

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA



“Evaluación de riesgos por deslizamiento en la quebrada Saqramayo – en los distritos de Cusco, provincia y región del Cusco 2020”

Tesis presentada por:

Bach. Condorhuacho Valdeiglesias René Francisco
Bach. Suni Mendoza Kely

Para optar el título profesional de
Ingeniero Geólogo

Asesor:

Ing. Edison Santiago Mattos Ojeda.

CUSCO – PERÚ
2023

DEDICATORIA

Francisco

Con todo mi amor dedico a mi mamá Gregoria y a mi papá Francisco quienes me apoyaron incondicionalmente en todo este camino hasta llegar a esta meta. A mis hermanas Luisa, Sonia,

Karina y Nelly quienes creyeron en mí y siempre me motivaron. A todos mis amigos que también pusieron su granito de motivación y aliento en todo este camino y a Rene Francisco por nunca haberse rendido.

Kely

Con todo mi amor a mi madre Presentación Mendoza, quien con todo su cariño y sacrificio pude alcanzar este gran logro. A mis hermanos Reiner, Elva y Dayana, quienes siempre me aconsejan para lograr mis objetivos. A Luis Enrique por todo su amor y cariño, y que siempre me alienta a

seguir mis sueños.

AGRADECIMIENTOS

A nuestra querida universidad quien nos acogió y nos encaminó hacia el mundo profesional donde nos brindaron nuevos conocimientos y experiencias.

A nuestras familias, por el apoyo y amor incondicional, y la fe que tuvieron en nosotros, dándonos aliento día a día.

Nuestro profundo agradecimiento a nuestro asesor Mgt. Edison Mattos Ojeda, así como a nuestros jurados quienes nos acompañaron en el proceso de elaboración del presente.

A la municipalidad provincial del Cusco, por la facilidad y acceso a la información y a los diferentes ingenieros de la municipalidad quienes nos guiaron en el desarrollo de nuestro trabajo.

A nuestros amigos de la universidad, con quienes forjamos grandes lazos de amistad.

Francisco y Kely

PRESENTACIÓN

Señor Decano de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minas y Metalúrgica de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, señores miembros del jurado.

En cumplimiento de las disposiciones vigentes contenidas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minas y Metalúrgica, ponemos a vuestra consideración el presente trabajo de investigación cuyo título es “EVALUACIÓN DE RIESGOS POR DESLIZAMIENTO EN LA QUEBRADA SAQRAMAYO – EN EL DISTRITO DE CUSCO, PROVINCIA Y REGIÓN DEL CUSCO - 2020”

El presente trabajo de investigación ha sido desarrollado en base a la información obtenida de manera teórica – práctica y campo, mediante los conocimientos adquiridos durante los años de formación académica y profesional.

RESUMEN

En la presente investigación se busca determinar los niveles de riesgos por Deslizamiento de los lotes ubicadas en la Quebrada Saqramayo, Distrito Cusco, Provincia y Región del Cusco.

El tipo de investigación es de un enfoque mixto, con un método secuencial, de nivel descriptivo, según su tipo por su fuente es de campo y diseño no experimental.

La técnica para determinar el nivel de riesgo en la zona de estudio está basada en el “Manual Para La Evaluación De Riesgos Originados Por Fenómenos Naturales, 2da Versión. Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres – Dirección de Gestión de Procesos, 2014”. La población y la muestra de esta investigación se constituye por 241 lotes. Para el cálculo del nivel de peligro se usó información previa recabada en pre-campo, corroborada en campo y procesada en gabinete mediante software SIG y para el cálculo de vulnerabilidad se usó encuestas a cada lote la cual se procesó en gabinete.

En cuanto al nivel de peligro ante deslizamientos en el zona de estudio se determinó que 115 lotes se encuentran en peligro muy alto, 57 lotes en peligro alto, 30 lotes en peligro medio y 39 en peligro bajo; con respecto a la vulnerabilidad 38 lotes presentan vulnerabilidad muy alta, 125 lotes vulnerabilidad alta, 45 lotes vulnerabilidad media y 33 lotes vulnerabilidad baja y de los resultados del cálculo del nivel de riesgo 109 lotes se encuentran en riesgo muy alto, 61 lotes en riesgo alto, 36 lote en riesgo medio y 35 lotes en riesgo bajo, así mismo estos resultados con el control de riesgo hacen que el nivel de riesgo muy alto en la zona de estudio sea inadmisibles.

Palabras clave: Riesgo, susceptibilidad, peligro, vulnerabilidad, Saqramayo, Cusco.

INDICE

| | |
|---|----|
| Capítulo I: Aspectos Generales..... | 1 |
| 1.1. Ubicación | 1 |
| 1.1.1. Ubicación Política | 1 |
| 1.1.2. Ubicación en sistema de coordenadas Universal Transversal de Mercator (UTM) considerando los vértices del área. | 3 |
| 1.1.3. Ubicación Hidrográfica..... | 4 |
| 1.1.4. Vías de Acceso | 6 |
| 1.2. Condiciones Climáticas..... | 7 |
| 1.2.1. Clima Seco Semifrío con Invierno Seco..... | 8 |
| 1.2.2. Precipitación..... | 8 |
| Capítulo II: Marco Referencia de la Investigación..... | 14 |
| 2.1. Problema Objetivo de Investigación | 14 |
| 2.2. Formulación del Problema | 15 |
| 2.3. Objetivos | 16 |
| 2.3.1. Objetivo General..... | 16 |
| 2.3.2. Objetivos Específicos | 16 |
| 2.4. Hipótesis..... | 16 |
| 2.4.1. Hipótesis General | 16 |
| 2.4.2. Hipótesis Específicas | 16 |
| 2.5. Justificación..... | 17 |
| 2.6. Variables..... | 18 |
| 2.6.1. Dependientes | 18 |
| 2.6.2. Independientes | 18 |
| 2.7. Metodología | 18 |
| 2.7.1. Método (s) que emplearan en la investigación | 18 |
| 2.7.2. Procedimiento | 18 |
| 2.7.3. Universo..... | 20 |
| Capítulo III: Marco Conceptual Y Metodológico..... | 21 |
| 3.1. Antecedentes: | 21 |
| 3.2. Marco Conceptual | 21 |

| | | |
|--|--|----|
| 3.2.1. | <i>Geología Dinámica O Geodinámica</i> | 21 |
| 3.2.2. | <i>Talud</i> | 21 |
| 3.2.3. | <i>Deslizamiento</i> | 22 |
| 3.2.4. | <i>Clasificación de los Movimientos</i> | 24 |
| 3.2.5. | <i>Caracterización De Los Movimientos</i> | 29 |
| 3.2.6. | <i>Clasificación Según el Tamaño del Deslizamiento</i> | 30 |
| 3.2.7. | <i>Desplazamientos Laterales</i> | 31 |
| 3.2.8. | <i>Factores Condicionantes</i> | 35 |
| 3.2.9. | <i>Factores desencadenantes</i> | 37 |
| 3.2.10. | <i>La Cobertura Vegetal</i> | 37 |
| 3.2.11. | <i>Acciones antrópicas</i> | 37 |
| 3.2.12. | <i>Evaluación del Riesgo Geológico</i> | 38 |
| 3.2.13. | <i>Peligro Geológico</i> | 38 |
| 3.2.14. | <i>Vulnerabilidad</i> | 38 |
| 3.2.15. | <i>Elementos expuestos</i> | 40 |
| 3.2.16. | <i>Mapas de peligrosidad y de riesgo</i> | 40 |
| 3.2.17. | <i>Riesgos Geológicos</i> | 40 |
| Capitulo IV: Características Generales de la Zona de Estudio | | 42 |
| 4.1. | <i>Análisis de Pendientes</i> | 42 |
| 4.2. | <i>Unidades Geomorfológicas</i> | 45 |
| 4.2.1. | <i>Cauce de Quebrada</i> | 45 |
| 4.2.2. | <i>Erosión en Ladera</i> | 46 |
| 4.2.3. | <i>Montaña en Roca Sedimentaria</i> | 46 |
| 4.2.4. | <i>Vertiente con Depósito de Deslizamiento</i> | 47 |
| 4.2.5. | <i>Vertiente o Pie de Monte Aluvio-Lacustre</i> | 48 |
| 4.3. | <i>Aspectos Geológicos</i> | 50 |
| 4.3.1. | <i>Formación Puquín: Coniaciano-Maestrichtiano (Ks-pu)</i> | 50 |
| 4.3.2. | <i>Formación Chilca: Paleoceno Superior – Eoceno Basal (Pp-ch)</i> | 51 |
| 4.3.3. | <i>Formación San Sebastián: Pleistoceno (Qp-ss)</i> | 51 |
| 4.3.4. | <i>Depósito Proluvial(Q-pl)</i> | 52 |
| 4.3.5. | <i>Depósito Coluvial (Q-cl)</i> | 53 |

