomorfología.....	88
Tabla 32 Comparación de pares del parámetro de Geomorfología.....	88
Tabla 33 Normalización de pares del parámetro de Geomorfología.....	89
Tabla 34 Relación de consistencia del parámetro de Geomorfología.....	89
Tabla 35 Nomenclatura de factores de precipitación	90
Tabla 36 Comparación de pares de parámetros de Geológicos	90
Tabla 37 Normalización de pares de parámetros de Geológicos	90
Tabla 38 Relación de consistencia de parámetros de Geológicos.....	91
Tabla 39 Nomenclatura de factores de precipitación	91
Tabla 40 Comparación de pares de parámetros de precipitación.....	92
Tabla 41 Normalización de pares de parámetros de precipitación.....	92
Tabla 42 Relación de consistencia de parámetros de precipitación	93
Tabla 43 Estimación del nivel de peligro.....	97
Tabla 44 Parámetros para el factor social	99
Tabla 45 Comparación de pares dimensión social	100
Tabla 46 Normalización de pares dimensión social.....	100
Tabla 47 Relación de consistencia dimensión social	100
Tabla 48 Comparación de pares del parámetro número de personas	101
Tabla 49 Normalización de pares del parámetro número de personas.....	101



Tabla 50	Resultados de la operación de matrices	102
Tabla 51	Parámetros empleados para el factor Fragilidad	103
Tabla 52	Normalización de pares de la fragilidad social	104
Tabla 53	Relación de consistencia de la fragilidad social.....	104
Tabla 54	Comparación de pares del grupo etéreo	105
Tabla 55	Normalización de pares del grupo etéreo.....	105
Tabla 56	Resultados de la operación de matrices	106
Tabla 57	Comparación de pares de servicios básicos	107
Tabla 58	Normalización de pares de servicios básicos	108
Tabla 59	Resultados de la operación de matrices de servicios básicos.....	108
Tabla 60	Comparación de pares de discapacidad.....	109
Tabla 61	Normalización de pares de discapacidad	110
Tabla 62	Resultados de la operación de matrices de discapacidad	110
Tabla 63	Comparación de pares de la resiliencia social.....	111
Tabla 64	Matriz de normalización de pares de resiliencia social.....	112
Tabla 65	Matriz de comparación de pares sobre conocimiento de ocurrencias.....	113
Tabla 66	Matriz de normalización de pares sobre conocimiento de ocurrencias.....	113
Tabla 67	Matriz comparación de pares en capacitación en GRD	115
Tabla 68	Matriz de normalización de pares en capacitación en GRD	116
Tabla 69	Matriz de comparación de pares en interés de participación	117
Tabla 70	Matriz de normalización de pares en interés de participación	118
Tabla 71	Parámetros de la dimensión económica	120
Tabla 72	Matriz de comparación de pares de la dimensión económica.....	120
Tabla 73	Matriz de normalización de pares de la dimensión económica.....	120
Tabla 74	Matriz de comparación de pares de la distancia al peligro	121
Tabla 75	Matriz de normalización de pares de la distancia al peligro	122
Tabla 76	Matriz de comparación de pares del material predominante en la pared...	124
Tabla 77	Matriz de normalización de pares del material predominante en la pared.	124
Tabla 78	Matriz de comparación de pares del material predominante en el techo ...	126
Tabla 79	Matriz de normalización de pares del material predominante en el techo.	127
Tabla 80	Matriz de comparación de pares, estado de conservación de vivienda.....	128
Tabla 81	Matriz de normalización de pares, estado de conservación de vivienda....	129
Tabla 82	Matriz de comparación de pares de ocupación del jefe de hogar	130
Tabla 83	Matriz de normalización de pares de ocupación del jefe de hogar	131
Tabla 84	Matriz de comparación de pares del ingreso promedio familiar.....	132
Tabla 85	Matriz de normalización de pares del ingreso promedio familiar.....	133
Tabla 86	Matriz de comparación de pares de la organización comunitaria	134
Tabla 87	Matriz de normalización de pares de la organización comunitaria.....	135
Tabla 88	Parámetros empleados para la dimensión ambiental	137
Tabla 89	Matriz de comparación de pares de la dimensión ambiental	137
Tabla 90	Matriz de normalización de pares de la dimensión ambiental	137
Tabla 91	Matriz de comparación de pares de la distancia de entrega de basura.....	138
Tabla 92	Matriz de normalización de pares de la distancia de entrega de basura.....	139
Tabla 93	Matriz de comparación de pares sobre manejo y disposición de RRSS	140
Tabla 94	Matriz de normalización de pares sobre manejo y disposición de RRSS ..	141
Tabla 95	Matriz de comparación de pares sobre conocimiento de reciclaje.....	143
Tabla 96	Matriz de normalización de pares sobre conocimiento de reciclaje	143
Tabla 97	Niveles de vulnerabilidad.....	149
Tabla 98	Estratificación del nivel de vulnerabilidad.....	149
Tabla 99	Cálculo del nivel de riesgo	154



Tabla 100 Niveles de Riesgo.....	154
Tabla 101 Estratificación del nivel de riesgo	155
Tabla 102 Valoración de Consecuencias	158
Tabla 103 Valorización de Frecuencia de Recurrencia.....	159
Tabla 104 Nivel de Consecuencia y Daño	159
Tabla 105 Daños del nivel Alto.....	160
Tabla 106 Aceptabilidad y Tolerancia	160
Tabla 107 Nivel de Aceptabilidad y/o Tolerancia del riesgo.....	161
Tabla 108 Prioridad de la Intervención.....	161



Índice de Figuras

Figura 1 Proceso de movimiento en masa	17
Figura 2 Partes de un movimiento en masa	17
Figura 3 Deslizamientos según su tipo	20
Figura 4 Deslizamiento rotacional (A) y traslacional (B).....	21
Figura 5 Partes de un deslizamiento	22
Figura 6 Esquema de flujos canalizados y no canalizados	23
Figura 7 Corte esquemático del flujo de detritos	23
Figura 8 Flujos de detritos y sus partes.....	25
Figura 9 Gestión de desastres.....	27
Figura 10 Clasificación de peligros	28
Figura 11 Peligros que se producen por fenómenos de origen natural	29
Figura 12 Factores desencadenantes del peligro.....	30
Figura 13 Factores de vulnerabilidad: Exposición, fragilidad y resiliencia.....	31
Figura 14 Clasificación de escala numérica.....	33
Figura 15 Niveles de Consecuencias	38
Figura 16 Niveles de frecuencia de ocurrencia.....	38
Figura 17 Matriz de consecuencia de daños	38
Figura 18 Aceptabilidad y/o tolerancia del riesgo	39
Figura 19 Flujo metodológico.....	49
Figura 20 Clasificación de escala numérica.....	50
Figura 21 Metodología General para Determinar el Nivel de Peligrosidad.....	60
Figura 22 Nivel de Vulnerabilidad.....	61
Figura 23 Formula del riesgo	62
Figura 24 Metodología para el cálculo del riesgo.....	62
Figura 25 Depósito Coluvio - deluviales, en la margen izquierda.....	73
Figura 26 Mapa Climático del distrito del Cusco	77
Figura 27 Guía para selección de periodo de retorno	79
Figura 28 Grafico de la Intensidad máxima, duración (minutos) y tiempo(años)	80
Figura 29 Factores y parámetros de evaluación.....	94
Figura 30 Esquema de la operacionabilidad del peligro	96
Figura 31 Pesos de la matriz de normalización de pares	96
Figura 32 Análisis de la dimensión social	99
Figura 33 Número habitantes que viven en el predio	103
Figura 34 Grupo etáreo	107
Figura 35 Acceso a servicios básicos.....	109
Figura 36 Tipo de discapacidad	111
Figura 37 Conocimiento sobre desastres ocurridos en el sector	115
Figura 38 Habitantes capacitados en gestión de riesgo por parte de las autoridades	117
Figura 39 Habitantes interesados a participar en campañas de prevención	119
Figura 40 Análisis de la dimensión económica	119
Figura 41 Distancia de la vivienda al área peligrosa	123
Figura 42 Material predominante de las Paredes	126
Figura 43 Material predominante de los techos	128
Figura 44 Estado de conservación de la vivienda	130
Figura 45 Trabajo principal (jefe de hogar)	132
Figura 46 Ingreso promedio mensual de la familia.....	134
Figura 47 Organización comunitaria.....	136
Figura 48 Análisis de la dimensión ambiental	136
Figura 49 Distancia de entrega de la basura	140



Figura 50 Manejo y disposición de RRSS	142
Figura 51 Conocimiento en temas de reciclaje	144
Figura 52 Cuantificación de elementos expuestos	145
Figura 53 Pesos asignados de las dimensiones y factores correspondientes	148
Figura 54 Formula del riesgo	153
Figura 55 Metodología para el cálculo del riesgo	153
Figura 56 Estimación del riesgo, según CENEPRED.....	158
Figura 57 Barreara para retener flujos y deslizamientos.....	163



Índice de Mapas

Mapa 1 Ubicación de la zona de estudio.....	4
Mapa 2 Ortofoto 2015-2016 AA. HH Barranquilla y APV. Chinchero	6
Mapa 3 Áreas de exposición en la quebrada Saphy	35
Mapa 4 Mapa de peligro por movimiento de masa.....	36
Mapa 5 Mapa de Rangos de Pendientes.....	65
Mapa 6 Mapa de cobertura vegetal del área de estudio	68
Mapa 7 Mapa Geológico del Área de Estudio	71
Mapa 8 Mapa Geomorfológico de Nuestra Área de Estudio	74
Mapa 9 Mapa del nivel de peligro del área de estudio en la quebrada Saphy.....	98
Mapa 10 Del nivel de vulnerabilidad del área de estudio de la quebrada Saphy	151
Mapa 11 Mapa del nivel de riesgo del área de estudio de la quebrada Saphy	157



Resumen

El objetivo general fue determinar los niveles de riesgo por deslizamiento de suelos y plantear medidas de control en el AA. HH Barranquilla y APV. Chinchero del área de influencia de la quebrada Saphy del distrito de Cusco, provincia departamento del Cusco.

Se utilizó la siguiente metodología: El tipo de investigación ciñe un enfoque básico, ya que consiste en identificar los peligros y evaluar los riesgos por deslizamiento de suelos en el AA. HH Barranquilla y APV. Chinchero con un nivel descriptivo de variables no controladas ya que pretendemos resolver un problema complejo de criterios múltiples, a través de la elaboración de un modelo jerárquico con un diseño no experimental, la muestra está constituida por una población censal de 1209 pobladores asentados en 151 lotes.

La conclusión principal determinó según el rango de niveles de RIESGO MEDIO en 01 lote en el AA. HH Barranquilla y 04 lotes en APV. Chinchero, RIESGO ALTO en 34 lotes en el AA. HH Barranquilla y 74 lotes en APV. Chinchero y en unos casos RIESGO MUY ALTO 10 lotes en el AA. HH Barranquilla y 28 lotes en APV. Chinchero, proponiendo medidas de control para mitigar el riesgo.

Palabras clave: *Peligro, vulnerabilidad, riesgo por deslizamiento*



Abstract

The general objective was to determine the risk levels of landslides and propose measures of control in the AA. HH Barranquilla and APV. Chinchero from the area of influence of the Saphy stream in the district of Cusco, province of the department of Cusco.

The following methodology was used: the investigation adheres to a basic approach, since it consists of identifying the dangers and evaluating the risks of landslides in the AA. HH Barranquilla and APV. Chinchero with a descriptive level of uncontrolled variables since we intend to solve a complex problem of multiple criteria, through the elaboration of a hierarchical model with a non-experimental design, the sample consists of a registered population of 1209 inhabitants who are settled in 151 lots.

The main conclusion determined according to the range of MEDIUM RISK levels in 01 lot in the AA. HH Barranquilla and 04 lots in APV. Chinchero, HIGH RISK in 34 lots in AA. HH Barranquilla and 74 lots in APV. Chinchero and in some cases VERY HIGH RISK 10 lots in the AA. HH Barranquilla and 28 lots in APV. Chinchero, proposing control measures to mitigate the risk.

Keywords: *Threat, vulnerability, landslide risk*

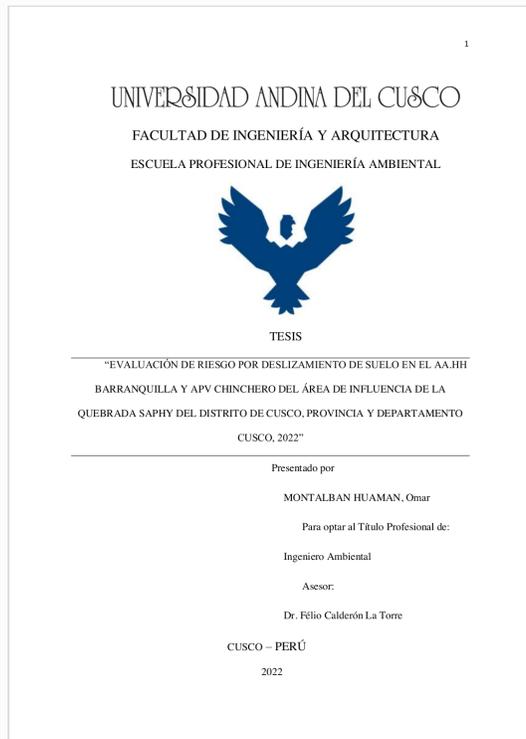


Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por **Turnitin**. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega:	Omar Montalban
Título del ejercicio:	Tesis Omar Montalban
Título de la entrega:	Informe de turnitin de tesis
Nombre del archivo:	MONTALBAN_TESIS_FINAL_1.pdf
Tamaño del archivo:	14.81M
Total páginas:	185
Total de palabras:	35,585
Total de caracteres:	174,927
Fecha de entrega:	22-nov.-2022 05:42p. m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega...	1961552080





INFORME DE ORIGINALIDAD

6%

INDICE DE SIMILITUD

3%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

4%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.uap.edu.pe Fuente de Internet	1%
2	Submitted to Universidad Andina del Cusco Trabajo del estudiante	1%
3	Submitted to Universidad Alas Peruanas Trabajo del estudiante	<1%
4	Submitted to Universidad Ricardo Palma Trabajo del estudiante	<1%
5	Edwar Miguel Pagaza Castillo. "Risk assessment for earthquakes, debris flow and flooding in the ah 03 de octubre, in chosica, district of luringancho, Lima", Journal of Physics: Conference Series, 2021 Publicación	<1%
6	Submitted to Pontificia Universidad Católica del Perú Trabajo del estudiante	<1%
7	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1%



8

Pereyra. "Análisis ambiental del aluvión del año 2015 en la quebrada Rayo de Sol, Chosica, Lima, Perú", Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, 2019

Publicación

< 1 %

9

Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru

Trabajo del estudiante

< 1 %

10

Submitted to Universidad de Huanuco

Trabajo del estudiante

< 1 %

11

Planck Barahona-Urbina. "Factores determinantes de la esperanza de vida en Chile", Anales de la Facultad de Medicina, 2013

Publicación

< 1 %

12

Submitted to Universidad Continental

Trabajo del estudiante

< 1 %

13

Submitted to Universidad San Ignacio de Loyola

Trabajo del estudiante

< 1 %

14

Submitted to Universidad Peruana Cayetano Heredia

Trabajo del estudiante

< 1 %



15

< | %

Sebastián Osorio-Ospina, Andrés Felipe Pulgarín-Arias. "Medición del valor razonable de los bienes inmuebles en Colombia: un análisis de la actividad de valuación y su coherencia con las NIIF", Contaduría Universidad de Antioquia, 2019

Publicación

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 30 words

Excluir bibliografía

Activo



CAPITULO I: Introducción

1.1. Planteamiento del Problema

Los deslizamientos de suelo suceden cuando grandes cantidades de masa sólida descompuesta (rocas, tierra o detritos) caen de forma natural o debido a la actividad antrópica del lugar, ya sea por crecimiento urbano, agrícola o deforestación que se desarrollan de manera acelerada y sin control o reglamentación, el 71% de desastres históricos dentro de los países miembros de la Comunidad Andina fueron ocasionados por fenómenos de origen hidrometeorológicos, que incluye, deslizamiento, granizada, helada, huracán, inundación, flujo de detritos (huayco, avenida torrencial, mazamorras) y en el registro de pérdidas de vida en la subregión 1970 – 2007, Perú y Colombia tienen el mayor número con 82 357 y 37 762 respectivamente. (Comunidad Andina , 2009)

En el Perú se aprueba la política 32 de Gestión de Riesgo de Desastres (GRD) a finales del 2010. En febrero de 2011 se renovó el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SINAGERD) mediante la Ley N° 29664, reemplazando al Sistema Nacional de Defensa Civil (SINADECI). Con el nuevo sistema se busca cambiar el enfoque reactivo de administrar el desastre al de gestionar el riesgo de desastres, sobre la base de tres componentes; gestión prospectiva, gestión correctiva y gestión reactiva.

Al respecto, el Reglamento de la Ley N° 29664, aprobado por Decreto Supremo N° 048-2011-PCM, establece que corresponde a los órganos y unidades orgánicas de los gobiernos regionales y locales, así como de los sectores y entidades del gobierno nacional incorporar e implementar en su gestión los procesos de estimación, prevención, reducción de riesgo, reconstrucción, preparación, respuesta y rehabilitación, transversalmente en el ámbito de sus funciones.

Siendo el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED), la entidad encargada de asesorar y proponer a la Presidencia del



Consejo de ministros (PCM) en su calidad de ente rector, la normativa que asegure y facilite los procesos técnicos y administrativos de estimación, prevención, reducción de riesgo, así como de reconstrucción.

Cusco presenta dos estaciones bien diferenciadas, secas (Junio – Agosto) y lluviosa (Setiembre - mayo), siendo la época lluviosa donde se presentan más movimientos en masa (deslizamientos y huaicos). Las precipitaciones son recurrentes todos los años, siendo la población y sus medios de vida como las infraestructuras de edificaciones (hospitales, instituciones, casas, puentes, entre otros) los más vulnerables, agravándose aún más los años que en temporadas de lluvias las precipitaciones se intensifican y tienen periodos de elevada duración, lo que complica en mayor medida el desarrollo habitual de las actividades socioeconómicas en la ciudad.

Dentro del Plan de Acondicionamiento Territorial 2017-2037 (PAT) de la provincia del Cusco, nuestra zona de estudio a macro escala presenta peligro de alto a muy alto existiendo zonas agroforestales, de intervención especial y recuperación. Desde esta perspectiva nace la importancia del desarrollo de información estadística en torno a los desastres, mapas de peligro, indicadores de vulnerabilidad y nivel del riesgo, para que de esta manera podamos tener una población alerta y preparada para afrontar eventos por deslizamientos de suelos.

1.1.1. Ubicación

El estudio realizado se encuentra en la parte noroeste de la ciudad del Cusco, abarcando el AA. HH Barranquilla y el APV. Chinchero y delimitada por la quebrada Saphy en el distrito y provincia del Cusco, observado en el Mapa 1.

La quebrada Saphy se sitúa en el distrito de Cusco y nace en la parte noreste de la ciudad capital con la unión de los dos ríos Chacán y Muyu Orcco y termina en la parte sur oeste de la ciudad donde se une con el río Huatanay, teniendo un recorrido de 3,000 ml aproximadamente,



y cruza toda la ciudad a través de una canalización Inca que ha sido cubierta para protección de esta, actualmente forma gran parte de la avenida el Sol.

1.1.2. Ubicación geográfica

- Proyección: UTM WGS 1984 Zona 19L
- Datum horizontal: Sistema Geodésico
- Datum Vertical: Nivel Medio del Mar

Tabla 1

Coordenadas UTM

	AA. HH Barranquilla	APV. Chincheró	Quebrada Saphy
Norte (m.)	176063.519155	176106.920908	176399.57783
Este (m.)	8504835.81212	8504644.79784	8504892.38638
Altitud	3560 m.s.n.m.	3560 m.s.n.m.	3440-3530 m.s.n.m.

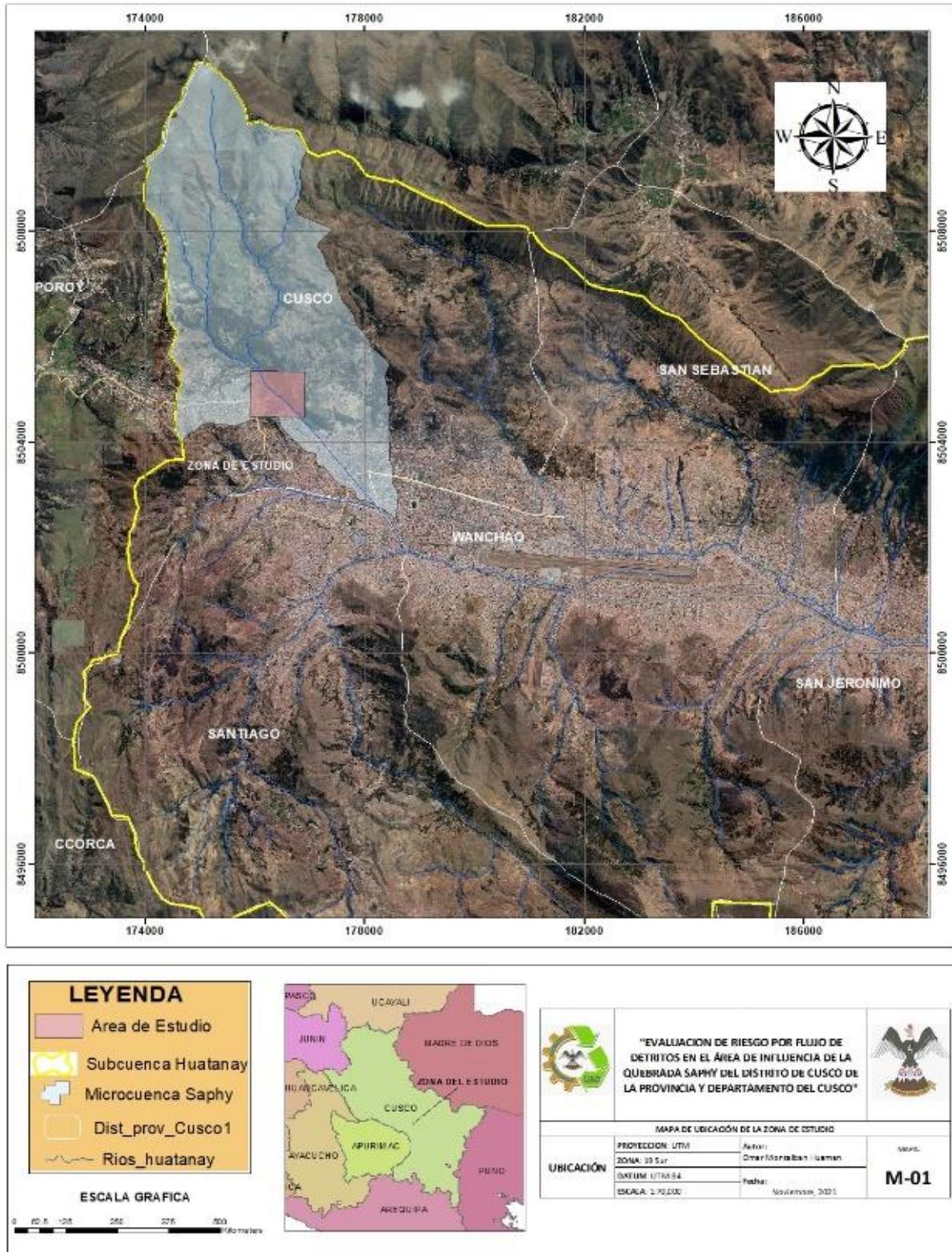
1.1.3. Ubicación geopolítica

- Departamento : Cusco
- Provincia : Cusco
- Distrito : Cusco
- Sector : AA. HH Barranquilla, APV. Chincheró y Quebrada Saphy



Mapa 1

Ubicación de la zona de estudio



Fuente: Elaboración propia



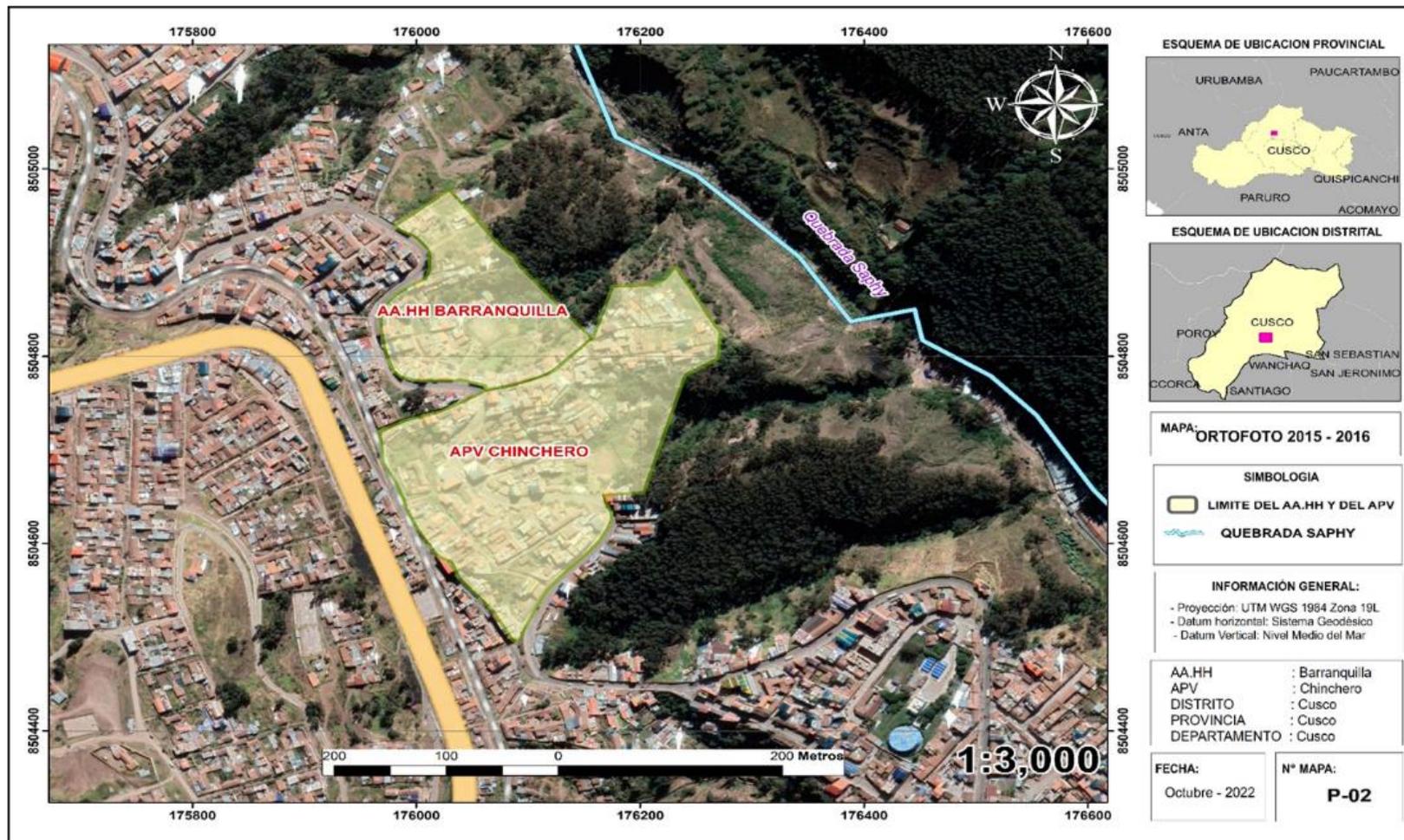
1.1.4. Ortofoto 2015-2016

De acuerdo a los registros, se identifica el drenaje principal (drenaje natural) así como las laderas en que se reconocen áreas de deslizamiento reciente y antiguos, y en la actualidad estas se encuentran impactadas por rellenos y desmontes para fines de asentamiento de población y edificación de viviendas en áreas que no corresponde a la Asociación y los antecedentes de estas geoformas dentro de la Asociación, empleadas en áreas verdes u otros usos, como se observa en el Mapa 2.



Mapa 2

Ortofoto 2015-2016 AA. HH Barranquilla y APV. Chinchero



Fuente: Municipalidad provincial del Cusco



1.2. Formulación Del Problema

1.2.1. Problema General

¿Cuál son los niveles de riesgo por deslizamiento de suelos en el AA. HH Barranquilla y APV. Chinchero del área de influencia de la quebrada Saphy del distrito de Cusco, provincia del Cusco y departamento del Cusco?

1.2.2. Problemas Específicos Secundarios

PE-1: ¿Cuáles son los parámetros de caracterización por fenómeno de deslizamiento de suelos en el AA. HH Barranquilla y APV. Chinchero del área de influencia de la quebrada Saphy del distrito de Cusco?

PE-2: ¿Cuáles son los niveles de peligrosidad por fenómeno de deslizamiento de suelos en el AA. HH Barranquilla y APV. Chinchero del área de influencia de la quebrada Saphy del distrito de Cusco?

PE-3: ¿Cuáles son los niveles de vulnerabilidad por fenómeno de deslizamiento de suelos en el AA. HH Barranquilla y APV. Chinchero del área de influencia de la quebrada Saphy del distrito de Cusco?

PE-4: ¿Cuáles son los niveles de riesgo por fenómeno de deslizamiento de suelos en el AA. HH Barranquilla y APV. Chinchero del área de influencia de la quebrada Saphy del distrito de Cusco?

1.3. Justificación De La Investigación

1.3.1. Conveniencia Técnica

En el presente estudio se ha evaluado el deslizamiento y verificado en que grado de peligro y vulnerabilidad se encuentran la quebrada Saphy y los asentamientos de nuestra región del Cusco, y de esta manera poder realizar las obras de mitigación del riesgo y cuidar la integridad de las personas.



Este trabajo de investigación tiene por finalidad aportar un estudio de evaluación de riesgos por deslizamiento de suelos en el AA. HH Barranquilla y APV. Chinchero, del área de influencia de la quebrada Saphy del distrito de Cusco, realizando cálculos de riesgo y cálculos de control.

Teniendo muy presente que este trabajo de investigación servirá de apoyo para futuras investigaciones en la zona de estudio y en el distrito.

1.3.2. Relevancia Social

Esta investigación beneficia en primer lugar a la población que se encuentra vinculada directa e indirectamente con la quebrada para que pueda haber un mejor desarrollo económico y social, también beneficiar a los profesionales de las diferentes instituciones públicas y privadas de nuestra región para que empleen esta investigación en la realización de sus proyectos en beneficio de la población, finalmente a los profesionales y estudiantes de la Universidad Andina del Cusco ya que podrán encontrar información acerca de la evaluación de riesgos por deslizamiento de suelos.

La presente investigación constituye un aporte a la sociedad ya que realiza el análisis de peligro y vulnerabilidad de la zona de estudio para de esta manera calcular los riesgos de los residentes.

1.3.3. Implicancias Prácticas

La presente investigación se efectúa por la necesidad de mejorar la calidad de vida de nuestra población y querer dar a conocer la metodología empleada para ayudar a mitigar el riesgo que existiera, haciendo uso del Manual Para La Evaluación De Riesgos Originados Por Fenómenos Naturales versión 02 validada por el Centro Nacional de Estimación, Prevención y reducción del riesgo de desastres (CENEPRED).

La investigación presenta los lineamientos a seguir para hacer el control del riesgo para seguridad de la población.



1.3.4. Valor Teórico

La presente investigación aporta conocimientos sobre deslizamiento de suelos ocasionados por fenómenos naturales en nuestra región del Cusco, con los resultados obtenidos podremos realizar un control de riesgos para ser incorporados como conocimiento a las ciencias de la tierra (geografía, geología, edafología, etc.) ya que se demuestra el uso de la metodología para la obtención de los niveles de riesgo en la población

1.4. Objetivo De La Investigación

1.4.1. Objetivo Central

Determinar los niveles de riesgo por deslizamiento de suelos y plantear medidas de control en el AA. HH Barranquilla y APV. Chinchero del área de influencia de la quebrada Saphy del distrito de Cusco, provincia departamento del Cusco.

1.4.2. Objetivos Específicos

OE-1: Identificar los parámetros de caracterización por Fenómeno de deslizamiento de suelos en el AA. HH Barranquilla y APV. Chinchero del área de influencia de la quebrada Saphy del distrito de Cusco.

OE-2: Identificar y caracterizar el peligro, niveles de peligrosidad y la elaboración del mapa del nivel de peligrosidad.

OE-3: Analizar, determinar los niveles de vulnerabilidad, y la elaboración del mapa del nivel de vulnerabilidad.

OE-4: Establecer los niveles de riesgo, la elaboración del mapa de riesgo y planteamiento de medidas de control del riesgo de carácter estructural y no estructural.



1.5. Delimitación Del Estudio

1.5.1. Delimitación Espacial

Geográficamente la investigación se encuentra en el AA. HH Barranquilla y APV. Chinchero del área de influencia de la quebrada Saphy del distrito de Cusco de la provincia y región del Cusco, sin embargo, para la toma de información es necesario considerar el área de influencia indirecta, esto a razón de ampliar el área de estudio hacía la población que está directa e indirectamente relacionada con la quebrada ya que es de suma importancia para determinar el nivel de riesgo.

1.5.2. Delimitación Temporal

Los datos obtenidos que serán considerados para realizar la investigación se llevaron a cabo en los meses de enero hasta julio del año 2022.



CAPITULO II: Marco Teórico - Conceptual

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes A Nivel Local

Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico-INGEMMET (2021). En su informe técnico N°A7145 “Evaluación de Peligros Geológicos en la Quebrada Saphy” el **objetivo** de estudio fue la identificación, tipificación, caracterización de los peligros geológicos por movimiento, determinar los factores condicionantes y desencadenantes que influyen en la ocurrencia y proponer medidas de prevención, reducción y mitigación ante peligros geológicos. La **metodología** basa en la recopilación y análisis de información existente de trabajos anteriores realizados por INGEMMET, los datos obtenidos durante el trabajo de campo (puntos de control GPS y fotografías), el cartografiado geológico y geodinámico. Llegando a la **conclusión** que en la margen derecha de la quebrada Saphy hay mayor incidencia de procesos por erosión de ladera en cárcavas, ante lluvias intensas y/o actividad sísmica, los procesos de deslizamientos y derrumbes identificados en la quebrada Saphy podrían reactivarse nuevamente; el material desplazado podría represar el cauce de la quebrada y desembalsar en forma de flujo de detritos con **recomendaciones** de alertar a la población sobre los peligros que representan los derrumbes, implementar sistemas de drenaje superficial y subdrenaje en zonas de deslizamientos. (INGEMMET, 2021)

Alvarado Mercado, Renato S. y Torres Fonseca, Diego F. (La convención 2019) en su tesis “Análisis De La Estabilidad Y Estimación Preliminar De Riesgos Por Deslizamiento Para El Mejoramiento Y Ampliación Del Sistema De Agua Potable Y Desagüe En La Localidad De Vilcabamba, Distrito De Vilcabamba, Provincia La Convención, Departamento De Cusco”. El **objetivo** fue determinar la estabilidad del talud, determinar las condiciones geológicas y geodinámicas de la zona de estudio, analizar el nivel de riesgo preliminar que presenta la zona de estudio e identificar las propiedades geotécnicas que conforman el talud. Usando la



metodología **de Mongestern-Price** se realizó con trabajos de campo y de gabinete, determinando el área de estudio, tomando muestras, delimitando mediante el mapa topográfico, y reconociendo las unidades Geomorfológicas. Llegando a la **conclusión** que la zona de estudios presenta peligros de geodinámica externa de deslizamientos de masa, determinando riesgo de nivel medio en la zona de estudio. (Alvarado Mercado, 2019)

Municipalidad Provincial del Cusco (2020) en su informe de “Evaluación del Riesgo de Desastres por Deslizamiento en la Zona de Reglamentación Especial ZRECU02- APV. Portales de Tica Tica”, el **objetivo** fue determinar el nivel de riesgo por deslizamiento identificando y determinando los niveles de peligro, analizando y determinando los niveles de vulnerabilidad, la **metodología** empleada consistió en recopilación, análisis y sistematización de información recopilada, llegando a la conclusión que las áreas evaluadas presentan el riesgo muy alto por presentar estructuras de viviendas vulnerables asentadas en zonas de deslizamientos, las cuales son áreas no urbanizables.

(Municipalidad Provincial del Cusco, 2020)

2.1.2. Antecedentes A Nivel Nacional

Municipalidad Distrital de Ilabaya (2022) en su informe “evaluación de Riesgos por Deslizamientos en la Presa Coltani y Obras Conexas, Distrito de Ilabaya, Provincia de Jorge Basadre y región de Tacna” el **objetivo** fue determinar el nivel de riesgo originado por deslizamiento en la zona donde se emplazará la presa Coltani identificando y determinando los niveles de peligro, analizando y determinando los niveles de vulnerabilidad, la **metodología** empleada consistió en recopilación, análisis y sistematización de información recopilada, llegando a la **conclusión** que en la ubicación de las bocatomas, líneas de derivación de conducción y presa, el nivel de peligro es variable entre alto y muy alto, con nivel de vulnerabilidad medio y riesgo de medio a alto. (Municipalidad Distrital de Ilabaya, 2022)



Chiroque herrera, Cristhian Anderson (2016) en su tesis "Caracterización Geodinámica Y Modelamiento Del Deslizamiento-Flujo Yanacolp A En El Distrito De Parobamba, Provincia De Pomabamba, Región Ancash". **El objetivo** fue el cartografiado geológico - geodinámico de los deslizamientos, que afectan la seguridad física de estos poblados, delimitar de áreas susceptibles a los movimientos en masa en el distrito de Parobamba. **El tipo de investigación** es descriptiva, haciendo trabajo de gabinete y campo, reconociendo las características más relevantes en el movimiento de masa. Los **resultados** a los que se llegó fue que la zona donde se realizó la investigación se presentan deslizamientos de masa, flujo de detritos y movimientos complejos con la pendiente elevada, alta sismicidad y presencia de lluvias. (Chiroque Herrera, 2016)

Núñez Romero, Ricardo A. y Sánchez Llacta Iván J. (2016) en su tesis "Riesgo A Deslizamiento En Taludes Del Sistema Vial Lampa – Pariahuanca, Huancayo". **El objetivo** fue determinar el riesgo a deslizamiento en taludes del sistema vial Lampa – Pariahuanca. Para lo cual se utilizó el **método** científico aplicado de corte transversal haciendo levantamientos topográficos, análisis de estabilidad, cálculo de vulnerabilidad y peligro. Llegando a la **conclusión** que los niveles críticos se presentan en época de lluvias siendo el nivel de vulnerabilidad a deslizamientos alta y el nivel de riesgo crítico. Recomendando labores de forestación y reforestación con especies nativas como la chilca en zonas donde la pendiente es más pronunciada para crear fuerzas de resistencias al deslizamiento y al mismo tiempo reducir el peligro de deslizamientos de suelos. (Nuñez Romero, 2016)

Carrillo Elizalde, Roberth P. (2015) en su tesis "Evaluación de Zonas Susceptibles a Movimientos en Masa del Tipo Deslizamiento en el Centro Poblado de Carampa, Distrito de Pazos, Provincia de Tayacaja, Región Huancavelica", cuyo **objetivo** consiste en Caracterizar la dinámica del deslizamiento de tierra y estimar la peligrosidad haciendo uso del protocolo de CENEPRED, la **metodología** aplicada corresponde a cuatro fases de trabajo de campo como



son: recopilación de información, gabinete I, trabajo de campo y trabajo de gabinete, **concluyendo** que del análisis de estabilidad de taludes se determinó que la ladera sobre la que se asienta el C.P Carampa presenta un nivel de estabilidad generalmente inestable o precario. Cuyos valores del factor de seguridad son menores a la unidad en condiciones estáticas. (Elizalde, 2015)

2.1.3. Antecedentes A Nivel Internacional

Yelena Hernández Atencia e Hildebrando Ramírez Arcilla (Colombia 2016) en su trabajo “Evaluación Del Riesgo Asociado A Vulnerabilidad Física Por Taludes y Laderas Inestables En La Microcuenca Cay, Ibagué, Tolima, Colombia”. Cuyo **objetivo** fue presentar una herramienta de evaluación para detectar la vulnerabilidad física asociada con taludes inestables, la **metodología** empleada consistió en la localización de la microcuenca, realización de inventario de taludes inestables para identificar los factores detonantes de los movimientos de remoción en masa y por último se realizó un análisis de vulnerabilidad física. Como **resultado** de los trabajos en campo se estableció que los factores detonantes de movimientos de remoción en masa más relevantes que son: Precipitación, geología, sísmica, acción antrópica, uso del suelo, pendiente y corriente Cay. (Yelena Hernandez, 2016)

Hidalgo Montoya Cesar y Vega Gutiérrez Johnny A. (Colombia 2014) en su trabajo “Estimación de la Amenaza por Deslizamiento Detonados por Sismos y Lluvia”. Cuyo **objetivo** fue desarrollar un modelo que consideraría las características topográficas, geológicas, geotécnicas e hidrológicas de la zona de estudio, la **metodología** empleada se basó en el modelo pseudoestático de Newmark utilizando un enfoque probabilístico basado en la técnica de primer orden y segundo momento – FOSM – calculando la probabilidad de ocurrencia de deslizamiento por la presencia de un sismo y/o lluvia, considerando la incertidumbre de parámetros geotécnicos y la saturación del suelo. Llegando a la **conclusión** que el modelo desarrollado permite estimar la amenaza y la zona de influencia, considerando



la saturación del suelo por lluvias y sismos respectivamente, mostrando un modelo robusto en la identificación de zonas críticas para la estabilidad. (Hidalgo Montoya, 2014)

Sepúlveda Bello, Amanda y Patiño Franco, Jaime (2016) en su trabajo de grado “Metodología Para la Evaluación de Riesgos por Flujo de Detritos detonados por lluvia”, cuyo **objetivo** es proponer una metodología para la evaluación de riesgo por flujo de detritos detonados por lluvia. Mediante el **método** de costo de reposición, el cual tiene en cuenta su estado de conservación y mantenimiento y busca establecer el valor comercial del bien objeto de avalúo a partir de estimar el costo total, para construir en valor presente, un bien semejante al del objeto de avalúo, y restarle la depreciación acumulada, llegando a la **conclusión** que esta metodología permite desarrollar protocolos de actuación en caso de desastre y resulta ser una herramienta útil para los especialistas al momento de diseñar medidas de contención y/o mitigación que contribuyan a reducir pérdidas y escoger posibles localizaciones para la construcción de nuevas infraestructuras.

Hidalgo Montoya Cesar y Vega Gutiérrez Johnny A. (Colombia 2014) en su trabajo “Estimación de la Amenaza por Deslizamiento Detonados por Sismos y Lluvia”. Cuyo **objetivo** fue desarrollar un modelo que consideraría las características topográficas, geológicas, geotécnicas e hidrológicas de la zona de estudio, la **metodología** empleada se basó en el modelo pseudoestático de Newmark utilizando un enfoque probabilístico basado en la técnica de primer orden y segundo momento – FOSM – calculando la probabilidad de ocurrencia de deslizamiento por la presencia de un sismo y/o lluvia, considerando la incertidumbre de parámetros geotécnicos y la saturación del suelo. Llegando a la **conclusión** que el modelo desarrollado permite estimar la amenaza y la zona de influencia, considerando la saturación del suelo por lluvias y sismos respectivamente, mostrando un modelo robusto en la identificación de zonas críticas para la estabilidad. (Hidalgo Montoya, 2014)



Jhonny Alexander vega Gutiérrez, en su tesis (Colombia 2013) “Estimación Del Riesgo Por Deslizamientos De Laderas Generados Por Eventos Sísmicos En La Ciudad De Medellín Usando Herramientas De La Geomática”. El **objetivo** fue estimar cuantitativamente el riesgo desarrollando una aplicación bajo ambiente SIG, estimar amenazas de deslizamientos, estimar vulnerabilidad de infraestructuras urbanas y determinar variación de costos por pérdidas probables. La **metodología** aplicada se apoya en una plataforma SIG, que facilita realizar el análisis de comparación entre el campo de aceleración pico (PGA), estimando la amenaza a partir del cálculo de la probabilidad de falla de los taludes y estimando la vulnerabilidad buscando calcular la probabilidad que produzcan daños. **Concluyendo** con la implementación en software SIG, la modelación y simulación de variables a un proceso de deslizamiento de masas de tierra que permite estimar la amenaza, vulnerabilidad y el riesgo en viviendas. (Vega Gutierrez, 2015)

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. *Movimientos De Masa*

Según Cruden, 1991, Se entiende como movimiento de ladera, al movimiento de una masa de roca, suelo o derrubios, de una ladera en sentido descendente. Otra definición que se manifiesta en términos análogos es la aportada por Corominas y García Yagüe definiendo movimientos de ladera como los movimientos del terreno o desplazamientos que afectan a los materiales en laderas o escarpes. Estos desplazamientos se producen hacia el exterior de las laderas y en sentido descendente como consecuencia de la fuerza de la gravedad (Corominas y García Yagüe, 1997).