| | | |
|--------------|--|-----|
| 4.4. | Cobertura Vegetal y Uso de Suelo | 56 |
| 4.4.1. | <i>Escasa Cobertura Vegetal</i> | 56 |
| 4.4.2. | <i>Pastizal</i> | 56 |
| 4.4.3. | <i>Área de Bosque Disperso</i> | 57 |
| 4.4.4. | <i>Área de Bosque Denso</i> | 57 |
| 4.4.5. | <i>Área Urbana</i> | 58 |
| Capítulo V: | Aspectos Geotécnicos | 61 |
| 5.1. | Mecánica de Suelos | 61 |
| 5.1.1. | <i>Ensayos de Laboratorio</i> | 61 |
| Capítulo VI: | Determinación Del Peligro | 63 |
| 6.1. | Metodología Para La Determinación Del Peligro | 63 |
| 6.2. | Identificación De Tipo De Peligro Para Evaluar..... | 65 |
| 6.3. | Caracterización del Peligro de Deslizamientos | 67 |
| 6.3.1. | <i>Descripción De Los Deslizamientos Antiguos</i> | 67 |
| 6.4. | Ponderación De Los Parámetros De Evaluación..... | 68 |
| 6.4.1. | <i>Parámetro General de Evaluación - Áreas Inestables.</i> | 72 |
| 6.5. | Susceptibilidad del ámbito geográfico ante peligros..... | 73 |
| 6.5.1. | <i>Factores Condicionantes</i> | 74 |
| 6.5.2. | <i>Factores Desencadenantes</i> | 84 |
| 6.6. | Análisis De Elementos Expuestos..... | 87 |
| 6.6.1. | <i>Población</i> | 87 |
| 6.6.2. | <i>Lotes</i> | 87 |
| 6.7. | Definición De Escenarios..... | 89 |
| 6.8. | Definición Y Estratificación Del Nivel De Peligro..... | 89 |
| 6.8.1. | <i>Estratificación del Nivel de Peligrosidad</i> | 90 |
| Capítulo VI: | Análisis de Vulnerabilidad..... | 94 |
| 7.1. | Metodología Para El Análisis De La Vulnerabilidad..... | 94 |
| 7.2. | Análisis de la Vulnerabilidad | 95 |
| 7.2.1. | <i>Análisis De La Dimensión Social</i> | 95 |
| 7.2.2. | <i>Análisis de la dimensión económica</i> | 110 |
| 7.2.3. | <i>Análisis de la dimensión ambiental</i> | 122 |

| | |
|---|-----|
| 7.2.4. Jerarquía de las Dimensiones de la Vulnerabilidad..... | 137 |
| 7.2.5. Definición Y Estratificación De Los Niveles De Vulnerabilidad..... | 138 |
| Capitulo VIII: Cálculo de los Niveles de Riesgo..... | 142 |
| 8.1. Metodología para el cálculo de Riesgo | 142 |
| 8.2. Definición y Estratificación de los Niveles de Riesgo..... | 143 |
| 8.2.1. Estratificación del Nivel de Riesgo por Deslizamiento | 145 |
| Capitulo IX: Control del Riesgo | 149 |
| 9.1. Aceptabilidad y Tolerancia del Riesgo | 149 |
| 9.1.1. Valoración de los Niveles de Consecuencias..... | 149 |
| 9.1.2. Valoración de los Niveles De Frecuencia de Ocurrencia | 150 |
| 9.1.3. Matriz de Consecuencia Y Daño (Matriz) | 151 |
| 9.1.4. Medidas Cualitativas De Consecuencias Y Daño | 152 |
| 9.1.5. Aceptabilidad Y Tolerancia | 152 |
| 9.1.6. Matriz De Aceptabilidad Y Tolerancia | 153 |
| 9.1.7. Prioridad de la Intervención..... | 154 |
| Capitulo X: Discusión de Resultados | 155 |
| Conclusiones:..... | 156 |
| Recomendaciones: | 157 |
| Bibliografía: | 158 |

INDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1 <i>Ubicación Política de la zona de estudio</i> | 1 |
| Tabla 2 <i>Coordenadas UTM de la zona de estudio</i> | 3 |
| Tabla 3 <i>División Hidrográfica según la clasificación de PFAFSTETTER</i> | 5 |
| Tabla 4 <i>Datos Estación Meteorológica (1964-2017)</i> | 8 |
| Tabla 5 <i>Precipitación Total Mensual-Promedio Multi-mensual</i> | 10 |
| Tabla 6 <i>Umbral de precipitación calculados para la estación: Kayra</i> | 12 |
| Tabla 7 <i>Glosario para la caracterización de movimientos en masa</i> | 30 |
| Tabla 8 <i>Clasificación de deslizamientos de acuerdo con su volumen</i> | 31 |
| Tabla 9 <i>Características para la identificación de movimientos de ladera</i> | 33 |
| Tabla 10 <i>Factores condicionantes y desencadenantes, influencias y efectos</i> | 36 |
| Tabla 11 <i>Elementos para evaluar la vulnerabilidad</i> | 39 |
| Tabla 12 <i>Procesos geológicos y meteorológicos que pueden causar riesgo</i> | 41 |
| Tabla 13 <i>Clasificación modificada de pendientes</i> | 42 |
| Tabla 14 <i>Resultados de ensayos de resistencia mecánica</i> | 62 |
| Tabla 15 <i>Áreas inestables de deslizamientos</i> | 72 |
| Tabla 16 <i>Matriz de comparación del parámetro de evaluación – Áreas inestables</i> | 72 |
| Tabla 17 <i>Matriz de normalización del parámetro de evaluación - áreas inestables</i> | 73 |
| Tabla 18 <i>Índice de consistencia y relación de consistencia del parámetro de evaluación - áreas inestables</i> | 73 |
| Tabla 19 <i>Matriz de comparación de pares del factor condicionantes</i> | 75 |
| Tabla 20 <i>Matriz de normalización de pares del factor condicionantes</i> | 75 |
| Tabla 21 <i>Índice de consistencia y relación de consistencia del factor condicionante</i> | 75 |

| | |
|---|----|
| Tabla 22 <i>Clasificación de unidades geológicas</i> | 76 |
| Tabla 23 <i>Matriz de comparación de pares del parámetro unidades Geológicas.</i> | 76 |
| Tabla 24 <i>Matriz de normalización del parámetro unidades Geológicas.</i> | 77 |
| Tabla 25 <i>Índice de consistencia y relación de consistencia del parámetro unidades Geológicas.</i> | 77 |
| Tabla 26 <i>Clasificación del parámetro de pendientes.</i> | 78 |
| Tabla 27 <i>Matriz de comparación de pares del parámetro pendiente.</i> | 78 |
| Tabla 28 <i>Matriz de normalización del parámetro pendiente</i> | 79 |
| Tabla 29 <i>Índice de consistencia y relación de consistencia del parámetro pendiente</i> | 79 |
| Tabla 30 <i>Clasificación de unidades geomorfológicas.</i> | 80 |
| Tabla 31 <i>Matriz de comparación de pares del parámetro unidad geomorfológica.</i> | 80 |
| Tabla 32 <i>Matriz de normalización de pares del parámetro unidad geomorfológica.</i> | 81 |
| Tabla 33 <i>Índice de consistencia y relación de consistencia del parámetro unidad geomorfológica.</i> | 81 |
| Tabla 34 <i>Clasificación de cobertura vegetal.</i> | 82 |
| Tabla 35 <i>Matriz de comparación de pares del parámetro unidad cobertura vegetal.</i> | 82 |
| Tabla 36 <i>Matriz de normalización de pares del parámetro unidad cobertura vegetal.</i> | 83 |
| Tabla 37 <i>Índice de consistencia y relación de consistencia del parámetro unidad cobertura vegetal.</i> | 83 |
| Tabla 38 <i>Matriz de Comparación de Pares de los descriptores del parámetro umbrales de precipitación</i> | 84 |
| Tabla 39 <i>Matriz de Comparación de Pares de los descriptores del parámetro umbrales de precipitación</i> | 85 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 40 <i>Matriz de Normalización de los descriptores del parámetro umbrales de precipitación.</i> | 86 |
| Tabla 41. <i>Índice de consistencia y relación de consistencia de los descriptores del parámetro de evaluación.</i> | 86 |
| Tabla 42 <i>Niveles de Peligro</i> | 89 |
| Tabla 43 <i>Estratificación del nivel de peligro por deslizamiento en la zona de estudio.</i> | 90 |
| Tabla 44 <i>Matriz comparación de pares de los factores de la dimensión social.</i> | 96 |
| Tabla 45 <i>Matriz de Normalización de pares factores de la dimensión social.</i> | 96 |
| Tabla 46 <i>Índice de consistencia y relación de consistencia de los factores de la dimensión social.</i> | 97 |
| Tabla 47 <i>Parámetro de Exposición Social.</i> | 97 |
| Tabla 48 <i>Descriptores del parámetro número habitantes por lote.</i> | 97 |
| Tabla 49 <i>Matriz de comparación de pares del parámetro: Número habitantes por lote.</i> | 98 |
| Tabla 50 <i>Matriz de normalización de pares del parámetro: Número habitantes por lote.</i> | 99 |
| Tabla 51 <i>Índice de consistencia y relación de consistencia del parámetro: Número de habitantes por lote.</i> | 99 |
| Tabla 52 <i>Parámetros de fragilidad social.</i> | 100 |
| Tabla 53 <i>Descriptores del parámetro grupo etario.</i> | 100 |
| Tabla 54 <i>Matriz de comparación de pares del parámetro: Grupo Etario.</i> | 101 |
| Tabla 55 <i>Matriz de normalización de pares del parámetro: Grupo Etario.</i> | 101 |
| Tabla 56 <i>Índice de consistencia y relación de consistencia del parámetro.</i> | 102 |
| Tabla 57 <i>Descriptores del parámetro acceso a servicios básicos.</i> | 102 |
| Tabla 58 <i>Matriz de comparación de pares del parámetro: Acceso a servicios básicos.</i> | 103 |

| | |
|---|-----|
| Tabla 59 <i>Matriz de normalización del parámetro: Acceso a servicios básicos.</i> | 104 |
| Tabla 60 <i>Índice de consistencia y relación de consistencia del parámetro: Acceso a servicios básicos.</i> | 104 |
| Tabla 61 <i>Parámetros de Resiliencia social.</i> | 105 |
| Tabla 62 <i>Descripción del Parámetro Organización de la población.</i> | 105 |
| Tabla 63 <i>Matriz de comparación de pares del parámetro: Organización de la población.</i> | 107 |
| Tabla 64 <i>Matriz de normalización del parámetro: Organización de la población.</i> | 107 |
| Tabla 65 <i>Índice de consistencia y relación de consistencia del parámetro: Organización de la población.</i> | 107 |
| Tabla 66 <i>Parámetros Conocimiento en temas de GRD.</i> | 108 |
| Tabla 67 <i>Matriz de comparación de pares del parámetro: Conocimiento en temas de GRD.</i> .. | 109 |
| Tabla 68 <i>Matriz de normalización del parámetro: Conocimiento en temas en temas de GRD.</i> | 109 |
| Tabla 69 <i>Índice de consistencia y relación de consistencia del parámetro: Conocimiento en temas en temas de GRD.</i> | 110 |
| Tabla 70 <i>Matriz de comparación de pares factores de la dimensión económica.</i> | 111 |
| Tabla 71 <i>Matriz de normalización de pares de la dimensión económica.</i> | 111 |
| Tabla 72 <i>Índice de consistencia y relación de consistencia de la dimensión económica.</i> | 112 |
| Tabla 73 <i>Parámetro de Exposición Social.</i> | 112 |
| Tabla 74 <i>Parámetro: Localización de las edificaciones a zonas de peligro muy alto.</i> | 112 |
| Tabla 75 <i>Matriz de comparación de pares del parámetro: localización de edificaciones a zonas de peligro muy alto.</i> | 113 |
| Tabla 76 <i>Matriz de normalización del parámetro: Localización de edificaciones a zonas de peligro muy alto.</i> | 113 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 77 <i>Índice de consistencia y relación de consistencia del parámetro: Localización de edificaciones a zonas de peligro muy alto.</i> | 114 |
| Tabla 78 <i>Parámetros de la dimensión social.</i> | 114 |
| Tabla 79 <i>Material de construcción.</i> | 115 |
| Tabla 80 <i>Matriz de comparación de pares del parámetro: Material de construcción.</i> | 115 |
| Tabla 81 <i>Matriz de Normalización del parámetro: Material de construcción.</i> | 116 |
| Tabla 82 <i>Índice de consistencia y relación de consistencia del parámetro: Material de construcción.</i> | 116 |
| Tabla 83 <i>Descriptorios del parámetro Estado de conservación</i> | 116 |
| Tabla 84 <i>Matriz de comparación de pares del parámetro: Estado de conservación.</i> | 117 |
| Tabla 85 <i>Matriz de Normalización del parámetro: Estado de conservación.</i> | 117 |
| Tabla 86 <i>Índice de consistencia y relación de consistencia del parámetro: Estado de conservación.</i> | 117 |
| Tabla 87 <i>Parámetros de la dimensión social.</i> | 118 |
| Tabla 88 <i>Descriptorios del parámetro: Ingreso familiar promedio mensual.</i> | 118 |
| Tabla 89 <i>Matriz de comparación de pares del parámetro: Ingreso familiar promedio mensual.</i> | 119 |
| Tabla 90 <i>Matriz de Normalización de pares del parámetro: Ingreso familiar promedio mensual.</i> | 119 |
| Tabla 91 <i>Índice de consistencia y relación de consistencia del parámetro: Ingreso familiar promedio mensual.</i> | 120 |
| Tabla 92 <i>Descriptorios del parámetro: Ocupación</i> | 120 |
| Tabla 93 <i>Matriz de comparación de pares del parámetro: Ocupación.</i> | 121 |

| | |
|---|-----|
| Tabla 94 <i>Matriz de Normalización de pares del parámetro: Ocupación.</i> | 121 |
| Tabla 95 <i>Índice de consistencia y relación de consistencia del parámetro: Ocupación</i> | 122 |
| Tabla 96 <i>Matriz de comparación de pares factores de la dimensión ambiental.</i> | 123 |
| Tabla 97 <i>Matriz de normalización de pares factores de la dimensión ambiental.</i> | 124 |
| Tabla 98 <i>Índice de consistencia y relación de consistencia de la dimensión ambiental.</i> | 124 |
| Tabla 99 <i>Parámetros exposición de la dimensión ambiental.</i> | 124 |
| Tabla 100 <i>Cercanía a residuos sólidos.</i> | 125 |
| Tabla 101 <i>Matriz de comparación de pares: Cercanía a residuos sólidos.</i> | 125 |
| Tabla 102 <i>Matriz de comparación del parámetro: Cercanía a residuos sólidos.</i> | 126 |
| Tabla 103 <i>Índice de consistencia y relación de consistencia del parámetro: Cercanía a residuos sólidos.</i> | 126 |
| Tabla 104 <i>Matriz de Comparación de Pares de la fragilidad ambiental.</i> | 126 |
| Tabla 105 <i>Descripción de los descriptores del parámetro disposición de residuos sólidos.</i> | 127 |
| Tabla 106 <i>Matriz de comparación de pares del parámetro: Disposición de Residuos Sólidos.</i> | 128 |
| Tabla 107 <i>Matriz de Normalización parámetro: Disposición de Residuos Sólidos</i> | 128 |
| Tabla 108 <i>Índice de consistencia y relación de consistencia del parámetro: Disposición de Residuos Sólidos.</i> | 129 |
| Tabla 109 <i>Descripción de los descriptores del parámetro disposición de excretas</i> | 130 |
| Tabla 110 <i>Matriz de Comparación de pares del parámetro: Disposición de Excretas</i> | 131 |
| Tabla 111 <i>Matriz de Normalización del parámetro: Disposición de Excretas.</i> | 132 |
| Tabla 112 <i>Índice de consistencia y relación de consistencia del parámetro: Disposición de Excretas</i> | 132 |
| Tabla 113 <i>Parámetros de Resiliencia Ambiental.</i> | 133 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 114 <i>Manejo de Residuos sólidos</i> | 133 |
| Tabla 115 <i>Matriz de comparación de pares del parámetro: Manejo de residuos sólidos</i> | 134 |
| Tabla 116 <i>Matriz de Normalización del parámetro: Manejo de residuos sólidos</i> | 134 |
| Tabla 117 <i>Índice de consistencia y relación de consistencia: Manejo de residuos sólidos</i> | 135 |
| Tabla 118 <i>Descripción de los descriptores del parámetro conocimiento en temas ambientales</i> | 135 |
| Tabla 119 <i>Matriz de comparación de pares del parámetro: Conocimiento en temas ambientales</i> | 136 |
| Tabla 120 <i>Matriz de Normalización del parámetro: Conocimiento en temas ambientales</i> | 136 |
| Tabla 121 <i>Índice de consistencia y relación de consistencia del parámetro: Conocimiento en temas ambientales</i> | 137 |
| Tabla 122 <i>Matriz de Comparación de Pares – Parámetros de análisis de vulnerabilidad</i> | 137 |
| Tabla 123 <i>Matriz de Normalización – Parámetros de análisis de vulnerabilidad</i> | 137 |
| Tabla 124 <i>Índice y relación de consistencia – Parámetros de análisis de vulnerabilidad</i> | 138 |
| Tabla 125 <i>Niveles de Vulnerabilidad</i> | 138 |
| Tabla 126 <i>Estratificación de los niveles de vulnerabilidad</i> | 139 |
| Tabla 127 <i>Cálculo de los Niveles de Riesgo</i> | 144 |
| Tabla 128 <i>Niveles de Riesgo</i> | 144 |
| Tabla 129 <i>Estratificación de los niveles de Riesgo</i> | 145 |
| Tabla 130 <i>Valoración de Consecuencias</i> | 150 |
| Tabla 131 <i>Valoración de frecuencia de recurrencia</i> | 150 |
| Tabla 132 <i>Nivel de consecuencia y daño</i> | 151 |
| Tabla 133 <i>Descripción de los niveles de consecuencia y daño</i> | 152 |

| | |
|---|-----|
| Tabla 134 <i>Aceptabilidad y/o tolerancia</i> | 152 |
| Tabla 135 <i>Nivel de aceptabilidad y/o tolerancia del riesgo.</i> | 153 |
| Tabla 136 <i>Prioridad De Intervención</i> | 154 |

INDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 <i>Ubicación política de la zona de estudio.</i> | 2 |
| Figura 2 <i>Ubicación UTM de la zona de estudio</i> | 4 |
| Figura 3 <i>Ubicación Hidrográfica de la zona de estudio.</i> | 5 |
| Figura 4 <i>Vía de Acceso a la zona de estudio.</i> | 7 |
| Figura 5 <i>Hietograma de Precipitaciones Máximas Registradas en 24 Hr, Estación Kayra.</i> | 9 |
| Figura 6 <i>Precipitación Total Mensual-Multimensual.</i> | 10 |
| Figura 7 <i>Hietograma de Precipitaciones (mm) máxima en 24 horas. Estación Kayra.</i> | 12 |
| Figura 8 <i>Nomenclatura de Taludes y Ladera.</i> | 22 |
| Figura 9 <i>Nomenclatura de las diferentes partes que conforman un deslizamiento.</i> | 23 |
| Figura 10 <i>Dimensiones de los movimientos en masa de acuerdo a IAEG Comisión on Landslides (1990)</i> | 24 |
| Figura 11 <i>Esquema de caídos de roca y residuos.</i> | 25 |
| Figura 12 <i>El volcamiento puede generar un desmoronamiento del talud o falla en escalera, formando caído o derrumbe.</i> | 26 |
| Figura 13 <i>Esquema de un proceso de reptación</i> | 27 |
| Figura 14 <i>Desplazamiento de rotación en una ladera.</i> | 28 |
| Figura 15 <i>Deslizamiento de traslación en la vía Tijuana (México).</i> | 29 |
| Figura 16 <i>Desplazamientos laterales en suelo y roca.</i> | 32 |
| Figura 17 <i>Relieves inclinados con rangos de 16° - 35° de pendiente. Vista al NE de la zona de estudio (Pasaje Los Angeles)</i> | 43 |

| | |
|---|----|
| Figura 18 <i>Relieves empinados con pendientes mayor a 35° de pendiente. Vista al NE de la zona de estudio.</i> | 43 |
| Figura 19 <i>Pendientes en grados de la zona de estudio.</i> | 44 |
| Figura 20 <i>Cauce de quebrada, se observa los clastos sub-angulosos en el tramo del río.</i> | 45 |
| Figura 21 <i>Erosión en ladera, Vista al NE de la zona de estudio.</i> | 46 |
| Figura 22 <i>Escarpa de montaña. Se observa la formación Puquín con pendiente mayor a 35 °, Vista al SW de la zona de estudio.</i> | 47 |
| Figura 23 <i>Vertiente con depósito de deslizamiento, dirección NW</i> | 47 |
| Figura 24 <i>Desembocadura de la quebrada Saqramayo donde se encuentra la geomorfología vertiente o pie de monte aluvio-lacustre.</i> | 48 |
| Figura 25 <i>Unidades geomorfológicas de la zona de estudio.</i> | 49 |
| Figura 26. <i>Afloramiento de la formación Puquin, tomada al NW de la zona de estudio.</i> | 50 |
| Figura 27. <i>Afloramiento de la formación Chilca, tomada al SW de la zona de estudio</i> | 51 |
| Figura 28. | 52 |
| Figura 29 <i>Fragmentos heterométricos del depósito proluvial, Vista al NE de la zona de estudio con coordenadas E: 175840, N: 8502500</i> | 53 |
| Figura 30 <i>Bloques rocosos angulosos heterométricos y de naturaleza litológica homogénea de un depósito coluvial</i> | 54 |
| Figura 31 <i>Unidades geológicas de la zona de estudio</i> | 55 |
| Figura 32 <i>Herbazal dominado totalmente por Muehlenbeckia volcanica (Mullaca)</i> | 56 |
| Figura 33 <i>Matorrales poco densos de la zona acompañados por pastizales.</i> | 57 |
| Figura 34 <i>Zona usada como área verde y de recreación, forestada con especies arbóreas.</i> | 58 |
| Figura 35. <i>Área urbana en la zona de estudio</i> | 59 |

| | |
|--|-----|
| Figura 36 Cobertura Vegetal de la zona de estudio. | 60 |
| Figura 37 Coordenadas de las calicatas..... | 62 |
| Figura 38 Metodología general para determinar la peligrosidad..... | 63 |
| Figura 39 Flujograma General del Proceso de Generación del Mapa de Peligros..... | 65 |
| Figura 40 Peligros registrados en el SINPAD (2003-2020) para el distrito de Cusco. | 66 |
| Figura 41 Ladera fuertemente empinada tomada al extremo noreste de la zona de estudio. | 68 |
| Figura 42 Factor de seguridad menor a 1 de un talud de la margen derecha de la quebrada Saqramayo. | 69 |
| Figura 43 Factor de seguridad menor a 1 de un talud de la margen izquierda de la quebrada Saqramayo. | 70 |
| Figura 44 Áreas inestables en la zona de estudio. | 71 |
| Figura 45 Determinación de la susceptibilidad..... | 74 |
| Figura 46 Elementos Expuestos de la zona de estudio. | 88 |
| Figura 47 Peligro por deslizamientos en la zona de estudio. | 92 |
| Figura 48 Peligro por deslizamientos por elementos expuestos en la zona de estudio. | 93 |
| Figura 49 Metodología del análisis de vulnerabilidad..... | 95 |
| Figura 50 Metodología del análisis de la dimensión social. | 95 |
| Figura 51 Metodología del análisis de la dimensión económica..... | 110 |
| Figura 52 Vulnerabilidad económica, infraestructura de vivienda expuesta al peligro. | 111 |
| Figura 53 Distribución de los parámetros de la dimensión ambiental..... | 122 |
| Figura 54 Botadero de residuos sólidos en laderas..... | 123 |
| Figura 55 Vulnerabilidad ante deslizamientos en la zona de estudio..... | 141 |
| Figura 56 Diagrama del cálculo de riesgo. | 143 |

| | |
|---|-----|
| Figura 57 <i>Riesgo por Deslizamiento de la zona de estudios.</i> | 148 |
| Figura 58. <i>Comparación de mapas de peligros ante deslizamientos del año 2019 con la presente investigación.</i> | 155 |

Capítulo I: Aspectos Generales

1.1. Ubicación

La zona de estudio se describe a nivel de ubicación política, sistema de coordenadas UTM, hidrográfica y vías de acceso.

1.1.1. Ubicación Política

La zona de estudio está dentro de la Quebrada de Saqramayo, donde se encuentra APV El Bosque, APV Alto San Martín y APV. Apucentro Alto San Martín. La zona de estudio está delimitada por la carretera a Ccorca, al noroeste de la ciudad del Cusco, en el distrito de Cusco, provincia de Cusco, departamento de Cusco. (Tabla 1).

Tabla 1

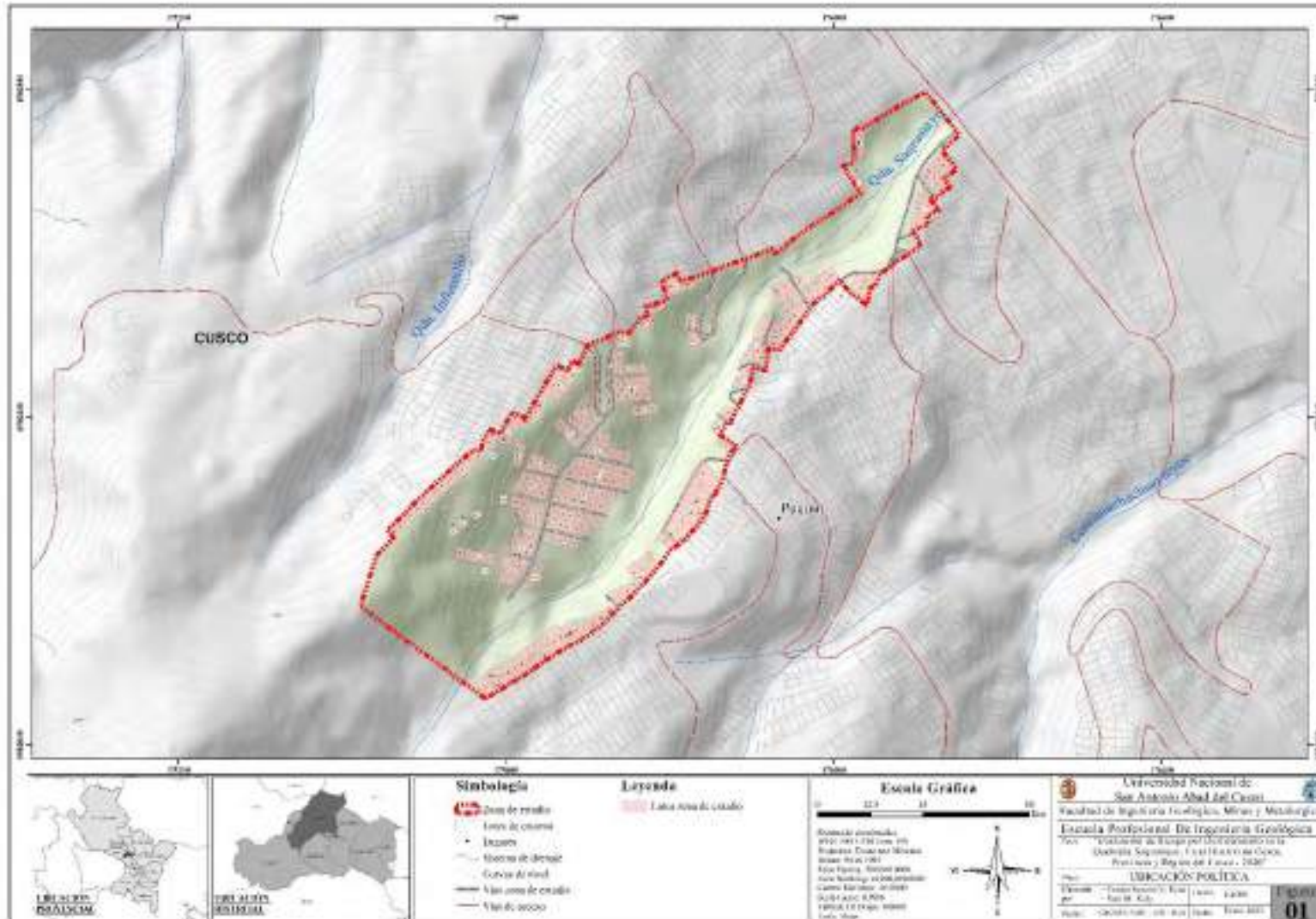
Ubicación Política de la zona de estudio