Figura 1

Proceso de movimiento en masa

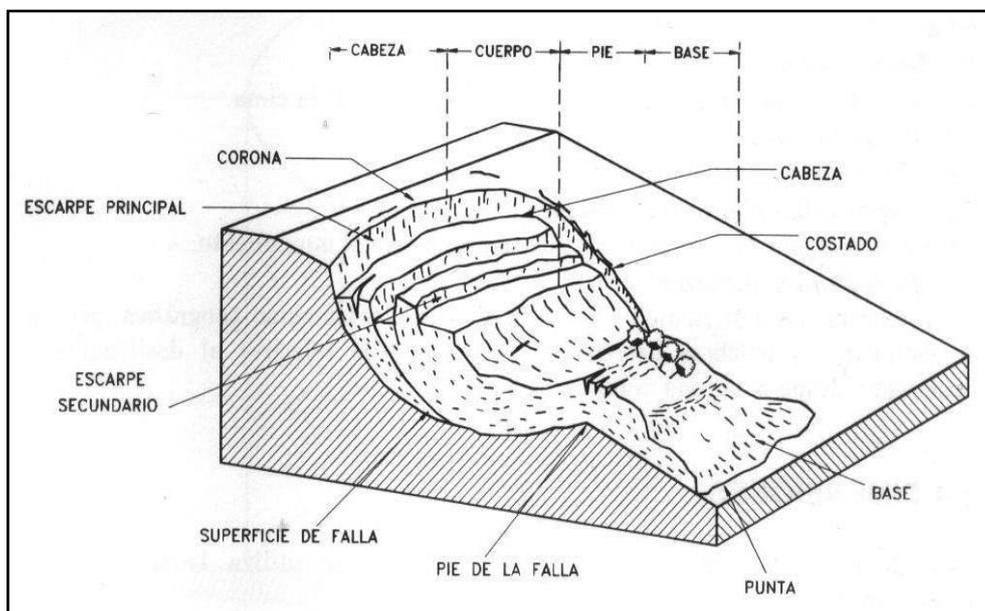


Fuente: *Yesano 2014*

Estos movimientos en masa son procesos que pueden producirse de manera lenta o rápida según los factores que lo ocasionan, en la movilización involucra suelo, roca y estos ayudados con la fuerza de gravedad agregando también un agente erosivo que es el agua presente por las constantes precipitaciones en los meses de lluvias.

Figura 2

Partes de un movimiento en masa



Fuente: *Varnes, 1978*



2.2.1.1. Clasificación De Movimiento De Masa En Laderas.

La clasificación de los Movimientos en Masa realizada por Hutchinson (1968, 1988) y Varnes (1958, 1978), constituyen el sistema de clasificación más usado. La misma que fue modificada por Cruden y Varnes (1996), a fin de introducir un marco taxonómico multidimensional. Esta tiene en cuenta dos criterios: el tipo de movimiento y el tipo de material desplazado. (Cruden, 1996, pp. 36-75)

En cuanto al tipo de movimiento consideran 5 clases:

- Caída
- Volcamiento
- Deslizamiento,
- Flujo
- Propagación lateral.

Dentro de los materiales se consideran: Las rocas y los suelos, que se encuentran subdivididos en detritos (masa solida de arcilla, tierra y diferentes partículas) y tierras.

Para Cruden & Varnes (1996) determinaron los tipos de movimiento en masa con diversos criterios y fines, para de esta manera poder desarrollar el estudio de movimientos de laderas y conocer el comportamiento de los materiales que se dan en estos procesos, tal como se evidencia en la Tabla 2.

Tabla 2

Clasificación de deslizamientos según Varnes-1978

TIPO	SUBTIPO
Caídas	Caída de roca (detritos o suelo)
Volcamiento	Volcamiento de roca (bloque)
	Volcamiento flexural de roca o del macizo rocoso
Deslizamiento de roca o suelo	Deslizamiento traslacional, deslizamiento en cuña
	Deslizamiento rotacional
Propagación Lateral	Propagación lateral lenta
	Propagación lateral por licuación (rápida)



Flujo	Flujo de detritos
	Crecida de detritos
	Flujo de lodo
	Flujo de tierra
	Flujo de turba
	Avalancha de detritos
	Avalancha de rocas
	Deslizamiento por flujo o deslizamiento por licuación (de arena, limo, detritos, roca fracturada)
	Reptación
Reptación de suelos	
Soliflucción, geliflucción (en permafrost)	
Deformaciones gravitacionales profundas	

Fuente: *Región Andina: Una Guía Para La Evaluación De Amenazas (2007)*

Por cada tipo de movimiento en masa se describe el rango de velocidades, parámetro importante ya que ésta se relaciona con la intensidad de aquellos y la amenaza que pueden significar. Se menciona la relación del intervalo de velocidades típicas con la escala de velocidades propuesta por Cruden y Varnes (1996)

Tabla 3

Escala de velocidades según Cruden y Varnes (1996)

Clases de velocidad	Descripción	Velocidad (mm/s)	Velocidad típica
7	Extremadamente rápido	$5 * 10^3$	5 m/s
6	Muy rápido	$5 * 10^1$	3 m/min
5	Rápido	$5 * 10^{-1}$	1,8 m/h
4	Moderada	$5 * 10^{-3}$	13 m/mes
3	Lenta	$5 * 10^{-5}$	1,6 m/año
2	Muy lenta	$5 * 10^{-7}$	16 mm/año
1	Extremadamente lenta		

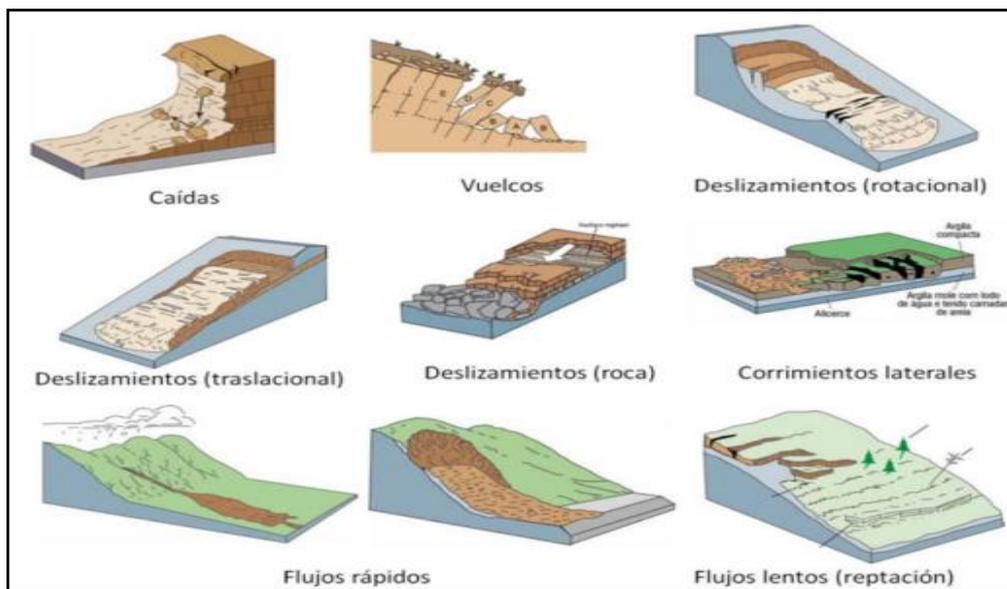
Fuente: *Andina: Una Guía Para La Evaluación De Amenazas (2007)*



Interpretando estos resultados, Vanes (1978) nos explica que “El flujo de un tipo de movimiento en masa que durante su desplazamiento exhibe un comportamiento semejante al de un fluido; puede ser rápido o lento, saturado o seco. En muchos casos de originan a partir de otro tipo de movimiento, ya sea un deslizamiento o caída”

Figura 3

Deslizamientos según su tipo



Fuente: Pagina Web-Pinterest

2.2.2. Deslizamiento

Movimiento en masa que consiste en un desplazamiento cortante de la superficie, se encuentran en zonas de poco espesor. El deslizamiento se da por procesos naturales o a desestabilización de masas de tierra por cortes, rellenos, deforestación, etc. Se va a dar cuando una gran masa de terreno esta inestable y se desliza a una zona estable.

- Deslizamiento Rotacional

Ocurren lentamente en forma de cuchara donde el material falla por rotación en una superficie cilíndrica, la masa se desplaza y deja un escarpe en la cresta, son frecuentes en suelos



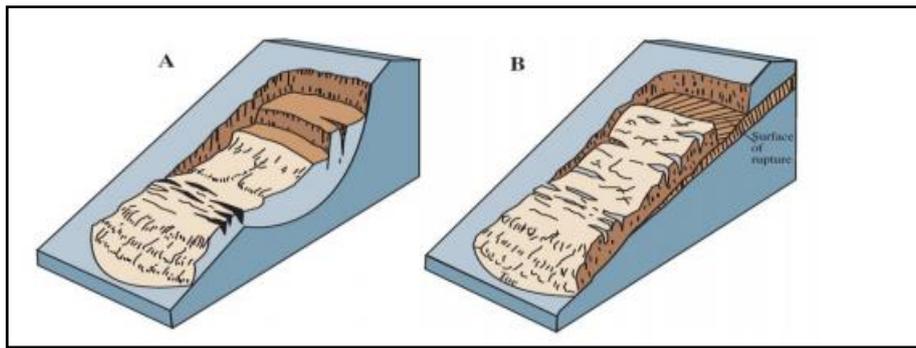
homogéneos, en este deslizamiento la masa deslizada se acumula al pie de la ladera como un lóbulo.

- Deslizamiento traslacional

Se da en superficies planas o ligeramente onduladas, tienen poco movimiento presentan un estrato de alta resistencia en el subsuelo, se da a través de una o varias superficies de falla, la masa se desplaza hacia fuera o hacia abajo.

Figura 4

Deslizamiento rotacional (A) y traslacional (B)



Fuente: *US Geological, 2013*

2.2.2.1. Partes de un deslizamiento

Independientemente del tipo de deslizamiento de suelo, analizaremos las partes básicas de un típico deslizamiento de esta manera profundizaremos en su conocimiento y términos más comunes siendo estos:

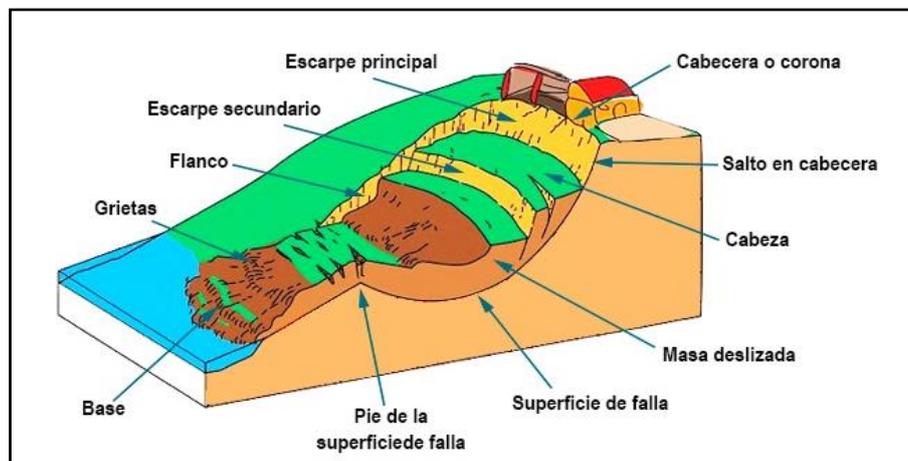
- **Corona:** Es el material que encontramos en el sitio, esta inalterado y adyacente a la parte más alta del escarpe principal.
- **Cabeza:** Son las partes superiores del material que se mueve a lo largo del contacto entre el material perturbado y el escarpe principal
- **Escarpe principal:** Es la superficie muy inclinada a lo largo de la periferia del área en movimiento, causado por el desplazamiento del material fuera del terreno original



- **Escarpe secundario:** Superficie muy inclinada producida por los desplazamientos diferenciales dentro de la masa que se mueve.
- **Superficie de falla:** Es el área inferior del movimiento que delimita el volumen de material desplazado, este volumen de suelo no se mueve.
- **Pie de la superficie de falla:** La línea de interceptación entre la parte inferior de la superficie de rotura y la superficie original del terreno.
- **Base:** Área cubierta por el material perturbado abajo del pie de la superficie de falla.
- **Pie de la superficie de rotura:** se sitúa en la parte media del deslizamiento, donde se el suelo esta inestable. (CEREBRALIA, 2018)

Figura 5

Partes de un deslizamiento



Fuente: *Cerebralia.com*

2.2.3. Flujo

Según Martínez (1999), el flujo es un fenómeno geológico con drenaje de origen natural, en épocas de lluvias cortas y también torrenciales las cuales pueden producir erosión con transporte y depósitos violentos y rápidos de materiales detríticos consolidados en terrenos con pendientes pronunciadas. El flujo es una corriente de agua y lodo que se abalanza inesperadamente pendiente abajo como masa aguada de lodo, teniendo diferentes niveles de

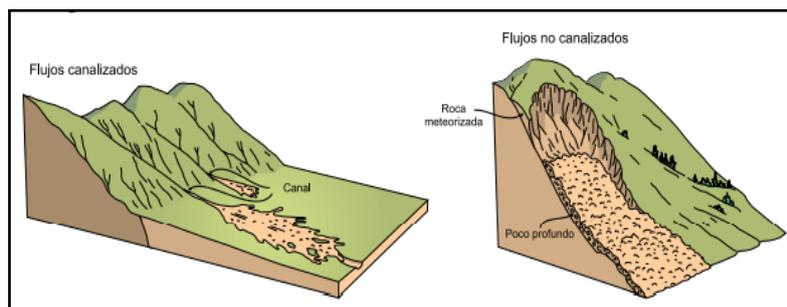
concentración de acuerdo con la composición de tierra, piedras y agua que esta pudiera tener, destruyendo de manera violenta todo lo que encuentre en su camino, a este flujo se le conoce comúnmente como huayco. (Martínez, 1999)

De acuerdo con su densidad puede ser muy rápido a extremadamente rápido de residuos saturados, no plásticos, confinándose en su cauce que tiene pendiente pronunciada y va incorporando más material en su camino, material que también se encuentra saturado por las precipitaciones. (Region Andina, 2007)

Este volumen móvil, cargado con agua, combinado de una mixtura de rocas, agua, gases y sedimentos, donde del 50 al 80% del material es denso y se encuentra saturado de agua. Se moviliza en favor al pendiente apoyado por la fuerza de la gravedad, dispone de un rápido progreso, con buena movilidad y una alta capacidad destructiva. (Servicio Nacional de Geología y Minería, 2021)

Figura 6

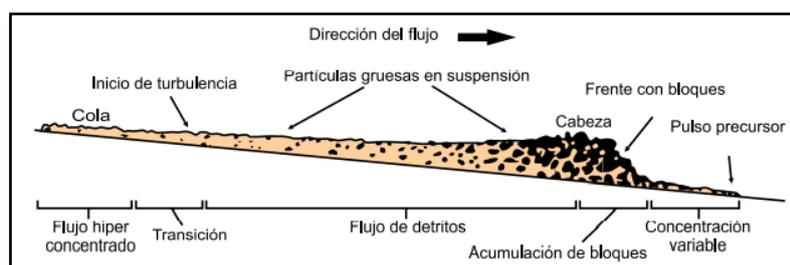
Esquema de flujos canalizados y no canalizados



Fuente: Cruden y Varnes de 1996

Figura 7

Corte esquemático del flujo de detritos





Nota: Corte esquemático típico de un flujo de detritos. Frente con bloques de un pulso de flujo de detritos (diagrama de Pierson, 1986). De Proyecto Multinacional Andino. (2007). Movimientos en masa en la Región Andina: Una guía para la evaluación de amenazas. Editorial Publicación Geológica Multinacional. <http://repositorio.segemar.gov.ar/308849217/2792>.

2.2.3.1. Partes del flujo de detritos.

Según Guadalupe y Carrillo (2012), el flujo de detritos (huaico) está dividido en tres partes y estas son:

Cuenca de recepción: “Es el área más extensa del huayco, se emplaza en la parte alta, se caracteriza por tener pendientes empinadas, está compuesto de varias cárcavas o pequeñas quebradas, pero como estas se ubican en la parte alta y empinada no hay construcciones, por lo que generalmente no se generan daños”.

Canal: “Las cárcavas y pequeñas quebradas de la cuenca de recepción se unen aguas abajo y se inicia el canal, que se caracteriza por tener pendiente menos empinada por donde discurre el flujo del huaico, el canal generalmente baja en forma serpenteante, sus paredes laterales son casi verticales, en muchos casos la población invade el canal o construye sus casas cerca y en crecidas las construcciones son arrasadas”.

Conoide de deyección: “También llamado abanico del huaico, por la forma, corresponde a la parte final del huaico, donde deposita sus sedimentos heterométricos y tiene poca pendiente ocupando grandes áreas, por lo tanto, allí es donde se concentran las diversas edificaciones, casas, carreteras, colegios, entidades públicas y privadas, que con la avenida del huayco pueden ser destruidas o enterradas”. (Guadalupe y Carrillo, 2012, pág. 70)



Figura 8

Flujos de detritos y sus partes



Fuente: La figura representa las partes de flujo de detritos en la quebrada Cariosso

(Sánchez Meza, 2018)

2.2.4. Evaluación De Riesgos

Carreño et. al. (2005), en su libro *Sistemas de Indicadores para la Evaluación de Riesgos* pág. 3, nos dice: “El riesgo es el resultado de relacionar la amenaza con la vulnerabilidad de los elementos expuestos, con el fin de determinar los posibles efectos y consecuencias sociales, económicas y ambientales asociadas a uno o varios fenómenos peligrosos. Cambios en uno o más de estos parámetros modifican el riesgo en sí mismo, es decir, el total de pérdidas esperadas y las consecuencias en un área determinada”.

Cardona, (2004), indica que, desde el punto de vista de la ingeniería, la vulnerabilidad se convierte en riesgo (nivel de consecuencias esperadas) cuando se define ante qué grado de amenaza se quiere establecer el potencial de consecuencias, pero la descripción de esa “condición que favorece o que facilita” que al ocurrir cualquier evento se convierta en consecuencias es una función atemporal. Al definir el nivel de intensidad probable se incluye el tiempo, dado que la probabilidad se establece para un lapso. De esta forma se establece el



potencial de pérdida, de daño o de consecuencias, que ya en ese momento es un valor probable y al cual se le denomina riesgo. Aceptando la hipótesis que existe una alta relación entre las carencias de desarrollo y la vulnerabilidad, propone los siguientes factores donde da lugar al origen de la vulnerabilidad en la población:

- a) **La exposición:** Que es la condición de susceptibilidad que tiene el asentamiento humano de ser afectado por estar en el área de influencia de los fenómenos peligrosos y por su fragilidad física ante los mismos.
- b) **La fragilidad social.** Que se refiere a la predisposición que surge como resultado del nivel de marginalidad y segregación social del asentamiento humano y sus condiciones de desventaja y debilidad relativa por factores socioeconómicos.
- c) **La falta de resiliencia:** Que expresa las limitaciones de acceso y movilización de recursos del asentamiento humano, su incapacidad de respuesta y sus deficiencias para absorber el impacto.

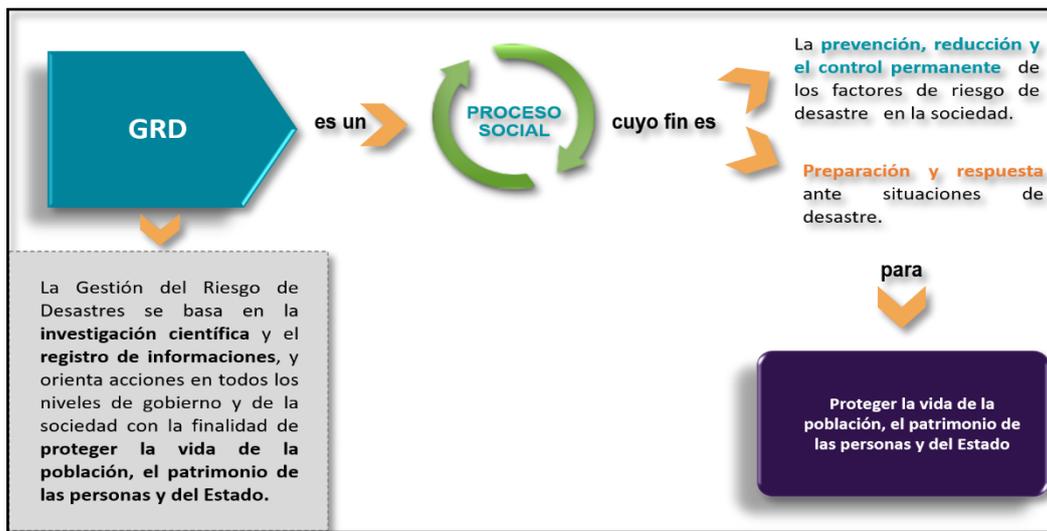
2.2.5. Gestión De Riesgos De Desastres

De acuerdo con el CENEPRED (2020), lo define como: “Un proceso social cuyo fin último es la prevención, la reducción y el control permanente de los factores de riesgo de desastre en la sociedad, así como la adecuada preparación y respuesta ante situaciones de desastre, considerando las políticas nacionales con especial énfasis en aquellas relativas a materia económica, ambiental, de seguridad, defensa nacional y territorial de manera sostenible”.



Figura 9

Gestión de desastres



Fuente: CENEPRED, Aspectos Básicos

2.2.5.1. Evaluación Cualitativa.

“Implica el conocimiento de los peligros, de los elementos expuestos y de sus vulnerabilidades, basado en la experiencia y observaciones de campo debido a la inexistencia de información (registros históricos, estadísticos, estudios técnicos, etc.) del fenómeno de origen natural sobre el área geográfica de estudio”. (CENEPRED, 2020)

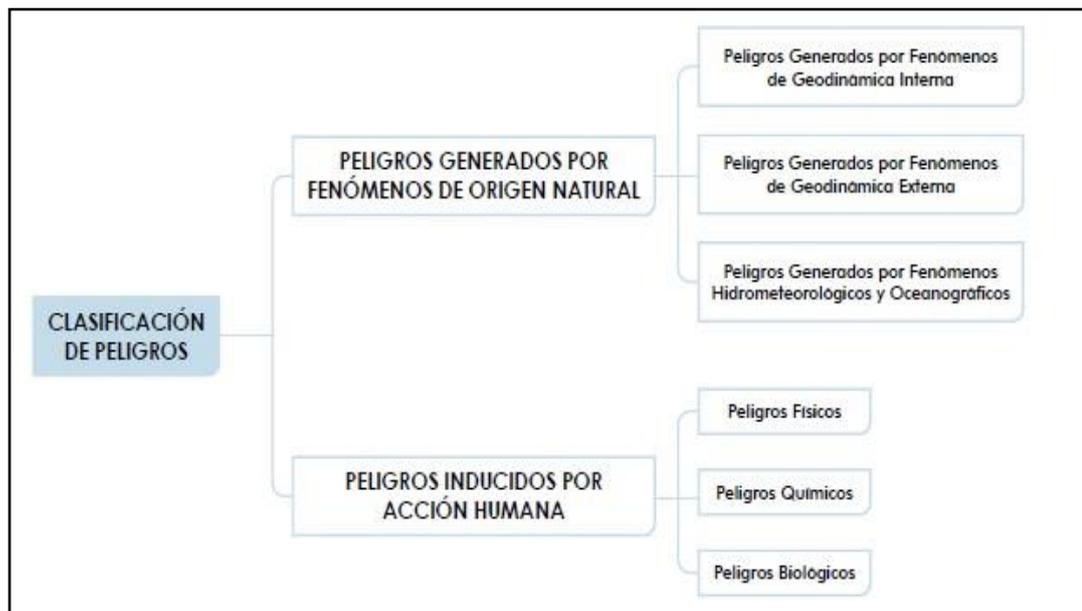
2.2.6. Peligros

2.2.6.1. Clasificación.

Según el “Manual para la Evaluación de Riesgos originados por Fenómenos Naturales versión 02”, el peligro, es la probabilidad de que un fenómeno, potencialmente dañino, de origen natural, se presente en un lugar específico, con una cierta intensidad y en un período de tiempo y frecuencia definidos.

Figura 10

Clasificación de peligros



Fuente: El gráfico representa la clasificación de peligros mediante diagrama de flujo.

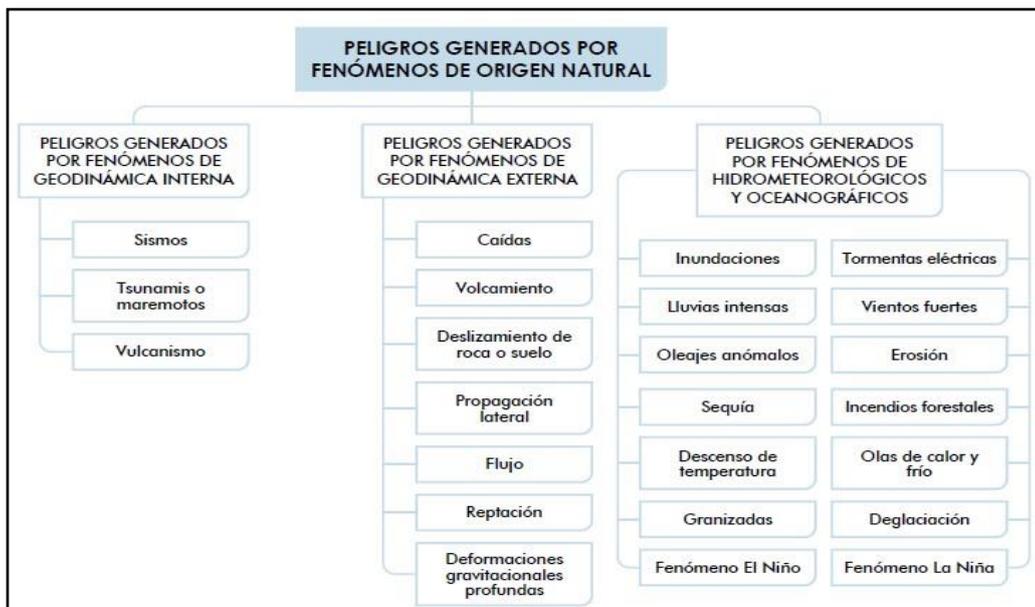
Tomado del Manual para la Evaluación de Riesgos Originados por Fenómenos Naturales –
2da Versión. Editorial (CENEPRED, 2014)

De acuerdo con el CENEPRED (2014, pág. 21), gracias a la clasificación, da la posibilidad de ordenar los fenómenos de origen natural en tres grupos de peligros:

- Peligros generados por fenómenos de geodinámica interna.
- Peligros generados por fenómenos de geodinámica externa.
- Peligros generados por fenómenos hidrometeorológicos y oceanográficos.

Figura 11

Peligros que se producen por fenómenos de origen natural



Fuente: Clasificación peligros según su origen natural y acción humana mediante diagrama de flujo. De CENEPRED. (2014). Manual para la Evaluación de Riesgos Originados por Fenómenos Naturales – 2da Versión.

2.2.6.2. Identificación De Peligros.

Para poder identificar los peligros se tuvo en consideración los factores condicionantes y los factores desencadenantes para la estimación cualitativa.

2.2.6.2.1. Factores Condicionantes.

Los factores que condicionan el peligro son indicadores que se ubican en el terreno donde se lleva a cabo el estudio y contribuye o no al desarrollo del fenómeno natural, entre los cuales describiremos los siguientes:

a) Pendientes

La pendiente juega un papel preponderante en el control de los procesos de remoción en masa, toda vez que se tratan de movimientos gravitacionales por excelencia. Fernández y Lutz (2003). Indican el grado de inclinación del terreno a un plano horizontal condicionando los procesos geomorfológicos e hidrológicos de acuerdo a su grado de inclinación.



b) Cobertura Vegetal

La importancia en la evaluación del riesgo ya que protege el suelo contra los impactos de las gotas producto de las precipitaciones como también lo mantiene bajo sombra con buen porcentaje de humedad y en pendientes muy escarpadas le brinda estabilidad.

c) Geomorfología

Estudia las formas de la superficie de la tierra, describiéndola, ordenándola sistemáticamente e investigando su origen y desarrollo.

d) Geología

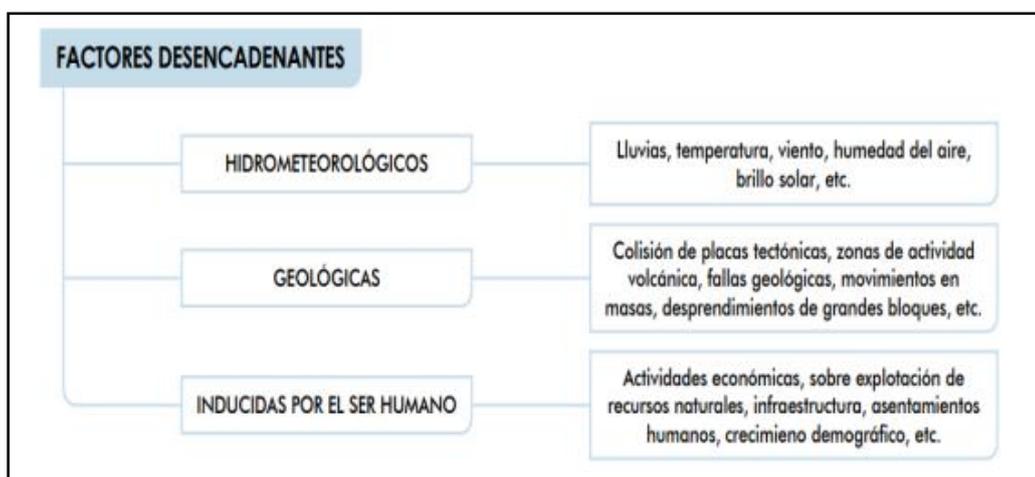
El Instituto Geológico Minero Metalúrgico (INGEMMET) nos dice que es la ciencia que estudia la estructura, composición y evolución de la tierra (forma exterior e interior, la naturaleza de las materias que la componen y su formación, cambios y alteraciones).

2.2.6.2.2. Factores Desencadenantes.

Los factores desencadenantes son indicadores que desencadenan eventos o sucesos que pueden generar peligros en un ámbito geográfico específico. Un ejemplo a ello son las precipitaciones generan deslizamientos de material suelto o meteorizado, así como también los sismos de gran magnitud ocurridos en el mar ocasionan tsunamis, etc. (CENEPRED, 2014)

Figura 12

Factores desencadenantes del peligro





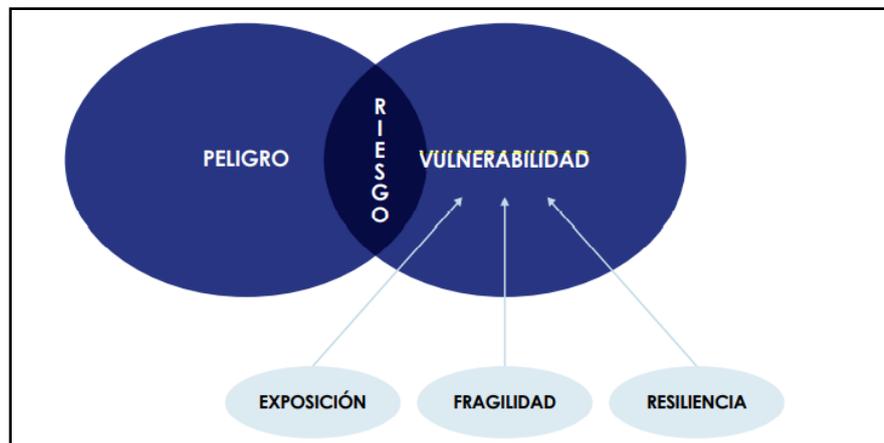
Fuente: Clasificación peligros según su origen natural y acción humana mediante diagrama de flujo. De CENEPRED. (2014). Manual para la Evaluación de Riesgos Originados por Fenómenos Naturales – 2da Versión. Editorial.

2.2.7. Vulnerabilidad

ANA, SNIRH (2014) “El análisis de la Vulnerabilidad, es la etapa de la evaluación de riesgos, en la que se analiza los factores de exposición, fragilidad y la resiliencia en función al nivel de peligrosidad determinada, se evalúa al nivel de vulnerabilidad y se elabora el mapa del nivel de vulnerabilidad de la unidad física, social o ambiental evaluada”

Figura 13

Factores de vulnerabilidad: Exposición, fragilidad y resiliencia



Fuente: CENEPRED, 2014

2.2.7.1. Análisis De Los Factores De La Vulnerabilidad.

Para Sánchez en su investigación del año 2018 expone que, “son los conjuntos de elementos como infraestructuras de bienes y servicios (viviendas, centros educativos, centro de salud, centros comunales, etc.), población, recursos, que existe la probabilidad de ser afectados por peligros naturales o antrópicos dentro de un área de influencia”.

Dentro de los factores también analizaremos los elementos expuestos correspondientes:

- Dimensión Social: Instituciones Educativas, Establecimientos de salud, población.
- Dimensión Económica: Agricultura, comercio, energía, agua y saneamiento.
- Dimensión Ambiental: Recursos naturales renovables y no renovables.



- a) **Exposición:** Está relacionada a las decisiones y hábitos que ponen a la persona y sus medios de vida en el área de impacto donde existe un peligro. La exposición se genera por una relación no apropiada con el ambiente, que se puede deber a procesos no planificados de crecimiento demográfico, a un proceso migratorio desordenado, al proceso de urbanización sin un adecuado manejo del territorio y/o a políticas de desarrollo económico no sostenibles. A mayor exposición, mayor vulnerabilidad.
- b) **Fragilidad:** Referida a las condiciones de desventaja o debilidad relativa del ser humano y sus medios de vida frente a un peligro. En general, está centrada en las condiciones físicas de una comunidad o sociedad y es de origen interno, por ejemplo: formas de construcción, no seguimiento de normativa vigente sobre construcción y/o materiales, entre otros. A mayor fragilidad, mayor vulnerabilidad. (CENEPRED, 2014, pág. 122).

El estudio esta referido a las condiciones de desventaja que se encuentra la población conforme a sus medios de vida frente al peligro, centrado en las condiciones físicas de la vivienda respecto al tipo y material de construcción, entre otros. Entendiendo que, a mayor fragilidad, mayor vulnerabilidad.

- c) **Resiliencia:** Referida al nivel de asimilación o capacidad de recuperación del ser humano y sus medios de vida frente a la ocurrencia de un peligro. Está asociada a condiciones sociales y de organización de la población. A mayor resiliencia, menor vulnerabilidad. (CENEPRED, 2014, pág. 123)

2.2.7.2. Proceso De Análisis Jerárquico.

Esta investigación se ha llevado a cabo en base a la escala de SAATY del Manual para evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales, Versión 2-CENEPRED; este método fue desarrollado por el matemático Thomas L. Saaty (1980) diseñado para resolver problemas complejos de criterios múltiples, mediante la construcción de un modelo jerárquico,



que les permite a los actores (tomadores de decisiones) estructurar el problema visual.
(CENEPRED, 2015)

Figura 14

Clasificación de escala numérica

ESCALA NUMERICA	ESCALA VERBAL	EXPLICACIÓN
9	Absolutamente o muchísimo mas importante que ...	Al comparar un elemento con otro el primero se considera absolutamente o muchísimo más importante que el segundo.
7	Mucho más importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con otro el primero se considera absolutamente o muchísimo más importante o preferido que el segundo.
5	Mas importante o preferido que...	Al comparar un elemento con otro el primero se considera más importante o preferido que el segundo.
3	Ligeramente más importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con otro, el primero es ligeramente más importante o preferido que el segundo.
1	Igual o diferente a ...	Al comparar un elemento con otro, hay indiferencia entre ellos.
1/3	Ligeramente menos importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con otro, el primero se considera ligeramente menos importante o preferido que el segundo.
1/5	Menos importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con otro, el primero se considera menos importante o preferido que el segundo.
1/7	Mucho menos importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con otro, el primero se considera mucho menos importante o preferido que el segundo.
1/9	Absolutamente o muchísimo	Al comparar un elemento con otro el primero se considera absolutamente o muchísimo más importante que el segundo.
2, 4, 6, 8	Valores intermedios entre dos juicios adyacente, que se emplean cuando es necesario un término medio entre dos de las intensidades anteriores.	

Fuente: *Manual para la Evaluación de Riesgos Originados por Fenómenos Naturales – 2da*

Versión. CENEPRED

Con esta clasificación desarrollare las matrices con la que obtendré las estimaciones de los pesos ponderados de manera descendiente y descripción correspondiente, a través del análisis cuantitativo y cualitativo, luego indicare un nivel establecido comparando cada elemento uno contra uno para todas las combinaciones posibles (comparación de pares)

2.2.8. Riesgo

Según CENEPRED (2020, pág. 6), “El riesgo es la probabilidad de que la población y sus medios de vida sufran daños y pérdidas a consecuencia de su condición de vulnerabilidad



y el impacto de un peligro”. Asimismo, Vélez (2005, p. 18), refiere que el “riesgo es la estimación o evaluación matemática de probables pérdidas de vida o de daños a los bienes materiales, económica, para un periodo específico y área conocida”.

El riesgo se valora con la relación que existe entre la función de la magnitud del peligro y vulnerabilidad, teniendo en cuenta la siguiente relación de probabilidad:

2.2.8.1. Estimación Del Riesgo.

En el marco de la Ley N° 29664, Ley que crea el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres SINAGERD, se define al proceso de estimación de riesgo de desastre, como aquél que comprende acciones y procedimientos que se realizan para generar el conocimiento de los peligros o amenazas, analizar la vulnerabilidad y establecer los niveles de riesgo que permitan la toma de decisiones en la Gestión del Riesgo de Desastres.

a) Identificación de áreas de riesgo potencial

Para la identificación de nuestra área de riesgo potencial, realizamos una búsqueda sistemática sobre todas las fuentes posibles (gobiernos locales, regionales, nacional y las entidades técnico-científicas) que aportan información sobre los riesgos debido a fenómenos naturales y los eventos históricos en los ámbitos expuestos a dichos fenómenos, observados en el Mapa 3, y Mapa 4. (CENEPRED, 2015)

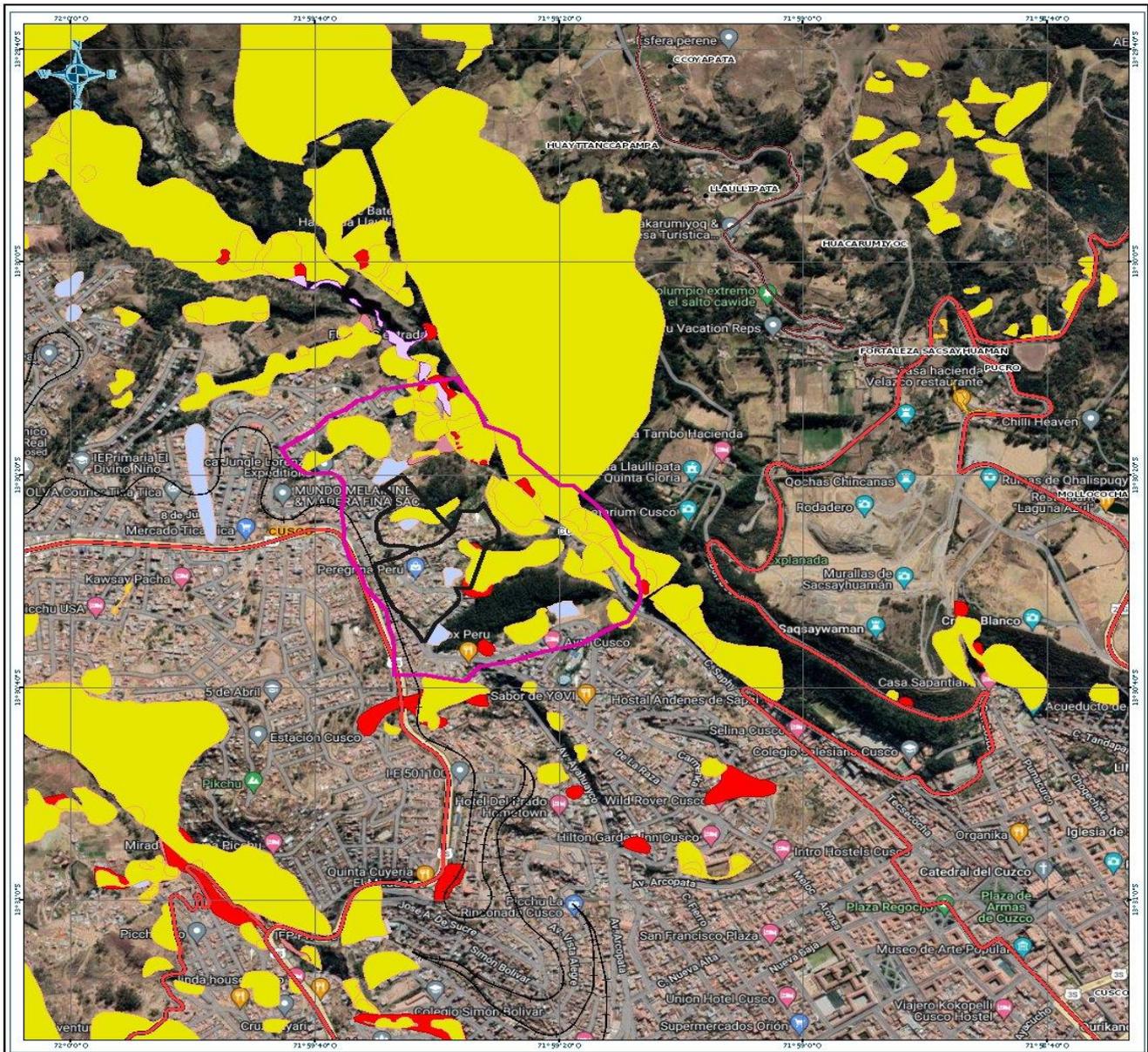
Para nuestro proyecto recurrimos al Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED), que tiene su sede en la ciudad del Cusco y con ayuda de la plataforma de Sistema de Información Para la Gestión del Riesgo de Desastres-SIGRID, identificamos el tipo de riesgo y el área de nuestro estudio.

Con ayuda del representante legal del CENEPRED en Cusco, elegimos un área donde no se hayan realizado estudios de evaluación de riesgos y sobre todo la importancia de este para la ciudad.



Mapa 3

Áreas de exposición en la quebrada Saphy



MAPA DE UBICACION	LEYENDA	REFERENCIA CARTOGRAFICA
	<p> Área de Influencia Área de Estudio </p> <p> ÁREAS DE EXPOSICIÓN ■ Caída ■ Deslizamiento ■ Flujo ■ Mov. Complejo ■ Reptación ■ Propagación lateral </p>	<p>Escala: 1:10,000</p> <p> <small>1 cm en el mapa equivale a 100 metros en el terreno</small> <small>La superficie visible mínima representada en el mapa es de aproximadamente 1400 m²</small> </p> <p> <small>Sistema de Coordenadas Geográficas</small> <small>Datum Horizontal de Referencia: WGS84</small> </p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> </div>

Fuente: SIGRID-CENEPRED



b) Zonas clasificadas según los niveles de riesgo

Una vez que elegimos el área de estudio se realizó las visitas de campo correspondiente que nos permitió especificar mejor la información y profundizar en las tareas de agregación y eliminación de riesgos no significativos. También con estas visitas se obtuvo información adicional in situ que se utilizó posteriormente para solicitar los permisos necesarios a las autoridades locales ya que pudimos constatar que en la ribera de la quebrada está el almacén municipal y poder ingresar al lugar es restringido.