| Ubicación Política | |
|---------------------------|-------|
| Departamento: | Cusco |
| Provincia: | Cusco |
| Distrito: | Cusco |

Nota. Esta tabla muestra la ubicación departamental, provincial y distrital de la zona de estudio.

Figura 1

Ubicación política de la zona de estudio.



1.1.2. Ubicación en sistema de coordenadas Universal Transversal de Mercator (UTM) considerando los vértices del área.

Para la ubicación de la zona de estudio se utilizó coordenadas en el sistema Universal Transversal de Mercator en la zona 19S, las coordenadas de los vértices del polígono que está delimitando la zona de estudio se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2

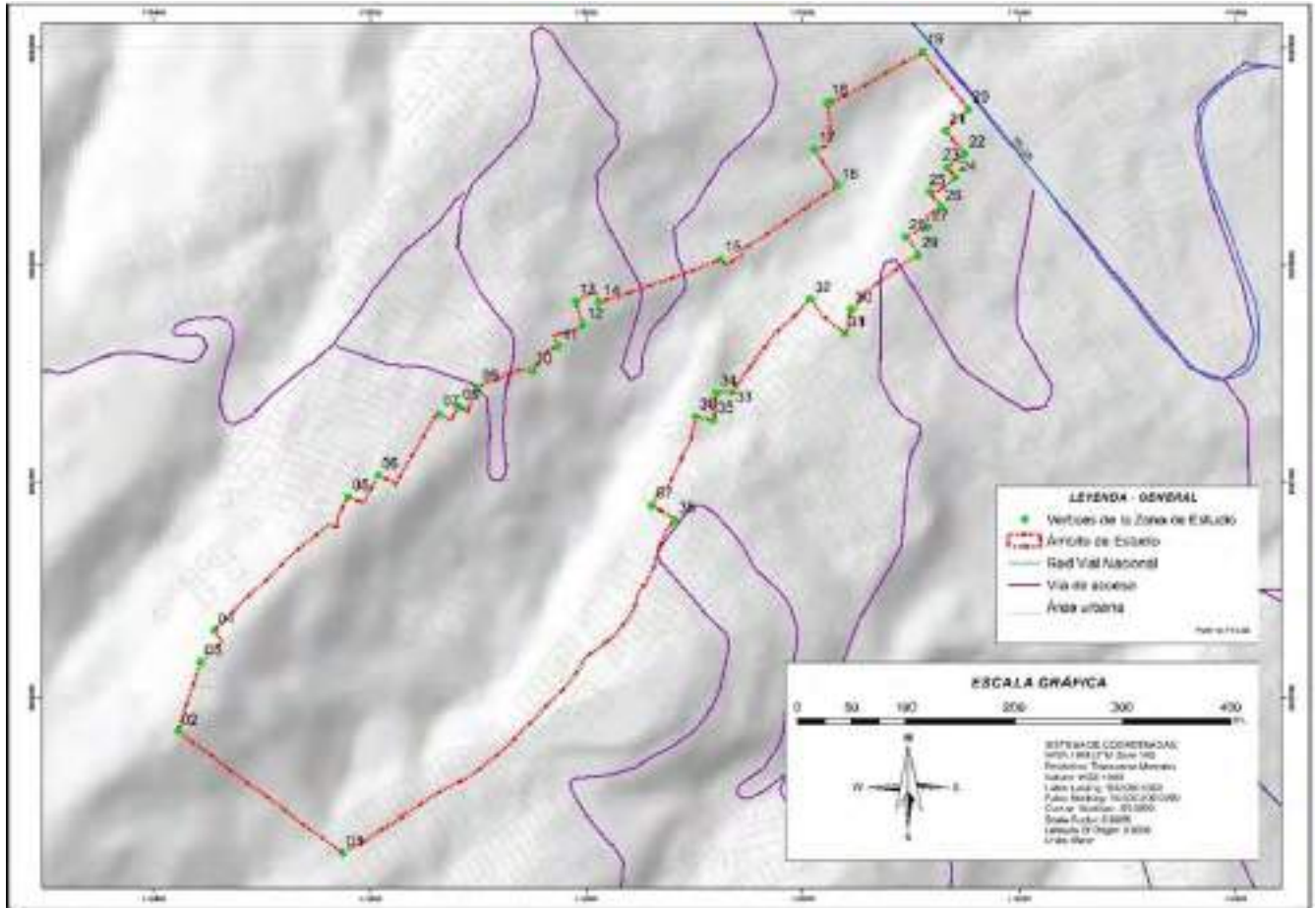
Coordenadas UTM de la zona de estudio.

| <i>PUNTO</i> | <i>ESTE</i> | <i>NORTE</i> | <i>ZONA</i> | <i>PUNTO</i> | <i>ESTE</i> | <i>NORTE</i> | <i>ZONA</i> |
|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|
| 1 | 175574.9 | 8502056.4 | 19S | 20 | 176152.9 | 8502744 | 19S |
| 2 | 175422 | 8502169.3 | 19S | 21 | 176131.9 | 8502724 | 19S |
| 3 | 175443.6 | 8502232.8 | 19S | 22 | 176149.5 | 8502702.6 | 19S |
| 4 | 175455.6 | 8502262.7 | 19S | 23 | 176133.7 | 8502690.6 | 19S |
| 5 | 175579.8 | 8502385.5 | 19S | 24 | 176141.1 | 8502680.3 | 19S |
| 6 | 175607.3 | 8502405.6 | 19S | 25 | 176116.5 | 8502667.4 | 19S |
| 7 | 175663.7 | 8502462.7 | 19S | 26 | 176128.2 | 8502652.9 | 19S |
| 8 | 175681.6 | 8502469.1 | 19S | 27 | 176115.9 | 8502635.2 | 19S |
| 9 | 175699.7 | 8502487.1 | 19S | 28 | 176094.7 | 8502626 | 19S |
| 10 | 175749.7 | 8502502.6 | 19S | 29 | 176106.1 | 8502609.3 | 19S |
| 11 | 175773.8 | 8502524.3 | 19S | 30 | 176044.8 | 8502558.9 | 19S |
| 12 | 175796.8 | 8502544.6 | 19S | 31 | 176039.2 | 8502536.5 | 19S |
| 13 | 175789.4 | 8502566.4 | 19S | 32 | 176007 | 8502567.9 | 19S |
| 14 | 175812 | 8502565.2 | 19S | 33 | 175934.3 | 8502482.6 | 19S |
| 15 | 175924.1 | 8502605.6 | 19S | 34 | 175919.7 | 8502482.2 | 19S |
| 16 | 176032.4 | 8502672.9 | 19S | 35 | 175917.1 | 8502457 | 19S |
| 17 | 176011.2 | 8502706.5 | 19S | 36 | 175901.2 | 8502460.1 | 19S |
| 18 | 176022.8 | 8502750.3 | 19S | 37 | 175860.7 | 8502377.8 | 19S |
| 19 | 176110.8 | 8502797.1 | 19S | 38 | 175881.5 | 8502364.9 | 19S |

Nota. En la tabla se observa las coordenadas este y oeste de los 38 vértices que delimitan la zona de estudio. Elaboración propia.