2.2.8.2. Cálculo y Control Del Riesgo.

Es la etapa de la evaluación de riesgos, en la que se determinara los niveles de riesgos, se estima (cualitativa y cuantitativa) los daños o afectaciones, se elabora el mapa de zonificación del nivel de riesgos y se recomiendan medidas de control preventivo y de reducción de orden estructural y no estructural. (CENEPRED, 2014, pág. 189)

a) Aceptabilidad del riesgo

Hay que tener en cuenta que el riesgo no puede ser eliminado en su totalidad, siempre existirá un límite donde el riesgo será controlable y a partir de aquí se aplicaran medidas preventivas, y pueden ocurrir de la misma manera eventos poco probables donde los riesgos no podrían ser controlados y donde no estaría justificado realizar obras de prevención, aquí ya se plantea otras soluciones como reasentamiento poblacional, ósea sacar a la población y ponerla en un lugar con menos riesgo.

Los cuadros 15, 16, 17, y 18 describen las consecuencias del impacto, la frecuencia de ocurrencia de un fenómeno natural, las medidas cualitativas de consecuencia y daño, la aceptabilidad y tolerancia del riesgo y las correspondientes matrices, indicando los niveles que ayudaran al control de riesgos. (CENEPRED, 2015)



Figura 15

Niveles de Consecuencias

VALOR	NIVELES	DESCRIPCIÓN
4	muy alta	Las consecuencias debido al impacto de un fenomeno natural son catastroficas
3	alta	Las consecuencias debido al impacto de un fenomeno natural pueden ser gestionadas con apoyo externo
2	media	Las consecuencias debido al impacto de un fenomeno natural son gestionadas con los recursos disponibles
1	bajo	Las consecuencias debido al impacto de un fenomeno natural pueden ser gestionadas sin dificultad

Figura 16

Niveles de frecuencia de ocurrencia

NIVEL	PROBABILIDAD	DESCRIPCIÓN
4	muy alta	Puede ocurri en la mayoria de las circunstancias
3	alta	Puede ocurri en periodos de tiempo medianamente largos segun circunstancias
2	media	Puede ocurrir en periodos de tiempo largos segun las circunstancias
1	bajo	Puede ocurrir en circunstancias excepcionales

Figura 17

Matriz de consecuencia de daños

CONSECUENCIAS	NIVEL	ZONA DE CONSECUENCIAS Y DAÑOS			
Muy alta	4	Alta	Alta	Muy Alta	Muy Alta
Alta	3	Medio	Alta	Alta	Muy Alta
Media	2	Medio	Medio	Alta	Alta
Bajo	1	Bajo	Medio	Medio	Alta
	Nivel	1	2	3	4
	Frecuencia	Bajo	Medio	Alta	Muy Alta



Figura 18

Aceptabilidad y/o tolerancia del riesgo

VALOR	DESCRIPTOR	DESCRIPCIÓN
4	Inadmisible	Se debe aplicar inmediatamente medidas de control físico y de se posible transferir inmediatamente recursos económicos para reducir los riesgos.
3	Inaceptable	Se deben desarrollar actividades INMEDIATAS y PRIORITARIAS para el manejo de riesgos.
2	Tolerable	Se deben desarrollar actividades para el manejo de riesgos.
1	.	El riesgo no presenta un peligro significativo

Fuente: *Manual para la Evaluación de Riesgos Originados por Fenómenos Naturales – 2da Versión. CENEPRED*

b) Medidas de control

Llegado a este punto se identificó las medidas de control para de esta manera mitigar el riesgo e implementar un plan de prevención y/o reducción de este.

El objetivo es tomar acción frente al riesgo existente y la disminución de la posibilidad de ocurrencia y del impacto en caso de presentarse con la finalidad de mitigarlo e implementando un plan de prevención y/o reducción.

2.3. Marco Legal

- Constitución Política del Perú, 1993.
- Ley N° 29664, que crea el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres – SINAGERD,
- Ley N° 29869, Ley de Reasentamiento Poblacional para Zonas de Muy Alto Riesgo No Mitigable.
- Decreto Supremo N° 048-2011-PCM, Reglamento de la Ley del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres.
- Decreto Supremo N° 111-2012-PCM, que aprueba la Política Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres



- Decreto Supremo N° 034-2014- PCM, Plan Nacional De Gestión Del Riesgo De Desastres – PLANAGERD 2014-2021
- Decreto Supremo N° 027-2007- PCM, Políticas de Obligatorio Cumplimiento
- Resolución Jefatural N° 112 – 2014 – CENEPRED/J, que aprueba el "Manual para la Evaluación de Riesgos originados por Fenómenos Naturales", 2da Versión.
- Resolución Ministerial N° 334-2012-PCM, que Aprueba los Lineamientos Técnicos del Proceso de Estimación del Riesgo de Desastres.
- Resolución Ministerial N° 222-2013-PCM, que Aprueba los Lineamientos Técnicos del Proceso de Prevención del Riesgo de Desastres.
- Resolución Ministerial N° 220-2013-PCM, Aprueba los Lineamientos Técnicos para el Proceso de Reducción del Riesgo de Desastres.
- Decreto Supremo N° 133-2013-PCM: Decreto Supremo mediante el cual se establece el acceso e intercambio de información espacial entre entidades de la Administración Pública.
- Decreto Supremo N° 126/13/PCM - Modifica el Decreto Supremo N° 115/13/PCM, Reglamento de la Ley N° 29.869, Ley de reasentamiento poblacional para zonas de muy alto riesgo no mitigable.

2.4. Hipótesis

2.4.1. Hipótesis General

La evaluación del riesgo por deslizamiento de suelos en el AA. HH Barranquilla y APV. Chinchero del área de influencia de la quebrada Saphy del distrito de Cusco, provincia del Cusco y región de Cusco, 2022, determinara los niveles de peligro, Vulnerabilidad y cálculos de riesgo que se encuentran en niveles altos.



2.4.2. Hipótesis Específica

HE-1: Los niveles de peligro por deslizamiento de suelos en el AA. HH Barranquilla y APV.

Chinchero del área de influencia de la quebrada Saphy del distrito de Cusco son altos.

HE-2: Los niveles de vulnerabilidad por deslizamiento de suelos en el AA. HH Barranquilla y

APV. Chinchero del área de influencia de la quebrada Saphy del distrito de Cusco son altos.

HE-3: Los niveles de riesgo por deslizamiento de suelos en el AA. HH Barranquilla y APV.

Chinchero del área de influencia de la quebrada Saphy del distrito de Cusco son altos.

2.5. Variables E Indicadores

2.5.1. Identificación De Variables

a) Variable dependiente

- Riesgo por deslizamiento de suelos

b) Variables independientes

- Factores desencadenantes
- Factores condicionantes



2.5.2. Operacionalización de Variables

Tabla 4

Operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICION	DIMENSIONES	INDICADORES	INDICES	INSTRUMENTOS	
Dependiente						
RIESGOS POR DESLIZAMIENTO	Riesgo es el resultado de relacionar el peligro con la vulnerabilidad de los elementos expuestos, con el fin de determinar los posibles efectos y consecuencias sociales, económicas y ambientales asociadas a uno o varios fenómenos peligrosos. Cambios en uno o más de estos parámetros modifican el riesgo en sí mismo, es decir, el total de pérdidas esperadas y las consecuencias en un área determinada. (CENEPRED 2014)	Nivel de peligrosidad	Pendiente	Nivel	Rango	Matriz de peligro
			Cobertura vegetal	Nivel	Rango	
			Geomorfología	Nivel	Rango	
		Análisis de vulnerabilidad	Geología	Nivel	Rango	Matriz de vulnerabilidad
			Exposición	Nivel	Rango	
			Fragilidad	Nivel	Rango	
		Cálculos de riesgos	Resiliencia	Nivel	Rango	Nivel del riesgo
			Severidad	Nivel	Rango	
			Probabilidad	Nivel	Rango	
			Significancia	Nivel	Rango	
			Medidas de control	Nivel	Rango	
Independiente						
FACTORES CONDICIONANTES	Parámetros que se encuentran en el área de estudio y contribuye o no al desarrollo del fenómeno natural	Parámetro	Clasificación	Nivel	Escala	Hojas de calculo
FACTORES DESENCADENANTES	Parámetros que se encuentran en el área de estudio, inician los eventos naturales o sucesos asociados que generan peligros	Parámetro	Clasificación	Nivel	Escala	Hojas de calculo



CAPITULO III: Método

3.1. Alcance de estudio

3.1.1. Tipo de investigación

3.1.1.1. Enfoque

La investigación se realiza con un enfoque básico, ya que consiste en identificar los peligros y evaluar los riesgos por deslizamiento de suelos en el AA. HH Barranquilla y APV. Chinchero del área de influencia de la quebrada Saphy, para ampliar el conocimiento de la zona y poder comprender de mejor manera el fenómeno de estudio a través de la descripción exacta de los parámetros de estudio.

3.1.1.2. Nivel

El nivel será descriptivo con variables no controladas, ya que pretendemos estudiar el fenómeno de deslizamiento de suelos y de esta manera conocer sus características, comportamiento, particularidades y propiedades del área que vamos a analizar.

3.2. Diseño de la investigación

El trabajo de investigación tiene un diseño no experimental, ya que no pretendemos manipular las variables, nos basamos en la observación tal y como se encuentran en su ámbito natural, resumiremos la información de manera metódica para realizar el análisis de los resultados de tal manera describiremos las inconstantes y analizaremos su incidencia y relación mutua en el instante dado.

3.3. Población

Está representada por una población de 1,209 habitantes en los 151 lotes del AA. HH Barranquilla y APV. Chinchero, viven en suelos con riesgos de deslizamiento y se encuentran en el área de influencia de 72,196.77 m² y 1,618.52 m. de perímetro (Información obtenida de la base cartográfica) asentada desde 3,450 msnm. hasta los 3,510 msnm. Información dada por



Censos Nacionales 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas,
Base gráfica (Oficio N 044-2019-INEI-DNCE-DECG)

3.4. Muestra

La muestra del presente estudio corresponde a los 151 lotes del AA. HH Barranquilla y APV. Chinchero que se encuentran dentro del área de influencia de la quebrada Saphy.

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.5.1. Técnica

a) Observación

La observación es la técnica de campo más adecuada que se ha utilizado para este estudio pues desde antes del planteamiento del problema ya habíamos recorrido la zona y se pudo constatar el crecimiento de la población, ya que como se pudo observar las poblaciones iban construyendo cada vez más a las fajas marginales de la quebrada muchas veces sin un buen planteamiento técnico.

b) Análisis documental

Se recopiló información válida sobre las variables de estudio en las diferentes fuentes bibliográficas, trabajos que realizó el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de desastres (CENEPRED), trabajos de evaluación de riesgos de desastres por deslizamientos que realizó la Municipalidad Provincial del Cusco por su Sub gerencia de Ordenamiento Territorial dentro de su proyecto: “Mejoramiento y recuperación de las condiciones de habitación urbana en 41 zonas de reglamentación especial de la provincia del Cusco”; y tesis que se han desarrollado a nivel nacional como: “Análisis de vulnerabilidad ante la probable ocurrencia de flujo de detritos en la quebrada Carossio, distrito de Lurigancho-Chosica, Lima, Lima”.



c) **Notas de campo**

Se realizó el levantamiento de información las cuales fueron: coordenadas UTM que utilizamos para la delimitación del área de estudio y las casas que se encuestaron de las cuales cada una fue georreferenciada para nuestros mapas de vulnerabilidad y riesgo respectivamente.

3.5.2. Instrumentos

Se aplicaron encuestas como recurso de apoyo para extraer información de las diferentes condiciones sociales, económicas y ambientales en nuestra zona de estudio y teniendo muy presente que los datos reunidos tenían que ser confiables con un alto grado de validez, en esta investigación se aplicó encuestas a 151 viviendas de la zona de estudio.

3.6. Validez y confiabilidad de los instrumentos

3.6.1. Validez

El cuestionario contiene 17 preguntas donde vemos las dimensiones: Social, económica y ambiental cada una con su factor correspondiente de exposición, fragilidad y resiliencia. Se aplicó 151 viviendas al AA.HH. y al APV. de la zona de estudio donde contemplan diferentes preguntas cada pregunta con 5 descriptores a elegir según las competencias de cada encuestado cada una referida a nuestras variables de estudio a saber, referidas al grado de peligrosidad y vulnerabilidad en que se encuentran las poblaciones asentadas en el área de estudio.

Para la elaboración de las encuestas se tuvo presente el análisis dimensional que plantea el CENEPRED en su “Manual Para la Evaluación de Riesgos Originados por Fenómenos naturales 02 Versión”.

Las actividades que se llevaron a cabo para desarrollar el presente instrumento de nuestra investigación fueron las siguientes:

- 1) Definimos las variables de nuestra investigación, dimensiones e indicadores luego se planteó las preguntas para cada una de ellas.



- 2) Definidas las preguntas, se construyó el instrumento de medición para pasar a determinar los descriptores correspondientes. (VER ANEXO 12)
- 3) Se ha probado y se ha dado validez al instrumento tanto internamente como por un experto en el tema de riesgos ambientales que para este caso ha sido el ingeniero Eduardo Portugués Barrientos (Registro CIP: 279493) quien es especialista en geomática, gestión del riesgo de desastres y tecnologías de la información geoespacial y que actualmente trabaja en el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de desastres. (VER ANEXO 16)

Tabla 5

Validez del Instrumento

Indicadores	Criterios	Deficiente 0-20%	Regular 21-40%	Bueno 41- 60%	Muy bueno 61-80%	Excelente 81-100%
Claridad	Lenguaje apropiado				X	
Objetividad	Expresado en la espontaneidad de las respuestas				X	
Organización	Adecuada				X	
Intencionalidad	Según el objetivo de la investigación				X	
Coherencia	Preguntas bien planteadas				X	
Suficiencia	el número de preguntas				X	

3.6.2. Confiabilidad

Para medir la confiabilidad del instrumento se utilizó el método de “Medida de Estabilidad (Test-Retest)” que consistió en realizar una segunda toma de datos con el mismo modelo de la encuesta planteada al inicio. Estas dos administraciones conforman dos conjuntos de datos con su respectivo puntaje independientes que son correlacionados entre sí, la confiabilidad del instrumento radica en que se puede aplicar dos veces la misma encuesta y los resultados se parezcan.



La encuesta que se volvió aplicar se obtuvo resultados similares en ambos casos la correlación entre aplicaciones en el coeficiente de estabilidad (r_{tt})

Condiciones:

- Las encuestas aplicadas deben ser las mismas y los resultados obtenidos no cambien de valor.
- Se aplicó en contextos ambientales similares.

Coefficiente de Correlación de Pearson: Es un índice estadístico que permite medir la fuerza de la relación lineal entre dos variables cuantitativas. Su resultado es un valor que fluctúa entre -1 (correlación perfecta de sentido negativo) y $+1$ (correlación perfecta de sentido positivo).

Cuanto más cercano a 1 esté el coeficiente en términos relativos (sin tener en cuenta el signo) mayor es el grado de validez y cuanto más cercano esté a 0, menor será la validez.

Si su valor es cercano a ± 1 , esto significa que la relación entre las dos variables es lineal:

- Si $r = 1$, existe una correlación positiva perfecta. El índice indica una dependencia total entre las dos variables denominada relación directa: cuando una de ellas aumenta, la otra también lo hace en proporción constante.
- Si $0 < r < 1$, existe una correlación positiva.
- Si $r = 0$, no existe relación lineal. Pero esto no necesariamente implica que las variables son independientes: pueden existir todavía relaciones no lineales entre las dos variables.
- Si $-1 < r < 0$, existe una correlación negativa.
- Si $r = -1$, existe una correlación negativa perfecta. El índice indica una dependencia total entre las dos variables llamada relación inversa: cuando una de ellas aumenta, la otra disminuye en proporción constante.



Formula del coeficiente de correlación de Pearson

$$\rho_{X,Y} = \frac{\sigma_{XY}}{\sigma_X \sigma_Y} = \frac{E[(X - \mu_X)(Y - \mu_Y)]}{\sigma_X \sigma_Y},$$

Donde:

- σ_{XY} es la covarianza de (X, Y)
- σ_X es la desviación estándar de la variable X
- σ_Y es la desviación estándar de la variable Y

FIABILIDAD DE LA 1° CON LA 2° ENCUESTA

0.9652

$0 < r < 1$, existe una correlación positiva. Lo que demuestra la confiabilidad de nuestro instrumento.

INTERPRETACIÓN:

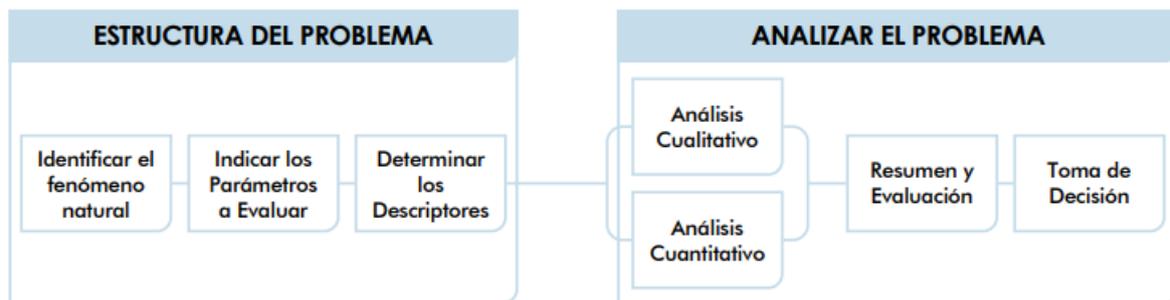
Cuanto más se acerque el valor a 1 la relación lineal es más fuerte, quiere decir que al tener un valor de 0.9652 las variables se mueven en la misma dirección, por lo tanto, la variable 1 y la variable 2 tienen una correlación positiva muy fuerte, eso significa que, si los valores de la variable 1 aumenta, también lo hacen los valores de la variable 2.

3.6.3. Proceso de análisis jerárquico (PAJ)

Esta investigación se ha llevado a cabo en base a la escala de SAATY del Manual para evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales, Versión 2-CENEPRED; este método fue desarrollado por el matemático Thomas L. Saaty (1980) diseñado para resolver problemas complejos de criterios múltiples, mediante la construcción de un modelo jerárquico, que les permite a los actores (tomadores de decisiones) estructurar el problema visual. (CENEPRED, 2015)

Figura 19

Flujo metodológico



Fuente: Toskano (2005)

Permite combinar lo objetivo, tangible y racional de la ciencia clásica con lo subjetivo, intangible y emocional del comportamiento humano. En este sentido, se puede conseguir un tratamiento objetivo de lo subjetivo (Keeney, 1992). El punto central del PAJ es el proceso de asignar ponderación a los parámetros y descriptores relacionados con una decisión y la calificación final de las diferentes alternativas respecto de los criterios seleccionados.

Para la estimación del valor de la importancia relativa de cada uno de los indicadores se recurre a una metodología de comparación de pares, en este caso se empleó el PAJ (Saaty, 1990) por sus ventajas, flexibilidad y por la facilidad de involucrar a todos los actores en el proceso de decisión (Garfi et al., 2011), la escala es la que se muestra a continuación:



Figura 20

Clasificación de escala numérica

ESCALA NUMERICA	ESCALA VERBAL	EXPLICACIÓN
9	Absolutamente o muchísimo mas importante que ...	Al comparar un elemento con otro el primero se considera absolutamente o muchísimo más importante que el segundo.
7	Mucho más importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con otro el primero se considera absolutamente o muchísimo más importante o preferido que el segundo.
5	Mas importante o preferido que...	Al comparar un elemento con otro el primero se considera más importante o preferido que el segundo.
3	Ligeramente más importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con otro, el primero es ligeramente más importante o preferido que el segundo.
1	Igual o diferente a ...	Al comparar un elemento con otro, hay indiferencia entre ellos.
1/3	Ligeramente menos importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con otro, el primero se considera ligeramente menos importante o preferido que el segundo.
1/5	Menos importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con otro, el primero se considera menos importante o preferido que el segundo.
1/7	Mucho menos importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con otro, el primero se considera mucho menos importante o preferido que el segundo.
1/9	Absolutamente o muchísimo	Al comparar un elemento con otro el primero se considera absolutamente o muchísimo más importante que el segundo.
2, 4, 6, 8	Valores intermedios entre dos juicios adyacentes, que se emplean cuando es necesario un término medio entre dos de las intensidades anteriores.	

Nota: *Manual para la Evaluación de Riesgos Originados por Fenómenos Naturales – 2da*

Versión. CENEPRED

Con esta clasificación se desarrolló las matrices con la que obtendré las estimaciones de los pesos ponderados de manera descendiente y descripción correspondiente, a través del análisis cuantitativo y cualitativo, luego se indicó un nivel establecido comparando cada elemento uno contra uno para todas las combinaciones posibles (comparación de pares).

3.6.3.1. Esquema metodológico

a) Estructura

La jerarquía básica está conformada por: meta u objetivo General, criterios y alternativas.

Los pasos por seguir para la estructuración del modelo jerárquico son:



1. Identificación del problema: Situación que se desea resolver.
2. Definición del objetivo: Elementos de la jerarquía que serán los subobjetivos o criterios. subcriterios y alternativas apuntan en conjunto a la consecución de este.
3. Identificación de criterios: Dimensiones relevantes que afectan significativamente a los objetivos y deben expresar las preferencias de los implicados en la toma de decisión.
4. Identificación de alternativas: Propuestas factibles mediante las cuales se podrá alcanzar el objetivo general.

a) Evaluación del modelo jerárquico

En la evaluación se examinan los elementos del problema aisladamente por medio de comparaciones de a pares. Las evaluaciones o juicios son emitidos por cada analista o grupo de interés.

De esta forma, el éxito en esta etapa dependerá de la inclusión de los grupos de interés o decisores que se verán representados en el modelo construido y podrán evaluar el modelo consensuado de acuerdo con sus intereses y necesidades propios.

Los pasos por seguir para la evaluación de los componentes del modelo jerárquico son:

1. Establecimiento de las Prioridades.
2. Emisión de Juicios y Evaluaciones.

Toskano (2005) presenta algunas de las ventajas del PAJ frente a otros métodos de decisión y multicriterio, son:

1. Presenta un sustento matemático.
2. Permite desglosar y analizar un problema por partes.
3. Permite medir criterios cuantitativos y cualitativos mediante una escala común.
4. Incluir la participación de equipos multidisciplinarios y generar un consenso.
5. Permite verificar el índice de consistencia (IC) y hacer las correcciones, si fuere el caso.



6. Generar una síntesis y dar la posibilidad de realizar análisis de sensibilidad.
7. Ser de fácil uso y permitir que su solución se pueda complementar con métodos matemáticos de optimización.

3.6.3.2. Ponderación de los parámetros descriptores

PASO 1: Parámetros. Se identifican los parámetros que permitan caracterizar el fenómeno de deslizamiento. En función del número de parámetros identificados tendremos el número de filas y columnas de la matriz de ponderación (matriz cuadrada).

- Pendiente
- Cobertura vegetal
- Geomorfología
- Geología

PARAMETRO	Pendiente	Cobertura Vegetal	Geomorfología	Geología
Pendiente				
Cobertura. Vegetal				
Geomorfología				
Geología				

PASO 2: Matriz de Comparación de Pares. Se realiza la comparación de pares para la determinación de la importancia relativa usando la escala de Saaty.

PARAMETRO	Pendiente	Cobertura Vegetal	Geomorfología	Geología
Pendiente	1.00			
Cobertura. Vegetal		1.00		
Geomorfología			1.00	
Geología				1.00



La comparación de dos parámetros de igual magnitud nos dará la unidad (1: igual importancia).

PARAMETRO	Pendiente	Cobertura Vegetal	Geomorfología	Geología
Pendiente	1.00	3.00		
Cobertura. Vegetal	1/3	1.00		
Geomorfología			1.00	
Geología				1.00

La pendiente es 3 veces menos importante que la cobertura vegetal (moderadamente menos importante)

La cobertura vegetal es 3 veces más importante que la pendiente (moderadamente más importante)

PARAMETRO	Pendiente	Cobertura Vegetal	Geomorfología	Geología
Pendiente	1.00	3.00	5.00	
Cobertura. Vegetal	1/3	1.00		
Geomorfología			1.00	
Geología				1.00

La pendiente es 5 veces menos importante que la geomorfología (menos importante)

La geomorfología es 5 veces más importante que la pendiente (menos importante)

PASO 3: Los valores de la matriz deben estar en decimales para una facilidad en el cálculo de la ponderación. Se suma cada columna de la matriz para obtener la inversa de las sumas totales.

PARAMETRO	Pendiente	Cobertura Vegetal	Geomorfología	Geología
Pendiente	1.00	3.00	5.00	7.00
Cobertura. Vegetal	0.333	1.00	5.00	7.00
Geomorfología	0.200	0.20	1.00	5.00
Geología	0.143	0.143	0.200	1.00
SUMA	1.68	4.34	11.20	20.00
1/SUMA	0.60	0.23	0.09	0.05

PASO 4: Matriz de Normalización. Se elabora la matriz multiplicando la inversa de las sumas totales por cada elemento de su columna correspondiente.



PARAMETRO	Pendiente	Cobertura Vegetal	Geomorfología	Geología
Pendiente	1.00	3.00	5.00	7.00
Cobertura. Vegetal	0.333	1.00	5.00	7.00
Geomorfología	0.200	0.20	1.00	5.00
Geología	0.143	0.143	0.200	1.00
SUMA	1.68	4.34	11.20	20.00
1/SUMA	0.60	0.23	0.09	0.05

$$0.60 * 1.00 = 0.60$$

MATRIZ DE NORMALIZACION

PARAMETRO	Pendiente	Cobertura Vegetal	Geomorfología	Geología
Pendiente	0.60	0.69	0.45	0.35
Cobertura Vegetal	0.20	0.23	0.45	0.35
Geomorfología	0.12	0.05	0.09	0.25
Geología	0.09	0.03	0.02	0.05

PASO 5: Se determina el vector priorización (ponderación), mediante la suma promedio de cada fila. Debe cumplir que la suma de cada columna debe ser igual a la unidad.

PARAMETRO	Pendiente	Cobertura Vegetal	Geomorfología	Geología	Vector priorización
Pendiente	0.60	0.69	0.45	0.35	0.521
Cobertura Vegetal	0.20	0.23	0.45	0.35	0.306
Geomorfología	0.12	0.05	0.09	0.25	0.126
Geología	0.09	0.03	0.02	0.05	0.046
	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

$$(0.60 + 0.69 + 0.45 + 0.35) / 4 = 0.521$$

Indica la importancia (peso) de cada parámetro en la determinación del nivel de peligro.

PARAMETRO	Vector priorización	Porcentaje (%)
Pendiente	0.521	52.10
Cobertura Vegetal	0.306	30.64
Geomorfología	0.126	12.62
Geología	0.046	4.65
	1.00	100.00



Cálculo de la relación de consistencia (RC)

Este coeficiente debe ser menor al 8 % (RC < 0.08), lo que nos indicara que los criterios utilizados para la comparación de pares es la más adecuada

Paso 1: Hallando el Vector Suma Ponderada. Se obtiene por una multiplicación de matrices.

PARAMETRO	Pendiente	Cobertura Vegetal	Geomorfología	Geología		Vector priorización		Suma ponderada
Pendiente	1.00	3.00	5.00	7.00	×	0.521	=	2.40
Cobertura Vegetal	0.333	1.00	5.00	7.00		0.306		1.44
Geomorfología	0.200	0.20	1.00	5.00		0.126		0.52
Geología	0.143	0.143	0.200	1.00		0.046		0.19

Matriz de relación de consistencia del parámetro de evaluación

Factores condicionantes	Pendiente	Cobertura Vegetal	Geomorfología	Geología	Suma ponderada
Pendiente	0.52	0.92	0.63	0.33	2.40
Cobertura Vegetal	0.17	0.31	0.63	0.33	1.44
Geomorfología	0.10	0.06	0.13	0.23	0.52
Geología	0.07	0.04	0.03	0.05	0.19

Pendiente		Pendiente		
1.00	×	0.521	=	0.52
0.333		0.17		
0.200		0.10		
0.143		0.07		

Cobertura Vegetal		Cobertura Vegetal		
3.00	×	0.306	=	0.92
1.00		0.31		
0.20		0.06		
0.143		0.04		

Geomorfología		Geomorfología		
5.00	×	0.126	=	0.63
5.00		0.63		
1.00		0.13		
0.200		0.03		



Geología	×	0.046	=	Geología
7.00				0.33
7.00				0.33
5.00				0.23
1.00				0.05

Paso 2: Hallando λ_{max} . Se determina al dividir los valores del Vector Suma ponderada y el Vector de Priorización.

Suma ponderada	÷	Vector priorización	=	λ_{max}
2.40		0.521		4.600
1.44		0.306		4.688
0.52		0.126		4.154
0.19		0.046		4.085

$$\lambda_{max} = \frac{4.600 + 4.688 + 4.154 + 4.085}{4} = 4.382$$

Paso 3: Hallando el Índice de consistencia (IC)

$$IC = \frac{4.382 - 4}{4 - 1} = 0.1272$$

Paso 4: Hallando la relación de Consistencia (RC)

$$RC = \frac{IC}{IA} = \frac{0.272}{0.882} = 0.144$$

Nota: Los Valores del Índice Aleatorio (IA) para los diferentes “n”, obtenidos mediante la simulación de 100,000 matrices (Aguarón y Moreno – Jiménez, 2001), son:

n	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
IA	0.525	0.882	1.115	1.252	1.341	1.404	1.452	1.484	1.513	1.535	1.555	1.57	1.583	1.595



3.6.4. Materiales

3.6.4.1. Materiales De Campo

- Libreta de Campo
- Planos (Distritales del catastro del área de influencia y de la quebrada Saphy)
- Formatos de campo (registro de datos)
- Lápices
- Calculadora
- Wincha de 5 y 30 metros

3.6.3.2 Equipos De Campo

- Cámara fotográfica iPhone 8 cuenta, 12 MP con enfoque automático, apertura f/1.8 y estabilización óptica de imagen capaz de capturar video 4K a 24, 30 o 60 fotogramas por segundo, o vídeo a 1080p y 30, 60, 120 o 240 fotogramas por segundo.
- GPS portable, GARMIN 64s Pantalla de color de 2,6"
- Laptop portátil Core i7 HP Pavilion, con memoria RAM 8.00 GB, su procesador de 2.40 Hhz, con los programas instalados de Microsoft office, ArcGIS para la realizacion de los mapas temáticos.

3.6.4.3.Materiales De Gabinete

- Mapa altimétrico
- Mapa de cobertura vegetal
- Mapa de pendientes
- Mapa de suelos
- Tabla de niveles de riesgo de deslizamientos

3.6.4.4.Plataforma Tecnológica

- QGIS Desktop 3.18.1, necesario para la elaboración de los mapas temáticos de peligro, vulnerabilidad y riesgo.



- HEC-RAS, Para simular flujos en cauces naturales y determinar el nivel del agua por y simular zonas inundables.
- HIDROESTA 2, para calcular la intensidad máxima de las precipitaciones en un tiempo de retorno de 75 años.
- SIGRID (Sistema de información para la Gestión del Riesgo de Desastres) del CENEPRED, donde podremos obtener elementos expuestos, cartografía de peligros y obtener información de zonas vulnerables.
- Microsoft Office 2017, para la ejecución de la presente investigación
- Google Earth Pro-2017, se trazó de manera esquemática la quebrada Saphy
- Excel 2017, eficaz para elaborar las matrices de la metodología Saaty.

3.7. Plan de análisis de datos

Para poder realizar este trabajo se hizo un estudio sobre la estimación preliminar de riesgo ante peligro por deslizamientos de suelos haciendo un reconocimiento del área de estudio y verificando el constante avance de la población hacia la faja marginal de la quebrada, en mucho casos cortando el cerro para poder instalarse en el lugar dejando un corte muy pronunciado con alturas superiores a los 9 metros, de esta manera la vivienda instalada queda muy vulnerable ante posibles movimientos de tierra.

3.7.3.3. Estimaciones Preliminares De Riesgo.

Los procesos geodinámica externa que van afectando la superficie del suelo, dan lugar a deslizamientos de suelo de diferentes magnitudes y características y constituyen un riesgo directo o indirecto a las actividades humanas que se desarrollan.

3.7.3.4. Antecedentes De Eventos.

El portal web del Sistema Nacional de Información para la Prevención y Atención de Desastres (SINPAD) del Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI) se obtiene información de las emergencias que se han generado en el distrito de Cusco, siendo muy recurrente los deslizamientos, lluvias intensas y flujo de detritos, estos eventos son muy recurrentes sobre



todo en la época de lluvias (noviembre a marzo) y son menos recurrentes en época seca (abril a octubre)

Tabla 6

Información de peligros

Departamento	Provincia	Distrito	Emergencia	Fecha de Emergencia
Cusco	Cusco	Poroy	Deslizamiento	04/04/2022
Cusco	Cusco	Ccorca	Lluvias intensas	23/03/2022
Cusco	Cusco	Cusco	Deslizamiento	17/03/2022
Cusco	Cusco	Saylla	Deslizamiento	17/03/2022
Cusco	Cusco	Saylla	Deslizamiento	16/03/2022
Cusco	Cusco	San Jerónimo	Deslizamiento	16/03/2022
Cusco	Cusco	Cusco	Lluvias intensas	12/03/2022
Cusco	Cusco	Poroy	Lluvias intensas	07/03/2022
Cusco	Cusco	Cusco	Deslizamiento	05/03/2022
Cusco	Cusco	Cusco	Deslizamiento	09/02/2022
Cusco	Cusco	Ccorca	Lluvias intensas	05/02/2022
Cusco	Cusco	San Sebastián	Lluvias intensas	22/01/2022
Cusco	Cusco	San Sebastián	Lluvias intensas	21/01/2022
Cusco	Cusco	San Sebastián	Lluvias intensas	19/01/2022
Cusco	Cusco	San Sebastián	Deslizamiento	11/11/2021
Cusco	Cusco	Ccorca	Deslizamiento	03/04/2021
Cusco	Cusco	Ccorca	Deslizamiento	07/04/2021
Cusco	Cusco	San Sebastián	Deslizamiento	14/03/2021
Cusco	Cusco	Cusco	Lluvias intensas	03/03/2021
Cusco	Cusco	Cusco	Lluvias intensas	13/02/2021
Cusco	Cusco	San Sebastián	Lluvias intensas	16/02/2021
Cusco	Cusco	San Sebastián	Lluvias intensas	02/02/2021
Cusco	Cusco	Ccorca	Lluvias intensas	31/01/2021
Cusco	Cusco	Ccorca	Deslizamiento	20/01/2021
Cusco	Cusco	Saylla	Deslizamiento	20/01/2021
Cusco	Cusco	San Sebastián	Flujo de detritos	23/06/2020
Cusco	Cusco	San Sebastián	Flujo de detritos	25/04/2020
Cusco	Cusco	Cusco	Lluvias intensas	07/02/2020

Fuente: SINPAD-INDECI, Link de acceso:

<http://sinpad2.indeci.gob.pe/sinpad2/faces/public/listSinpadEnviadosPubli.xhtml>

SINPAD-v2.0

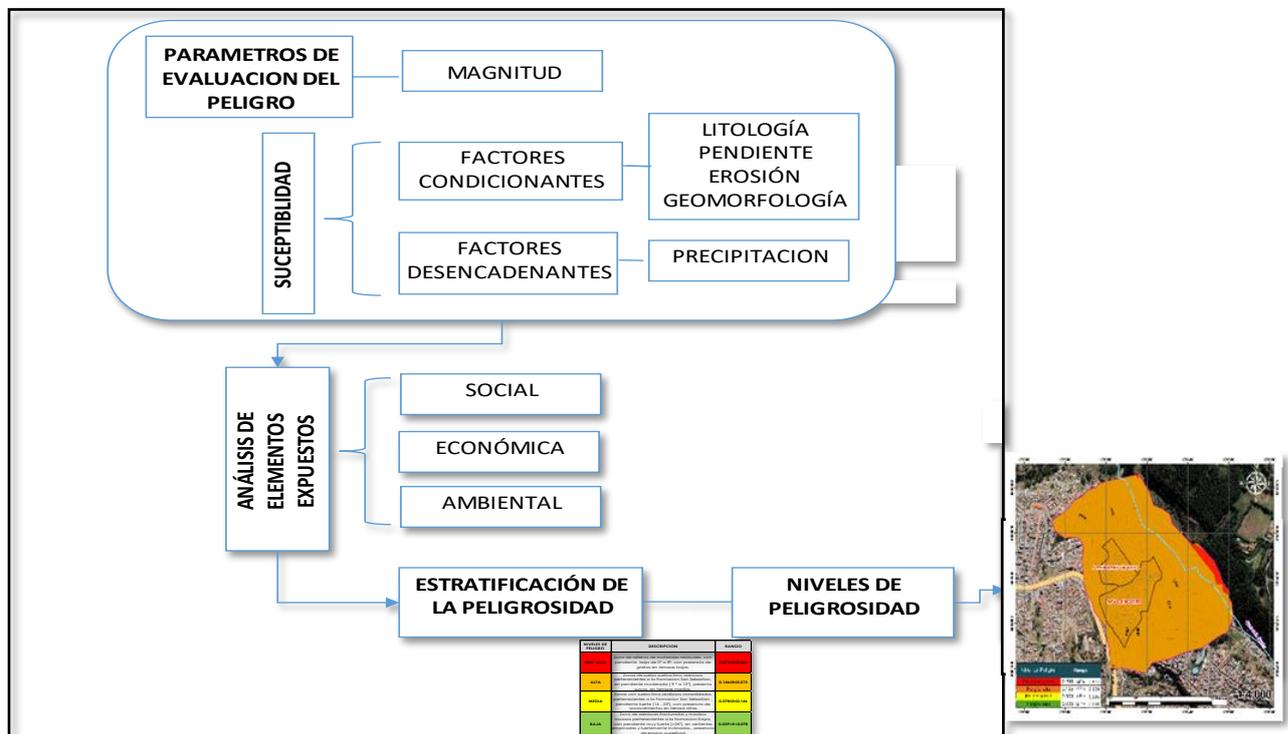
3.7.3.5. Determinación Del Nivel De Peligrosidad.

Para nuestro trabajo de investigación nos basamos en la metodología propuesta por el CENEPRED en el manual EVAR-versión 02 (2015), estimando la peligrosidad con sus parámetros de evaluación, susceptibilidad en función a los factores condicionantes y desencadenantes.

Luego integramos los parámetros y los interceptamos con los elementos expuestos para de esta manera determinar los niveles de peligrosidad ponderándolos mediante el método SAATY.

Figura 21

Metodología General para Determinar el Nivel de Peligrosidad



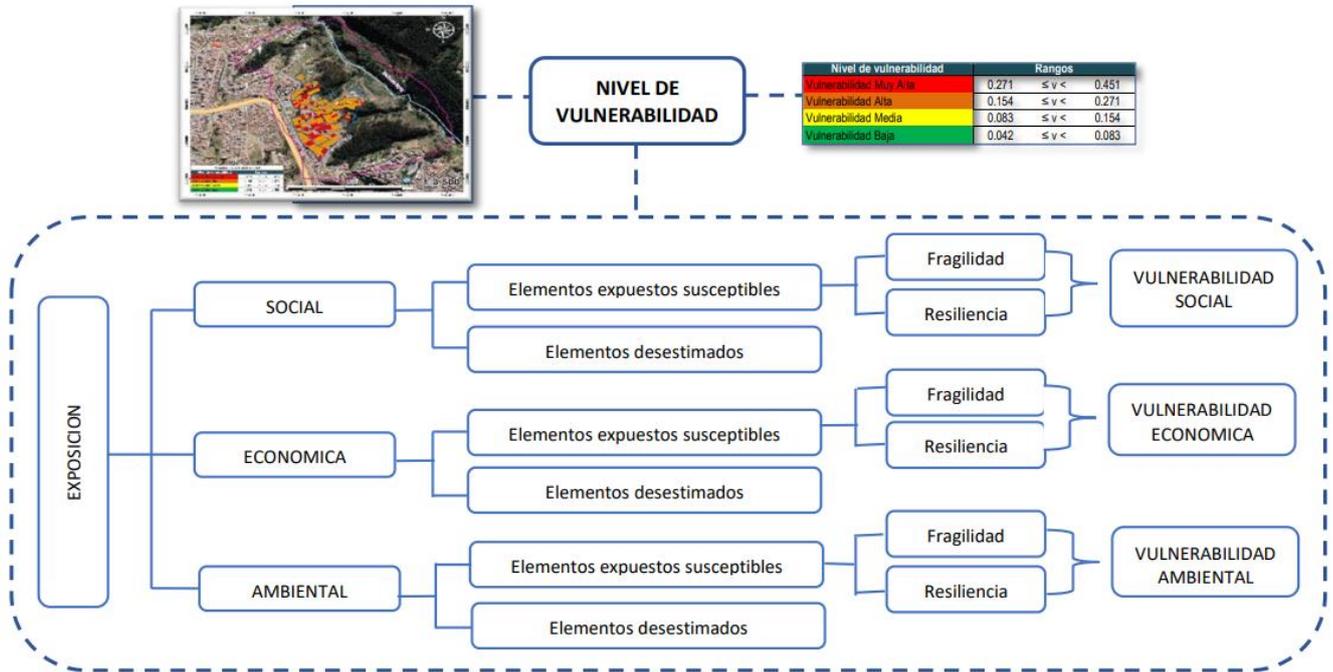
3.7.3.6. Determinación del nivel de vulnerabilidad.

Se considero la dimensión social, dimensión económica y la dimensión ambiental para determinar el nivel de vulnerabilidad de nuestra zona de estudio en la quebrada Saphy de la misma forma recurrimos a la información cartográfica de las viviendas que nos brindó la

municipalidad provincial del Cusco, información de la plataforma SIGRID del CENEPRED y la base de datos del INEI del censo 2017.

Figura 22

Nivel de Vulnerabilidad



3.7.3.7. Establecimientos Para El Cálculo De Riesgo.

Utilizando la matriz SAATY determinamos los niveles de riesgo, siendo el resultado de haber relacionado el peligro con la vulnerabilidad de los elementos expuestos, determinando posibles efectos e impactos sociales, económicos y ambientales que se encuentran relacionados a uno o varios fenómenos peligrosos.

El expresar los conceptos de peligro (amenaza), vulnerabilidad y riesgo, ampliamente aceptada en el campo técnico científico Cardona (1985), Fournier d'Albe (1985), Milutinovic y Petrovsky (1985b) y Coburn y Spence (1992), está fundamentada en la ecuación adaptada a la Ley N°29664 Ley que crea el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres, mediante la cual se expresa que el riesgo es una función $f()$ del peligro y la vulnerabilidad.