Figura 2

Ubicación UTM de la zona de estudio



Nota. Se observa los vértices de la zona de estudio de los cuales se obtuvo sus coordenadas UTM

1.1.3. Ubicación Hidrográfica

La zona de estudio desde el punto de vista hidrográfico se encuentra ubicado en la Cuenca Hidrográfica de Amazonas, en la cuenca del Río Vilcanota-Urubamba. La clasificación hidrográfica es la propuesta por la Autoridad Nacional del Ana (ANA). (Tabla 03, Imagen 03)

Tabla 3

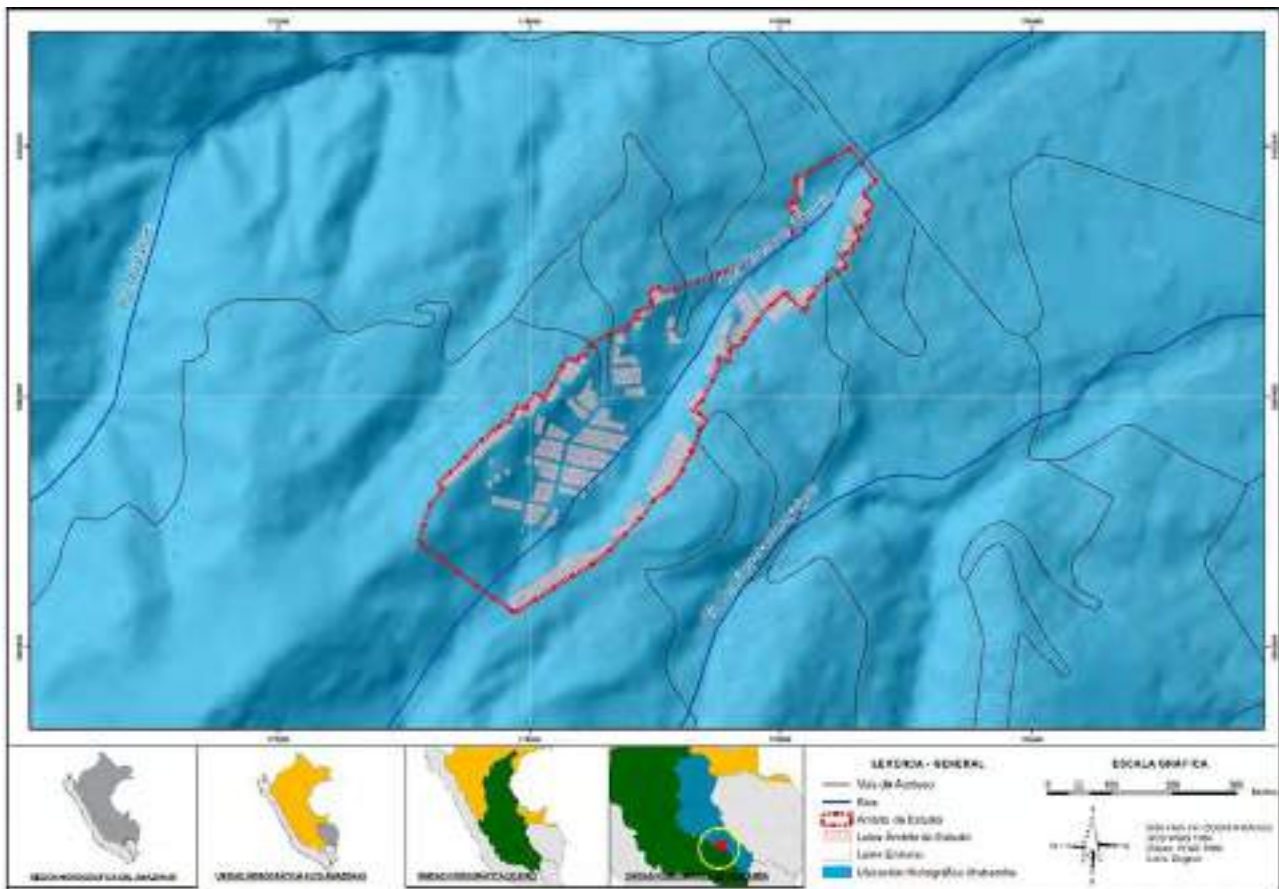
División Hidrográfica según la clasificación de PFAFSTETTER

| Nivel I | Nivel II | Nivel III | Nivel IV |
|--------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|
| Cuenca Hidrográfica del Río Amazonas | Cuenca Hidrográfica Alto Amazonas | Cuenca Hidrográfica del Río Ucayali | Cuenca Hidrográfica del Río Urubamba |

Nota. La tabla señala los niveles de la clasificación hidrográfica para la zona de estudio. Tomada de la Delimitación y Codificación de Unidades Hidrográficas del Perú realizado por la Autoridad Nacional del Agua.

Figura 3

Ubicación Hidrográfica de la zona de estudio.



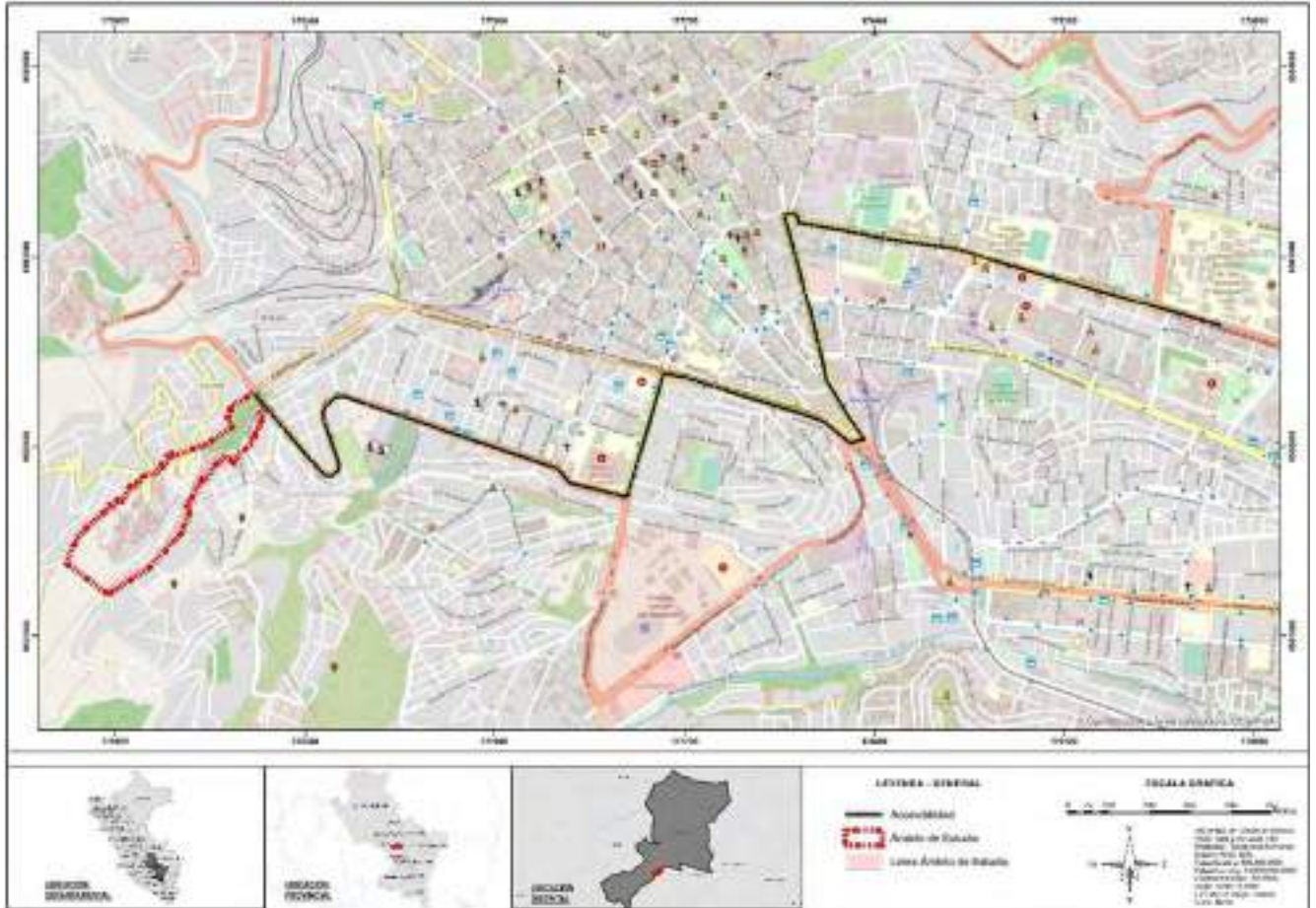
1.1.4. Vías de Acceso

A la zona de estudio se puede acceder por medio de una ruta:

- RUTA 01: Parte de la Av. la cultura a la altura de la Universidad hasta la plazoleta Limacpampa, se toma la calle Tullumayu en dirección hacia el ovalo Martin Chambi, se continua por Av. Ejército, y se desvía hasta la Av. Grau, continuando hasta el cruce con la Av. Antonio Loreta y se prosigue hasta el puente Independencia. (Figura 4)
- RUTA 02: Parte de la Av. la cultura a la altura de la Universidad hasta la plazoleta Limacpampa, se toma la calle Tullumayu en dirección hacia el ovalo Martin Chambi, se continua por Av. Ejército, y se desvía hasta el puente Almudena, se toma la calle Precursores hasta el puente Independencia

Figura 4

Vía de Acceso a la zona de estudio.



Nota. Para el acceso hacia la zona de estudio se tomó como punto de partida la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco.

1.2. Condiciones Climáticas

Las características climáticas según la clasificación climática de Thornthwaite (1931), elaborado por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) para la zona de estudio corresponde:

1.2.1. Clima Seco Semifrío con Invierno Seco.

Presenta una precipitación anual de 500 a 1000 mm y una temperatura media anual de 12 a 14 °C. Los meses de mayor intensidad de precipitaciones pluviales son de diciembre a marzo y un periodo seco entre los meses de mayo a julio. La zona de estudio se encuentra entre los 3480 a 3670 m.s.n.m.