Figura 23

Formula del riesgo

$$R_{ie} | t = f(P_i, V_e) | t$$

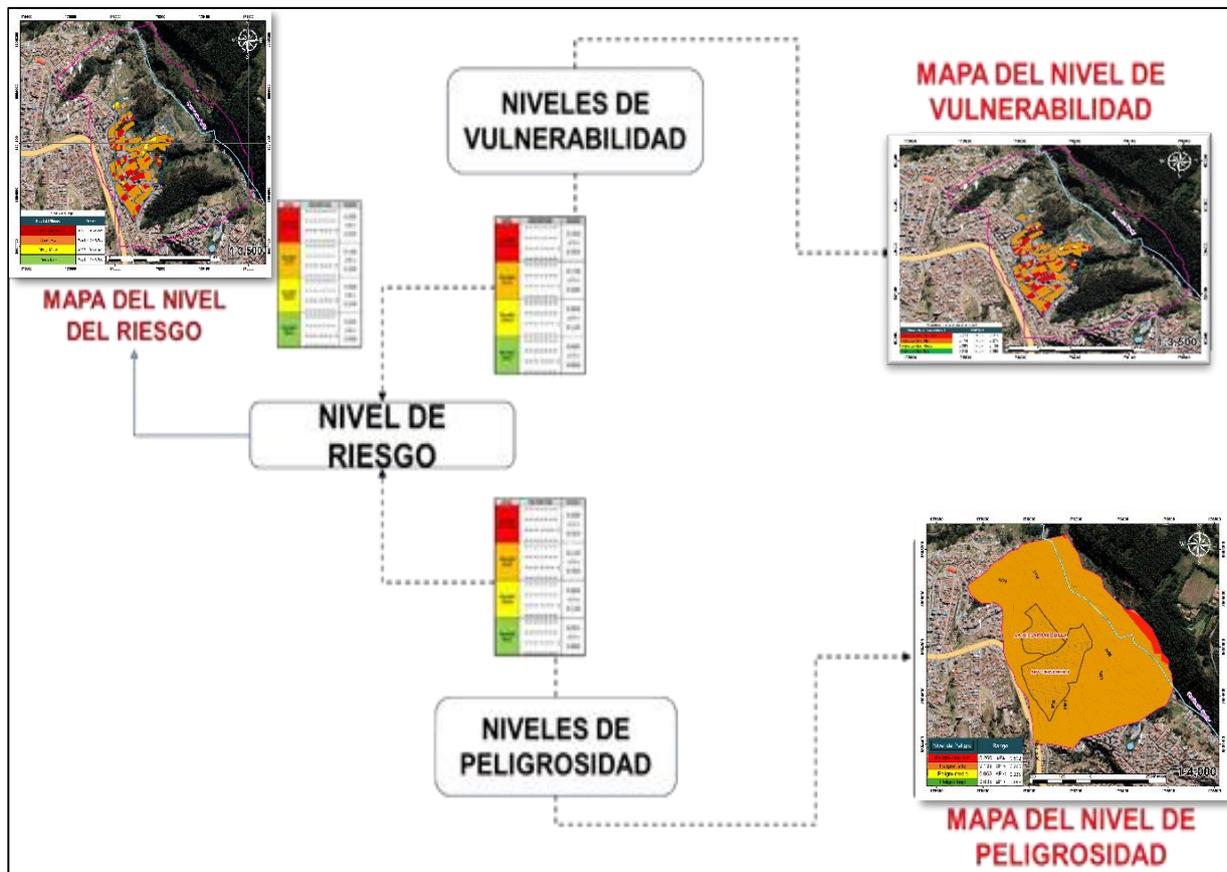
Dónde:

R= Riesgo.
f= En función
P_i=Peligro con la intensidad mayor o igual a i durante un período de exposición t
V_e = Vulnerabilidad de un elemento expuesto_e

Fuente: CENEPRED

Figura 24

Metodología para el cálculo del riesgo





CAPITULO IV: Resultados De La Investigación

4.1. Resultados Respecto a los Objetivos Específicos

4.1.1. Identificación De Peligros

4.1.1.1. Factores Condicionantes

a) Pendiente

El relieve de la zona de estudio presenta una topografía variada con una altitud desde 3,450 msnm hasta los 3,510 msnm. involucra los APVs: Los Huertos, Unión Callacca, Barranquilla, Chinchero, San Benito y Bellavista.

Tabla 7

Clasificación de las Pendientes por Descriptor

Descripción	Rango	Nomenclatura ArcGIS	Descripción
Muy alta	>38°%	5	Empinada a más (escarpados)
Alta	27-38°%	4	Moderadamente Empinados
Moderada	14-27°%	3	Fuertemente inclinados
Baja	8-14%	2	Moderadamente inclinada
Muy baja	0-8%	1	Llanas a ligeramente inclinadas

Descriptor 1: Empinada a más - Escarpados, (mayor a 38%)

La pendiente empinada está marcada a más con color rojo en la parte baja derecha de nuestra área de estudio con un área de 18,275.11 m², equivalente al 2.14% del área total estudiada con vegetación de eucalipto reforestada.

Descriptor 2: Moderadamente Empinados (27 – 38%)

La pendiente moderadamente empinados está marcada con color anaranjado y está distribuida por toda nuestra área de estudio con 169,353.31 m², equivalente al 19.84% del área total estudiada con vegetación de eucalipto reforestada y zona urbana en la parte oeste baja .

Descriptor 3: Fuertemente Inclinados (14 - 27%)



La pendiente fuertemente inclinada está marcada con color amarillo y está distribuida por toda nuestra área de estudio con 426,763.8 m², equivalente al 49.97% del área total estudiada con vegetación de eucalipto reforestada en la parte media y este de nuestra área y zona urbana en la parte oeste.

Descriptor 4: Moderadamente Inclinada (8-14%)

La pendiente moderadamente inclinada está marcada con color verde claro y está distribuida por toda nuestra área de estudio con 190,339.67 m², equivalente al 22.41% del área total estudiada con vegetación de eucalipto reforestada en la zona Este de nuestra zona de estudio y en la parte del centro de la quebrada Saphy.

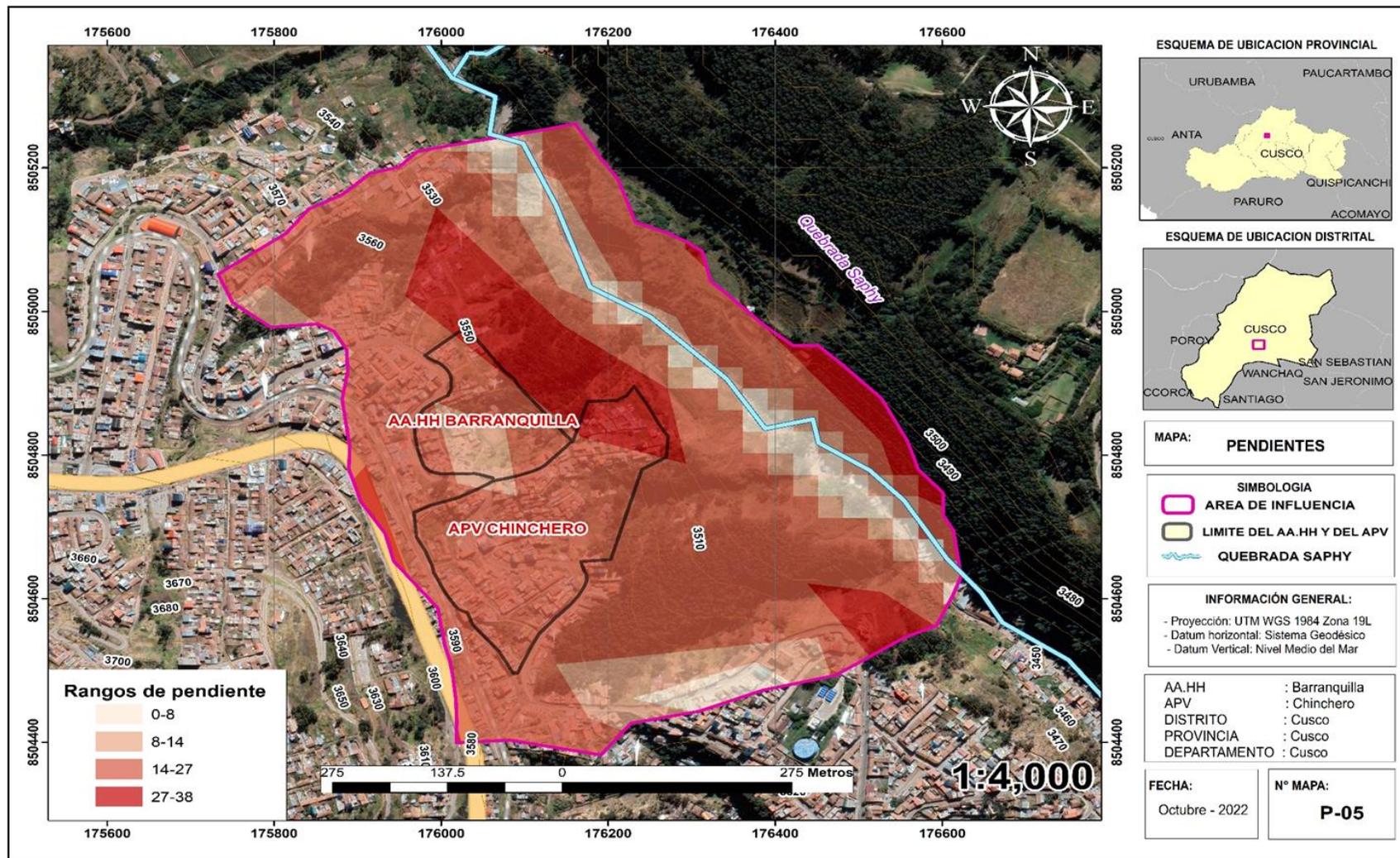
Descriptor 5: Llano a Ligeramente Inclinados (0 - 8%)

La pendiente llana a ligeramente inclinados está marcada con color verde oscuro y está distribuida por toda nuestra área de estudio con 48,118.78 m², equivalente al 5.64% del área total estudiada con vegetación de eucalipto reforestada en la zona Este de nuestra área y en la parte central de la quebrada Saphy.



Mapa 5

Mapa de Rangos de Pendientes



Fuente. Elaboración propia



b) Cobertura Vegetal

La cobertura vegetal en el área de estudio está conformada por bosques, matorrales, pastizales, vegetación escasa, un cuerpo de agua y también estudiaremos el área urbana que no cuenta con vegetación alguna, pero es muy importante para nuestro estudio. A continuación, se detalla cada uno de los tipos de cobertura vegetal contemplados en nuestra área de estudio:

Área Urbana:

Unidades constituidas por los cascos urbanos que a la escala de trabajo (1/3,500) permiten ser digitalizados por la imagen satelital u ortofoto. Esta información forma parte del mapa base que ha sido entregado por el PDU Cusco. En el ámbito de influencia ocupa una superficie de 15.404 ha., que representa 34.30 % del total.

Cuerpo de Agua

Esta unidad corresponde al cauce natural de la quebrada. Esta unidad en el área de influencia ocupa una superficie de 1.942 ha., representando un 4.32 % del área total, del ámbito de influencia.

Vegetación Escasa, Pastizales

Este tipo de cobertura vegetal está conformada en su mayoría por vegetación herbácea que es usada para alimento de ovinos. En el área de influencia se extiende sobre terrenos que están desde casi planos como en las partes inclinadas hasta empinados o escarpado. La superficie que ocupa es de 9.96 ha., y representa el 22.18 % del total del área de influencia.

Pastizales en Mosaico

Identificada en áreas próximas a los afloramientos calcáreos, tiene una extensión de 9.96 Ha, representando el 22.18 % del área total, del ámbito de influencia. Este descriptor, de la misma forma que el de tipo bosque ralo, normalmente se encuentran de manera persistente en terrenos con actividad antrópica (como agricultura o territorios de pastizales para ganado), las cuales en los últimos años se vienen extendiendo. Corresponde a áreas estables.



Bosques y Matorrales

Campo distinguido por una vegetación que está dominada por arbustos y matas, plantas de porte moderada altura. Son áreas estables que han sido identificadas en áreas próximas a la red hídrica de dirección oeste-este. En el área de influencia ocupan una superficie de 15.405 ha., el cual representa el 34.30 % del total.

Tabla 8

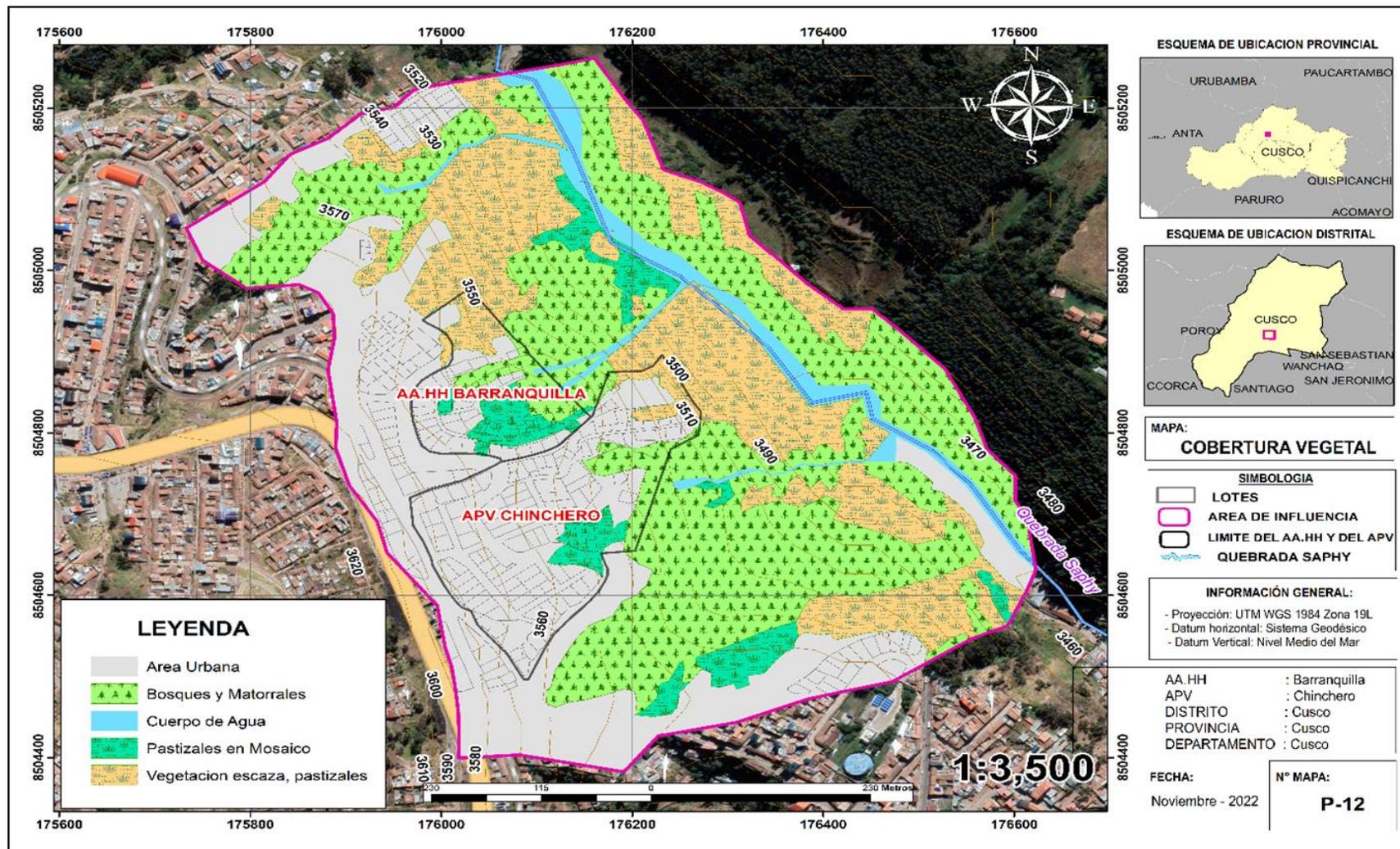
Descriptores de la Cobertura Vegetal

Descriptores	Etiqueta
Vegetación escaza, pastizales	Ve-P
Pastizales en mosaico	Pm
Cobertura Vegetal	B-M
Cuerpo de agua	Ca
Área urbana	Au



Mapa 6

Mapa de cobertura vegetal del área de estudio



Fuente. Elaboración propia



c) **Geología**

El análisis geológico para este trabajo se hizo en base a la carta geológica del INGEMET del cuadrante de Cusco hoja 28s a escala 1:70,000, donde afloran rocas intrusivas, sedimentarias del Cretácico y depósitos Cuaternarios (coluviales, aluviales y fluviales). La cartografía geológica se complementó con nuestro trabajo que se interpretó con imágenes satelitales y observaciones de campo.

Formación Piquín (Ks-pu)

Esta unidad conforma el anticlinal de Piquín y aflora en el fondo de la quebrada Saphy. Compuesta por lutitas negras y rojas, intercaladas con láminas de yeso y capas de areniscas de origen fluvial, las cuales se encuentran muy fracturadas y moderadamente meteorizadas.

Según Carlotto (2003), estas rocas son consideradas de mala calidad geotécnica, ya que desarrollan deslizamientos, derrumbes y cárcavas.

formación San Sebastián (Q-sa)

Aflora al noreste de la quebrada Saphy, con mayor proporción en la parte alta y margen izquierda. Conformada por yesos intercalados con lutitas rojas y verdes y con algunos niveles de calizas color amarillo, con un espesor estimado de 200 m (Carlotto et al., 2011). Se encuentran muy fracturados y altamente meteorizados. (INGEMMET, 2021, pág. 12)

formación Maras (Ki-ma)

En el informe técnico N°A7145 del INGEMMET nos explica que afloran al noreste de la quebrada Saphy, con mayor proporción en la parte alta y margen izquierda. Conformada por yesos intercalados con lutitas rojas y verdes y con algunos niveles de calizas color amarillo, con un espesor estimado de 200 m (Carlotto et al., 2011). Se encuentran muy fracturados y altamente meteorizados.

Según Carlotto (2003), esta unidad presenta un comportamiento geomecánica pobre, poca resistencia a la erosión, permeabilidad baja producto de la heterogeneidad de sus



componentes litológicos y muy deformados. Sobre estas rocas se desarrollaron varios deslizamientos y derrumbes

Dioritas (P/di)

En el informe técnico N°A7145 del INGEMMET, nos explican que aflora en la margen izquierda de la quebrada, al suroeste de la quebrada Saphy corta a la Formación Maras. Es una roca maciza densa de grano fino y textura granular con cristales de augita y pequeños agregados de epidota. En la zona de estudio se encuentran medianamente fracturadas y moderadamente meteorizadas, ello favorece la formación y reactivación de deslizamientos y derrumbes, se clasifica como pórfido diorítico con augita.

Deposito Fluvial (Q-fl)

En el informe técnico N°A7145 del INGEMMET, nos explican que Se encuentran dispuestos en el fondo de la quebrada Saphy, son materiales que fueron arrastrados y depositados en épocas de crecida de la quebrada, están constituido por bloques de formas sobre dondeados a redondeados de diversos diámetros, gravas, arenas y limos. Sobre este depósito se encuentra el Campamento Municipal donde laboran las de 20 personas.

Tabla 9

Dominio Geológico

DESCRPTORES	NOMENCLATURA
Formación Piquín	Ks-pu
formación San Sebastián	Q-sa
formación Maras	Ki-ma
Dioritas	P/di
Deposito Fluvial	Q-fl



d) Geomorfología

La Provincia de Cusco se encuentra ubicada en la zona de transición entre la Cordillera y la Cordillera Oriental, situándose más sobre la Oriental. Teniendo en cuenta su ubicación, la provincia presenta ciertas unidades geomorfológicas diferenciadas esencialmente por la altitud a la que se encuentran, y en nuestra área de estudio encontramos las siguiente:

Colina en roca intrusiva (RC-ri)

Corresponde a afloramientos de rocas intrusivas de tipo dioritas, granitos, monzo granitos, tonalitas, y gabros, se disponen como stocks y batolitos, de formas irregulares y alargadas, con cimas algo redondeadas en algunos casos y laderas de pendientes bajas a medianas.

Altiplanicie Sedimentaria (AP-s)

Está conformando por terreno plano-ondulado, constituida por afloramientos de rocas sedimentarias (conglomerados), las cuales han sufrido un intenso proceso de meteorización y erosión, que modeló el terreno

Colina en roca sedimentaria

Según el INGEMMET corresponde a afloramiento de rocas sedimentarias, afectados por procesos tectónicos y erosivos, conformados por rocas de tipo conglomerados, areniscas, lutitas, lodolitas, calizas y cuarcitas, en edad Cretácea. Presentan laderas con pendientes medianas a fuertes.

Montaña en roca sedimentaria (RC-rs)

Esta unidad corresponde a las acumulaciones de laderas originadas por procesos de movimientos en masa (derrumbes y caídas de rocas), así como también la acumulación de material fino y detrítico, caídos o lavados por escorrentía superficial, los cuales se acumulan sucesivamente al pie de laderas.



Vertiente o piedemonte coluvial-deluvial (RM.rs)

Esta unidad corresponde a las acumulaciones de laderas originadas por procesos de movimientos en masa (derrumbes y caídas de rocas), así como también la acumulación de material fino y detrítico, caídos o lavados por escorrentía superficial, los cuales se acumulan sucesivamente al pie de laderas.

Se localizan en las laderas de pendiente empinada que circunscriben la quebrada Saphy. Se originan por acción de la gravedad y son removidos por agua de escorrentía superficial. Se componen de arcillas, arenas y gravas, inmersos en matriz areno arcillosa. Los clastos de las gravas tienen tamaños mayores a 10 cm y en promedio de 2 a 5 cm.

Figura 25

Depósito Coluvio - deluviales, en la margen izquierda



Tabla 10

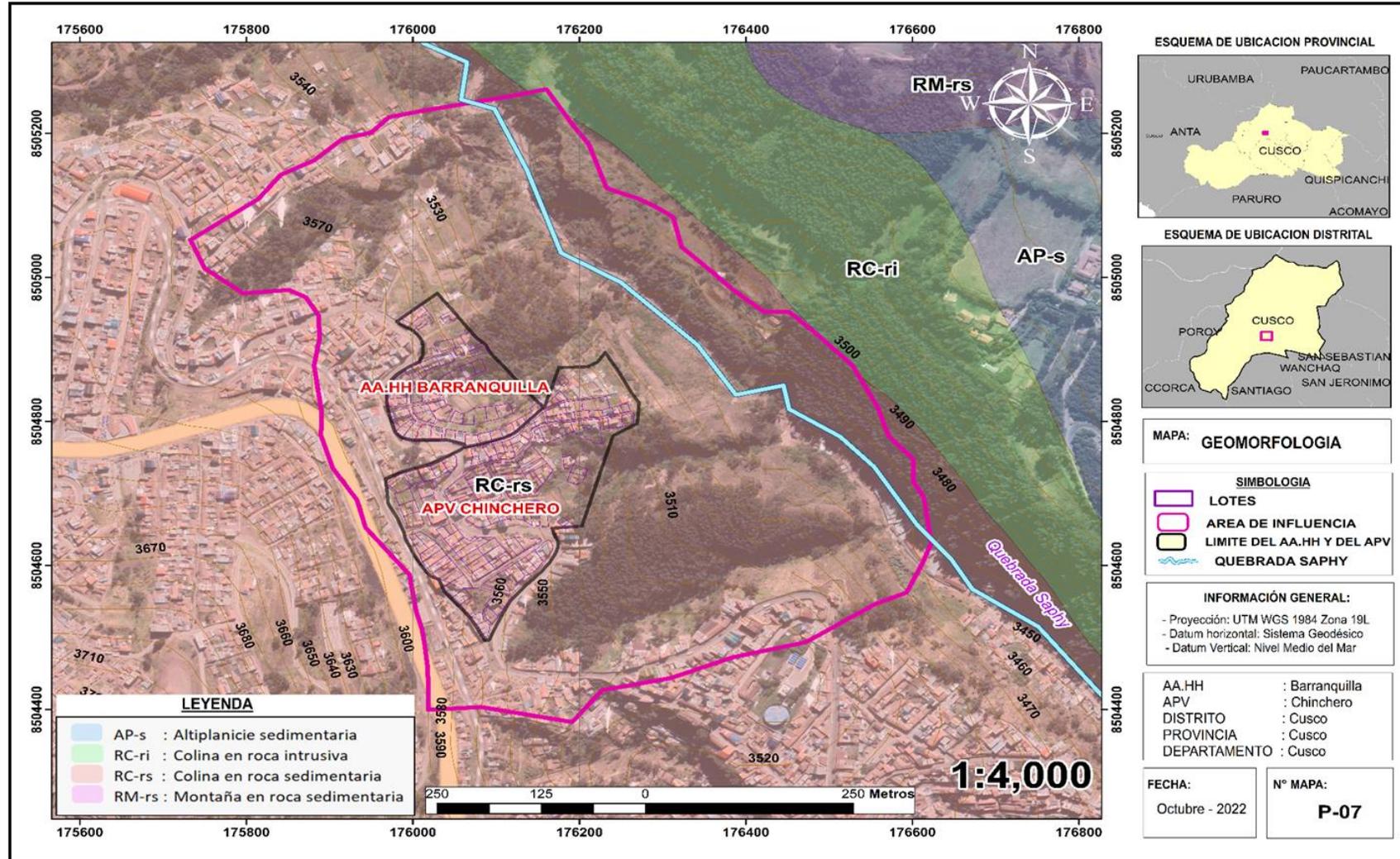
Sub-Unidades Geomorfológicas de nuestra área de estudio

Descriptores	Etiqueta
Colina en roca intrusiva	RC-ri
Altiplanicie Sedimentaria	AP-s
Colina en roca sedimentaria	RC-rs
Montaña en roca sedimentaria	RM.rs
Vertiente o piedemonte coluvial-deluvial	V-cd



Mapa 8

Mapa Geomorfológico de Nuestra Área de Estudio



Fuente. Elaboración propia



4.1.1.2. Factores Desencadenantes

Son los parámetros que van a desencadenar el evento de flujo de detritos y/o sucesos que pueden generar el peligro en nuestro ámbito de estudio, cabe indicar que el vector de priorización a utilizar es **único**, para nuestro estudio tomamos la precipitación y según los umbrales obtenidos en las tablas de registros pluviométricos en 24 horas de la estación de la Granja Kayra, se identifica como “Extremadamente Lluvioso” umbrales >26.7 mm. (Senamhi, 2022)

Precipitación

Identificada nuestra zona de estudio procedemos a buscar nuestra estación meteorológica más cercana con ayuda del SENAMHI, en nuestra zona de estudio es la estación K'ayra.

Tabla 11

Estación Utilizada para la Evaluación (1964-2014)

Cat.	Estación	Provincia	Distrito	Altitud	Latitud	Longitud
CO	K'ayra	Cusco	San Jerónimo	3219.00	13° 33' 25"	72° 52' 31"

La información que se registró corresponde al año 1996 hasta el año 2016, haciendo un análisis mensual de la precipitación donde podemos apreciar que los meses de mayor precipitación corresponde a diciembre, enero, febrero hasta marzo. Donde apreciamos en enero del



Tabla 12

Precipitaciones Pluviales mensuales

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1996	131.9	98	70.5	32.3	11	0	0	6.3	19.6	58.4	49	133.2
1997	123.3	127.7	104.8	31	4.8	0	0	7.1	12.3	44.4	201.5	148.4
1998	116.3	156.2	22.6	31	1.6	1.9	0	1.6	4.3	49.8	49.7	58.9
1999	89.3	92.2	92	42.8	1.3	3.4	1	0	43.1	18.8	39.7	119.5
2000	197.4	137.3	119.5	10.9	2.6	5.8	2.7	4.5	10.7	49.3	29.3	82
2001	233	173.1	137	36.4	11.5	0	17.4	10.2	20.6	38.3	96.8	89.4
2002	134.5	184.6	112.7	21.6	16.2	2.5	27.1	3.7	10.3	78.7	97.8	132.4
2003	163.9	135.5	142.9	56.5	2	6.4	0	21.3	3.7	34.6	23.1	123.8
2004	173.7	125.8	66.5	21	2.4	20.5	17	9	21.7	25.6	60.9	87.9
2005	140.8	130.6	120.2	33.1	3.2	0.4	1.2	4	4.5	39.1	59.3	102.5
2006	203.4	155.5	145.9	40.9	0.2	4.9	0	10.5	7.5	72.5	67.8	147.2
2007	140.8	58.7	107.3	93.6	5.8	0	4	0	1	0	0	88.4
2008	108.8	109.2	64.4	7.6	8.7	2.1	0	3.9	13.9	51.7	90.2	131.9
2009	112.5	108.3	79.1	21.3	5.3	0	3.3	0.7	15.1	8.3	88.7	82.9
2010	268.5	168.5	129.2	16.6	1.3	0	1.4	4.7	8.2	70	40	172.7
2011	103.4	179.3	131.9	67.6	3.9	3.2	3.7	0	38.9	38.2	60.2	110.2
2012	70.5	167.7	41.7	48.1	4.5	1.2	0	0.1	18.4	19.5	138.2	179.5
2013	180.5	137.2	75.5	13	25.3	6.1	2	12.4	6.3	105	86	159.4
2014	161.9	116.5	36.5	35	10.1	0	3.2	5.8	12.6		29.6	152.1
2015	169.8	146.5	66.7	69.8	18.6	3.9	10.3	4.6	16.1	19.1	48.6	113
2016	104	153.1	54.3	24.4	3	0	4.5	0.5	7	79.5	28	89.8

Nota: Año 2010 una precipitación mayor a 268.5 mm

Fuente: SENAMHI – 2020

Según el mapa climático nacional del SENAMHI (2020), la zona de estudio se encuentra al Este de la ciudad del Cusco, presenta un clima semiseco con otoño e invierno secos (frio) con precipitaciones lluviosas, siendo los meses de abril a septiembre los más cálidos debido a la insolación diurna y los meses de noviembre a marzo los más lluviosos, Con temperatura máxima entre 15 °C a 19 °C, temperatura mínima entre -1 °C a -3°C y una precipitación anual entre 500mm a 900 mm aproximadamente.

Figura 26

Mapa Climático del distrito del Cusco



Fuente: SENAMHI

4.1.1.3. Parámetro De Evaluación

4.1.1.3.1. Periodo de retorno

El factor de parámetros de evaluación del peligro de deslizamiento (periodo de retorno) se evaluó y se clasificó de acuerdo con las condiciones geológicas y climáticas del área en estudio se hizo el análisis correspondiente y observó la ocurrencia y recurrencia en cuanto a las condiciones geológicas de la acumulación de material de desmontes, alteración de las rocas circundantes y pendientes del terreno y climatológico en la recurrencia de altas precipitaciones pluviales.



Tabla 13

Descripción del Periodo de Retorno de Deslizamiento

PERIODO DE RETORNO	DESCRIPCIÓN
cada 5 años	Este periodo es referido a la recurrencia del deslizamiento que se da en lapsos largos de tiempo y evidencia un deslizamiento antiguo o una zona donde se deposita material de desmonte antiguos.
cada 10 años	Este periodo es referido a la recurrencia del deslizamiento que se da en lapsos lejanos de tiempo y evidencia un deslizamiento antiguo o una zona donde se depositó material de desmonte semi consolidado
cada 25 años	Este periodo es referido a la recurrencia del deslizamiento que es casi imperceptible, se trata de un deslizamiento antiguo o un sector de relleno que se encuentra forestado.
cada 50 años	Este periodo es referido a la recurrencia del deslizamiento no es perceptible, se trata de un deslizamiento antiguo o un sector de relleno que se encuentra forestado y en muchos casos se han instalado viviendas.
cada 100 años	Este periodo es referido a la recurrencia del deslizamiento es imperceptible, se trata de un deslizamiento antiguo o un sector de relleno que se encuentra forestado y con viviendas instaladas, a simple vista no se distingue alguna cárcava que en un tiempo escurrió agua por dicho lugar.

4.1.1.4. Parámetros Descriptores: Movimiento De Masa

Mediante la construcción de un modelo jerárquico estructuraremos nuestro problema, asignaremos ponderación a los parámetros y a los descriptores relacionados con la decisión y la calificación con respecto a los criterios seleccionados.

Para la estimación del valor de la importancia relativa de cada uno de los indicadores se recurre a una metodología de comparación de pares, en este caso se empleó el PAJ (Saaty, 1990) por sus ventajas, flexibilidad y por la facilidad de involucrar a todos los actores en el proceso de decisión (Garfi et al., 2011), la escala es la que se muestra a continuación:



4.1.1.4.1. *Parámetros De Evaluación de Movimiento de Masa*

Para nuestra área de estudio en la quebrada Saphy la metodología utilizada es el procedimiento de análisis jerárquico que se menciona en el “Manual para la evaluación de Riesgos originados por Fenómenos Naturales, 2da versión”. Identificamos los parámetros que nos permitió caracterizar el fenómeno con el grado de recurrencia y tiempo de retorno.

Víctor M. Ponce (2008), “Sobre el Periodo de Retorno a Ser Usado Para Diseño”, nos dice que el evaluador responsable del estudio escoge el periodo de retorno, siguiendo una práctica establecida considerando una estimación adecuada del riesgo, en nuestra área de estudio se escogió el ítem n°8 de la “Guía Para Selección de Periodo de Retorno” que corresponde a “Drenaje Urbano (alto riesgo)”, con un periodo de retorno que iría desde los 50 a 100 años.

Figura 27

Guía para selección de periodo de retorno

Cuadro 1. Guía para la selección de periodos de retorno.		
No.	Tipo de proyecto o obra	Período de retorno (años)
1	Drenaje urbano y rural [bajo riesgo] (hasta 100 ha)	5 a 10
2	Drenaje rural [mediano riesgo] (más de 100 ha)	10 a 25
3	Drenaje urbano [mediano riesgo] (más de 100 ha)	25 a 50
4	Drenaje vial (mediano riesgo)	25 a 50
5	Aliviadero principal (presas)	25 a 100
6	Drenaje vial (alto riesgo)	50 a 100
7	Diques longitudinales [mediano riesgo]	50 a 100
8	Drenaje urbano [alto riesgo] (más de 1,000 ha)	50 a 100
9	Desarrollo de zona de inundación	100
10	Diseño de puentes (pilares)	100 a 500
11	Diques longitudinales [alto riesgo]	200 a 1000
12	Aliviadero de emergencia (presas)	100 a 10,000 (PMP)
13	Hidrograma de borde libre [para una presa de clase (c)]	10,000 (PMP)



Fuente: Víctor M. Ponce, *Preguntas y respuestas Sobre el período de retorno a ser usado para diseño.*

Ecuación de Imáx a partir de datos máx diarios utilizando el criterio de Grobe, conocido como de Dyck y Peschke:

Para T: 75 años, D: 10 min, I_{max} : 123.77 mm/hr

Valores de I_{max}, para diferentes D en min y para T = 5, 10, 20 y 50 años

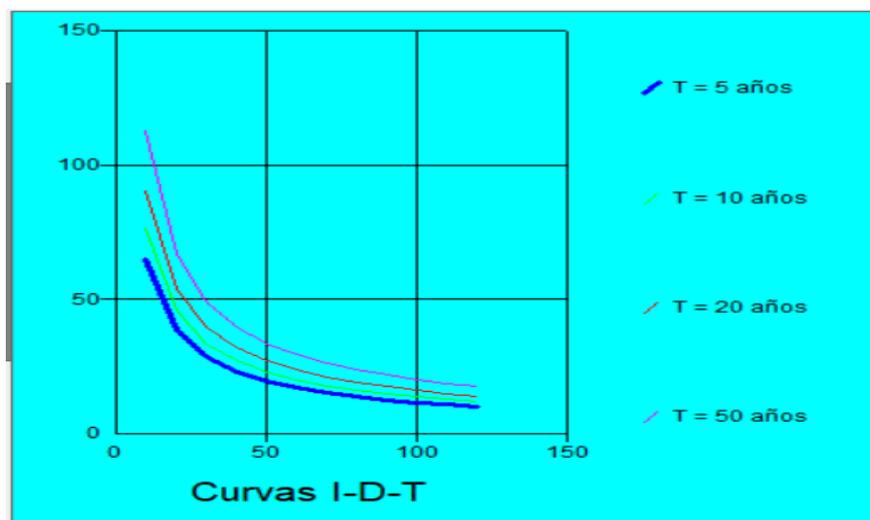
Tabla 14

Periodo de retorno

Duración D	T = 5 años	T = 10 años	T = 20 años	T = 50 años
10	64.95	76.6	90.35	112.38
20	38.62	45.55	53.72	66.82
30	28.49	33.61	39.64	49.3
40	22.96	27.08	31.94	39.73
50	19.42	22.91	27.02	33.61
60	16.94	19.98	23.57	29.31
70	15.09	15.09	20.99	26.11
80	13.65	16.1	18.99	23.62
90	12.5	14.74	17.39	21.63
100	11.55	13.62	16.07	19.98

Figura 28

Grafico de la Intensidad máxima, duración (minutos) y tiempo(años)



Fuente: *Elaboración propia – HIDROESTA 2*



Factores

Tabla 15

Tiempo de retorno

Tiempo de retorno	
100 años	De 1 evento por año en promedio o inferior
75 años	De 1 a 2 eventos por año en promedio
50 años	De 2 a 3 eventos por año en promedio
25 años	De 3 a 4 eventos por año en promedio
10 años	Por lo menos 1 al año y/o mayor 5 eventos al año en promedio

Tabla 16

Matriz de comparación de pares del parámetro de evaluación

	100 años	75 años	50 años	25 años	10 años
100 años	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
75 años	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
50 años	0.2	0.33	1.00	3.00	5.00
25 años	0.14	0.2	0.33	1.00	3.00
10 años	0.11	0.14	0.2	0.33	1.00
SUMA	1.79	4.68	9.53	16.33	25.00
1/SUMA	0.56	0.21	0.1	0.06	0.04

Tabla 17

Matriz de normalización de pares del parámetro de evaluación

	100 años	75 años	50 años	25 años	10 años	Vector priorización	%
100 años	0.56	0.64	0.52	0.43	0.36	0.503	50.28
75 años	0.19	0.21	0.31	0.31	0.28	0.26	26.02
50 años	0.11	0.07	0.1	0.18	0.2	0.134	13.44
25 años	0.08	0.04	0.03	0.06	0.12	0.068	6.78
10 años	0.06	0.03	0.02	0.02	0.04	0.035	3.48
						1.00	100.00



Tabla 18

Matriz de relación de consistencia del parámetro de evaluación

	100 años	75 años	50 años	25 años	10 años	Suma ponderada	λ_{max}
100 años	0.5	0.78	0.67	0.47	0.31	2.74	5.46
75 años	0.17	0.26	0.4	0.34	0.24	1.41	5.43
50 años	0.1	0.09	0.13	0.2	0.17	0.7	5.2
25 años	0.07	0.05	0.04	0.07	0.1	0.34	5.03
10 años	0.06	0.04	0.03	0.02	0.03	0.18	5.09
						Suma	26.21
						Promedio	5.24

- **Hallando el índice de consistencia (IC)**

$$IC = \frac{IC}{IA}$$

$$IC = 0.061$$

- **Relación de consistencia (RC)**

$$RC = \frac{IC}{IA}$$

$$RC = 0.054 < 0.1$$

n	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
IA	0.525	0.882	1.115	1.252	1.341	1.404	1.452	1.484	1.513	1.535	1.555	1.57	1.583	1.595

a) Factores Condicionantes

Para esta evaluación se consideró: Pendiente, geomorfología y geología

Factores: Identificamos los factores que nos permitirán caracterizar nuestro fenómeno en función a estos tendremos el número de filas y columnas de nuestra matriz de ponderación.

Tabla 19

Factores condicionantes y desencadenantes

Factores condicionantes	Factores desencadenantes
Pendiente	Precipitación anómala
Cobertura Vegetal	
Geomorfología	
Geología	



De la matriz de comparación de los pares del parámetro y los factores condicionantes: La realizamos para determinar la importancia relativa usando la escala Saaty.

Los valores de nuestra matriz estarán en decimales para facilitar el cálculo de la ponderación, se suma cada columna de la matriz para obtener la inversa de las sumas totales. $1/\text{Suma}$ se obtiene dividiendo uno por el resultado de la suma obtenida ($1/1.53=0.65$).

Tabla 20

Comparación de los pares del parámetro y los factores condicionantes

Factores condicionantes	Pendiente	Cobertura Vegetal	Geomorfología	Geología
Pendiente	1.00	3.00	5.00	7.00
Cobertura Vegetal	0.333	1.00	5.00	7.00
Geomorfología	0.200	0.20	1.00	5.00
Geología	0.143	0.143	0.200	1.00
SUMA	1.68	4.34	11.20	20.00
1/SUMA	0.60	0.23	0.09	0.05

Matriz de normalización de pares del parámetro de los factores condicionantes:

Realizamos el promedio de los factores $0.65+0.69+0.56 = 1.9/30.633$) y multiplicamos por 100 para obtener el porcentaje.

La suma del vector de priorización siempre debe darnos 1, eso significara que nuestra matriz está bien elaborada

Tabla 21

Normalización de pares del parámetro de los factores condicionantes

Factores condicionantes	Pendiente	Cob. Vegetal	Geomorfología	Geología	Vector priorización	%
Pendiente	0.60	0.69	0.45	0.35	0.521	52.10
Cobertura Vegetal	0.20	0.23	0.45	0.35	0.306	30.64
Geomorfología	0.12	0.05	0.09	0.25	0.126	12.62
Geología	0.09	0.03	0.02	0.05	0.046	4.65
					1.00	100.00

De la matriz de relación de consistencia del parámetro y factores condicionantes:

Sumamos los factores para sacar la suma ponderada. Para sacar nuestro vector de suma



ponderada (λ_{max}) multiplicaremos nuestro vector de priorización por la suma ponderada correspondiente ($0.633 * 1.95 = 3.072$) luego los resultados los sumamos y los promediamos.

Tabla 22

Relación de consistencia del parámetro y factores condicionantes

Factores condicionantes	Pendiente	Cob. Vegetal	Geomorfología	Geología	Suma ponderada	λ_{max}
Pendiente	0.52	0.92	0.63	0.33	2.40	4.600
Cob. Vegetal	0.17	0.31	0.63	0.33	1.44	4.688
Geomorfología	0.10	0.06	0.13	0.23	0.52	4.154
Geología	0.07	0.04	0.03	0.05	0.19	4.085
					suma	17.527
					Promedio	4.382

- **Hallando el índice de consistencia (IC)**

$$IC = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$$

$$IC = 0.019$$

- **Relación de consistencia (RC)**

$$RC = \frac{IC}{IA}$$

$$RC = \frac{0.019}{0.525} = 0.037 < 0.08$$

Los Valores del Índice Aleatorio (IA) para los diferentes “n”, obtenidos mediante la simulación de 100,000 matrices (Aguarón y Moreno – Jiménez, 2001), son:

n	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
IA	0.525	0.882	1.115	1.252	1.341	1.404	1.452	1.484	1.513	1.535	1.555	1.57	1.583	1.595

IMPORTANTE: Para nuestro caso tenemos un “n” de cuatro factores.



Descriptores De Evaluación de Factores Condicionantes

PENDIENTE

Tabla 23

Rango de pendientes

Descripción	Rango	Nomenclatura ArcGIS	Descripción
Muy alta (>38°)	>38%	5	Empinada a más (escarpados)
Alta (27-38°)	27-38%	4	Moderadamente Empinados
Moderada (14-27°)	14-27°	3	Fuertemente inclinados
Baja (8-14°)	8-14%	2	Moderadamente inclinada
Muy baja (0-8°)	0-8%	1	Llanas a ligeramente inclinadas

Factores

Matriz de comparación de pares del parámetro de pendientes

Tabla 24

Comparación de pares del parámetro de pendientes

Pendiente	>38%	27-38%	14-27°	8-14%	0-8%
Muy alta (>38°)	1.00	3.00	5.00	6.00	9.00
Alta (27-38°)	0.33	1.00	3.00	5.00	6.00
Moderada (14-27°)	0.2	0.33	1.00	3.00	5.00
Baja (8-14°)	0.17	0.2	0.33	1.00	3.00
Muy baja (0-8°)	0.11	0.17	0.2	0.33	1.00
SUMA	1.81	4.7	9.53	15.33	24.00
1/SUMA	0.55	0.21	0.10	0.07	0.04

Matriz normalización de pares del parámetro de pendiente

Tabla 25

Normalización de pares del parámetro de pendiente

Pendiente	>38%	27-38%	14-27°	8-14%	0-8%	Vector de priorización	%
Muy alta	0.55	0.64	0.52	0.39	0.38	0.496	49.62
Alta	0.18	0.21	0.31	0.33	0.25	0.258	25.75
Moderada	0.11	0.07	0.1	0.2	0.21	0.138	13.8
Baja	0.09	0.04	0.03	0.07	0.13	0.072	7.2
Muy baja	0.06	0.04	0.02	0.02	0.04	0.036	3.62
						1.00	100



Matriz de relación de consistencia del parámetro

Tabla 26

Relación de consistencia del parámetro

Pendiente	>38%	27-38%	14-27°	8-14%	0-8%	Suma ponderada	λ_{max}
Muy alta	0.5	0.77	0.69	0.43	0.33	2.72	5.47
Alta	0.17	0.26	0.41	0.36	0.22	1.41	5.49
Moderada	0.1	0.09	0.14	0.22	0.18	0.72	5.22
Baja	0.08	0.05	0.05	0.07	0.11	0.36	5.02
Muy baja	0.06	0.04	0.03	0.02	0.04	0.19	5.13
Suma							26.33
Promedio							5.27

- **Hallando el índice de consistencia (IC)**

$$IC = \frac{IC}{IA}$$

$$IC = 0.066$$

- **Relación de consistencia (RC)**

$$RC = \frac{IC}{IA}$$

$$RC = 0.060 < 0.1 \rightarrow OK$$

n	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
IA	0.525	0.882	1.115	1.252	1.341	1.404	1.452	1.484	1.513	1.535	1.555	1.57	1.583	1.595

COBERTURA VEGETAL

Factores

Tabla 27

Descriptores de la cobertura vegetal

Descriptores	Etiqueta
Vegetación escasa, pastizales	Ve-P
Pastizales en mosaico	Pm
Bosque y matorrales	B-M
Cuerpo de agua	Ca
Área urbana	Au



Matriz de comparación de pares del parámetro de la cobertura vegetal

Tabla 28

Comparación de pares del parámetro de cobertura vegetal

Cobertura vegetal	Ve-P	Pm	B-M	Ca	Au
Vegetación escasa, pastizales	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
Pastizales en mosaico	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
Bosque y matorrales	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
Cuerpo de agua	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
Área urbana	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00
SUMA	1.79	4.68	9.53	16.33	25.00
1/SUMA	0.56	0.21	0.10	0.06	0.04

Matriz normalización de pares del parámetro de la cobertura vegetal

Tabla 29

Normalización de pares del parámetro de la cobertura vegetal

Cobertura Vegetal	Ve-P	Pm	B-M	Ca	Au	Vector priorización	%
Vegetación escasa, pastizales	0.56	0.64	0.52	0.43	0.36	0.503	50.28
Pastizales en mosaico	0.19	0.21	0.31	0.31	0.28	0.260	26.02
Cobertura Vegetal	0.11	0.07	0.10	0.18	0.20	0.134	13.44
Cuerpo de agua	0.08	0.04	0.03	0.06	0.12	0.068	6.78
Área urbana	0.06	0.03	0.02	0.02	0.04	0.035	3.48
						1.00	100.00

Matriz de relación de consistencia del parámetro de la cobertura vegetal

Tabla 30

Relación de consistencia del parámetro de la cobertura vegetal

Cobertura Vegetal	Ve-P	Pm	B-M	Ca	Au	Suma ponderada	λ_{max}
Vegetación escasa, pastizales	0.50	0.78	0.67	0.47	0.31	2.743	5.46
Pastizales en mosaico	0.17	0.26	0.40	0.34	0.24	1.414	5.43
Cobertura Vegetal	0.10	0.09	0.13	0.20	0.17	0.699	5.20
Cuerpo de agua	0.07	0.05	0.04	0.07	0.10	0.341	5.03
Área urbana	0.06	0.04	0.03	0.02	0.03	0.177	5.09
						Suma	26.21
						Promedio	5.24



- Hallando el índice de consistencia (IC)

$$IC = 0.061$$

- Relación de consistencia (RC)

$$RC = 0.054 < 0.1 \rightarrow OK$$

n	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
IA	0.53	0.882	1.12	1.252	1.341	1.404	1.452	1.484	1.513	1.535	1.555	1.57	1.583	1.595

GEOMORFOLOGIA

Factores

Tabla 31

Descriptores de la Geomorfología

Descriptores	Etiqueta
Colina en roca intrusiva	RC-ri
Altiplanicie Sedimentaria	AP-s
Colina en roca sedimentaria	RC-rs
Montaña en roca sedimentaria	RM.rs
Vertiente o piedemonte coluvial-deluvial	V-cd

Matriz de comparación de pares del parámetro de Geomorfología

Tabla 32

Comparación de pares del parámetro de Geomorfología

Geomorfología	RC-ri	AP-s	RC-rs	RM.rs	V-cd
Colina en roca intrusiva	1.00	3.00	5.00	6.00	9.00
Altiplanicie Sedimentaria	0.33	1.00	3.00	5.00	6.00
Colina en roca sedimentaria	0.2	0.33	1.00	3.00	5.00
Montaña en roca sedimentaria	0.17	0.2	0.33	1.00	3.00
Vertiente o piedemonte coluvial-deluvial	0.11	0.17	0.2	0.33	1.00
SUMA	1.81	4.7	9.53	15.33	24
1/SUMA	0.55	0.21	0.1	0.07	0.04



Matriz normalización de pares del parámetro de Geomorfología

Tabla 33

Normalización de pares del parámetro de Geomorfología

Geomorfología	RC-ri	AP-s	RC-rs	RM.rs	V-cd	Vector priorización	%
Colina en roca intrusiva	0.55	0.64	0.52	0.39	0.38	0.496	49.62
Altiplanicie Sedimentaria	0.18	0.21	0.31	0.33	0.25	0.258	25.75
Colina en roca sedimentaria	0.11	0.07	0.1	0.2	0.21	0.138	13.8
Montaña en roca sedimentaria	0.09	0.04	0.03	0.07	0.13	0.072	7.2
Vertiente o piedemonte coluvial-deluvial	0.06	0.04	0.02	0.02	0.04	0.036	3.62
						1.00	100

Matriz de relación de consistencia del parámetro de Geomorfología

Tabla 34

Relación de consistencia del parámetro de Geomorfología

Geomorfología	RC-ri	AP-s	RC-rs	RM.rs	V-cd	Suma ponderada	λ_{max}
Colina en roca intrusiva	0.5	0.77	0.69	0.43	0.33	2.717	5.47
Altiplanicie Sedimentaria	0.17	0.26	0.41	0.36	0.22	1.414	5.49
Colina en roca sedimentaria	0.1	0.09	0.14	0.22	0.18	0.72	5.22
Montaña en roca sedimentaria	0.08	0.05	0.05	0.07	0.11	0.361	5.02
Vertiente o piedemonte coluvial-deluvial	0.06	0.04	0.03	0.02	0.04	0.186	5.13
						Suma	26.33

- Hallando el índice de consistencia (IC)

$$IC = 0.066$$

- Relación de consistencia (RC)

$$RC = 0.060 < 0.1 \rightarrow OK$$

n	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
IA	0.53	0.882	1.12	1.252	1.341	1.404	1.452	1.484	1.513	1.535	1.555	1.57	1.583	1.595



GEOLOGIA

Factores

Tabla 35

Nomenclatura de factores de precipitación

Descriptor	Nomenclatura
Formación Puquín	Ks-pu
Formación San Sebastián	Q-sa
Formación Maras	Ki-ma
Dioritas	P/di
Deposito Fluvial	Q-fl

Matriz de comparación de pares de parámetros de Geológicos

Tabla 36

Comparación de pares de parámetros de Geológicos

Geología	Ks-pu	Q-sa	Ki-ma	P/di	Q-fl
Formación Puquín	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
Formación San Sebastián	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
Formación Maras	0.2	0.33	1.00	3.00	5.00
Dioritas	0.14	0.2	0.33	1.00	3.00
Deposito Fluvial	0.11	0.14	0.2	0.33	1.00
SUMA	1.79	4.68	9.53	16.33	25.00
1/SUMA	0.56	0.21	0.1	0.06	0.04

Matriz normalización de pares de parámetros de Geológicos

Tabla 37

Normalización de pares de parámetros de Geológicos

Geología	Ks-pu	Q-sa	Ki-ma	P/di	Q-fl	Vector priorización	%
Formación Puquín	0.56	0.64	0.52	0.43	0.36	0.503	50.28
Formación San Sebastián	0.19	0.21	0.31	0.31	0.28	0.26	26.02
Formación Maras	0.11	0.07	0.1	0.18	0.2	0.134	13.44
Dioritas	0.08	0.04	0.03	0.06	0.12	0.068	6.78
Deposito Fluvial	0.06	0.03	0.02	0.02	0.04	0.035	3.48
						1.00	100



Matriz de relación de consistencia de parámetros de Geológicos

Tabla 38

Relación de consistencia de parámetros de Geológicos

Geología	Ks-pu	Q-sa	Ki-ma	P/di	Q-fl	Suma ponderada	λ_{max}
Formación Puquín	0.5	0.78	0.67	0.47	0.31	2.74	5.46
Formación Sebastián San	0.17	0.26	0.4	0.34	0.24	1.41	5.43
Formación Maras	0.1	0.09	0.13	0.2	0.17	0.7	5.2
Dioritas	0.07	0.05	0.04	0.07	0.1	0.34	5.03
Deposito Fluvial	0.06	0.04	0.03	0.02	0.03	0.18	5.09
						suma	26.21
						Promedio	5.24

- **Hallando el índice de consistencia (IC)**

$$IC = 0.061$$

- **Relación de consistencia (RC)**

$$RC = 0.054 < 0.1 \rightarrow OK$$

n	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
IA	0.53	0.882	1.12	1.252	1.341	1.404	1.452	1.484	1.513	1.535	1.555	1.57	1.583	1.595

b) Factores Desencadenantes

Para esta evaluación se consideró: la precipitación.

PRECIPITACION

Factores

Tabla 39

Nomenclatura de factores de precipitación

Descripción	Nomenclatura (mm)
Extremadamente Lluvioso	>26.7 mm
Muy Lluvioso	16.5 mm y <= 26.7 mm
Lluvioso	12.5 mm y <= 16.5 mm
Moderadamente Lluvioso	6.8 mm y <= 12.5 mm
Lluvia Débil	< 6.8 mm



Matriz de comparación de pares de parámetros de precipitación

Tabla 40

Comparación de pares de parámetros de precipitación

Precipitación	>26.7 mm	16.5 mm y <= 26.7 mm	12.5 mm y <= 16.5 mm	6.8 mm y <= 12.5 mm	< 6.8 mm
Extremadamente Lluvioso	1.00	3.00	4.00	7.00	8.00
Muy Lluvioso	0.33	1.00	2.00	5.00	5.00
Lluvioso	0.25	0.5	1.00	3.00	5.00
Moderadamente Lluvioso	0.14	0.2	0.33	1.00	3.00
Lluvia Debil	0.13	0.2	0.2	0.33	1.00
SUMA	1.85	4.9	7.53	16.33	22.00
1/SUMA	0.54	0.2	0.13	0.06	0.05

Precipitación	>26.7 mm	16.5 mm y <= 26.7 mm	12.5 mm y <= 16.5 mm	6.8 mm y <= 12.5 mm	
Extremadamente Lluvioso	1.00	3.00	4.00	7.00	
Muy Lluvioso	0.33	1.00	2.00	5.00	
Lluvioso	0.25	0.50	1.00	3.00	
Moderadamente Lluvioso	0.14	0.20	0.33	1.00	
Lluvia Debil	0.13	0.20	0.20	0.33	
SUMA	1.85	4.90	7.53	16.33	
1/SUMA	0.54	0.20	0.13	0.06	

Matriz normalización de pares de parámetros de precipitación

Tabla 41

Normalización de pares de parámetros de precipitación

Precipitación	>26.7 mm	16.5 mm y <= 26.7 mm	12.5 mm y <= 16.5 mm	6.8 mm y <= 12.5 mm	< 6.8 mm	Vector priorización	%
Extremadamente Lluvioso	0.54	0.61	0.53	0.43	0.36	0.495	49.51
Muy Lluvioso	0.18	0.2	0.27	0.31	0.23	0.237	23.66
Lluvioso	0.14	0.1	0.13	0.18	0.23	0.156	15.62
Moderadamente Lluvioso	0.08	0.04	0.04	0.06	0.14	0.072	7.2
Lluvia Debil	0.07	0.04	0.03	0.02	0.05	0.04	4.02
						1.00	100



Matriz de relación de consistencia de parámetros de precipitación

Tabla 42

Relación de consistencia de parámetros de precipitación

Precipitación	>26.7 mm	16.5 mm y <= 26.7 mm	12.5 mm y <= 16.5 mm	6.8 mm y <= 12.5 mm	< 6.8 mm	Suma ponderada	λ_{max}
Extremadamente Lluvioso	0.5	0.71	0.62	0.5	0.32	2.65	5.36
Muy Lluvioso	0.17	0.24	0.31	0.36	0.2	1.27	5.39
Lluvioso	0.12	0.12	0.16	0.22	0.2	0.81	5.22
Moderadamente Lluvioso	0.07	0.05	0.05	0.07	0.12	0.36	5.04
Lluvia Debil	0.06	0.05	0.03	0.02	0.04	0.20	5.10
						Suma	26.10
						promedio	5.22

- **Hallando el índice de consistencia (IC)**

$$IC = 0.055$$

- **Relación de consistencia (RC)**

$$RC = 0.049 < 0.1 \rightarrow OK$$

n	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
IA	0.53	0.882	1.12	1.252	1.341	1.404	1.452	1.484	1.513	1.535	1.555	1.57	1.583	1.595



4.1.1.5. Resumen de los factores y parámetros de evaluación

Figura 29

Factores y parámetros de evaluación

		FACTOR		PARÁMETRO		DESCRIPTOR		Ppar x Pdesc
NOMBRE	PESO	NOMBRE	PESO	NOMBRE	PESO	CLASIFICACIÓN	PESO	
SUCEPTIBILIDAD DE FLUJO DE DETRITOS	0.02	Condicionante	0.90	Pendiente	0.521	Muy alta (>38°)	0.496	0.259
						Alta (27-38°)	0.258	0.134
						Moderada (14-27°)	0.138	0.072
						Baja (8-14°)	0.072	0.037
						Muy baja (0-8°)	0.036	0.019
				Cob. Vegetal	0.306	Vegetación escaza, pastizales	0.503	0.154
						Pastizales en mosaico	0.260	0.080
						Cobertura Vegetal	0.134	0.041
						Cuerpo de agua	0.068	0.021
						Área urbana	0.035	0.011
				Geomorfología	0.126	Colina en roca intrusiva	0.496	0.063
						Altiplanicie Sedimentaria	0.258	0.032
						Colina en roca sedimentaria	0.138	0.017
						Montaña en roca sedimentaria	0.072	0.009
						Vertiente o piedemonte coluvial-deluvial	0.036	0.005
		Geología	0.046	Formacion Puquin	0.503	0.023		
				Formacion San Sebastian	0.260	0.012		
				Formacion Maras	0.134	0.006		
				Dioritas	0.068	0.003		
				Deposito Fluvial	0.035	0.002		
Desencadenante	0.10	Precipitacion anomala	1.000	Extremadamente Lluvioso	0.495	0.495		
				Muy Lluvioso	0.237	0.237		
				Lluvioso	0.156	0.156		
				Moderadamente Lluvioso	0.072	0.072		
				Lluvia Deluvial	0.040	0.040		
PARÁMETRO DE EVALUACIÓN	0.98			Tiempo de retorno	1.000	100 años	0.503	0.503
						75 años	0.260	0.260
						50 años	0.134	0.134
						25 años	0.068	0.068
						10 años	0.035	0.035



	CONDICIONANTE			DECENCADENANTE			SUSCEPTIBILIDAD		PÁRAMETRO DE EVALUACIÓN	
	$\sum Ppar \times Pdesc$	Peso con	Valor con	$\sum Pdes \times Pdesc$	Peso des	Valor des	Valor suscs	Peso susc	Valor par-eval	Peso par-eval
1	0.499	0.90	0.449	0.237	0.10	0.024	0.472	0.02	0.503	0.98
2	0.258		0.233	0.237		0.024	0.256		0.260	
3	0.137		0.123	0.237		0.024	0.147		0.134	
4	0.070		0.063	0.237		0.024	0.087		0.068	
5	0.036		0.032	0.237		0.024	0.056		0.035	

$0.259 + 0.154 + 0.063 + 0.023 = 0.499$

Suma de los pesos (Pendiente, geomorfología, geología) : $Ppar * Pdesc$

Multiplicación: $\sum Ppar \times Pdesc * peso\ condicionante$

Peso más común en la zona de estudio

Suma: valor con + valor des

$Ppar * Pdesc$

4.1.1.5.1. Niveles de peligrosidad

De la matriz de ponderación de parámetros de evaluación, factores condicionantes y desencadenantes se tiene los siguientes umbrales de peligros

PELIGROSIDAD	RANGO		NIVEL
0.502	0.260	- 0.502	Muy alto
0.260	0.135	- 0.260	Alto
0.135	0.068	- 0.135	Medio
0.068	0.035	- 0.068	bajo
0.035			
1.000			

Niveles de peligro

Nivel de peligro	Rango
Peligro muy alto	$0.260 \leq P \leq 0.502$
Peligro alto	$0.135 \leq P < 0.260$
Peligro medio	$0.068 \leq P < 0.135$
Peligro bajo	$0.035 \leq P < 0.068$

OPERACION: $(\sum Valor\ de\ suscs * Peso\ de\ susc)$



Figura 30

Esquema de la operacionabilidad del peligro

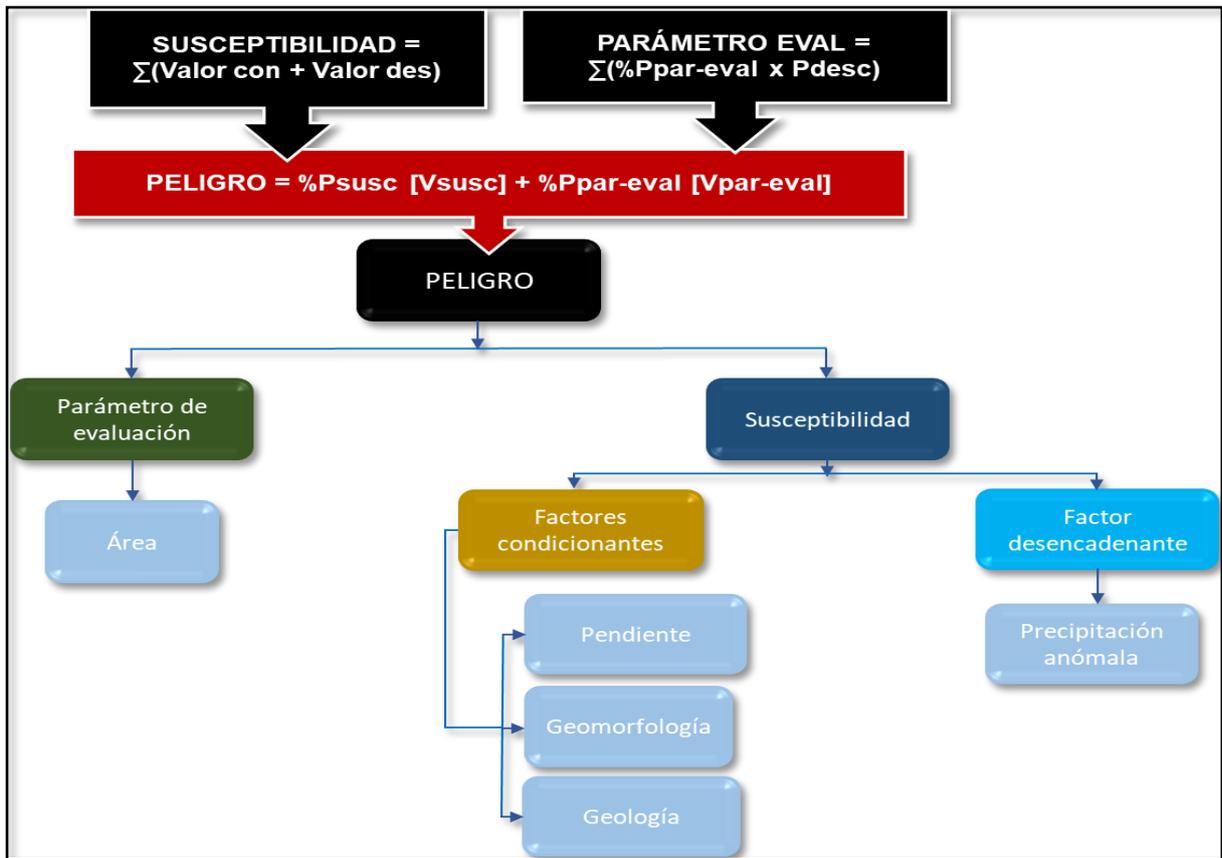
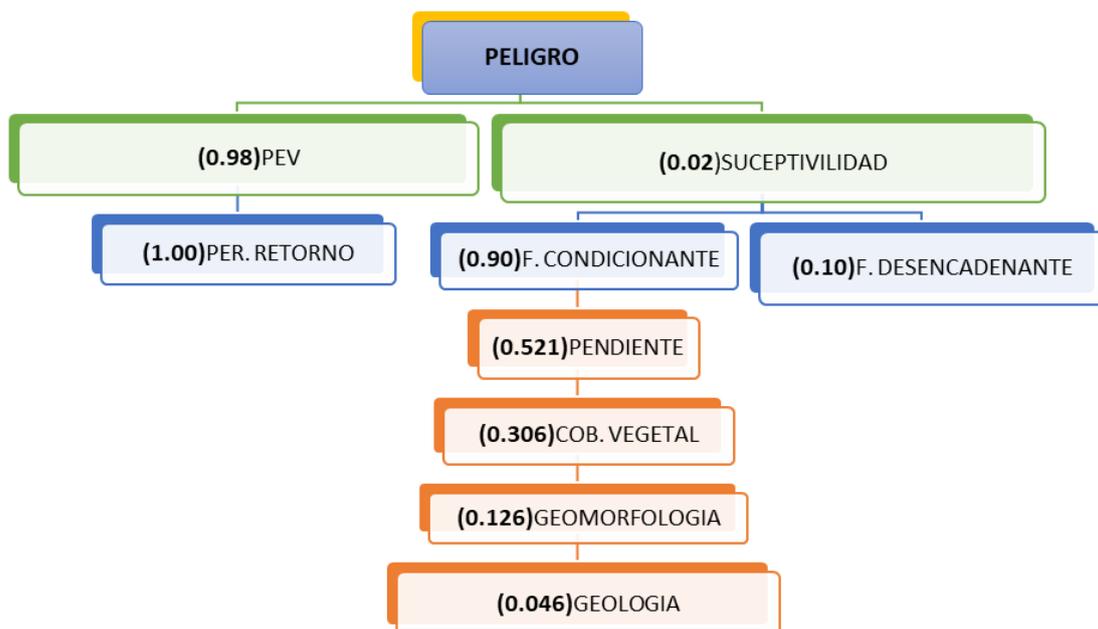


Figura 31

Pesos de la matriz de normalización de pares





ESTIMACIÓN PRELIMINAR DEL NIVEL DEL PELIGRO

Tabla 43

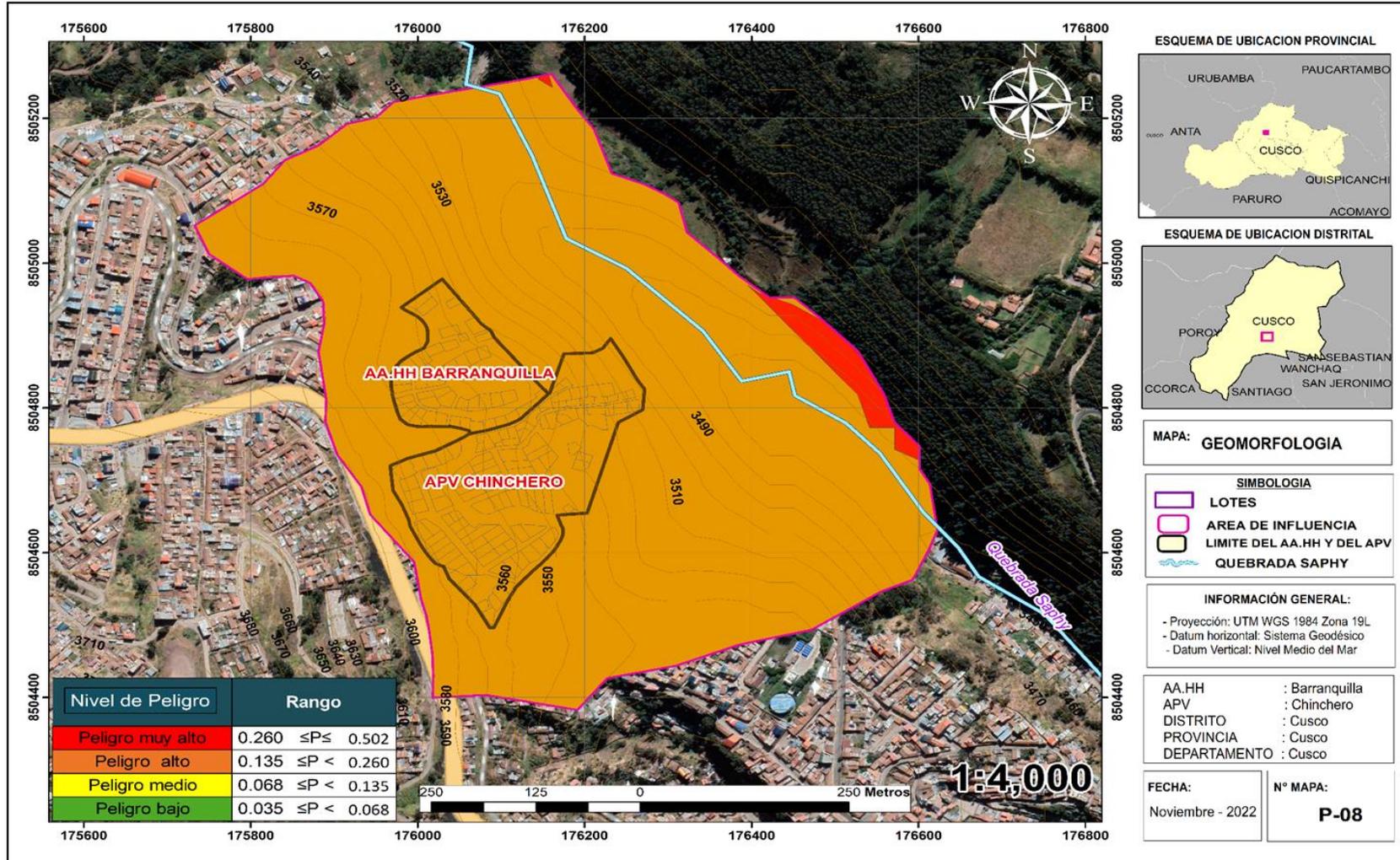
Estimación del nivel de peligro

NIVEL	DESCRIPCION	RANGO
MUY ALTA	Zona compuesta por suelos de roca intrusiva de tipo dioritas, granito, tonalitas y gabros en el terreno plano aflora roca sedimentaria, con pendiente empinada a más-escarpados mayor a 38% y Moderadamente empinada de 27 a 38%, suelos de erosión severa y dispersa a lo largo de la quebrada en la parte alta, en el fondo de la quebrada aflora el anticlinal Puquín Compuesta por lutitas negras y rojas, intercaladas con láminas de yeso y capas de areniscas de origen fluvial, las cuales se encuentran muy fracturadas y moderadamente meteorizadas, con precipitación de 16.5 mm a mayor de 26.7 mm, ante una precipitación extraordinaria existe la probabilidad de arrastre de material; elementos expuestos como población y viviendas expuestas, obras de los colectores y red de servicios básicos (agua, luz y desagüe)	$0.260 \leq P \leq 0.502$
ALTA	Zonas con susceptibilidad compuesta por terreno plano-ondulado, constituida por afloramientos de rocas sedimentarias (conglomerados), pendientes Fuertemente inclinados que va de 14 – 27 % de inclinación; conformada por yesos intercalados con lutitas rojas y verdes y con algunos niveles de calizas color amarillo, poca resistencia a la erosión, permeabilidad baja producto de la heterogeneidad de sus componentes litológicos y muy deformados; con precipitación de 12.5 mm a menor igual de 16.5 mm, ante una precipitación extraordinaria existe la probabilidad de arrastre de material; ; elementos expuestos como población y viviendas expuestas, obras de los colectores y red de servicios básicos (agua, luz y desagüe)	$0.135 \leq P < 0.260$
MEDIO	Zonas de montaña en roca sedimentaria con acumulaciones de laderas originadas por procesos de movimientos en masa (derrumbes y caídas de rocas), acumulación de material fino y detrítico, caídos o lavados por escorrentía superficial, pendientes moderadamente Inclinada que va de 8 – 14 % de inclinación; roca maciza densa de grano fino fracturadas y moderadamente meteorizadas, ello favorece la formación y reactivación de deslizamientos y derrumbes; con precipitación de 6.8 mm a menor igual de 12.5 mm, ante una precipitación extraordinaria existe la probabilidad de arrastre de material; ; elementos expuestos como población y viviendas expuestas, obras de los colectores y red de servicios básicos (agua, luz y desagüe)	$0.068 \leq P < 0.135$



Mapa 9

Mapa del nivel de peligro del área de estudio en la quebrada Saphy



Fuente: Elaboración propia

4.1.2. Análisis De Vulnerabilidades

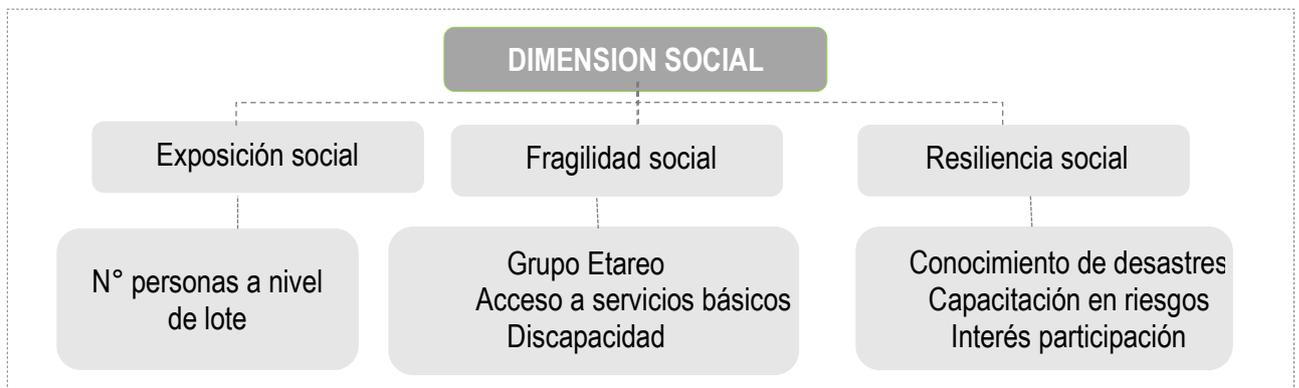
Se considera la dimensión social, económica y ambiental utilizando también información cartográfica de los lotes de la zona de estudio, base de datos de las encuestas realizadas, elaboradas y procesadas.

4.1.2.1. Dimensión Social

En el análisis de la dimensión social identificaremos las características intrínsecas de población y elementos expuestos que se van a relacionar como detallamos en el siguiente gráfico.

Figura 32

Análisis de la dimensión social



4.1.2.1.1. Nomenclatura De La Dimensión Social

Parámetros para utilizar en los factores (Exposición, Fragilidad, Resiliencia) de la Dimensión Social

Tabla 44

Parámetros para el factor social

Exposición	Fragilidad	Resiliencia
Número de personas a nivel de lote	Grupo etáreo	Conocimiento sobre ocurrencia pasada de desastres en su localidad
----	Acceso a servicios básico	Capacitación en temas de Gestión de Riesgos por parte de sus autoridades
----	Tipo de discapacidad	Interés de participar en campañas de prevención del riesgo



Matriz de comparación de pares

Tabla 45

Comparación de pares dimensión social

Dimensión Social	Exposición	Fragilidad	Resiliencia
Exposición	1.00	2.00	3.00
Fragilidad	0.50	1.00	2.00
Resiliencia	0.33	0.50	1.00
SUMA	1.83	3.50	6.00
1/SUMA	0.55	0.29	0.17

Matriz de normalización de pares

Tabla 46

Normalización de pares dimensión social

Dimensión Social	Exposición	Fragilidad	Resiliencia	Vector Priorización
Exposición	0.545	0.571	0.50	0.54
Fragilidad	0.273	0.286	0.333	0.30
Resiliencia	0.182	0.143	0.167	0.16
				1.00

Matriz de relación de consistencia del parámetro de los factores condicionantes

Tabla 47

Relación de consistencia dimensión social

Resultados de la operación de matrices			Vector Suma Ponderada
0.539	0.595	0.491	1.625
0.269	0.297	0.328	0.894
0.18	0.149	0.164	0.492

Vector Suma Ponderado / Vector Priorización
3.015
3.008
3.004

- Hallando el índice de consistencia (IC)

$$IC = 0.0046$$



- Relación de consistencia (RC)

$$RC = 0.0088$$

a) Análisis De La Exposición Social

Exposición Social	Vector Priorización
Número de personas a nivel de lote	1.00
SUMA	1.00

Matriz de Comparación de pares del parámetro Número de Personas a nivel de lote

Tabla 48

Comparación de pares del parámetro número de personas

Número de personas a nivel de lote	Mas de 6 personas	De 3 a 6 personas	De 1 a 3 personas	Persona sola	Deshabilitado
Mas de 6 personas	1.00	2.00	3.00	5.00	6.00
De 3 a 6 personas	0.5	1.00	2.00	3.00	5.00
De 1 a 3 personas	0.33	0.5	1.00	2.00	5.00
Persona sola	0.2	0.33	0.5	1.00	3.00
Deshabilitado	0.17	0.2	0.2	0.33	1.00
SUMA	2.2	4.03	6.7	11.33	20.00
1/SUMA	0.45	0.25	0.15	0.09	0.05

Matriz de Normalización de pares del parámetro Número de Personas a nivel de lote

Tabla 49

Normalización de pares del parámetro número de personas

Número de personas a nivel de lote	Mas de 6 personas	De 3 a 6 personas	De 1 a 3 personas	Persona sola	Deshabilitado	Vector Priorización
Mas de 6 personas	0.455	0.496	0.448	0.441	0.3	0.428
De 3 a 6 personas	0.227	0.248	0.299	0.265	0.25	0.258
De 1 a 3 personas	0.152	0.124	0.149	0.176	0.25	0.17
Persona sola	0.091	0.083	0.075	0.088	0.15	0.097
Deshabilitado	0.076	0.05	0.03	0.029	0.05	0.047
					SUMA	1.00

Vector suma ponderado



Tabla 50

Resultados de la operación de matrices

Resultados de la operación de matrices					Vector Suma Ponderada
0.428	0.515	0.511	0.486	0.282	2.222
0.214	0.258	0.34	0.292	0.235	1.339
0.143	0.129	0.17	0.195	0.235	0.871
0.086	0.086	0.085	0.097	0.141	0.495
0.071	0.052	0.034	0.032	0.047	0.236

$\lambda_{\text{máx}}$	
Vector Suma Ponderado / Vector Priorización	
	5.193
	5.195
	5.116
	5.085
	5.035
SUMA	25.623
PROMEDIO	5.125

- **Hallando el índice de consistencia (IC)**

$$IC = 0.0046$$

- **Relación de consistencia (RC)**

$$RC = 0.0088$$



Figura 33

Número habitantes que viven en el predio



Fuente: *Elaboración propia*

b) Análisis De La Fragilidad Social

Parámetros empleados para el factor Fragilidad en la Dimensión Social

Matriz de Comparación de pares

Tabla 51

Parámetros empleados para el factor Fragilidad

Fragilidad Social	Grupo étnico que habita el lote	Acceso a servicios básicos	Tipo de discapacidad
Grupo étnico que habita el lote	1.00	2.00	3.00
Acceso a servicios básicos	0.5	1.00	2.00
Tipo de discapacidad	0.33	0.50	1.00
SUMA	1.83	3.50	6.00
1/SUMA	0.55	0.29	0.17



Matriz de normalización de pares

Tabla 52

Normalización de pares de la fragilidad social

Fragilidad Social	Grupo étnico que habita el lote	Acceso a servicios básicos	Tipo de discapacidad	Vector priorización
Grupo étnico que habita el lote	0.545	0.571	0.500	0.540
Acceso a servicios básicos	0.273	0.286	0.333	0.300
Tipo de discapacidad	0.182	0.143	0.167	0.160

1

Matriz de relación de consistencia

Tabla 53

Relación de consistencia de la fragilidad social

Resultados de la operación de matrices			Vector Suma Ponderada
0.539	0.595	0.491	1.625
0.269	0.297	0.328	0.894
0.18	0.149	0.164	0.492

$\lambda_{\text{máx}}$	
Vector Suma Ponderado / Vector priorización	
3.015	
3.008	
3.004	
SUMA	9.028
PROMEDIO	3.009

- **Hallando el índice de consistencia (IC)**

$$IC = 0.005$$

- **Relación de consistencia (RC)**

$$RC = 0.009$$



PARAMETRO GRUPO ETAREO

Matriz de comparación de pares

Tabla 54

Comparación de pares del grupo etáreo

Grupo etáreo	0 a 5 años y mayor a 65 años	De 6 a 12 años y de 61 a 65 años	De 13 a 15 años y de 51 a 60 años	De 16 a 30 años	De 31 a 50 años
0 a 5 años y mayor a 65 años	1.00	2.00	5.00	7.00	9.00
De 6 a 12 años y de 61 a 65 años	0.50	1.00	2.00	5.00	7.00
De 13 a 15 años y de 51 a 60 años	0.20	0.50	1.00	2.00	5.00
De 16 a 30 años	0.14	0.20	0.50	1.00	3.00
De 31 a 50 años	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00
SUMA	1.95	3.84	8.70	15.33	25.00
1/SUMA	0.51	0.26	0.11	0.07	0.04

Matriz de normalización de pares

Tabla 55

Normalización de pares del grupo etáreo

Grupo etáreo	0 a 5 años y mayor a 65 años	De 6 a 12 años y de 61 a 65 años	De 13 a 15 años y de 51 a 60 años	De 16 a 30 años	De 31 a 50 años	Vector Priorización
0 a 5 años y mayor a 65 años	0.512	0.52	0.575	0.457	0.36	0.485
De 6 a 12 años y de 61 a 65 años	0.256	0.26	0.23	0.326	0.28	0.27
De 13 a 15 años y de 51 a 60 años	0.102	0.13	0.115	0.13	0.2	0.136
De 16 a 30 años	0.073	0.052	0.057	0.065	0.12	0.074
De 31 a 50 años	0.057	0.037	0.023	0.022	0.04	0.036
					SUMA	1



Matriz de relación de consistencia del parámetro de los factores condicionantes

Tabla 56

Resultados de la operación de matrices

Resultados de la operación de matrices					Vector Suma Ponderada
0.485	0.541	0.678	0.515	0.322	2.54
0.242	0.27	0.271	0.368	0.25	1.402
0.097	0.135	0.136	0.147	0.179	0.694
0.069	0.054	0.068	0.074	0.107	0.372
0.054	0.039	0.034	0.025	0.036	0.187

$\lambda_{\text{máx}}$	
Vector Suma Ponderado / Vector priorización	
5.241	
5.185	
5.116	
5.056	
5.225	
SUMA	25.822
PROMEDIO	5.164

- **Hallando el índice de consistencia (IC)**

$$IC = 0.041$$

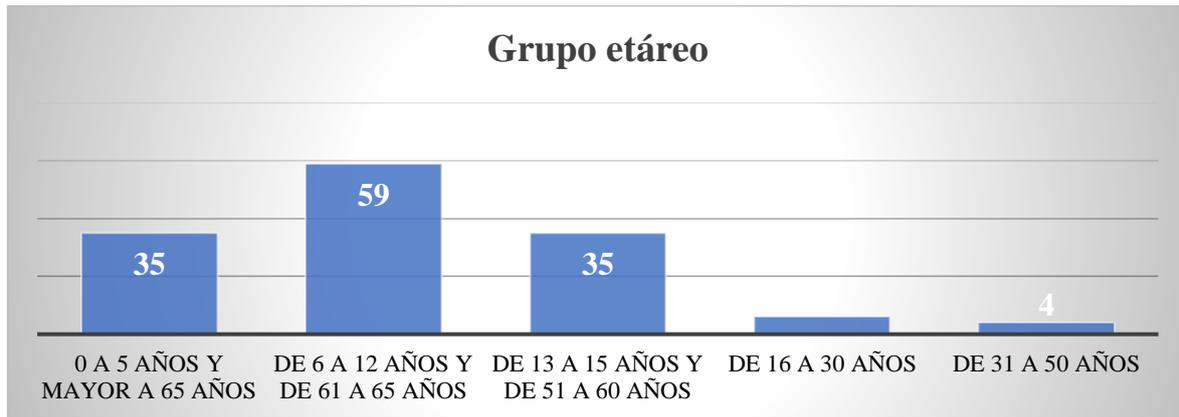
- **Relación de consistencia (RC)**

$$RC = 0.04$$



Figura 34

Grupo etáreo



Fuente: *Elaboración propia*

PARAMETRO ACCESO A SERVICIOS BASICO

Matriz de comparación de pares

Tabla 57

Comparación de pares de servicios básicos

Servicios básicos	con todos los servicios	con tres servicios/agua, desagüe y luz	con dos servicios/agua y desagüe	Con un servicio/agua	No tiene
con todos los servicios	1.00	2.00	5.00	7.00	9.00
con tres servicios/agua, desagüe y luz	0.50	1.00	3.00	5.00	7.00
con dos servicios/agua y desagüe	0.20	0.33	1.00	2.00	5.00
Con un servicio/agua	0.14	0.20	0.50	1.00	2.00
No tiene	0.11	0.14	0.20	0.50	1.00
SUMA	1.95	3.68	9.70	15.50	24.00
1/SUMA	0.51	0.27	0.10	0.06	0.04



Matriz de normalización de pares

Tabla 58

Normalización de pares de servicios básicos

Servicios básicos	con todos los servicios	con tres servicios/agua, desagüe y luz	con dos servicios/agua y desagüe	Con un servicio/agua	No tiene	Vector priorización
con todos los servicios	0.512	0.544	0.515	0.452	0.375	0.48
con tres servicios/agua, desagüe y luz	0.256	0.272	0.309	0.323	0.292	0.29
con dos servicios/agua y desagüe	0.102	0.091	0.103	0.129	0.208	0.127
Con un servicio/agua	0.073	0.054	0.052	0.065	0.083	0.065
No tiene	0.057	0.039	0.021	0.032	0.042	0.038

Matriz de relación de consistencia del parámetro de los factores condicionantes

Tabla 59

Resultados de la operación de matrices de servicios básicos

Resultados de la operación de matrices						Vector Suma Ponderada
0.48	0.581	0.633	0.458	0.342		2.494
0.24	0.29	0.38	0.327	0.266		1.503
0.096	0.097	0.127	0.131	0.19		0.64
0.069	0.058	0.063	0.065	0.076		0.331
0.053	0.041	0.034	0.033	0.038		0.2

$\lambda_{\text{máx}}$	
Vector Suma Ponderado / Vector priorización	
5.2	
5.179	
5.055	
5.069	
5.244	
SUMA	25.746
PROMEDIO	5.149



- **Hallando el índice de consistencia (IC)**

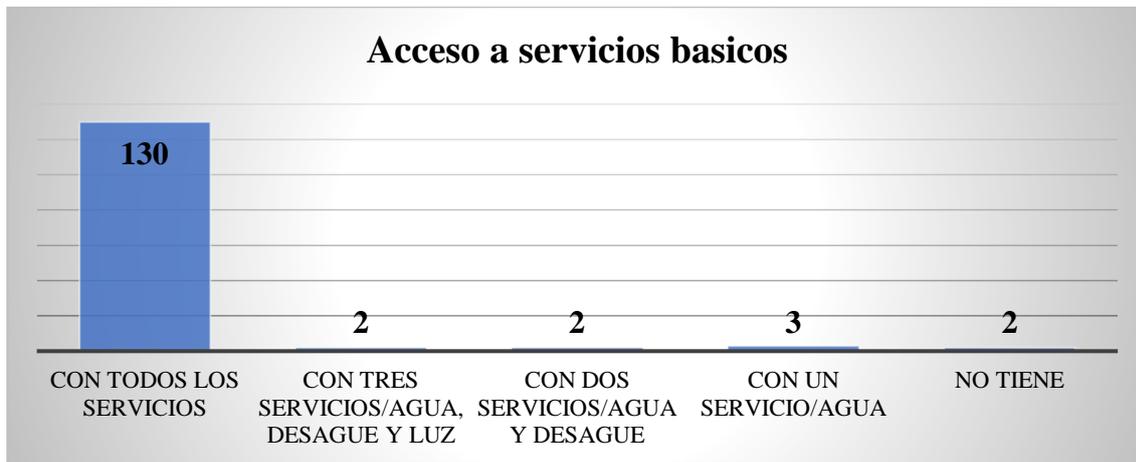
$$IC = 0.037$$

- **Relación de consistencia (RC)**

$$RC = 0.03$$

Figura 35

Acceso a servicios básicos



Fuente: *Elaboración propia*

PARAMETRO DE DISCAPACIDAD

Matriz de comparación de pares

Tabla 60

Comparación de pares de discapacidad

Tipo de discapacidad	Mental o intelectual	Visual	Para usar brazos y piernas	Para oír y/o hablar	No tiene
Mental o intelectual	1.00	2.00	5.00	7.00	9.00
Visual	0.50	1.00	3.00	5.00	7.00
Para usar brazos y piernas	0.20	0.33	1.00	2.00	5.00
Para oír y/o hablar	0.14	0.20	0.50	1.00	2.00
No tiene	0.11	0.14	0.20	0.50	1.00
SUMA	1.95	3.68	9.70	15.50	24.00
1/SUMA	0.51	0.27	0.10	0.06	0.04