1.2.2. Precipitación

1.2.2.1. Precipitaciones Diarias Máximas.

Se tienen las series históricas de los parámetros climatológicos: precipitación media anual, precipitación máxima 24 horas, temperatura (máxima, media, mínima), provenientes del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) de la estación meteorológica de Kayra instalada en la en el distrito de San Jerónimo, Provincia de Cusco. (Tabla 4)

Tabla 4

Datos Estación Meteorológica (1964-2017).

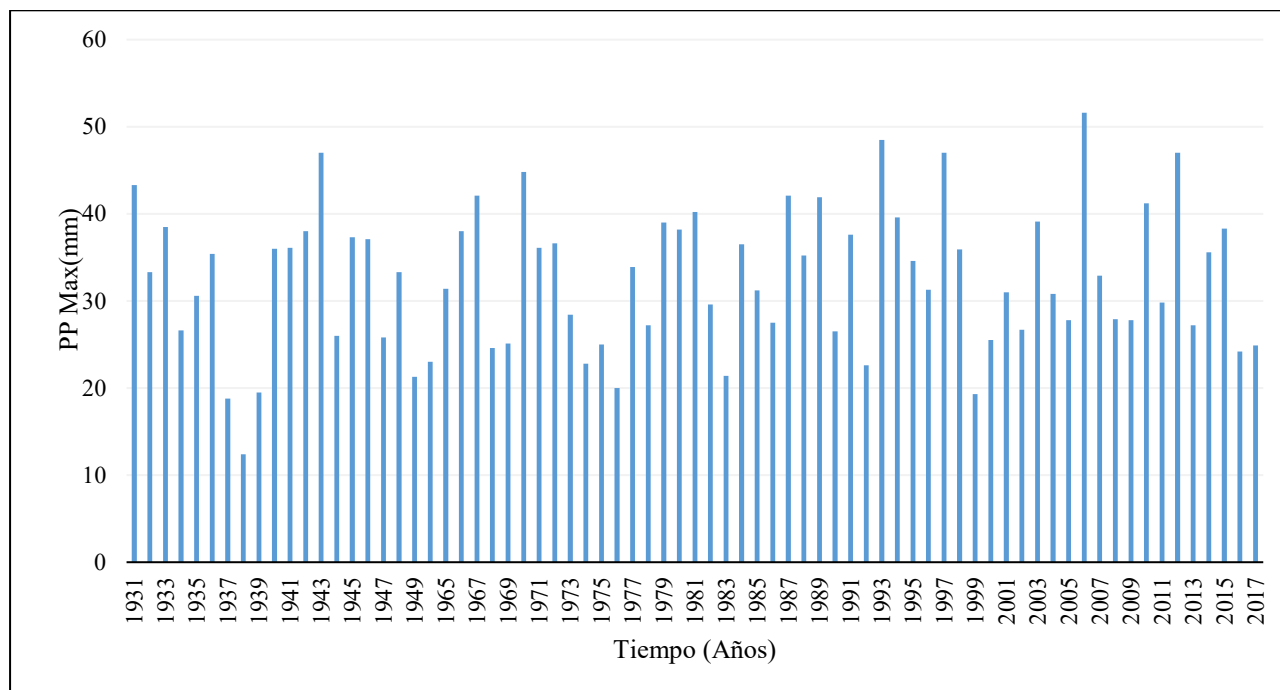
| CAT. | Estación | Provincia | Distrito | Altitud | Latitud | Longitud |
|-------------|-----------------|------------------|-----------------|----------------|----------------|-----------------|
| CO | Kayra | Cusco | San Jerónimo | 3219.00 | 13°33'25'' | 72°52' 31'' |

Nota. En la tabla se observa las coordenadas geográficas y la altitud de la estación meteorológica de Kayra. Senahmi. Mapa de Estaciones. <https://www.senamhi.gob.pe/mapas/mapa-estaciones/mapadepesta1.php?dp=cusco> donde se observa el mapa de estaciones Senamhi.

Debido a la mayor cercanía a la zona en estudio, para el análisis de precipitaciones máximas se ha utilizado los datos de la Estación Kayra, cuyo registro de Precipitación Máxima en 24 horas, se muestran en la siguiente Cuadro. (Figura 5)

Figura 5

Hietograma de Precipitaciones Máximas Registradas en 24 Hr, Estación Kayra.



Nota. Tomada de Senamhi. Descarga de datos Meteorológicos.

<https://www.senamhi.gob.pe/?p=descarga-datos-hidrometeorologicos>.

1.2.2.2. Régimen de la precipitación estacional

Las características estacionales del clima en la zona de estudio se manifiestan principalmente en la variación del régimen de las precipitaciones. En la siguiente tabla se presenta el promedio multi-mensual de la precipitación total de la estación que se encuentra en la zona de estudio, asimismo en la tabla 5 se aprecia la variación de la precipitación, lo que demuestra el carácter estacional de la precipitación. El comportamiento de la precipitación de la estación meteorológica considerada en la presente investigación, de acuerdo con los periodos de lluvia, y meses de transición, se detallan en la Tabla 5.

Tabla 5

Precipitación Total Mensual-Promedio Multi-mensual

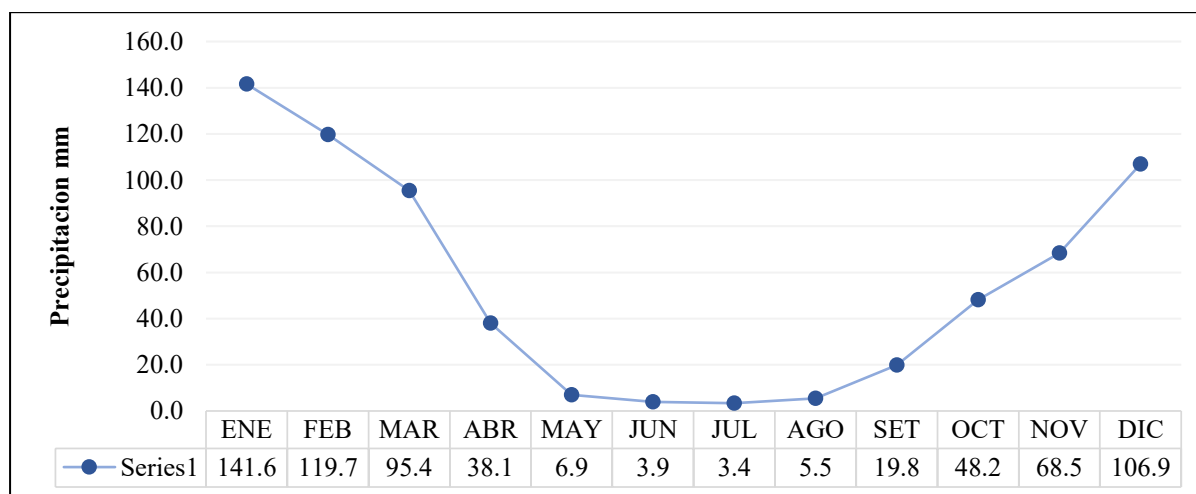
| Promedio de Precipitación (MM) | | | | | |
|---------------------------------------|-------|-----|-----|-----|-------|
| Ene | 141.6 | MAY | 6.9 | Sep | 19.8 |
| Feb | 119.7 | JUN | 3.9 | Oct | 48.2 |
| Mar | 95.4 | JUL | 3.4 | Nov | 68.5 |
| Abr | 38.1 | AGO | 5.5 | Dic | 106.9 |
| Total | | | | | 658.0 |

Nota. Se observa el promedio de las precipitaciones mensuales multianuales y el total de precipitación multianual de los datos históricos de la Estación Kayra que se encuentra en la página de Senamhi.

La figura presenta la precipitación promedio anual es 658 mm, así mismo se evidencia los meses con mayor precipitación en los meses de octubre a abril. (Figura 6)

Figura 6

Precipitación Total Mensual-Multimensual.



Nota. Representación gráfica de la Precipitación Total Mensual-Promedio. Senamhi Kayra.

1.2.2.3. Umbrales de Precipitación

De acuerdo al IPCC (Climate Change 2007: Working Group I: The Physical Science Basis). Un fenómeno meteorológico extremo es un evento “Raro” en un lugar y momento determinado. Las definiciones de raro varían, pero en general hay consenso de que las precipitaciones que superan el percentil 90, calculado de los días con precipitación acumulada diaria mayor a un (1) mm ($RR > 1\text{mm}$) son considerados como días lluviosos; muy lluviosos las precipitaciones que superan el percentil 95. Mientras que extremadamente lluviosos (Extremadamente fuertes), los que superan el percentil 99. Esta clasificación es más de “abundancia” que, de intensidad orientada para tener un criterio común a la hora de clasificar un total acumulado en 24 horas, más que de evaluar la intensidad de la precipitación, aunque indirectamente lo hace. SENAMHI. (2014), Estimación de Umbrales de Precipitaciones Extremas para la Emisión de Avisos Meteorológicos.