Matriz de normalización de pares

Tabla 61

Normalización de pares de discapacidad

Tipo de discapacidad	Mental o intelectual	Visual	Para usar brazos y piernas	Para oír y/o hablar	No tiene	Vector Priorización
Mental o intelectual	0.512	0.544	0.515	0.452	0.375	0.48
Visual	0.256	0.272	0.309	0.323	0.292	0.29
Para usar brazos y piernas	0.102	0.091	0.103	0.129	0.208	0.127
Para oír y/o hablar	0.073	0.054	0.052	0.065	0.083	0.065
No tiene	0.057	0.039	0.021	0.032	0.042	0.038
					SUMA	1

Matriz de relación de consistencia del parámetro de los factores condicionantes

Tabla 62

Resultados de la operación de matrices de discapacidad

Resultados de la operación de matrices					Vector Suma Ponderada
0.48	0.581	0.633	0.458	0.342	2.494
0.24	0.29	0.38	0.327	0.266	1.503
0.096	0.097	0.127	0.131	0.19	0.64
0.069	0.058	0.063	0.065	0.076	0.331
0.053	0.041	0.034	0.033	0.038	0.2

$\lambda_{\text{máx}}$	
Vector Suma Ponderado / Vector priorización	
5.2	
5.179	
5.055	
5.069	
5.244	
SUMA	25.746
PROMEDIO	5.149



- **Hallando el índice de consistencia (IC)**

$$IC = 0.037$$

- **Relación de consistencia (RC)**

$$RC = 0.03$$

Figura 36

Tipo de discapacidad



Fuente: *Elaboración propia*

c) Análisis De La Resiliencia Social

Parámetros utilizados en el factor Resiliencia de la Dimensión Social

Matriz de comparación de pares

Tabla 63

Comparación de pares de la resiliencia social

Resiliencia Social	Conocimiento sobre ocurrencia pasada de desastres en su localidad	Capacitación en temas de Gestión de Riesgos por parte de sus autoridades	Interés de participar en campañas de prevención del riesgo
Conocimiento sobre ocurrencia pasada de desastres en su localidad	1.00	2.00	3.00
Capacitación en temas de Gestión de Riesgos por parte de sus autoridades	0.50	1.00	2.00
Interés de participar en campañas de prevención del riesgo	0.33	0.50	1.00
SUMA	1.83	3.50	6.00
1/SUMA	0.55	0.29	0.17



Matriz de normalización de pares

Tabla 64

Matriz de normalización de pares de resiliencia social

Resiliencia Social	Conocimiento sobre ocurrencia pasada de desastres en su localidad	Capacitación en temas de Gestión de Riesgos por parte de sus autoridades	Interés de participar en campañas de prevención del riesgo	Vector Priorización
Conocimiento sobre ocurrencia pasada de desastres en su localidad	0.545	0.571	0.500	0.54
Capacitación en temas de Gestión de Riesgos por parte de sus autoridades	0.273	0.286	0.333	0.30
Interés de participar en campañas de prevención del riesgo	0.182	0.143	0.167	0.16

1.000

Matriz de relación de consistencia del parámetro de los factores condicionantes

Resultados de la operación de matrices			Vector Suma Ponderada
0.539	0.595	0.491	1.625
0.269	0.297	0.328	0.894
0.180	0.149	0.164	0.492

$\lambda_{\text{máx}}$	
Vector Suma Ponderado / Vector priorización	
3.015	
3.008	
3.004	
SUMA	9.028
PROMEDIO	3.009



- **Hallando el índice de consistencia (IC)**

$$IC = 0.005$$

- **Relación de consistencia (RC)**

$$RC = 0.009$$

PARAMETRO DE CONOCIMIENTO DE DESASTRES

Matriz de comparación de pares

Tabla 65

Matriz de comparación de pares sobre conocimiento de ocurrencias

Conocimiento sobre ocurrencia pasada de desastres	No conoce	Escaso conocimiento	Poco conocimiento	Regular conocimiento	Conocimiento amplio
No conoce	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
Escaso conocimiento	0.33	1.00	2.00	5.00	8.00
Poco conocimiento	0.20	0.50	1.00	3.00	7.00
Regular conocimiento	0.14	0.20	0.33	1.00	2.00
Conocimiento amplio	0.11	0.14	0.14	0.50	1.00
SUMA	1.79	4.84	8.48	16.50	27.00
1/SUMA	0.56	0.21	0.12	0.06	0.04

Matriz de normalización de pares

Tabla 66

Matriz de normalización de pares sobre conocimiento de ocurrencias



Conocimiento sobre ocurrencia pasada	No conoce	Escaso conocimiento	Poco conocimiento	Regular conocimiento	Conocimiento amplio	Vector priorización
No conoce	0.560	0.619	0.590	0.424	0.333	0.505
Escaso conocimiento	0.187	0.206	0.236	0.303	0.296	0.246
Poco conocimiento	0.112	0.103	0.118	0.182	0.259	0.155
Regular conocimiento	0.080	0.041	0.039	0.061	0.074	0.059
Conocimiento amplio	0.062	0.029	0.017	0.030	0.037	0.035
SUMA						1.000

Matriz de relación de consistencia del parámetro de los factores condicionantes

Resultados de la operación de matrices						Vector Suma Ponderada
0.505	0.737	0.774	0.413	0.317	2.746	
0.168	0.246	0.310	0.295	0.281	1.300	
0.101	0.123	0.155	0.177	0.246	0.802	
0.072	0.049	0.052	0.059	0.070	0.302	
0.056	0.035	0.024	0.030	0.035	0.180	

Vector Suma Ponderado / Vector priorización	
	5.435
	5.293
	5.180
	5.120
	5.125
SUMA	26.154
PROMEDIO	5.231

- **Hallando el índice de consistencia (IC)**

$$IC = 0.058$$

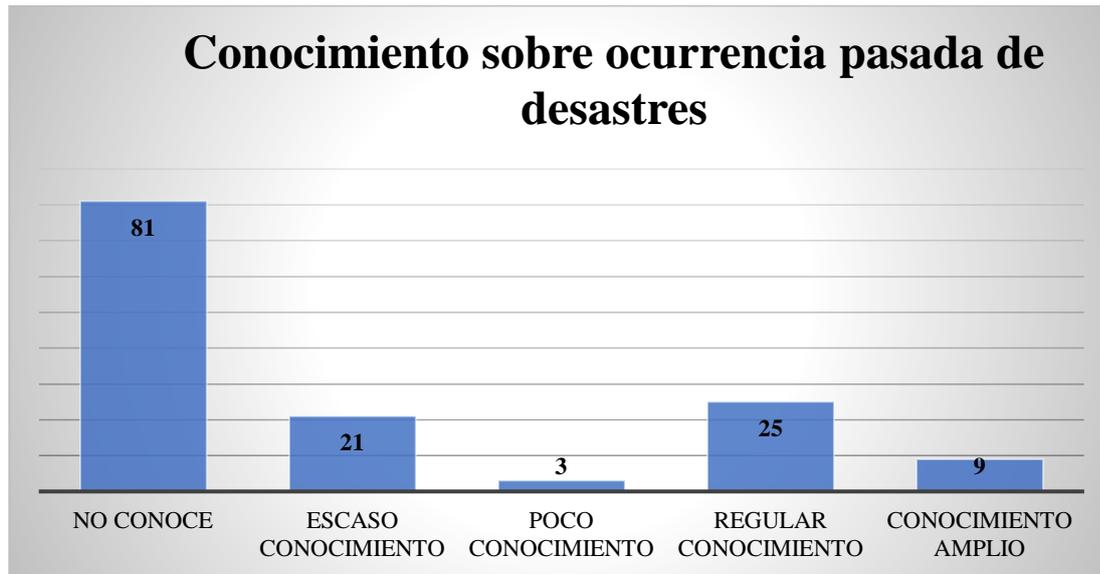
- **Relación de consistencia (RC)**

$$RC = 0.05$$



Figura 37

Conocimiento sobre desastres ocurridos en el sector



Fuente: *Elaboración propia*

PARAMETRO DE CAPACITACION EN RIESGOS

Matriz de comparación de pares

Tabla 67

Matriz comparación de pares en capacitación en GRD

Capacitación en temas de GRD por parte de sus autoridades	Nunca	Cada 5 años	Cada 3 años	Cada 2 años	Una (1) vez por año
Nunca	1.00	2.00	5.00	7.00	8.00
Cada 5 años	0.50	1.00	2.00	5.00	7.00
Cada 3 años	0.20	0.50	1.00	2.00	5.00
Cada 2 años	0.14	0.20	0.50	1.00	2.00
Una (1) vez por año	0.13	0.14	0.20	0.50	1.00
SUMA	1.97	3.84	8.70	15.50	23.00
1/SUMA	0.51	0.26	0.11	0.06	0.04

Matriz de normalización de pares



Tabla 68

Matriz de normalización de pares en capacitación en GRD

Capacitación en temas de GRD por parte de sus autoridades	Nunca	Cada 5 años	Cada 3 años	Cada 2 años	Una (1) vez por año	Vector priorización
Nunca	0.508	0.520	0.575	0.452	0.348	0.481
Cada 5 años	0.254	0.260	0.230	0.323	0.304	0.274
Cada 3 años	0.102	0.130	0.115	0.129	0.217	0.139
Cada 2 años	0.073	0.052	0.057	0.065	0.087	0.067
Una (1) vez por año	0.064	0.037	0.023	0.032	0.043	0.040
					SUMA	1.000

Matriz de relación de consistencia del parámetro de los factores condicionantes

Resultados de la operación de matrices					Vector Suma Ponderada
0.481	0.548	0.693	0.467	0.319	2.508
0.240	0.274	0.277	0.334	0.279	1.405
0.096	0.137	0.139	0.133	0.199	0.705
0.069	0.055	0.069	0.067	0.080	0.339
0.060	0.039	0.034	0.033	0.040	0.207

Vector Suma Ponderado / Vector priorización	
	5.219
	5.122
	5.084
	5.086
	5.178
SUMA	25.689
PROMEDIO	5.138

- **Hallando el índice de consistencia (IC)**

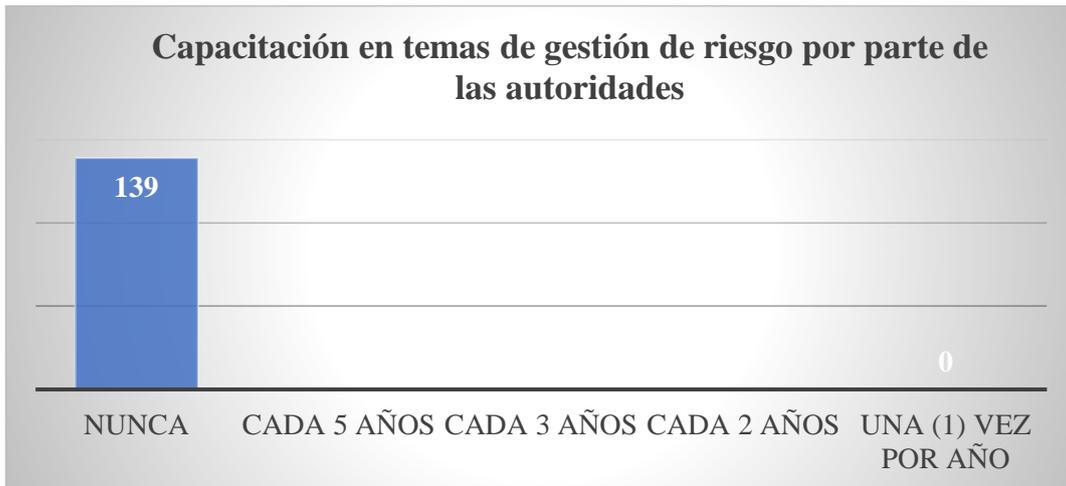
$$IC = 0.034$$

- **Relación de consistencia (RC)**

$$RC = 0.03$$

Figura 38

Habitantes capacitados en gestión de riesgo por parte de las autoridades



Fuente: *Elaboración propia*

PARAMETRO DE INTERES DE PARTICIPACION

Matriz de comparación de pares

Tabla 69

Matriz de comparación de pares en interés de participación

Interés de participar en campañas de prevención del riesgo	No muestra interés	Muestra interés de vez en cuando	actúa si hay incentivos	Me gusta participar	Siempre estoy atento para participar
No muestra interés	1.00	3.00	4.00	7.00	9.00
Muestra interés de vez en cuando	0.33	1.00	2.00	4.00	5.00
actúa si hay incentivos	0.25	0.50	1.00	2.00	3.00
Me gusta participar	0.14	0.25	0.50	1.00	3.00
Siempre estoy atento para participar	0.11	0.14	0.33	0.33	1.00
SUMA	1.84	4.89	7.83	14.33	21.00
1/SUMA	0.54	0.20	0.13	0.07	0.05

Matriz de normalización de pares



Tabla 70

Matriz de normalización de pares en interés de participación

Interés de participar en campañas de prevención del riesgo	No muestra interés	Muestra interés de vez en cuando	actúa si hay incentivos	Me gusta participar	Siempre estoy atento para participar	Vector priorización
No muestra interés	0.544	0.613	0.511	0.488	0.429	0.517
Muestra interés de vez en cuando	0.181	0.204	0.255	0.279	0.238	0.232
actúa si hay incentivos	0.136	0.102	0.128	0.140	0.143	0.130
Me gusta participar	0.078	0.051	0.064	0.070	0.143	0.081
Siempre estoy atento para participar	0.060	0.029	0.043	0.023	0.048	0.041
SUMA						1.000

Matriz de relación de consistencia del parámetro de los factores condicionantes

Resultados de la operación de matrices					Vector Suma Ponderada
0.517	0.695	0.519	0.567	0.366	2.664
0.172	0.232	0.259	0.324	0.203	1.191
0.129	0.116	0.130	0.162	0.122	0.659
0.074	0.058	0.065	0.081	0.122	0.400
0.057	0.033	0.057	0.027	0.041	0.215

Vector Suma Ponderado / Vector priorización	
	5.152
	5.140
	5.080
	4.929
	5.291
SUMA	25.592
PROMEDIO	5.118



- **Hallando el índice de consistencia (IC)**

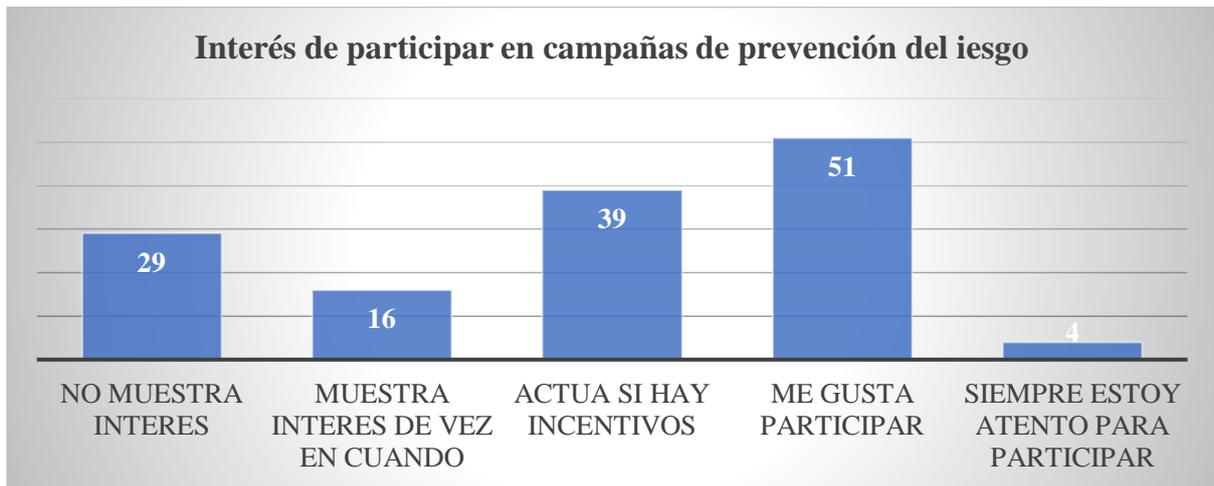
$$IC = 0.030$$

- **Relación de consistencia (RC)**

$$RC = 0.03$$

Figura 39

Habitantes interesados a participar en campañas de prevención



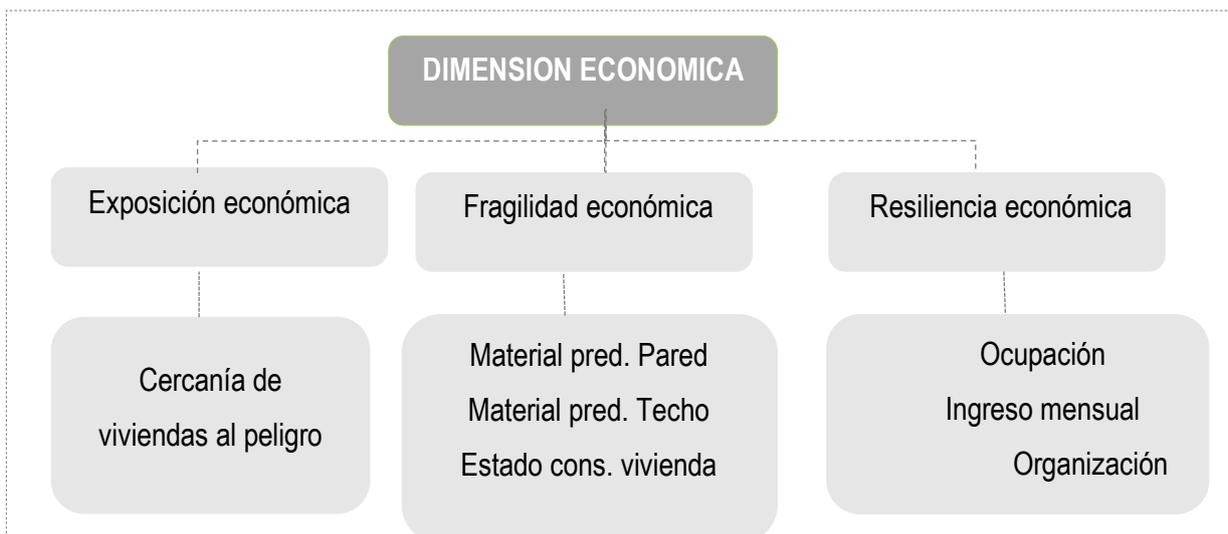
Fuente: *Elaboración propia*

4.1.2.2. Dimensión económica

Metodología del análisis de la Dimensión Económica

Figura 40

Análisis de la dimensión económica





4.1.2.2.1. *Parámetros Utilizados para el Factor Resiliencia en la Dimensión Económica*

Tabla 71

Parámetros de la dimensión económica

Dimensión Económica		
Exposición	Fragilidad	Resiliencia
Distancia de la vivienda a la zona de peligro	Material predominante - pared	Ocupación principal (jefe de hogar)
----	Material predominante - techo	Ingreso familiar promedio mensual
----	Estado de conservación de la vivienda	Organización comunitaria

Matriz de comparación de pares

Tabla 72

Matriz de comparación de pares de la dimensión económica

Dimensión Económica	Exposición	Fragilidad	Resiliencia
Exposición	1.00	3.00	5.00
Fragilidad	0.33	1.00	2.00
Resiliencia	0.20	0.50	1.00
SUMA	1.53	4.50	8.00
1/SUMA	0.65	0.22	0.13

Matriz de normalización de pares

Tabla 73

Matriz de normalización de pares de la dimensión económica

Dimensión Económica	Exposición	Fragilidad	Resiliencia	Vector Priorización
Exposición	0.652	0.667	0.625	0.65
Fragilidad	0.217	0.222	0.250	0.23
Resiliencia	0.130	0.111	0.125	0.12

1.000



Matriz de relación de consistencia del parámetro de los factores condicionantes

Resultados de la operación de matrices			Vector Suma Ponderada
0.648	0.690	0.611	1.948
0.216	0.230	0.244	0.690
0.130	0.115	0.122	0.367

Vector Suma Ponderado / Vector priorización	
	3.007
	3.003
	3.001
SUMA	9.011
PROMEDIO	3.004

- **Hallando el índice de consistencia (IC)**

$$IC = 0.002$$

- **Relación de consistencia (RC)**

$$RC = 0.004$$

a) Análisis de la Exposición Económica

PARAMETRO DISTANCIA DE LA VIVIENDA A LA ZONA DE PELIGRO

Matriz de comparación de pares

Tabla 74

Matriz de comparación de pares de la distancia al peligro



Distancia de la vivienda a la zona de peligro	Menor a 30 m. de la zona de peligro	Entre 30 a 50 m. de la zona de peligro	Entre 50 a 100 m. de la zona de peligro	Entre 100 a 200 m. de la zona de peligro	Mayor a 200 m. de la zona de peligro
Menor a 30 m. de la zona de peligro	1.00	2.00	4.00	6.00	8.00
Entre 30 a 50 m. de la zona de peligro	0.50	1.00	3.00	5.00	7.00
Entre 50 a 100 m. de la zona de peligro	0.25	0.33	1.00	3.00	5.00
Entre 100 a 200 m. de la zona de peligro	0.17	0.25	0.33	1.00	3.00
Mayor a 200 m. de la zona de peligro	0.13	0.17	0.20	0.33	1.00
SUMA	2.04	3.75	8.53	15.33	24.00
1/SUMA	0.49	0.27	0.12	0.07	0.04

Matriz de normalización de pares

Tabla 75

Matriz de normalización de pares de la distancia al peligro

Distancia de la vivienda a la zona de peligro	Menor a 30 m. de la zona de peligro	Entre 30 a 50 m. de la zona de peligro	Entre 50 a 100 m. de la zona de peligro	Entre 100 a 200 m. de la zona de peligro	Mayor a 200 m. de la zona de peligro	Vector Priorización
Menor a 30 m. de la zona de peligro	0.490	0.533	0.469	0.391	0.333	0.443
Entre 30 a 50 m. de la zona de peligro	0.245	0.267	0.352	0.326	0.292	0.296
Entre 50 a 100 m. de la zona de peligro	0.122	0.089	0.117	0.196	0.208	0.147
Entre 100 a 200 m. de la zona de peligro	0.082	0.067	0.039	0.065	0.125	0.076
Mayor a 200 m. de la zona de peligro	0.061	0.044	0.023	0.022	0.042	0.039
					SUMA	1.000



Matriz de relación de consistencia del parámetro de los factores condicionantes

Resultados de la operación de matrices					Vector Suma Ponderada
0.443	0.592	0.586	0.453	0.308	2.383
0.222	0.296	0.440	0.378	0.270	1.604
0.111	0.099	0.147	0.227	0.193	0.775
0.074	0.074	0.049	0.076	0.116	0.388
0.055	0.049	0.029	0.025	0.039	0.198

Vector Suma Ponderado / Vector priorización	
	5.375
	5.417
	5.291
	5.135
	5.136
SUMA	26.354
PROMEDIO	5.271

- **Hallando el índice de consistencia (IC)**

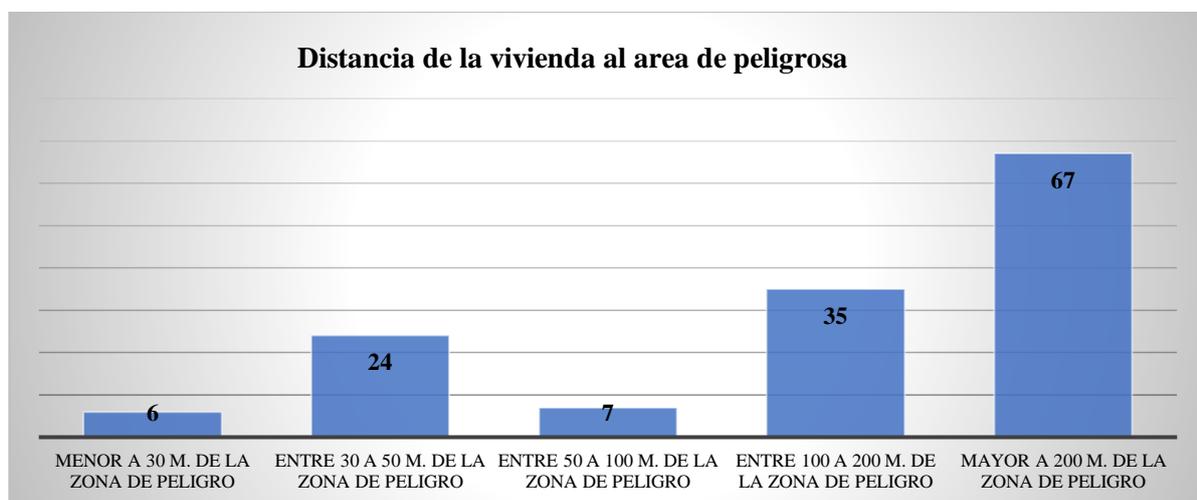
$$IC = 0.068$$

- **Relación de consistencia (RC)**

$$RC = 0.06$$

Figura 41

Distancia de la vivienda al área peligrosa





b) Análisis de la Fragilidad Económica

PARAMETRO MATERIAL PREDOMINANTE EN LA PARED

Matriz de comparación de pares

Tabla 76

Matriz de comparación de pares del material predominante en la pared

Material predominante - pared	Piedra con mortero de barro	Adobe	Tapia	Adobe con recubrimiento	Ladrillo y/o bloqueta de cemento
Piedra con mortero de barro	1.00	2.00	4.00	6.00	8.00
Adobe	0.50	1.00	2.00	5.00	7.00
Tapia	0.25	0.50	1.00	3.00	5.00
Adobe con recubrimiento	0.17	0.25	0.33	1.00	3.00
Ladrillo y/o bloqueta de cemento	0.13	0.17	0.20	0.33	1.00
SUMA	2.04	3.92	7.53	15.33	24.00
1/SUMA	0.49	0.26	0.13	0.07	0.04

Matriz de normalización de pares

Tabla 77

Matriz de normalización de pares del material predominante en la pared

Material predominante - pared	Piedra con mortero de barro	Adobe	Tapia	Adobe con recubrimiento	Ladrillo y/o bloqueta de cemento	Vector Priorización
Piedra con mortero de barro	0.490	0.511	0.531	0.391	0.333	0.451
Adobe	0.245	0.255	0.265	0.326	0.292	0.277
Tapia	0.122	0.128	0.133	0.196	0.208	0.157
Adobe con recubrimiento	0.082	0.064	0.044	0.065	0.125	0.076
Ladrillo y/o bloqueta de cemento	0.061	0.043	0.027	0.022	0.042	0.039
					SUMA	1.000



Matriz de relación de consistencia del parámetro de los factores condicionantes

Resultados de la operación de matrices					Vector Suma Ponderada
0.451	0.553	0.629	0.456	0.310	2.400
0.226	0.277	0.315	0.380	0.271	1.468
0.113	0.138	0.157	0.228	0.194	0.830
0.075	0.069	0.052	0.076	0.116	0.389
0.056	0.046	0.029	0.025	0.039	0.196

Vector Suma Ponderado / Vector priorización	
	5.319
	5.306
	5.276
	5.120
	5.056
SUMA	26.077
PROMEDIO	5.215

- **Hallando el índice de consistencia (IC)**

$$IC = 0.054$$

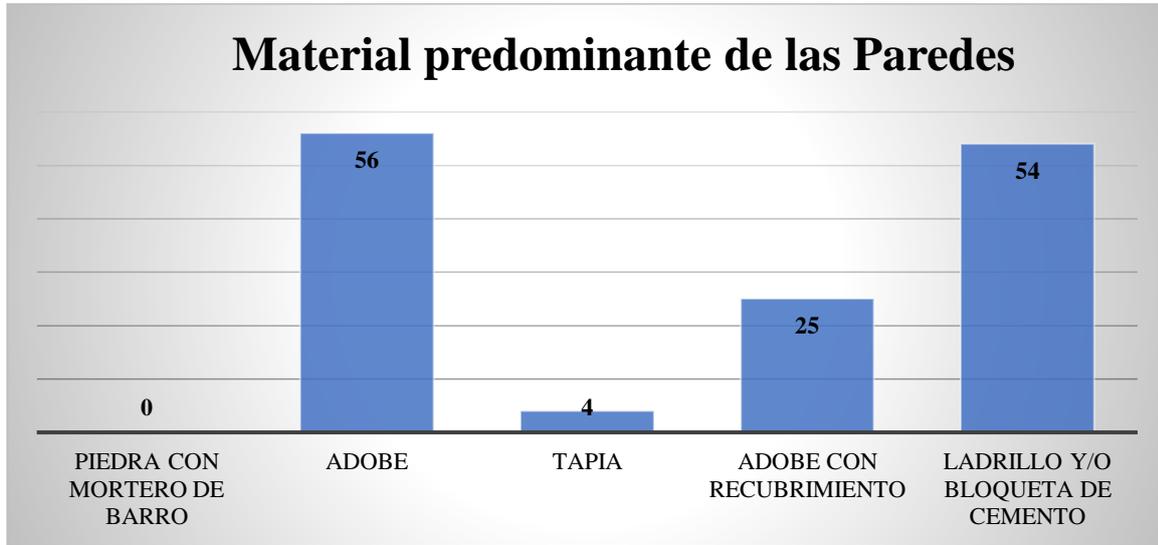
- **Relación de consistencia (RC)**

$$RC = 0.05$$



Figura 42

Material predominante de las Paredes



Fuente: Elaboración propia

PARAMETRO MATERIAL PREDOMINANTE EN EL TECHO

Matriz de comparación de pares

Tabla 78

Matriz de comparación de pares del material predominante en el techo

Material predominante - techo	Paja	plástico	Tejas	Planchas de calamina, fibra de cemento o similares	Losa de concreto
Paja	1.00	2.00	4.00	7.00	9.00
plástico	0.50	1.00	2.00	4.00	7.00
Tejas	0.25	0.50	1.00	3.00	5.00
Planchas de calamina, fibra de cemento o similares	0.14	0.25	0.33	1.00	4.00
Losa de concreto	0.11	0.14	0.20	0.25	1.00
SUMA	2.00	3.89	7.53	15.25	26.00
1/SUMA	0.50	0.26	0.13	0.07	0.04



Matriz de normalización de pares

Tabla 79

Matriz de normalización de pares del material predominante en el techo

Material predominante - techo	Paja	plástico	Tejas	Planchas de calamina, fibra de cemento o similares	Losa de concreto	Vector priorización
Paja	0.499	0.514	0.531	0.459	0.346	0.470
plástico	0.250	0.257	0.265	0.262	0.269	0.261
Tejas	0.125	0.128	0.133	0.197	0.192	0.155
Planchas de calamina, fibra de cemento o similares	0.071	0.064	0.044	0.066	0.154	0.080
Losa de concreto	0.055	0.037	0.027	0.016	0.038	0.035
					SUMA	1.000

Matriz de relación de consistencia del parámetro de los factores condicionantes

Resultados de la operación de matrices					Vector Suma Ponderada
0.470	0.521	0.620	0.559	0.312	2.482
0.235	0.261	0.310	0.319	0.243	1.368
0.117	0.130	0.155	0.240	0.174	0.816
0.067	0.065	0.052	0.080	0.139	0.403
0.052	0.037	0.029	0.020	0.035	0.173

Vector Suma Ponderado / Vector priorización	
	5.284
	5.247
	5.264
	5.043
	4.996
SUMA	25.834
PROMEDIO	5.167



- Hallando el índice de consistencia (IC)

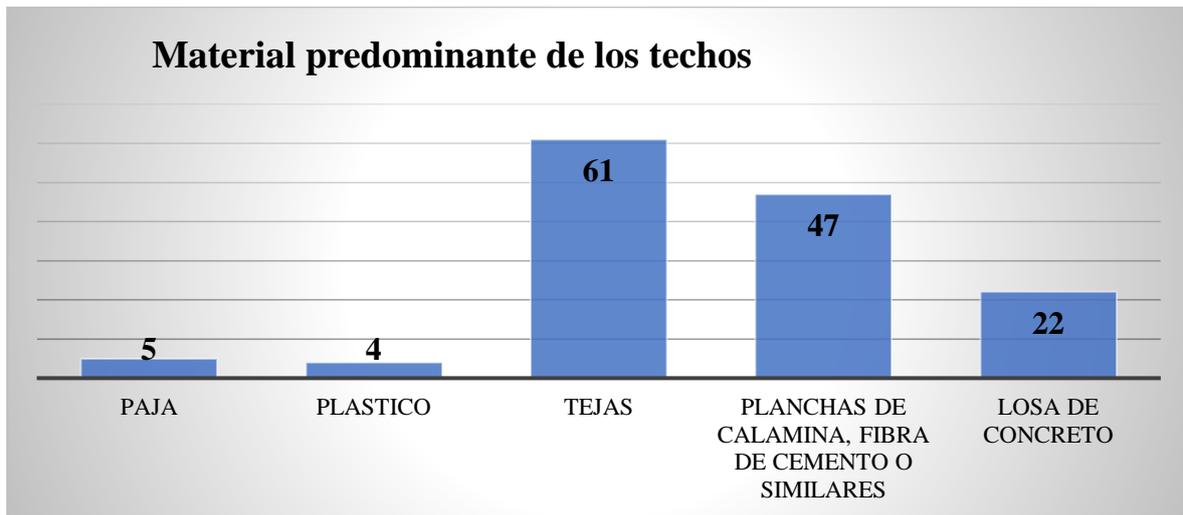
$$IC = 0.068$$

- Relación de consistencia (RC)

$$RC = 0.06$$

Figura 43

Material predominante de los techos



Fuente: *Elaboración propia*

PARAMETROS DEL ESTADO DE MANTENIMIENTO DE LA VIVIENDA

Matriz de comparación de pares

Tabla 80

Matriz de comparación de pares, estado de conservación de vivienda

Estado de conservación de la vivienda	Deteriorado	En proceso de deterioro	Con refacciones	Regular estado	Buen Estado
Deteriorado	1.00	2.00	4.00	6.00	8.00
En proceso de deterioro	0.50	1.00	3.00	5.00	7.00
Con refacciones	0.25	0.33	1.00	3.00	5.00
Regular estado	0.17	0.25	0.33	1.00	2.00
Buen Estado	0.13	0.17	0.20	0.50	1.00
SUMA	2.04	3.75	8.53	15.50	23.00
1/SUMA	0.49	0.27	0.12	0.06	0.04



Matriz de normalización de pares

Tabla 81

Matriz de normalización de pares, estado de conservación de vivienda

Estado de conservación de la vivienda	Deteriorado	En proceso de deterioro	Con refacciones	Regular estado	Buen Estado	Vector priorización
Deteriorado	0.490	0.533	0.469	0.387	0.348	0.445
En proceso de deterioro	0.245	0.267	0.352	0.323	0.304	0.298
Con refacciones	0.122	0.089	0.117	0.194	0.217	0.148
Regular estado	0.082	0.067	0.039	0.065	0.087	0.068
Buen Estado	0.061	0.044	0.023	0.032	0.043	0.041
					SUMA	1.000

Matriz de relación de consistencia del parámetro de los factores condicionantes

Resultados de la operación de matrices					Vector Suma Ponderada
0.445	0.596	0.592	0.407	0.328	2.367
0.223	0.298	0.444	0.339	0.287	1.590
0.111	0.099	0.148	0.203	0.205	0.767
0.074	0.075	0.049	0.068	0.082	0.348
0.056	0.050	0.029	0.034	0.041	0.209

Vector Suma Ponderado / Vector priorización	
	5.315
	5.335
	5.184
	5.131
	5.113
SUMA	26.080
PROMEDIO	5.216

- **Hallando el índice de consistencia (IC)**

$$IC = 0.054$$

- **Relación de consistencia (RC)**



RC = 0.05

Figura 44

Estado de conservación de la vivienda



Fuente: *Elaboración propia*

c) Análisis De La Resiliencia Económica

PARAMETRO DE OCUPACION PRINCIPAL DEL JEFE DE HOGAR

Matriz de comparación de pares

Tabla 82

Matriz de comparación de pares de ocupación del jefe de hogar

Ocupación principal (jefe de hogar)	Trabajador familiar no remunerado	Obrero / peón	Agricultor	Empleado/Trabajador independiente	Empleador
Trabajador familiar no remunerado	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
Obrero/ peón	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
Agricultor	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
Empleado/Trabajador independiente	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
Empleador	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00
SUMA	1.79	4.68	9.53	16.33	25.00
1/SUMA	0.56	0.21	0.10	0.06	0.04



Matriz de normalización de pares

Tabla 83

Matriz de normalización de pares de ocupación del jefe de hogar

Ocupación principal (jefe de hogar)	Trabajador familiar no remunerado	Obrero/peón	Agricultor	Empleado/Trabajador independiente	Empleador	Vector Priorización
Trabajador familiar no remunerado	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
Obrero/peón	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
Agricultor	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
Empleado/Trabajador independiente	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
Empleador	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035
					SUMA	1.000

Matriz de relación de consistencia del parámetro de los factores condicionantes

Resultados de la operación de matrices					Vector Suma Ponderada
0.503	0.781	0.672	0.474	0.313	2.743
0.168	0.260	0.403	0.339	0.244	1.414
0.101	0.087	0.134	0.203	0.174	0.699
0.072	0.052	0.045	0.068	0.104	0.341
0.056	0.037	0.029	0.023	0.035	0.180

Vector Suma Ponderado / Vector priorización	
	5.455
	5.432
	5.204
	5.030
	5.162
SUMA	26.283
PROMEDIO	5.257

- **Hallando el índice de consistencia (IC)**

$$IC = 0.054$$

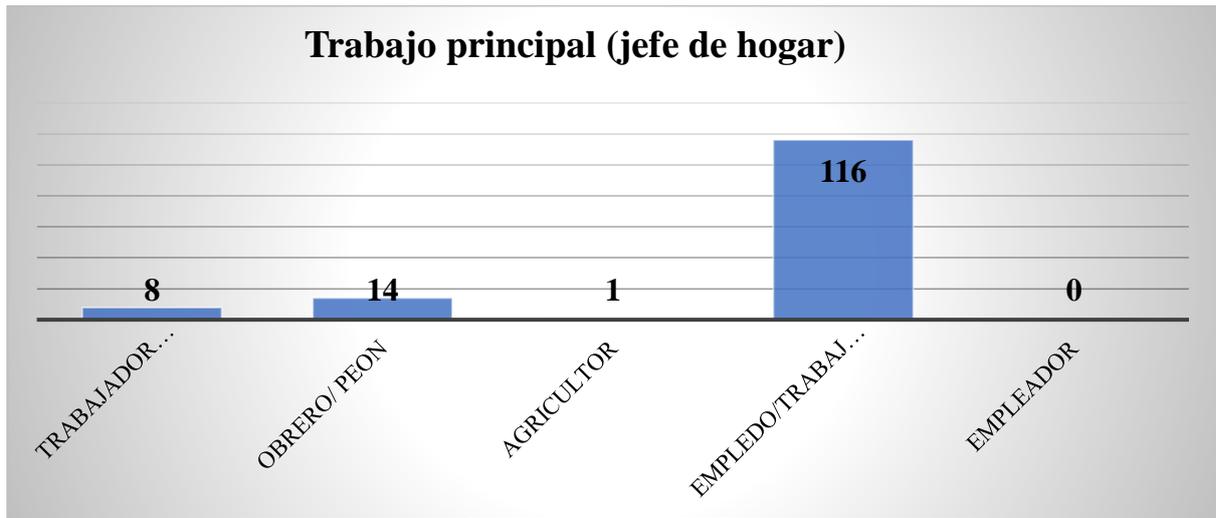
- **Relación de consistencia (RC)**

$$RC = 0.05$$



Figura 45

Trabajo principal (jefe de hogar)



Fuente: *Elaboración propia*

PARAMETRO DE INGRESO FAMILIAR PROMEDIO MENSUAL

Matriz de comparación de pares

Tabla 84

Matriz de comparación de pares del ingreso promedio familiar

Ingreso familiar promedio mensual	Menor al suelo mínimo	De 931 a 1200	De 1201 a 1500	De 1501 a 1800	Mayor a 1800
Menor al suelo mínimo	1.00	2.00	4.00	5.00	6.00
De 931 a 1200	0.50	1.00	2.00	4.00	6.00
De 1201 a 1500	0.25	0.50	1.00	2.00	4.00
De 1501 a 1800	0.20	0.25	0.50	1.00	3.00
Mayor a 1800	0.17	0.20	0.25	0.33	1.00
SUMA	2.12	3.95	7.75	12.33	20.00
1/SUMA	0.47	0.25	0.13	0.08	0.05



Matriz de normalización de pares

Tabla 85

Matriz de normalización de pares del ingreso promedio familiar

Ingreso familiar promedio mensual	Menor al suelo mínimo	De 931 a 1200	De 1201 a 1500	De 1501 a 1800	Mayor a 1800	Vector priorización
Menor al suelo mínimo	0.472	0.506	0.516	0.405	0.300	0.440
De 931 a 1200	0.236	0.253	0.258	0.324	0.300	0.274
De 1201 a 1500	0.118	0.127	0.129	0.162	0.200	0.147
De 1501 a 1800	0.094	0.063	0.065	0.081	0.150	0.091
Mayor a 1800	0.079	0.051	0.032	0.027	0.050	0.048
					SUMA	1.000

Matriz de relación de consistencia del parámetro de los factores condicionantes

Resultados de la operación de matrices					Vector Suma Ponderada
0.440	0.549	0.589	0.453	0.286	2.317
0.220	0.274	0.294	0.363	0.286	1.438
0.110	0.137	0.147	0.181	0.191	0.767
0.088	0.069	0.074	0.091	0.143	0.464
0.073	0.055	0.037	0.030	0.048	0.243

Vector Suma Ponderado / Vector Priorización	
	5.266
	5.241
	5.209
	5.118
	5.087
SUMA	25.920
PROMEDIO	5.184

- **Hallando el índice de consistencia (IC)**

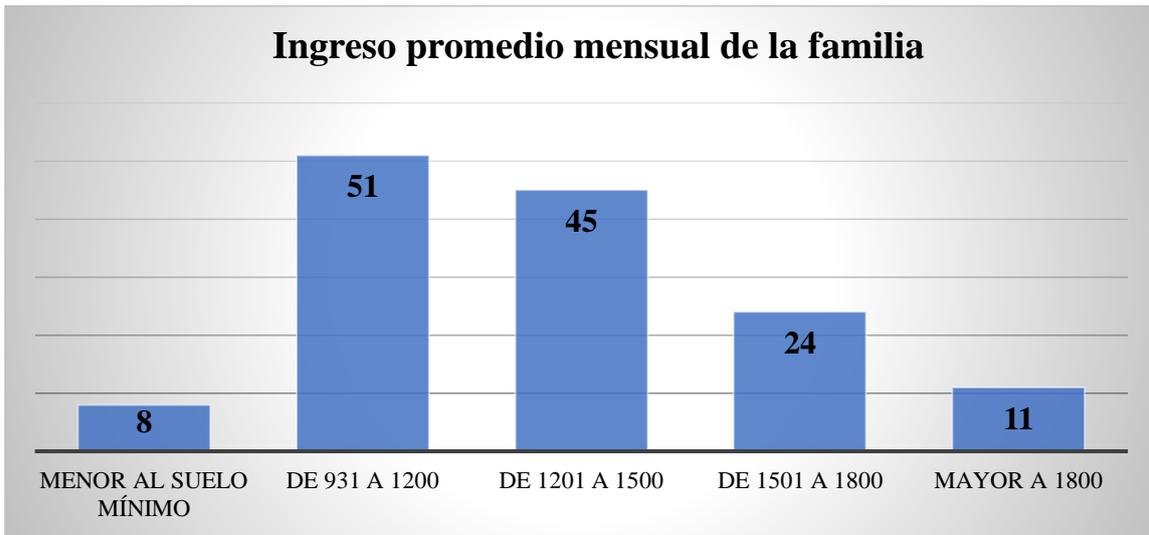
$$IC = 0.054$$

- **Relación de consistencia (RC)**

$$RC = 0.05$$

Figura 46

Ingreso promedio mensual de la familia



Fuente: *Elaboración propia*

PARAMETRO DE ORGANIZACIÓN COMUNITARIA

Matriz de comparación de pares

Tabla 86

Matriz de comparación de pares de la organización comunitaria

Organización comunitaria	No le interesa	Le interesa participar en las brigadas de emergencia	Conoce las rutas de evacuación	Tiene brigadas de emergencia	Tiene brigadas de emergencia y participa
No le interesa	1.00	2.00	4.00	6.00	7.00
Le interesa participar en las brigadas de emergencia	0.50	1.00	2.00	3.00	4.00
Conoce las rutas de evacuación	0.25	0.50	1.00	3.00	5.00
Tiene brigadas de emergencia	0.17	0.25	0.33	1.00	3.00
Tiene brigadas de emergencia y participa	0.14	0.17	0.20	0.33	1.00
SUMA	2.06	3.92	7.53	13.33	20.00
1/SUMA	0.49	0.26	0.13	0.08	0.05



Matriz de normalización de pares

Tabla 87

Matriz de normalización de pares de la organización comunitaria

Organización comunitaria	No le interesa	Le interesa participar en las brigadas de emergencia	Conoce las rutas de evacuación	Tiene brigadas de emergencia	Tiene brigadas de emergencia y participa	Vector priorización
No le interesa	0.486	0.511	0.531	0.450	0.350	0.465
Le interesa participar en las brigadas de emergencia	0.243	0.255	0.265	0.225	0.200	0.238
Conoce las rutas de evacuación	0.121	0.128	0.133	0.225	0.250	0.171
Tiene brigadas de emergencia	0.081	0.064	0.044	0.075	0.150	0.083
Tiene brigadas de emergencia y participa	0.069	0.043	0.027	0.025	0.050	0.043
SUMA						1.000

Matriz de relación de consistencia del parámetro de los factores condicionantes

Resultados de la operación de matrices					Vector Suma Ponderada
0.465	0.475	0.685	0.497	0.299	2.422
0.233	0.238	0.343	0.248	0.171	1.232
0.116	0.119	0.171	0.248	0.213	0.868
0.078	0.059	0.057	0.083	0.128	0.405
0.066	0.040	0.029	0.028	0.043	0.206

Vector Suma Ponderado / Vector priorización	
5.204	
5.184	
5.068	
4.891	
4.818	
SUMA	25.165
PROMEDIO	5.033

- Hallando el índice de consistencia (IC)

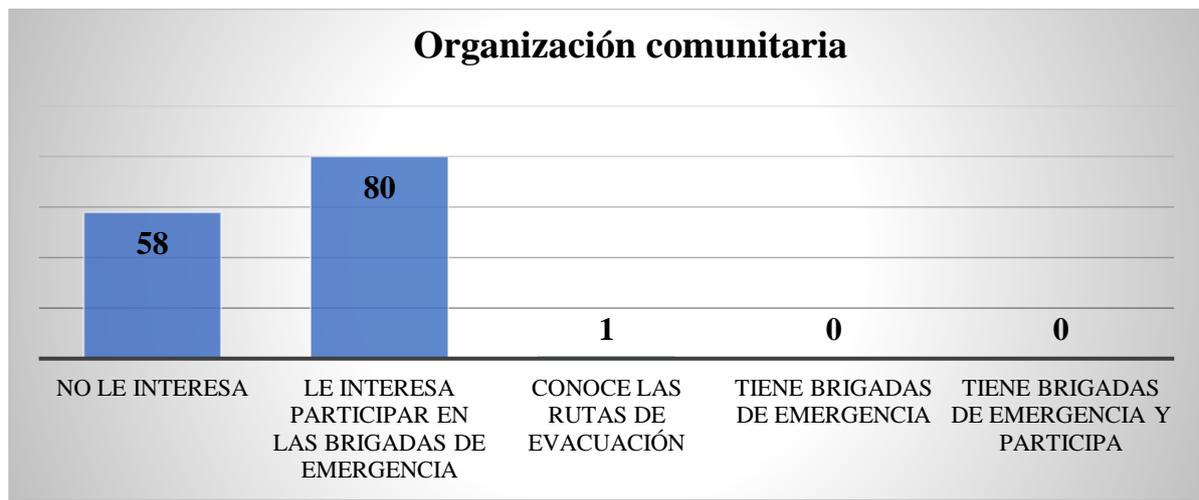
$$IC = 0.008$$

- Relación de consistencia (RC)

$$RC = 0.01$$

Figura 47

Organización comunitaria



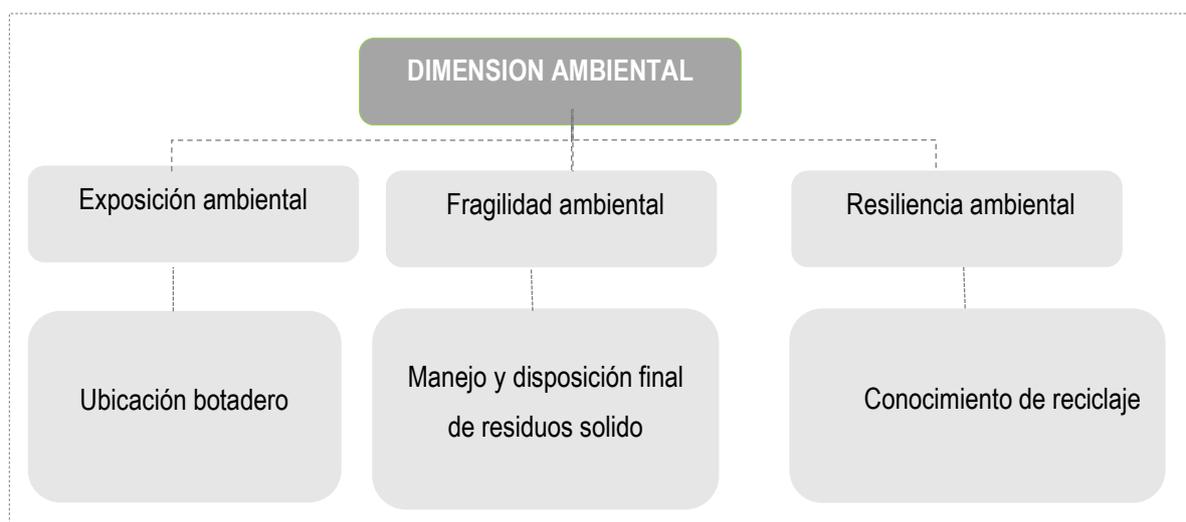
Fuente: Elaboración propia

4.1.2.3. Dimensión Ambiental

Metodología del análisis de la Dimensión Ambiental

Figura 48

Análisis de la dimensión ambiental





4.1.2.3.1. *Parámetros que se Utilizaron para el Factor Resiliencia en la Dimensión*

Ambiental

Tabla 88

Parámetros empleados para la dimensión ambiental

Dimensión Ambiental					
Exposición		Fragilidad		Resiliencia	
Distancia de entrega de basura		Manejo y disposición de residuos sólidos		Conocimiento de reciclaje	

Matriz de comparación de pares

Tabla 89

Matriz de comparación de pares de la dimensión ambiental

Dimensión Ambiental	Exposición	Fragilidad	Resiliencia
Exposición	1.00	3.00	5.00
Fragilidad	0.33	1.00	2.00
Resiliencia	0.20	0.50	1.00
SUMA	1.53	4.50	8.00
1/SUMA	0.65	0.22	0.13

Matriz de normalización de pares

Tabla 90

Matriz de normalización de pares de la dimensión ambiental

Dimensión Ambiental	Exposición	Fragilidad	Resiliencia	Vector priorización
Exposición	0.652	0.667	0.625	0.65
Fragilidad	0.217	0.222	0.250	0.23
Resiliencia	0.130	0.111	0.125	0.12

1.000



Matriz de relación de consistencia del parámetro de los factores condicionantes

Resultados de la operación de matrices			Vector Suma Ponderada
0.648	0.690	0.611	1.948
0.216	0.230	0.244	0.690
0.130	0.115	0.122	0.367

Vector Suma Ponderado / Vector priorización	
3.007	
3.003	
3.001	
SUMA	9.011
PROMEDIO	3.004

- **Hallando el índice de consistencia (IC)**

$$IC = 0.002$$

- **Relación de consistencia (RC)**

$$RC = 0.004$$

a) Análisis de la Exposición Ambiental

PARAMETRO DE DISTANCIA DE ENTREGA DE BASURA

Matriz de comparación de pares

Tabla 91

Matriz de comparación de pares de la distancia de entrega de basura

Distancia de entrega de basura	Menor a 20 m.	De 20 a 50 m.	De 50 a 100 m.	De 100 a 200 m.	Mayor a 200 m.
Menor a 20 m.	1.00	2.00	3.00	4.00	6.00
De 20 a 50 m.	0.50	1.00	2.00	3.00	5.00
De 50 a 100 m.	0.33	0.50	1.00	2.00	4.00
De 100 a 200 m.	0.25	0.33	0.50	1.00	3.00
Mayor a 200 m.	0.17	0.25	0.25	0.33	1.00
SUMA	2.25	4.08	6.75	10.33	19.00
1/SUMA	0.44	0.24	0.15	0.10	0.05



Matriz de normalización de pares

Tabla 92

Matriz de normalización de pares de la distancia de entrega de basura

Distancia de entrega de basura	Menor a 20 m.	De 20 a 50 m.	De 50 a 100 m.	De 100 a 200 m.	Mayor a 200 m.	Vector priorización
Menor a 20 m.	0.444	0.49	0.444	0.387	0.316	0.416
De 20 a 50 m.	0.222	0.245	0.296	0.29	0.263	0.263
De 50 a 100 m.	0.148	0.122	0.148	0.194	0.211	0.165
De 100 a 200 m.	0.111	0.082	0.074	0.097	0.158	0.104
Mayor a 200 m.	0.074	0.061	0.037	0.032	0.053	0.051
					SUMA	1.00

Matriz de relación de consistencia del parámetro de los factores condicionantes

Resultados de la operación de matrices					Vector Suma Ponderada
0.416	0.527	0.494	0.417	0.309	2.163
0.208	0.263	0.329	0.313	0.257	1.371
0.139	0.132	0.165	0.209	0.206	0.849
0.104	0.088	0.082	0.104	0.154	0.533
0.069	0.066	0.041	0.035	0.051	0.263

Vector Suma Ponderado / Vector priorización	
	5.195
	5.205
	5.162
	5.108
	5.104
SUMA	25.773
PROMEDIO	5.155

- **Hallando el índice de consistencia (IC)**

$$IC = 0.039$$

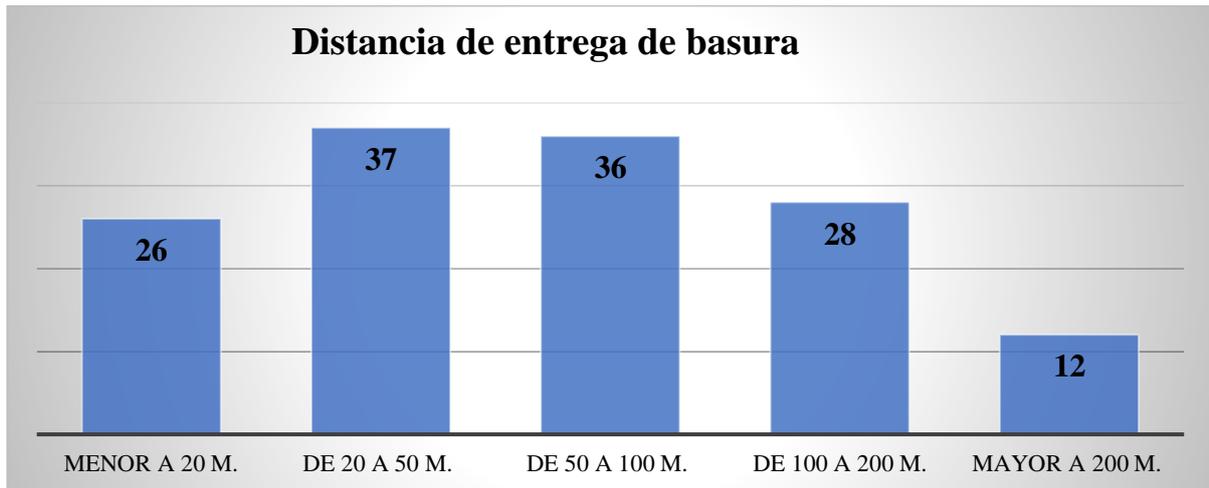
- **Relación de consistencia (RC)**

$$RC = 0.03$$



Figura 49

Distancia de entrega de la basura



Fuente: Elaboración propia

b) Análisis de la Fragilidad Ambiental

PARAMETRO DE MANEJO Y DISPOSICION DE RESIDUOS SOLIDOS

Matriz de comparación de pares

Tabla 93

Matriz de comparación de pares sobre manejo y disposición de RRSS

Manejo y disposición de residuos sólidos	Sin recojo de residuos solidos	Botadero en el cauce de la quebrada	Recojo con moto furgón (reciclador)	Recojo municipal (compactadora)	No genera (no botan)
Sin recojo de residuos solidos	1.00	2.00	3.00	5.00	8.00
Botadero en el cauce de la quebrada	0.50	1.00	2.00	5.00	7.00
Recojo con moto furgón (reciclador)	0.33	0.50	1.00	3.00	5.00
Recojo municipal (compactadora)	0.20	0.33	0.33	1.00	2.00
No genera (no botan)	0.13	0.20	0.20	0.50	1.00
SUMA	2.16	4.03	6.53	14.50	23.00
1/SUMA	0.46	0.25	0.15	0.07	0.04



Matriz de normalización de pares

Tabla 94

Matriz de normalización de pares sobre manejo y disposición de RRSS

Manejo y disposición de residuos sólidos	Sin recojo de residuos solidos	Botadero en el cauce de la quebrada	Recojo con moto furgón (reciclador)	Recojo municipal (compactadora)	No genera (no botan)	Vector priorización
Sin recojo de residuos solidos	0.463	0.496	0.459	0.345	0.348	0.422
Botadero en el cauce de la quebrada	0.232	0.248	0.306	0.345	0.304	0.287
Recojo con moto furgón (reciclador)	0.154	0.124	0.153	0.207	0.217	0.171
Recojo municipal (compactadora)	0.093	0.083	0.051	0.069	0.087	0.076
No genera (no botan)	0.058	0.050	0.031	0.034	0.043	0.043
					SUMA	1.000

Matriz de relación de consistencia del parámetro de los factores condicionantes

Resultados de la operación de matrices					Vector Suma Ponderada
0.422	0.574	0.513	0.382	0.346	2.238
0.211	0.287	0.342	0.382	0.303	1.525
0.141	0.143	0.171	0.229	0.216	0.901
0.084	0.096	0.057	0.076	0.086	0.400
0.053	0.057	0.033	0.038	0.043	0.225



Vector Suma Ponderado / Vector priorización	
	5.300
	5.314
	5.263
	5.233
	5.196
SUMA	26.306
PROMEDIO	5.261

- **Hallando el índice de consistencia (IC)**

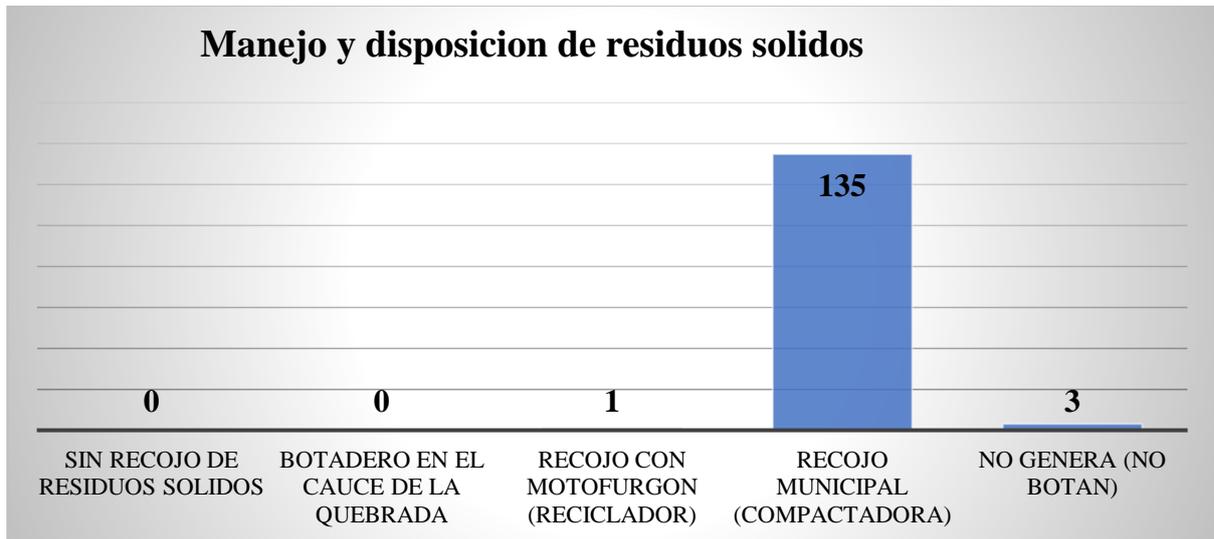
$$IC = 0.065$$

- **Relación de consistencia (RC)**

$$RC = 0.06$$

Figura 50

Manejo y disposición de RRSS



Fuente: *Elaboración propia*

c) Análisis de la Resiliencia Ambiental

PARAMETRO DE CONOCIMIENTO DE RECICLAJE

Matriz de comparación de pares



Tabla 95

Matriz de comparación de pares sobre conocimiento de reciclaje

Conocimiento de reciclaje	No conoce	Conoce por comentarios de sus vecinos	Tiene ligeras nociones	Solo tiene conocimientos	Conoce y practica el reciclaje
No conoce	1.00	2.00	3.00	5.00	9.00
Conoce por comentarios de sus vecinos	0.50	1.00	2.00	4.00	5.00
Tiene ligeras nociones	0.33	0.50	1.00	3.00	4.00
Solo tiene conocimientos	0.20	0.33	0.33	1.00	3.00
Conoce y practica el reciclaje	0.11	0.20	0.25	0.33	1.00
SUMA	2.14	4.03	6.58	13.33	22.00
1/SUMA	0.47	0.25	0.15	0.08	0.05

Matriz de normalización de pares

Conocimiento de reciclaje	No conoce	Conoce por comentarios de sus vecinos	Tiene ligeras nociones	Solo tiene conocimientos	Conoce y practica el reciclaje	Vector priorización
No conoce	0.466	0.496	0.456	0.375	0.409	0.440
Conoce por comentarios de sus vecinos	0.233	0.248	0.304	0.300	0.227	0.262
Tiene ligeras nociones	0.155	0.124	0.152	0.225	0.182	0.168
Solo tiene conocimientos	0.093	0.083	0.051	0.075	0.136	0.088
Conoce y practica el reciclaje	0.052	0.050	0.038	0.025	0.045	0.042
					SUMA	1.000

Tabla 96

Matriz de normalización de pares sobre conocimiento de reciclaje

Matriz de relación de consistencia del parámetro de los factores condicionantes



Resultados de la operación de matrices					Vector Suma Ponderada
0.440	0.525	0.503	0.438	0.378	2.284
0.220	0.262	0.335	0.350	0.210	1.378
0.147	0.131	0.168	0.263	0.168	0.876
0.088	0.087	0.056	0.088	0.126	0.445
0.049	0.052	0.041	0.029	0.042	0.214

Vector Suma Ponderado / Vector priorización	
	5.186
	5.251
	5.227
	5.080
	5.093
SUMA	25.837
PROMEDIO	5.167

- **Hallando el índice de consistencia (IC)**

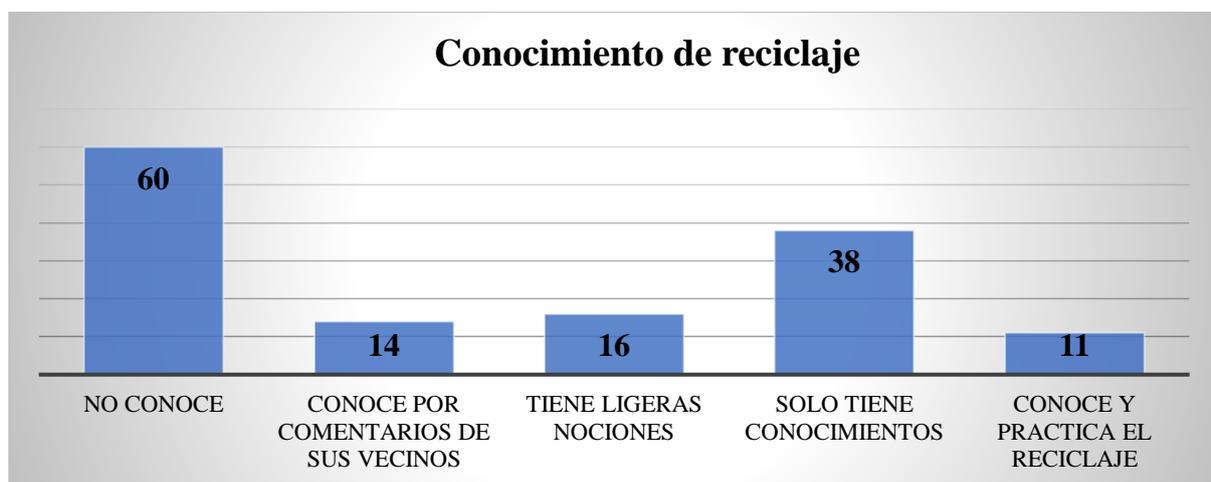
$$IC = 0.042$$

- **Relación de consistencia (RC)**

$$RC = 0.04$$

Figura 51

Conocimiento en temas de reciclaje



Fuente: *Elaboración propia*



4.1.2.4. Niveles de Vulnerabilidad

Figura 52

Cuantificación de elementos expuestos



4.1.2.5. Operación de variables del Análisis de la Vulnerabilidad



DIMENSIÓN SOCIAL

DIMENSIÓN		FACTOR		PARÁMETRO		DESCRIPTOR	
NOMBRE	PESO	NOMBRE	PESO	NOMBRE	PESO	CLASIFICACIÓN	PESO
SOCIAL	0.6	EXPOSICIÓN SOCIAL	0.539	Número de personas a nivel de lote	1.000	Mas de 6 personas	0.428
						De 3 a 6 personas	0.258
						De 1 a 3 personas	0.170
						Persona sola	0.097
						Deshabilitado	0.047
		FRAGILIDAD SOCIAL	0.297	Grupo etáreo que habita el lote	0.539	0 a 5 años y mayor a 65 años	0.485
						De 6 a 12 años y de 61 a 65 años	0.270
						De 13 a 15 años y de 51 a 60 años	0.136
						De 16 a 30 años	0.074
						De 31 a 50 años	0.036
				Acceso a servicios basicos	0.297	con todos los servicios	0.480
						con tres servicios/agua, desague y luz	0.290
						con dos servicios/agua y desague	0.127
						Con un servicio/agua	0.065
						No tiene	0.038
		Tipo de discapacidad	0.164	Mental o intelectual	0.480		
				Visual	0.290		
				Para usar brazos y piernas	0.127		
				Para oír y/o hablar	0.065		
				No tiene	0.038		
RESILIENCIA SOCIAL	0.164	Conocimiento sobre ocurrencia pasada de desastres en su localidad	0.539	No conoce	0.505		
				Escaso conocimiento	0.246		
				Poco conocimiento	0.155		
				Regular conocimiento	0.059		
				Conocimiento amplio	0.035		
		Capacitación en temas de GRD por parte de sus autoridades	0.297	Nunca	0.481		
				Cada 5 años	0.274		
				Cada 3 años	0.139		
				Cada 2 años	0.067		
				Una (1) vez por año	0.040		
Interés de participar en campañas de prevención del riesgo	0.164	No muestra interes	0.517				
		Muestra interes de vez en cuando	0.232				
		Actua si hay incentivos	0.130				
		Me gusta participar	0.081				
		Siempre estoy atento para participar	0.041				

Valor y peso de la exposición, fragilidad y resiliencia de la DIMENSIÓN SOCIAL

DIMENSIÓN SOCIAL													VALOR DIMENSIÓN SOCIAL	PESO DIMENSIÓN SOCIAL
Exposición		Fragilidad					Resiliencia							
Número de personas a nivel de lote		Grupo etáreo que habita el lote	Acceso a servicios basicos	Tipo de discapacidad	Valor Fragilidad Social	Peso Fragilidad Social	Conocimiento sobre ocurrencia pasada de desastres en su localidad	Capacitación en temas de GRD por parte de sus autoridades	Interés de participar en campañas de prevención del riesgo	Valor Resiliencia Social	Peso Resiliencia Social			
Valor Exposición Social	Peso Exposición Social													
Pdes x P par	P_FACTOR	Pdes x P par	Pdes x P par	Pdes x P par		P_FACTOR	Pdes x P par	Pdes x P par	Pdes x P par		P_FACTOR			
0.43	0.54	0.26	0.14	0.08	0.48	0.297	0.27	0.14	0.08	0.50	0.164	0.456	0.60	
0.26	0.54	0.15	0.09	0.05	0.28	0.297	0.13	0.08	0.04	0.25	0.164	0.263	0.60	
0.17	0.54	0.07	0.04	0.02	0.13	0.297	0.08	0.04	0.02	0.15	0.164	0.155	0.60	
0.10	0.54	0.04	0.02	0.01	0.07	0.297	0.03	0.02	0.01	0.06	0.164	0.084	0.60	
0.05	0.54	0.02	0.01	0.01	0.04	0.297	0.02	0.01	0.01	0.04	0.164	0.042	0.60	



DIMENSIÓN ECONÓMICA

DIMENSIÓN		FACTOR		PARÁMETRO		DESCRIPTOR					
NOMBRE	PESO	NOMBRE	PESO	NOMBRE	PESO	CLASIFICACIÓN	PESO				
ECONÓMICA	0.3	EXPOSICIÓN ECONÓMICA	0.648	Distancia de la vivienda a la zona de peligro	1.000	Menor a 30 m. de la zona de peligro	0.443				
						Entre 30 a 50 m. de la zona de peligro	0.296				
						Entre 50 a 100 m. de la zona de peligro	0.147				
						Entre 100 a 200 m. de la zona de peligro	0.076				
						Mayor a 200 m. de la zona de peligro	0.039				
		FRAGILIDAD ECONÓMICA	0.230	Material predominante - pared	0.539			Piedra con mortero de barro	0.451		
								Adobe	0.277		
								Tapia	0.157		
								Adobe con recubrimiento	0.076		
								Ladrillo y/o bloqueta de cemento	0.039		
				Material predominante - techo	0.297					Paja	0.470
										Plastico	0.261
										Tejas	0.155
										Planchas de calamina, fibra de cemento o similares	0.080
										Losa de concreto	0.035
		Estado de conservación de la vivienda	0.164					Deteriorado	0.445		
								En proceso de deterioro	0.298		
								Con refacciones	0.148		
								Regular estado	0.068		
								Buen Estado	0.041		
RESILIENCIA ECONÓMICA	0.122	Ocupación principal (jefe de hogar)	0.539								
								Trabajador familiar no remunerado	0.503		
								Obrero/ peon	0.260		
								Agricultor	0.134		
								Empledo/Trabajador independiente	0.068		
		Empleador	0.035								
		Ingreso familiar promedio mensual	0.297								
										Menor al suelo mínimo	0.440
										De 931 a 1200	0.274
										De 1201 a 1500	0.147
De 1501 a 1800	0.091										
Mayor a 1800	0.048										
Organización comunitaria	0.164										
								No le interesa	0.465		
								Le interesa participar en las brigadas de emergencia	0.238		
								Conoce las rutas de evacuación	0.171		
								Tiene brigadas de emergencia	0.083		
Tiene brigadas de emergencia y participa	0.043										

Valor y peso de la exposición, fragilidad y resiliencia de la dimensión económica

DIMENSIÓN ECONÓMICA													VALOR DIMENSIÓN ECONÓMICA	PESO DIMENSIÓN ECONÓMICA
Exposición		Fragilidad					Resiliencia							
Valor Exposición Economic	Peso Exposición Economic	Material predominante - pared	Material predominante - techo	Estado de conservación de la vivienda	Valor Fragilidad Economic	Peso Fragilidad Economic	Ocupación principal (jefe de hogar)	Ingreso familiar promedio mensual	Organización comunitaria	Valor Resiliencia Economic	Peso Resiliencia Economic			
Pdes x P par	P_FACTOR	Pdes x P par	Pdes x P par	Pdes x P par			Pdes x P par	Pdes x P par	Pdes x P par					
0.44	0.648	0.24	0.14	0.07	0.46	0.23	0.27	0.13	0.08	0.48	0.122	0.450	0.30	
0.30	0.648	0.15	0.08	0.05	0.28	0.23	0.14	0.08	0.04	0.26	0.122	0.287	0.30	
0.15	0.648	0.08	0.05	0.02	0.16	0.23	0.07	0.04	0.03	0.14	0.122	0.148	0.30	
0.08	0.648	0.04	0.02	0.01	0.08	0.23	0.04	0.03	0.01	0.08	0.122	0.076	0.30	
0.04	0.648	0.02	0.01	0.01	0.04	0.23	0.02	0.01	0.01	0.04	0.122	0.039	0.30	



DIMENSIÓN AMBIENTAL

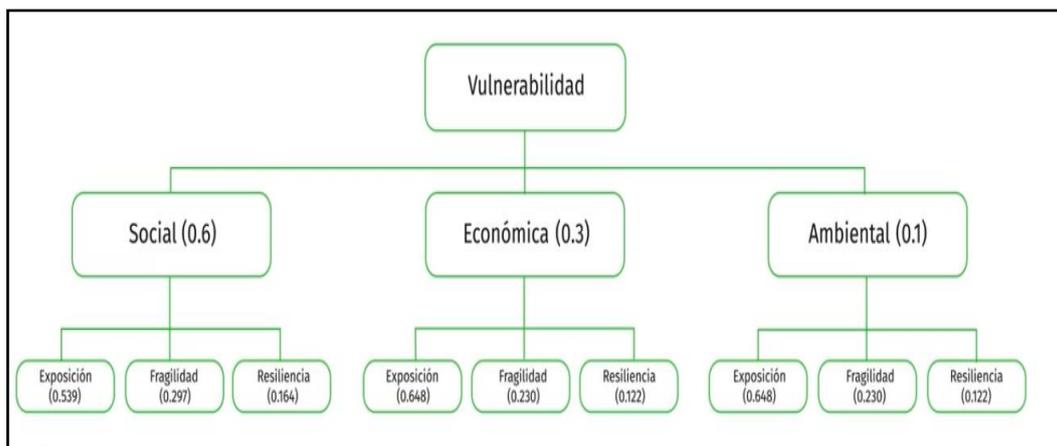
DIMENSIÓN		FACTOR		PARÁMETRO		DESCRIPTOR	
NOMBRE	PESO	NOMBRE	PESO	NOMBRE	PESO	CLASIFICACIÓN	PESO
AMBIENTAL	0.1	EXPOSICIÓN AMBIENTAL	0.648	Distancia de entrega de basura	1.000	Menor a 20 m.	0.416
						De 20 a 50 m.	0.263
						De 50 a 100 m.	0.165
						De 100 a 200 m.	0.104
						Mayor a 200 m.	0.051
		FRAGILIDAD AMBIENTAL	0.230	Manejo y disposición de residuos sólidos	1.000	Sin recojo de residuos sólidos	0.422
						Botadero en el cauce de la quebrada	0.287
						Recojo con motofurgon (reciclador)	0.171
						Recojo municipal (compactadora)	0.076
		RESILIENCIA AMBIENTAL	0.122	Conocimiento de reciclaje	1.000	No genera (no botan)	0.043
						No conoce	0.440
						Conoce por comentarios de sus vecinos	0.262
				Tiene ligeras nociones	0.168		
				Solo tiene conocimientos	0.088		
				Conoce y practica el reciclaje	0.042		

Valor y peso de la exposición, fragilidad y resiliencia de la dimensión ambiental

DIMENSIÓN AMBIENTAL							
Exposición		Fragilidad		Resiliencia		VALOR DIMENSIÓN AMBIENTAL	PESO DIMENSIÓN AMBIENTAL
Distancia de entrega de basura		Manejo y disposición de residuos sólidos		Conocimiento de reciclaje			
Valor Exposición Ambiental	Peso Exposición Ambiental	Valor Fragilidad Ambiental	Peso Fragilidad Ambiental	Valor Fragilidad Ambiental	Peso Fragilidad Ambiental		
Pdes x P par	P_FACTOR	Pdes x P par	P_FACTOR	Pdes x P par	P_FACTOR		
0.42	0.648	0.42	0.230	0.44	0.122	0.421	0.10
0.26	0.648	0.29	0.230	0.26	0.122	0.269	0.10
0.16	0.648	0.17	0.230	0.17	0.122	0.166	0.10
0.10	0.648	0.08	0.230	0.09	0.122	0.096	0.10
0.05	0.648	0.04	0.230	0.04	0.122	0.048	0.10

Figura 53

Pesos asignados de las dimensiones y factores correspondientes





Los niveles de vulnerabilidad resultan del análisis de las dimensiones social, económica y ambiental, se muestran en intervalos en el siguiente gráfico:

Tabla 97

Niveles de vulnerabilidad

Niveles de vulnerabilidad	
Nivel de vulnerabilidad	Rangos
Vulnerabilidad Muy Alta	$0.271 \leq v < 0.451$
Vulnerabilidad Alta	$0.154 \leq v < 0.271$
Vulnerabilidad Media	$0.083 \leq v < 0.154$
Vulnerabilidad Baja	$0.042 \leq v < 0.083$

ESTRATIFICACION DEL NIVEL DE VULNERABILIDAD

Tabla 98

Estratificación del nivel de vulnerabilidad

NIVEL	DESCRIPCIÓN	RANGO
VULNERABILIDAD MUY ALTA	Cantidad de personas a nivel de lote (Mas de 6 personas). Grupo etáreo (de 0 a 5 años y mayor a 65 años). Con al menos un integrante de la familia con discapacidad (Visual). Con todos los servicios básicos. Conocimiento pasado sobre la ocurrencia de desastres en su localidad (no conoce). Capacitación en temas de gestión de riesgo por parte de sus autoridades (Nunca). Interés en participar en campañas de prevención de riesgos (No muestra interés). Distancia de la vivienda a la zona de peligro (menor de 30m y 50m a la zona de peligro). Material predominante de la pared (Adobe y/o piedra con mortero de barro). Material predominante de techo (Calamina o Eternit). Estado de conservación de la vivienda (Deteriorado). Ocupación principal del jefe del hogar (trabajador no remunerador). Ingreso promedio mensual (Menor al sueldo mínimo). Organización comunitaria (no le interesa y/o le interesa participar poco en las brigadas de emergencia). Ubicación de la entrega de basura (Menor a 20 m.). Manejo y disposición de residuos sólidos (Sin recojo). Conocimiento de reciclaje (No conoce).	$0.271 \leq V < 0.451$

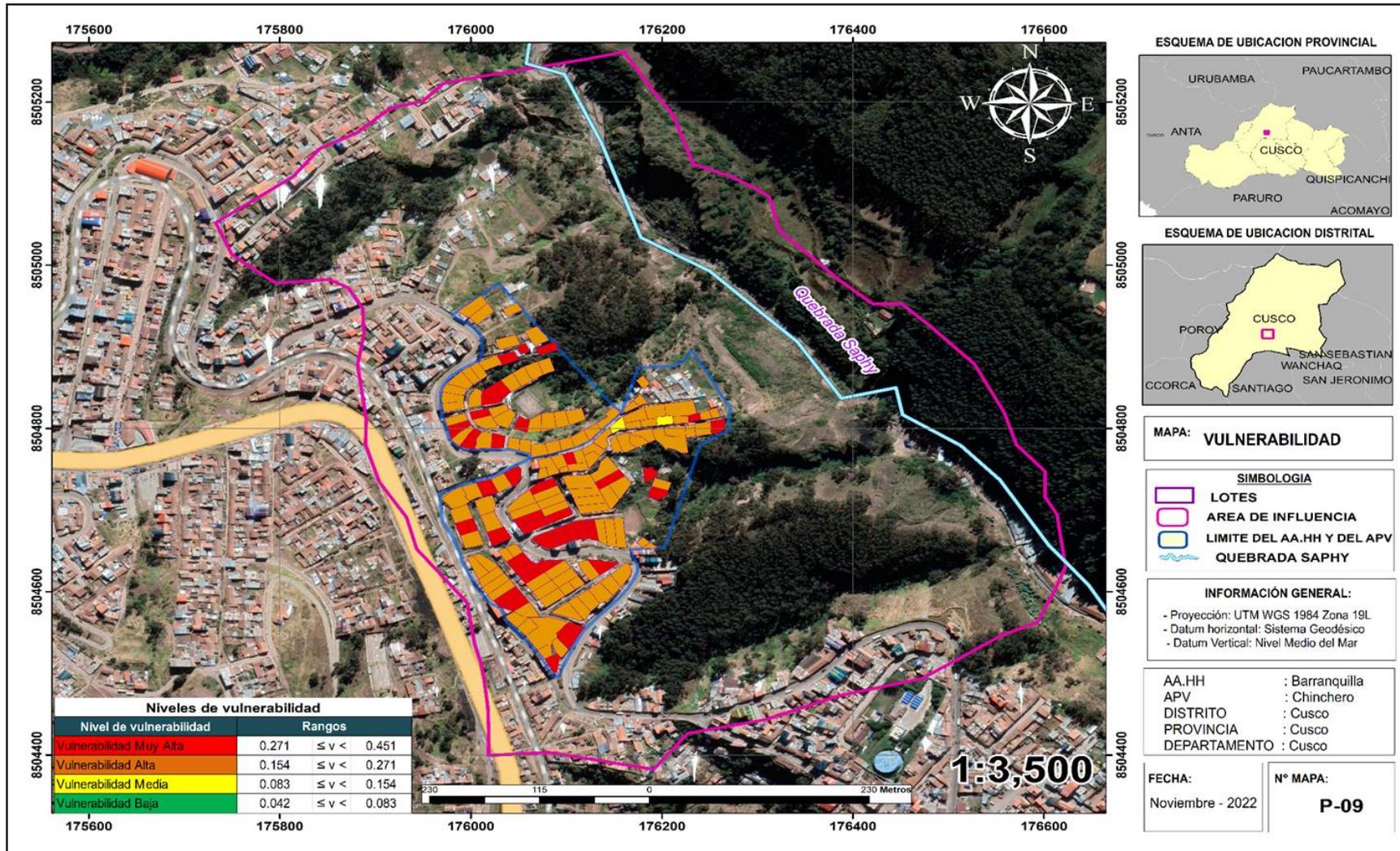


<p>VULNERABILIDAD ALTA</p>	<p>Cantidad de personas a nivel de lote (de 3 a 6 personas). Grupo etáreo (de 6 a 12 años y mayor de 61 a 65 años). Con al menos un integrante de la familia con discapacidad (Visual). Con servicio básicos de agua, luz y desagüe. Conocimiento pasado sobre la ocurrencia de desastres en su localidad (escaso conocimiento). Capacitación en temas de gestión de riesgo por parte de sus autoridades (cada 5 años). Interés en participar en campañas de prevención de riesgos (muestra interés de vez en cuando y actúa si hay incentivos). Distancia de la vivienda a la zona de peligro (entre 50m y 100m a la zona de peligro). Material predominante de la pared (Adobe y/o tapia). Material predominante de techo (teja y/o calamina). Estado de conservación de la vivienda (en proceso de deterioro). Ocupación principal del jefe del hogar (obrero y/o peón). Ingreso promedio mensual (de S/ 931 a S/ 1200). Organización comunitaria (le interesa participar en las brigadas de emergencia y conoce las rutas de evacuación). Ubicación de la entrega de basura (de 20 m a 50m de distancia.). Manejo y disposición de residuos sólidos (botadero en el cauce de la quebrada). Conocimiento de reciclaje (conoce por comentarios de los vecinos).</p>	<p>$0.154 \leq V < 0.271$</p>
<p>VULNERABILIDAD MEDIA</p>	<p>Cantidad de personas a nivel de lote (de 1 a 3 personas). Grupo etáreo (de 13 a 15 años y mayor de 51 a 60 años). Con al menos un integrante de la familia con discapacidad (para usar brazos y piernas). Con servicios básicos de agua y desagüe. Conocimiento pasado sobre la ocurrencia de desastres en su localidad (regular conocimiento). Capacitación en temas de gestión de riesgo por parte de sus autoridades (cada 2 años). Interés en participar en campañas de prevención de riesgos (le gusta participar y si hay incentivos mucho mejor). Distancia de la vivienda a la zona de peligro (entre 100m y 200m a la zona de peligro). Material predominante de la pared (Adobe con recubrimiento y/o ladrillo). Material predominante de techo (planchas de calamina y/o fibra de cemento). Estado de conservación de la vivienda (con refracciones en regular estado). Ocupación principal del jefe del hogar (agricultor y/o empleado). Ingreso promedio mensual (de S/ 1201 a S/ 1800). Organización comunitaria (tiene brigadas de emergencia, le interesa participar en las brigadas y conoce las rutas de evacuación). Ubicación de la entrega de basura (de 50 m a 200m de distancia.). Manejo y disposición de residuos sólidos (recojo con moto furgón o compactadora municipal). Conocimiento de reciclaje (tiene conocimientos, pero no lo practica)</p>	<p>$0.083 \leq V < 0.154$</p>



Mapa 10

Del nivel de vulnerabilidad del área de estudio de la quebrada Saphy



Fuente: Elaboración propia



4.2. Resultados respecto al Objetivo General

4.2.1. Cálculo de Riesgos

4.2.1.1. Determinación de los Niveles de Riesgo

Luego de haber identificado y analizado los peligros a los que se encuentra expuesta nuestra zona de estudio mediante el nivel de susceptibilidad ante fenómenos hidrometeorológicos y la evaluación de los parámetros de evaluación de los peligros por flujo de detritos y también identificado la exposición ante el peligro realizando el análisis respectivo de los componentes que inciden en la vulnerabilidad, fragilidad y resiliencia, la identificación de los elementos potenciales vulnerables, el tipo y nivel de daños que se pueden presentar, procedemos a conjugarlos para calcular el nivel de riesgo de nuestra zona de estudio.

Para determinar los niveles de riesgo en este trabajo se ha utilizado la matriz SAATY, y fue el resultado de la expresión “Peligro * vulnerabilidad”, de los cuales los rangos calculados fueron:

VALOR DE PELIGRO (P)		VALOR DE LA VULNERABILIDAD (V)		RIESGO (P*V=R)
0.502		0.451		0.226
0.260		0.271		0.070
0.135		0.154		0.021
0.068		0.083		0.006
0.035		0.042		0.001

METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DEL RIESGO

Figura 54

Formula del riesgo

$$R_{ie} | t = f(P_i, V_e) | t$$

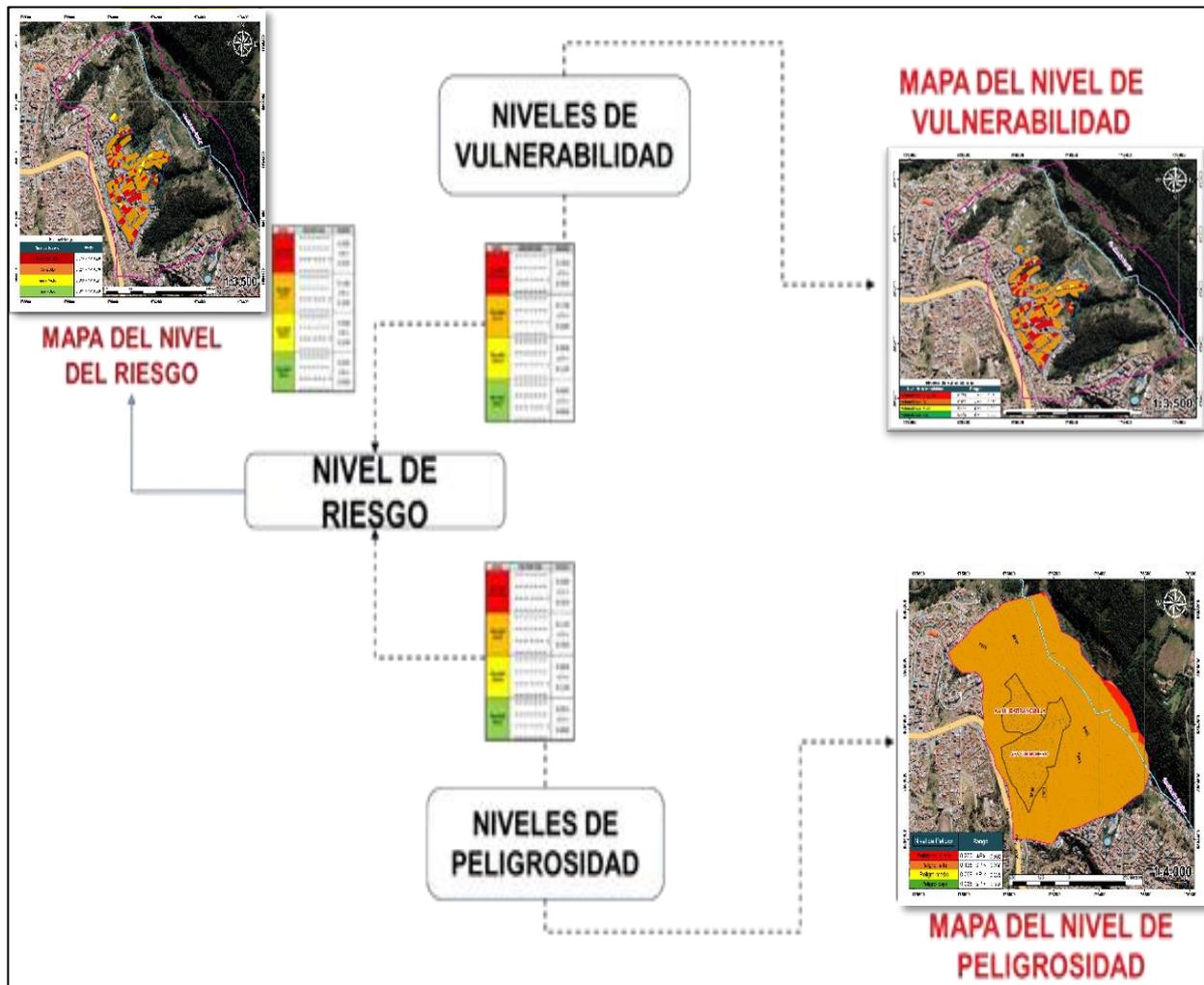
Dónde:

- R= Riesgo.
- f= En función
- P_i = Peligro con la intensidad mayor o igual a i durante un período de exposición t
- V_e = Vulnerabilidad de un elemento expuesto e

Fuente: CENEPRED

Figura 55

Metodología para el cálculo del riesgo





Niveles de Riesgos

Tabla 99

Cálculo del nivel de riesgo

Peligrosidad	Muy alto	0.502	0.042	0.077	0.136	0.226
	Alto	0.260	0.022	0.040	0.070	0.117
	Medio	0.135	0.011	0.021	0.037	0.061
	Bajo	0.068	0.006	0.010	0.018	0.031
		0.083	0.154	0.271	0.451	
		Bajo	Medio	Alto	Muy alto	
Vulnerabilidad						

Tabla 100

Niveles de Riesgo

Nivel del Riesgo	Rango
Riesgo Muy alto	0.070 ≤ R < 0.226
Riesgo Alto	0.021 ≤ R < 0.070
Riesgo Medio	0.006 ≤ R < 0.021
Riesgo Bajo	0.001 ≤ R < 0.006



ESTRATIFICACION DEL NIVEL DE RIESGO

Tabla 101

Estratificación del nivel de riesgo

NIVEL	DESCRIPCIÓN	RANGO
RIESGO MUY ALTO	<p>Pendiente (>30°). Unidades geomorfológicas (Colina en roca intrusiva, altiplanicie sedimentaria). Unidad geológica (Formación Puquín, formación San Sebastián con láminas de yeso y capas de areniscas). Nivel de precipitación (extremadamente lluvioso >26.7 mm). Periodo de retorno (5 a 10 años). Número de personas a nivel de lote (> 6 personas). Grupo etéreo (e 0 a 5 años y mayor a 65 años). Con al menos un integrante de la familia con discapacidad (mental). Conocimiento pasado sobre la ocurrencia de desastres en su localidad (Sin conocimiento). Capacitación en temas de gestión de riesgo por parte de sus autoridades (Sin capacitación). Interés en participar en campañas de prevención de riesgos (No muestra interés). Cercanía de la vivienda a la zona de peligro (Menor a 30 m a la zona de peligro). Material predominante de la pared (Piedra con mortero de barro y/o adobe). Material predominante de techo (Paja y/o plástico). Estado de conservación de la vivienda (Deteriorado o en proceso de deterioro). Ocupación principal del jefe del hogar (Trabajador familiar no remunerado). Ingreso promedio mensual (Menor al sueldo mínimo). Organización comunitaria (no le interesa participar en las brigadas de emergencia). Distancia de entrega de basura (Menor a 20.). Manejo y disposición de residuos sólidos (sin recojo de residuos sólidos, botadero en el cauce de la quebrada). Conocimiento de reciclaje (No conoce).</p>	<p>0.083 ≤ R < 0.227</p>
RIESGO ALTO	<p>Pendiente (20° - 30°). Unidades geomorfológicas (Altiplanicie sedimentaria, colina en roca sedimentaria). Unidad geológica (Formación San Sebastián, formación maras con yesos intercalados con lutitas rojas y verdes). Nivel de precipitación (Muy lluviosos entre 16.5 mm y ≤ 26.7 mm). Periodo de retorno (De 10 a 25 años). Número de personas a nivel de lote (De 3 a 6 personas). Grupo etéreo (De 6 a 12 y 61 a 65 años). Con al menos un integrante de la familia con discapacidad (visual). Conocimiento pasado sobre la ocurrencia de desastres en su localidad (Escaso conocimiento). Capacitación en temas de gestión de riesgo por parte de sus autoridades (Cada 5 años). Interés en participar en campañas de prevención de riesgos (Muestra interés de vez en cuando). Cercanía de la vivienda a la zona de</p>	<p>0.033 ≤ R < 0.083</p>

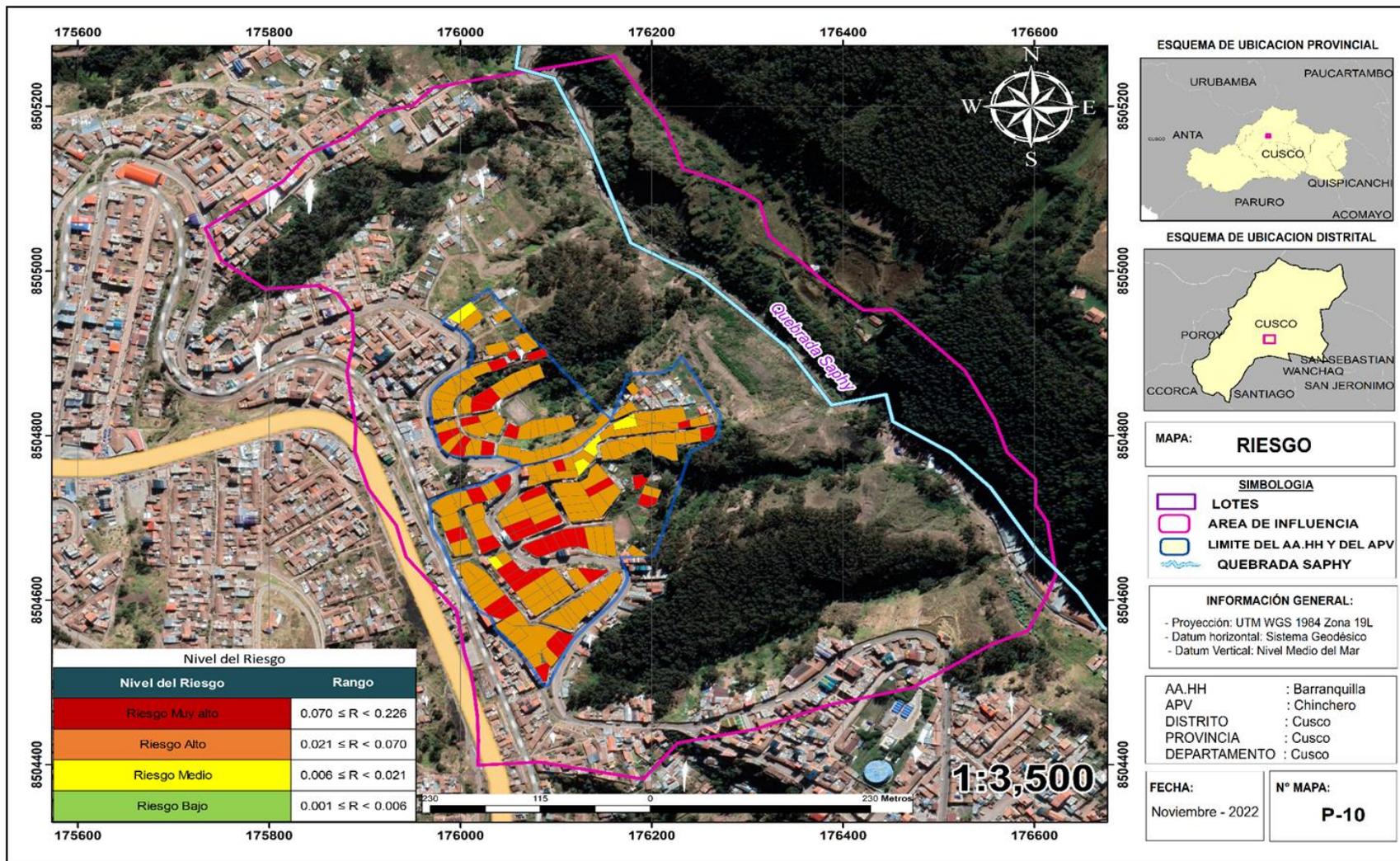


	<p>peligro (Entre 30 y 50m a la zona de peligro). Material predominante de la pared (Adobe y/o tapia). Material predominante de techo (Teja). Estado de conservación de la vivienda (Con reparaciones). Ocupación principal del jefe del hogar (Obrero, peón, agricultor). Ingreso promedio mensual (Menor al sueldo mínimo, de S/ 931 a S/ 1200). Organización comunitaria (Le interesa participar en las brigadas de emergencia si hay incentivos). Distancia de entrega de basura (Entre 20 a 100 m.). Manejo y disposición de residuos sólidos (Botadero en cauce de la quebrada). Conocimiento de reciclaje (Conoce por comentarios de sus vecinos).</p>	
<p>RIESGO MEDIO</p>	<p>Pendiente (10° - 20°). Unidades geomorfológicas (Colina en roca sedimentaria, montaña en roca sedimentaria). Unidades geológicas (formación Maras, Dioritas con roca maciza densa de grano fino y textura granular con cristales de augita y pequeños agregados de epidota). Nivel de precipitación (lluvioso entre 12.5 mm y <= 16.5 mm). Periodo de retorno (de 25 a 50 años). Número de personas a nivel de lote (De 1 a 3 personas). Grupo etáreo (De 13 a 15 años y 51 a 60 años). Con al menos un integrante de la familia con discapacidad (para usar brazos y/o piernas). Conocimiento pasado sobre la ocurrencia de desastres en su localidad (Poco conocimiento). Capacitación en temas de gestión de riesgo por parte de sus autoridades (Cada 3 años). Interés en participar en campañas de prevención de riesgos (Actúa si hay incentivos). Cercanía de la vivienda a la zona de peligro (Entre 500 y 100 m a la zona de peligro). Material predominante de la pared (Adobe con recubrimiento y/o tapia recubierta). Material predominante de techo (Planchas de calamina, fibra de cemento). Estado de conservación de la vivienda (Regular estado). Ocupación principal del jefe del hogar (Empleado, trabajador independiente). Ingreso promedio mensual (de S/ 1501 a S/ 1800). Organización comunitaria (Le interesa participar en las brigadas de emergencia y conoce las rutas de evacuación). Distancia de entrega de basura (De 100 a 200 m.). Manejo y disposición de residuos sólidos (Con recojo en moto furgón o compactadora municipal). Conocimiento de reciclaje (Tiene ligeras nociones).</p>	<p>0.013 ≤ R < 0.033</p>
<p>RIESGO BAJO</p>	<p>No se identifico</p>	<p>0.001 ≤ R < 0.013</p>



Mapa 11

Mapa del nivel de riesgo del área de estudio de la quebrada Saphy



Fuente: *Elaboración propia*



DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO

- Estimación Preliminar del Peligro y de la Vulnerabilidad.

Nivel cualitativo del peligro = ALTO

Nivel cualitativo de la vulnerabilidad = ALTO

Figura 56

Estimación del riesgo, según CENEPRED

PELIGRO MUY ALTO	RIESGO ALTO	RIESGO ALTO	RIESGO MUY ALTO	RIESGO MUY ALTO
PELIGRO ALTO	RIESGO MEDIO	RIESGO ALTO	RIESGO ALTO	RIESGO MUY ALTO
PELIGRO MEDIO	RIESGO MEDIO	RIESGO MEDIO	RIESGO ALTO	RIESGO ALTO
PELIGRO BAJO	RIESGO BAJO	RIESGO MEDIO	RIESGO MEDIO	RIESGO ALTO
	VULNERABILIDAD BAJA	VULNERABILIDAD MEDIA	VULNERABILIDAD ALTA	VULNERABILIDAD MUY ALTA

1) Del control de Riesgos

ACEPTABILIDAD / TOLERANCIA

A. Valoración de las consecuencias

Tabla 102

Valoración de Consecuencias

VALOR	NIVELES	DESCRIPCIÓN
4	MUY ALTA	Las consecuencias debido al impacto de un fenómeno natural son catastróficas.
3	ALTA	Las consecuencias debido al impacto de un fenómeno natural pueden ser gestionadas con apoyo externo.
2	MEDIA	Las consecuencias debido al impacto de un fenómeno natural pueden ser gestionadas con los recursos disponibles
1	BAJA	Las consecuencias debido al impacto de un fenómeno natural pueden ser gestionadas sin dificultad

Del cuadro propuesto, obtenemos que las consecuencias debido al impacto de un fenómeno natural pueden ser gestionadas con apoyo externo, es decir, posee el **valor 3, nivel alto**.



B. Valoración de la frecuencia de recurrencia

Tabla 103

Valorización de Frecuencia de Recurrencia

VALOR	PROBABILIDAD	DESCRIPCIÓN
4	MUY ALTA	Puede ocurrir en la mayoría de las circunstancias.
3	ALTA	Puede ocurrir en periodos de tiempo medianamente largos según las circunstancias.
2	MEDIA	Puede ocurrir en periodos de tiempo largos según las circunstancias.
1	BAJA	Puede ocurrir en circunstancias excepcionales

Del cuadro Propuesto, obtenemos que las consecuencias debido al impacto de un fenómeno natural pueden ser gestionadas con apoyo externo, es decir, posee **valor 3, probabilidad alta.**

C. Nivel de consecuencia de daño

Tabla 104

Nivel de Consecuencia y Daño

CONSECUENCIA	NIVEL	ZONA DE CONSECUENCIAS Y DAÑOS			
MUY ALTA	4	ALTA	MUY ALTA	MUY ALTA	MUY ALTA
ALTA	3	ALTA	ALTA	ALTA	MUY ALTA
MEDIA	2	MEDIA	MEDIA	ALTA	ALTA
BAJA	1	BAJA	MEDIA	MEDIA	ALTA
	NIVEL	1	2	3	4
	FRECUENCIA	BAJA	MEDIA	ALTA	MUY ALTA

De lo anterior cuadro propuesto se obtiene que el nivel de consecuencia y daño es de **nivel 3 – consecuencia alta.**



Tabla 105

Daños del nivel Alto

VALOR	NIVELES	DESCRIPCIÓN
4	MUY ALTA	Muerte de personas, enorme pérdida de bienes y financieras importantes
3	ALTA	Lesiones grandes en las personas, pérdida de la capacidad de producción, pérdida de bienes y financieras importantes.
2	MEDIA	Requiere tratamiento médico en las personas, pérdida de bienes y financieras altas.
1	BAJA	Tratamiento de primeros auxilios en las personas, pérdida de bienes y financieras altas.

D. Aceptabilidad y tolerancia

Tabla 106

Aceptabilidad y Tolerancia

NIVEL	DESCRIPTOR	DESCRIPCIÓN
4	INADMISIBLE	Se debe aplicar inmediatamente medidas de control físico y de ser posible transferir inmediatamente recursos económicos para reducir los riesgos
3	INACEPTABLE	Se deben desarrollar actividades INMEDIATAS y PRIORITARIAS para el manejo de riesgos
2	TOLERANCIA	Se debe desarrollar actividades para el manejo de riesgos
1	ACEPTABLE	El riesgo no presenta un peligro significativo

De lo anterior se obtiene que la aceptabilidad y/o Tolerancia del Riesgo por deslizamiento es de NIVEL 3 – INACEPTABLE.

E. Matiz de aceptabilidad y tolerancia

La matriz de Aceptabilidad y/o Tolerancia del Riesgo se indica a continuación:



Tabla 107

Nivel de Aceptabilidad y/o Tolerancia del riesgo

RIESGO INACEPTABLE	RIESGO INADMISIBLE	RIESGO INADMISIBLE	RIESGO INADMISIBLE
RIESGO INACEPTABLE	RIESGO INACEPTABLE	RIESGO INACEPTABLE	RIESGO INADMISIBLE
RIESGO TOLERABLE	RIESGO TOLERABLE	RIESGO INACEPTABLE	RIESGO INACEPTABLE
RIESGO ACEPTABLE	RIESGO TOLERABLE	RIESGO TOLERABLE	RIESGO INACEPTABLE

F. Prioridad de la intervención

Tabla 108

Prioridad de la Intervención

VALOR	DESCRIPTOR	NIVEL DE PRIORIZACIÓN
4	INADMISIBLE	I
3	INACEPTABLE	II
2	TOLERABLE	III
1	ACEPTABLE	IV

Del cuadro planteado en el nivel de priorización se obtiene que el **nivel de priorización es II**, del cual constituye el soporte para la priorización de actividades, acciones y proyectos de inversión vinculadas a la Prevención y/o Reducción del Riesgo de Desastres.



2) De las medidas de prevención de Riesgos de desastres

A. De orden estructural. - De acuerdo con el análisis de los resultados se ponen las siguientes medidas de orden estructural:

- **Señalización**

Se plantea como medida señalar la zona de mayor pendiente que limita con la quebrada y localizar zonas de posibles deslizamientos de rocas y tierra, camino seguro transitable y zonas de evacuación.

- **Sistema de Alerta Temprana (SAT)**

Con capacidades, instrumentos y procedimientos articulados para generar y difundir información de alerta de manera oportuna sobre inundación, deslizamientos, flujo de detritos entre otros, con el fin de permitir que las personas, de los APV_s y organizaciones expuestas al peligro se preparen y actúen de forma apropiada y anticipada para reducir o evitar la pérdida de vidas.

- **Barreras flexibles con red de anillos**

Son membranas flexibles de acero que se utilizan para proteger a las poblaciones contra deslizamientos, flujos, rodaduras de piedras entre otros, estas barreras de retención se fijan en los flancos del canal con anclajes de cable y su red de anillos sirven para el frenado del material deslizado.



Figura 57

Barreara para retener flujos y deslizamientos



Fuente: Representación de las barreras flexibles de anillos de retención de flujo de detritos, tomado de GEOBRUGG, link de acceso: (<https://docplayer.es/15252913-Barreras-flexibles-de-anillos-para-retencion-de-flujos-de-detritos-la-solucion-economica.html>)

B. De orden no estructural. - De acuerdo con el análisis de los resultados se proponen las siguientes medidas de orden no estructural:

- **Fortalecimiento de capacidades en gestión de riesgo de desastres**

Con asistencia del Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED), la municipalidad e instituciones involucradas debe implementar un programa de sensibilización y capacitación a la población de los APV_s con la finalidad de mejorar sus edificaciones con las normas vigentes (RNE) y parámetros urbanísticos

- **Forestación y reforestación**

Con especies nativas en las pendientes que limita la quebrada con las APV_s, de esta manera se conservaría las áreas de la ocupación informal y se reduciría el peligro por deslizamiento y/o movimientos de tierra reduciendo la erosión, protegiendo las especies locales, sanidad en los bosques, regeneración de hábitats de vida silvestre, mejora de la calidad del aire y la mitigación de los efectos adversos del clima.



3) De las medidas de reducción de riesgos. - De acuerdo con el análisis de los resultados se proponen las siguientes medidas de orden reducción de riesgos

A. De orden estructural

Del recorrido y evaluación de la información obtenida del presente estudio, así como también de estudios complementarios se plantean las siguientes medidas estructurales:

- **Mejoramiento de sistema de aguas pluviales**

Mejorar el sistema de canalización de aguas pluviales, por donde se evacuarán la escorrentía superficial producida por las lluvias y derivarlos a los canales existentes. El agua será captada a través de este canal y llevada a una red de canales y descargan directamente al punto más cercano; para el diseño de dicho canal se deberá tener en cuenta las consideraciones de la norma OS.060 - drenaje pluvial urbano.

- **Gaviones de amortiguamiento**

En las partes más necesarias donde la población tiene mayor grado de vulnerabilidad y sobre todo está más aproximada a la quebrada, de esta manera reforzara y estabilizara la zona, protegiendo las viviendas que se encuentran expuestas.

B. De orden no estructural

- **Revegetación y mejoramiento de las áreas verdes**

Sobre todo, en las partes taladas que ha dejado el suelo descubierto, ya que por las obras de los colectores se ha abierto trochas para el paso de los materiales y se ha debilitado las márgenes de la quebrada, quedando en muchos tramos expuestas a deslizamientos y o flujo de detritos.



CAPÍTULO V: Discusión

4.3. Descripción de los Hallazgos más Relevantes y Significativos

De acuerdo al análisis realizado, se determina que el nivel de riesgo por deslizamiento de los suelos en el AA. HH Barranquilla y APV. Chinchero del área de influencia de la quebrada Saphy se encuentra en niveles de riesgo altos.

Estos resultados guardan relación con lo que sostiene el Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico-INGEMMET (2021) en su trabajo de “Evaluación de Peligros Geológicos en la Quebrada Saphy”, donde señala que el área de estudio se considera de Peligro Muy Alto a la ocurrencia de deslizamientos y derrumbes que pueden ser desencadenados en temporada de lluvias intensas o por actividad sísmica (reactivación de falla geológica Cusco); así como por flujo de detritos que pueden activarse en temporada de lluvias intensas y/o extraordinarias. Ello es acorde con lo que es este estudio se encontró.

Pero, en lo que no concuerda el estudio del referido autor con el presente, es que los movimientos telúricos (sismos) es uno de los principales factores desencadenantes para los deslizamientos, derrumbes y flujo de detritos, en este estudio no se encuentra esos resultados.

4.4. Limitaciones del Estudio

Al momento de iniciar el trabajo de investigación surgieron una serie de limitaciones no previstas que retrasaron en gran medida el avance de las actividades que se habían programado.

Limitación social: La población no estaba dispuesta a participar en la encuesta para determinar el análisis de la vulnerabilidad.

Limitación práctica: El tiempo que se retrasó la aplicación de las encuestas para su posterior recolección de información

Limitación teórica: La información cartográfica del lugar es manejada por la municipalidad y el trámite burocrático para poder adquirirlo fue largo.



4.5. Comparación Crítica con la Literatura Existente

En lo que respecta a los factores desencadenantes Núñez Romero, Ricardo A. y Sánchez Llacta Iván J. (Huancayo 2016) utiliza un agente de geodinámica interna que son los sismo y un agente de geodinámica externa como son las precipitaciones para su análisis de riesgo, en cambio Carrillo Elizalde, Roberth P. (2015) para el análisis de riesgo utiliza como factor desencadenante el agente de geodinámica externa que son las precipitaciones en ambos casos

se puede llegar al resultado de análisis de riesgo para la zona de estudio con la diferencia que al usar dos factores el análisis tendrá un campo más amplio de verificación

Nuestro análisis se ha realizado con un solo factor desencadenante, un agente de geodinámica externa como son las precipitaciones y se utilizó la metodología propuesta por el CENEPRED al igual que el Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico-INGEMMET (2021) y Núñez Romero, Ricardo A. y Sánchez Llacta Iván J. (Huancayo 2016) respectivamente

4.6. Implicancias del Estudio

Del trabajo de investigación se consideran las siguientes implicancias:

Implicancia práctica: la falta de información de tienen las instituciones para una buena gestión del riesgo de desastres es uno de los principales problemas al momento de efectuar un análisis prospectivo o correctivo, es por tal motivo que considero que esta investigación debería ser tomado en cuenta y comunicado con la finalidad de poder hacer una proyección futura de un buen manejo de riesgos

Implicancias sociales: al desarrollar este trabajo de investigación y tomarlo en cuenta para su posterior ampliación, se debe involucrar a los estudiantes interesados en el tema de evaluación de riesgos especialmente de la carrera de ingeniería ambiental en apoyo a las instituciones y en beneficio de la población,

CONCLUSIONES



En esta tesis se determinó el nivel de riesgos originados por deslizamiento de suelo en el AA. HH Barranquilla y APV. Chinchero del área de influencia de la quebrada Saphy del distrito de Cusco y se propuso medidas de control porque se encontraban en zonas de riesgo alto.

El nivel de peligrosidad por deslizamiento en el área de influencia es de 0.135 hasta 0.260 que corresponde al rango de peligro alto utilizando los factores condicionantes (pendiente, geomorfología y geología) y los factores desencadenantes (Precipitación) con ayuda de sus respectivas clasificaciones, cubriendo los 151 lotes del AA. HH barranquilla y el APV. Chincheros.

El análisis de vulnerabilidad nos dio un valor de 0.154 hasta 0.271 que en el rango de los niveles de vulnerabilidad nos ubica en una vulnerabilidad alta esto se realizó utilizando las dimensiones social, económico y ambiental cada una de las cuales, con su factor de exposición, fragilidad y resiliencia correspondiente, cubriendo 35 lotes en el AA. HH barranquilla y 76 en APV. Chincheros.

Realizamos los cálculos correspondientes y con ayuda de la matriz de riesgo (SAATY) y nuestros cálculos de peligro y vulnerabilidad concluimos nuestro resultado en nivel del riesgo de 0.006 hasta 0.021 RIESGO MEDIO en 01 lote en el AA. HH Barranquilla y 04 lotes en APV. Chincheros, nivel de riesgo de 0.021 hasta 0.070 RIESGO ALTO en 34 lotes en el AA. HH Barranquilla y 74 lotes en APV. Chincheros y nivel de riesgo de 0.271 hasta 0.451 RIESGO MUY ALTO e inaceptable en el nivel II de priorización constituyendo la priorización de acciones y proyectos estructurales y no estructurales de inversión para la prevención y reducción del riesgo por deslizamientos de suelo en 10 lotes en el AA. HH Barranquilla y 28 lotes en APV. Chincheros



RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar la construcción de gaviones de amortiguamiento en las partes superior del área de estudio ya que por el constante avance del crecimiento de la población los taludes han quedado excesivamente altos y vulnerables, sobre todo en las viviendas que están más cerca de la quebrada, de esta manera se reforzará y estabilizará las viviendas que se encuentran en constante peligro.

Realizar labores de reforestación con especies nativas en las márgenes de la quebrada con especies “Chilca” (*Baccharis latifoliada*) y “Queuña” (*Polylepis*), por son plantas con buen desarrollo radicular estabilizaran el suelo y Pino radiata (*pinus sp*) en zonas identificadas para dar un atractivo paisajístico del lugar.

Mejorar los sistemas de aguas pluviales por donde evacuan las aguas de escorrentías que son producidas por las precipitaciones y derivados a las pequeñas quebradas o canales naturales que se encuentran en la zona, realizar canales de drenaje pluvial con un diseño estipulado en la norma OS.060.

Promover campañas para el fortalecimiento de capacidades en gestión de riesgos producidos por fenómenos naturales, capacitaciones constantes para que puedan reconocer el peligro y la vulnerabilidad a la que se encuentran para sensibilizar a la población y mejorar sus edificaciones con las normas vigentes (RNE) y parámetros urbanísticos.

Realizar obras de señalización de la zona donde empieza el bosque de pinos para poder ubicar las áreas de peligros de rodaduras de rocas, rutas de evacuación entre otras.

Realizar más estudios de estas características en otras zonas que puedan encontrarse asentadas en lugares con deslizamiento constante para de esta manera se encuentren en alerta y preparados para eventuales desastres.



Implementar un Sistema de Alerta Temprana (SAT) Con capacidades, instrumentos y procedimientos articulados para generar y difundir información de alerta de manera oportuna para evitar futuros desbordes de los ríos aguas abajo.



REFERENCIAS

- Abad, I., & Velilla, N. (2018). ¿De qué está hecho este material? Una introducción al uso e interpretación de las técnicas básicas de caracterización de los minerales. *Enseñanzas de las ciencias de la tierra*, 265-273.
- Adilson Curi, W., Granda, J., Lima, H., & Sousa, W. (2006). Las Zeolitas y su Aplicación en la Descontaminación de Efluentes Mineros. *Scielo Información Tecnológica*, 111-118.
- Alvarado Mercado, R. S. (2019). UNSA. Repositorio Institucional:
<http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/8765>
- Auerbach, S., Carrado, K., & Dutt, P. (2003). *HANDBOOK OF ZEOLITES SCIENCE AND TECHNOLOGY*. New York: Marcel Dekker.
- Beckhoff, B., Kanngießner, B., Langhoff, N., Wedell, R., & Wolff, H. (2006). *Handbook of Practical X-Ray Fluorescence Analysis*. Germany: Springer Berlin Heidelberg.
- Bosch, P., & Schifter, I. (2010). *La zeolita: Una piedra que Hierve*. Mexico, D.F.: Fondo de Cultura Económica.
- Bradl, H. (2005). *Heavy Metals in the Environment*. Germany: ELSEVIER.
- Cabrera, C., Gabaldon, C., & Marzal, P. (2005). Sorption characteristics of heavy metal ions by a natural zeolite. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, 477-481.
- Carrillo Alizalde, R. P. (2015). *Acceso Libre a Informacion Cientifica*. ALICIA:
<https://repositorio.igp.gob.pe/handle/IGP/938>
- Cejka, J., Van Bekkum, H., Corma, A., & Schüth, F. (2007). *INTRODUCTION TO ZEOLITE SCIENCE AND PRACTICE*. The Netherlands: Elsevier.
- CENEPRED. (2014). *Manual para la evaluacion de riesgos originados por fenomenos naturales 02 version*. https://www.cenepred.gob.pe/web/wp-content/uploads/Guia_Manuales/Manual-Evaluacion-de-Riesgos_v2.pdf
- CENEPRED. (2015). *Manual para la Evaluacion de Riesgos Originados por Fenomenos Naturales 02 Version*. San Isidro - Lima - Perú: NEVA STUDIO SAC.
- CENEPRED. (17 de Mayo de 2020). *Centro Nacional de Estimacion, Prevencion y reduccion del riesgo de Desastres*. Manual para la Evaluación de Riesgos Originados por Fenómenos Naturales – 2da Versión.: <http://www.cenepred.gob.pe/>
- CEREBRALIA. (2018). *Los deslizamientos*. <https://cerebralia.com/peligros/deslizamientos>
- Chiroque Herrera, C. A. (2016). *Acceso Libre a Informacion Cientifica para la Innovacion*. ALICIA: <https://repositorio.igp.gob.pe/handle/IGP/2305>
- Combariza, D. A. (2009). *CONTAMINACION POR METALES PESADOS EN EL EMBALSE DEL MUÑA Y SU RELACION CON LOS NIVELES EN SANGRE DE PLOMO, MERCURIO Y CADMIO Y ALTERACIONES DE SALUD EN LOS HABITANTES DEL MUNICIPIO DE SIBATÉ (CUNDINAMARCA) 2007*. UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA:
<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/70168/597588.2009.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Comunidad Andina . (Septiembre de 2009). *Atlas de las dinámicas del territorio Andino: Población y bienes expuestos a amenazas naturales*.
<http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/pdf/esp/doc1683/doc1683.htm>
- Costafreda Mustelier, J., Martín Sánchez, D., & Costafreda Velázquez, J. (2016). *las Zeolitas naturales de iberoamérica*. Madrid: FUNDACIÓN GÓMEZ PARDO.
- Cruden, D. M. (1996). *Sciencen Enfineering Medicine*. LANDSLIDES: INVESTIGATION AND MITIGATION. CHAPTER 3 - LANDSLIDE TYPES AND PROCESSES:
<https://trid.trb.org/view/462501>



- Damonte, G., Godfrid, J., & Lopez, A. (2020). *Grupo de Análisis para el Desarrollo (GRADE)*. Minería, escasez hídrica y la ausencia de una planificación colaborativa: http://www.grade.org.pe/wp-content/uploads/GRADE_di102.pdf
- De La Cruz Gutierrez, M. A. (2021). *Repositorio UNFV*. https://repositorio.unfv.edu.pe/bitstream/handle/UNFV/5121/DELACRUZ%20MANUEL_TITULO%20PROFESIONAL_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Eliyel, P. Q. (2016). *Universidad Nacional del Centro del Peru*. Niveles de vulnerabilidad a deslizamiento de tierras en la cuenca de rio San Fernando - Region Junin: <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/3478/Paucar%20Quispe.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Elizalde, R. P. (2015). *Repositorio.unp.pe*. <https://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/UNP/666/GEO-CAR-ELI-15.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Encinas Malagon, M. D. (2011). *Medio ambiente y contaminacion Principios básicos*. 1ra edicion.
- Faust, S. D., & Aly, O. M. (2013). *Adsorption for processes for water treatment*. Boston: Butterworth Publishers.
- Gallegos, W., Vega, M., & Noriega, P. (2012). ESPECTROSCOPIA DE ABSORCIÓN ATÓMICA CON LLAMA Y SU APLICACIÓN PARA LA DETERMINACIÓN DE PLOMO Y CONTROL DE PRODUCTOS COSMÉTICOS. *LA GRANJA, Revista de ciencias de la vida*, 18-25.
- Geankoplis, C. (1998). *Procesos de Transporte y Operaciones Unitarias*. MEXICO: COMPAÑÍA EDITORIAL CONTINENTAL, S.A. DE C.V. MEXICO, 3RA EDICION.
- Gilbert M., M., & Wendell P., E. (2008). *Introduccion a la ingeniería medioambiental*. Madrid: Pearson education S.A.
- Giles, C., Smith, D., & Huitson, A. (1974). A General Treatment and Classification of the Solute Adsorption Isotherm. *Journal of Colloid and Interface Science*, 755-765.
- Görög, S. (2018). *Ultraviolet Visible spectrophotometry in pharmaceutical analysis*. Florida: CRC Press.
- Grupo de Estándares para Movimientos en Masa-GEMA. (2007). *Movimientos en masa en la región andina: una guía para la evaluación de amenaza*. Lima: Impreso en Canadá.
- Guadalupe y Carrillo. (04 de junio de 2012). *Caracterización y análisis de los huaycos del 5 de abril del 2012 Chosica*. <https://app.ingemmet.gob.pe/biblioteca/pdf/RFIGMMG-29-3.pdf>
- Guevara Neyra, J., & Mayanga Chuquillanque, R. (2017). Influencia del pH y el tiempo de contacto en el porcentaje de remoción de Pb²⁺ y Cd²⁺ en soluciones acuosas, utilizando zeolitas tipo clinoptilolita modificada con MgCl₂. Trujillo, Perú.
- Haschke, M., Flock, J., & Haller, M. (2021). *X-ray Fluorescence Spectroscopy for Laboratory Applications*. Boschstr: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.
- Hernandez Sanpieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. (2014). *Metodología de la Investigación, Sexta Edición*. Mexico D.F.: McGrawHill.
- Hidalgo Montoya, c. A. (2014). Estimacion De La Amenaza por Deslizamiento Detonados Por Sismos Y Lluvia. *Revista EIA - Escuela de Ingenieria de Antioquia*, 103 - 117.
- Ho, Y., & McKay, G. (1999). Pseudo-second order model for sorption processes. *Elsevier*, 451-465.
- Howe, K., Hand, D., Crittenden, J., Rhodes Trussell, R., & Tchobanoglous, G. (2012). *Principios de tratamiento del agua*. Cuauhtemoc: Impresos Vacha.
- INGEMMET. (2021). *Evaluacion de Peligros Geologicos en la Quebrada Saphy*. Cusco: Empresa Peruana de Servicios Editoriales S.A.



- INGEMMET. (2021). *Evaluacion de Peligros Geologicos en la Quebrada Saphy*. Cusco: Lima: Ingemmet.
- Isern Roselló, R., & Martínez Planas, M. (2011). *Estudio experimental de la movilidad de metales pesados en sedimentos de la cuenca del Jequetepeque, Perú*. Tesis. Barcelona: Universidad Politecnica de Catalunya .
- Jacinto Herrera, R. T. (2003). *Fundamentos del Análisis por Absorción Atómica*. Studocu: <https://www.studocu.com/en-us/document/canada-college/life-drawing/de-061-libro-fundamentos-de-analisis-de-absorcion-atmica/16516150>
- Konkagul, E., & Tran, M. (2022). *UNESCO World Water Assessment Programme*. nforme mundial de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos 2022: aguas subterráneas: hacer visible el recurso invisible; datos y cifras: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000380733_spa
- Lagergren, S. (1898). About the Theory of So-Called Adsorption of Soluble Substances. *Kungliga Svenska Vetenskapsakademiens Handlingar*, 1-39.
- Londoño Franco, L. F., Londoño Muñoz, P. T., & Muñoz Garcia, F. G. (2016). Los Riesgos De Los Metales Pesados en la Salud Humana y Animal. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 145-153.
- McCabe, W., Smith, J., & Harriot, P. (2007). *OPERACIONES UNITARIAS EN INGENIERÍA QUÍMICA Séptima Edición*. México, D. F.: MCGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A.
- Municipalidad Distrital de Ilabaya. (Enero de 2022). *SIGRED-CENEPRED*. http://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/storage/biblioteca//13990_informe-de-evaluacion-del-riesgo-por-deslizamientos-en-la-presa-coltani-y-obras-conexas-distrito-de-ilabaya-provincia-de-jorge-basadre-y-region-de-tac.pdf
- Municipalidad Provincial del Cusco. (3 de Marzo de 2020). *Cusco.gob.pe*. Plan de Desarrollo Urbano del Cusco 2013 – 2023: <https://cusco.gob.pe/plan-de-desarrollo-urbano-del-cusco-2013-2023/>
- Municipalidad Provincial del Cusco. (2020). *Informe de Evaluacion del Riesgo por Deslizamiento en la Zona de Reglamentacion Especial ZRECU02- APV. Portales de Tatica del Distrito, Provincia y Departamento Cusco*. Cusco.
- Núñez Romero, R. y. (2016). *Universidad Nacional Del Centro Del Peru*. Riesgo a Deslizamiento en Taludes Del Sistema Vial Lampa - Pariahuanca, Huancayo: <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/3474/Nu%C3%B1ez%20Romero-Sanchez%20Llacta.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ordoño Bellido, J., & Mendoza Acori, A. (2020). REMOCIÓN DE COBRE Cu (II) Y ARSENICO As (V) DE AGUAS RESIDUALES DE MINA, POR ADSORCIÓN CON ZEOLITA NATURAL EN PROCESO BATCH. Puno, Perú.
- Oyarzun, R., Higuera, P., & Lillo, J. (2011). *Mineria Ambiental: Una introduccion a los impactos y su remediacion*. Madrid: Ediciones GEMM-Aula2pontonet.
- Pagaza Castillo, E. M. (2021). *Repositorio UPEU*. Evaluación de riesgos por sismo, flujo de detritos e inundación en el asentamiento humano 03 de octubre, en Chosica, Distrito de Lurigancho, Lima : https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12840/4552/Edwar_Tesis_Licenciatura_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Peirce, J., Weiner, R. F., & Vesilind, A. P. (1997). *Enviromental pollution and control*. Elsevier Science & Technology Books.
- Perry, R. H., Green, D. W., & Maloney, J. O. (1993). *Perry: Manual del Ingeniero Químico*. México: McGrawHill, 6ta Edición.
- Quadbeck Seeger, H. J. (2007). *World of the Elements Elements of the World*. Weinheim: Verlag GmbH & Co.



- Region Andina. (29 de Octubre de 2007). *Movimiento en Masa de la Region Andina: Una Guia para la Evaluacion de Amenazas*.
<http://repositorio.segemar.gov.ar/308849217/2792>
- Rodriguez Gamez, M., Guerrero Alcivar, M., & Vazquez Perez, A. (2018). LA ZEOLITA EN LA DESCONTAMINACIÓN DE AGUAS RESIDUALES. *ResearchGate*, 109-117.
- Rodriguez Heredia, D. (2017). Intoxicacion ocupacional por metales pesados. *Medisan*.
- Rodríguez Valdivia, M. (2016). *EVALUACION DE LA CAPACIDAD DE ADSORCIÓN DE NH4 Y METALES PESADOS Pb²⁺, Cd²⁺, Cu²⁺, Zn²⁺ y Mn²⁺ EMPLEANDO ZEOLITAS NATURALES Y SINTETICAS [Tesis de Grado, UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN]*. Repositorio UNSA, Arequipa, Perú.
<http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/4515/NFDrovam.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- SENAMHI. (02 de Diciembre de 2021). *Mapa Climatico del Peru*.
<https://www.senamhi.gob.pe/?p=mapa-climatico-del-peru>
- Senamhi. (2022). *Umbrales y Precipitaciones Absolutas*. Lima: Subdirección de Predicción Climática.
- Servicio Nacional de Geología y Minería. (19 de Noviembre de 2021). *Flujo de Detritos*.
<https://www.sernageomin.cl/faq-items/flujo-de-detritos/>
- Tchobanoglous, G., Burton, L., & Stenssel, H. (2003). *Waste water engeneering treatment and reuse for edition*. Pekin: McGraw Hill.
- Thommes, M., Kaneko, K., Neimark, A., Olivier, J., Rodriguez Reinoso, F., Rouquerol, J., & Sing, K. (2015). Physisorption of gases, with special reference to the evaluation of surface area and pore size distribution (IUPAC Technical Report). *DE GRUYER*, 1051–1069.
- Torrellas Hidalgo, R. (2012). La exposición al aluminio y su relación con el ambiente y la salud. *Revista Tecnogestión*, 3-11.
- Vega Gutierrez, J. A. (22 de Febrero de 2015). *Comisiones*. Tesis:
https://comisiones.ipgh.org/CARTOGRAFIA/Premio/Tesis_2015/Tesis_Johnny_Vega.pdf
- Velandia Cabra, J. R., Gonzáles Curbelo, M., Varela Martínez, D. A., Castellanos Cuéllar, I. C., & Ramírez Valencia, E. (2018). *Aplicaciones y generalidades de un espectrofotómetro UV-VIS UV-1800 de Shimadzu*. Bogotá: Ediciones EAN.
- Weber, W., & Morris, J. (1963). Kinetics of Adsorption on Carbon from Solutions. *Journal of the Sanitary Engineering*, 31-39.
- Welz, B., & Sperling, M. (1999). *Atomic Absorption Spectrometry*. Uhltingen: WILEY-VCH Verlag GmbH.
- Worch, E. (2012). *Adsorption technology in water treatment*. Dresden: Hubert & Co. GmbH & Co. KG, Go ttingen.
- Yelena Hernandez, A. e. (2016). Evaluacion Del Riesgo Asociado A Vulnerabilidad Fisica Por Taludes Y Laderas Inestables En La Microcuenca Cay, Ibague, Tolima, Colombia. *Ciencia E Ingenieria Neogranadia*, 111 - 128.