Para el cálculo de umbrales de precipitación, el SENAMHI utilizó la metodología descrita en la nota técnica 001-SENAMHI-DGM-2014 “Estimación de umbrales de precipitación extremas para la emisión de avisos meteorológicos”. (Tabla 7)

Tabla 6

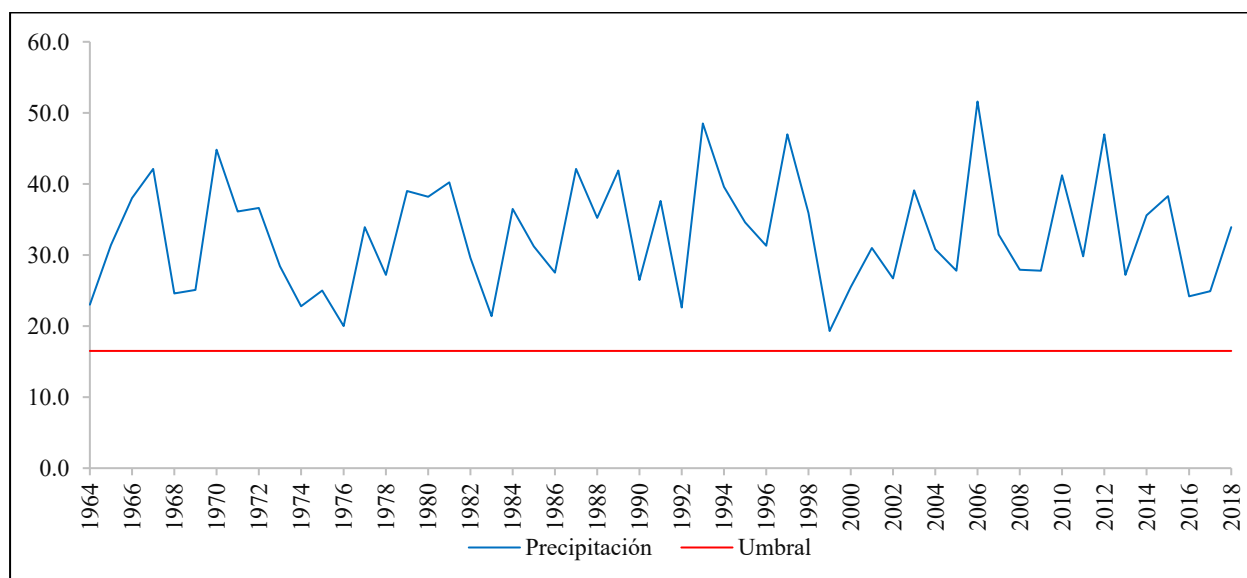
Umbrales de precipitación calculados para la estación: Kayra

| Umbrales de Precipitación | Caracterización de las lluvias extremas | Umbrales Calculados para la estación: Kayra |
|----------------------------------|--|--|
| RR/día>99p | Extremadamente lluvioso | RR>26,7 mm |
| 95p<RR/día≤99p | Muy lluvioso | 16,5 mm<RR≤26,7 mm |
| 90p<RR/día≤95p | Lluvioso | 12,5 mm<RR≤16,5 mm |
| 75p<RR/día≤90p | Moderadamente lluvioso | 6,8 mm<RR≤12,5 mm |
| 75p<RR | Débilmente lluvioso | 6,8 mm<RR |

Nota. Tomado del anexo: Umbrales y precipitaciones absolutas pagina 45/135 de la nota técnica 001 SENAMHI – DGM – 2014 Estimación de umbrales de precipitaciones extremas para la emisión de avisos meteorológicos.

Figura 7

Hietograma de Precipitaciones (mm) máxima en 24 horas. Estación Kayra.



Nota. Del gráfico la línea roja representa el intervalo de tiempo de los Umbrales que es desde el 1964 al 2018, así como la variación de la precipitación en el mismo tiempo. Tomada de datos de la estación de Kayra brindada por Senamhi.

Del análisis del registro de precipitaciones máximas en 24 horas (PPmax 24h) de la estación meteorológica Granja Kayra en el periodo 1964 – 2018, se ha considerado un evento de precipitación máxima diaria de 25.7 mm que ocurrió el mes de febrero del año 2010. Este evento corresponde a la categoría de Muy lluvioso con umbrales de precipitación entre $16,5\text{mm} < RR \leq 26.7\text{mm}$ con percentil entre $95\text{p} < RR/\text{día} \leq 99\text{p}$.

Capítulo II: Marco Referencia de la Investigación

2.1. Problema Objetivo de Investigación

El riesgo (o más específicamente, los riesgos de desastres) son las pérdidas potenciales por desastres (en términos de vidas, estado de salud, medios de vida, activos y servicios) que podrían ocurrirle a una comunidad o sociedad en particular durante un período de tiempo futuro específico. (Referencia a la terminología de UNISDR-United Nations Office for Disaster Risk Reduction)

Considera la probabilidad de consecuencias nocivas o pérdidas esperadas (muertes, lesiones, propiedad, medios de vida, actividad económica interrumpida o ambientalmente dañada) como resultado de interacciones con los peligros naturales o inducidos por el hombre y condiciones vulnerables.

El riesgo se puede calcular utilizando la siguiente ecuación: $\text{Riesgo} = \text{Probabilidad de peligro} \times \text{Grado de vulnerabilidad}$.

El crecimiento de la población y la rápida urbanización están impulsando el aumento de los riesgos de desastres a nivel mundial. Naciones Unidas calcula que para 2050 más de dos tercios de la población mundial vivirá en ciudades. En el informe del Banco Mundial explica que estas tendencias podrían poner en riesgo, solo considerando las inundaciones fluviales y costeras, a 1300 millones de personas y USD 158 billones en activos.

En el Perú Los impactos socio económico y ambiental ocasionado por fenómenos de origen natural se han incrementado, entre otros factores debido al inadecuado crecimiento y/o localización de las actividades humanas en ámbitos geográficos inseguros, reduciendo la eficiencia productiva, así como las capacidades de desarrollo sostenible. Para mantener el incremento de la productividad y lograr un desarrollo sostenible es conveniente la incorporación y uso del procedimiento técnico

del Análisis y/o Evaluación de Riesgos en la planificación económica, física y social. (CENEPRED).

En la quebrada Saqramayo, ubicada en la ciudad del cusco, por su ubicación geográfica y por la actividad humana que existe presenta riesgo que están afectadas por los peligros existentes en la zona y las condiciones de vulnerabilidad.

El crecimiento desordenado de la ciudad, la falta de educación sobre los riesgos de desastres, la necesidad de vivienda, los precios altos de los terrenos, la emigración, da como consecuencia que la población ocupe la quebrada Saqramayo, desarrollando sus actividades sociales, económicas y ambientales, siendo este una zona insegura y con condiciones muy vulnerables generando zonas de riesgo. De continuar con la tendencia de habitar esta zona y no educar a la población sobre la gestión de riesgos de desastres serán muchas las actividades humanas que se encuentren en riesgo deteniendo la productividad y el desarrollo de la población que habita en la quebrada Saqramayo.

De no controlar esta situación las consecuencias pueden ser catastróficas para la población que habita en la quebrada, determinar el nivel de riesgo y una adecuada capacitación en gestión de riesgos de desastres haría que la productividad y el desarrollo de la población que habita en la quebrada Saqramayo no se detenga, así como también se podría prevenir la ocurrencia de un desastre.

2.2. Formulación del Problema

¿Cuál es el nivel de riesgo por deslizamiento de cada lote ubicada en la quebrada Saqramayo?

2.3. Objetivos

2.3.1. *Objetivo General*

Determinar el nivel del riesgo por Deslizamiento de los lotes ubicados en la Quebrada Saqramayo, Distrito Cusco, Provincia y Región del Cusco.

2.3.2. *Objetivos Específicos*

- Determinar el nivel de peligro ante el fenómeno de deslizamientos de los lotes ubicados en la zona de estudio de la quebrada Saqramayo.
- Cuantificar los elementos expuestos al peligro por deslizamientos en la zona de estudio de la quebrada Saqramayo.
- Analizar el nivel vulnerabilidad en las dimensiones social, económica y ambiental por lote ubicados en la zona de estudio de la quebrada Saqramayo.

2.4. Hipótesis

2.4.1. *Hipótesis General*

Los lotes que se ubican en la quebrada Saqramayo están expuestos a un riesgo alto y muy alto y un control de riesgo inadmisibles por los deslizamientos existentes en la zona y las condiciones de vulnerabilidad en las que se encuentra.

2.4.2. *Hipótesis Específicas*

Las condiciones geográficas y geológicas del lugar además de las precipitaciones pluviales extraordinarias que se puedan suscitar en la quebrada Saqramayo hacen que sea susceptible a deslizamientos acompañado de las áreas susceptibles a que este fenómeno da como consecuencia que el nivel de peligro presente en la quebrada Saqramayo sea muy alto y alto.

La ubicación de los lotes con relación a los deslizamientos, elevada exposición y fragilidad, y la baja resiliencia que se encuentra en la zona hace que la mayoría de los lotes presenten condiciones de vulnerabilidad muy alta y alta.

En la quebrada Saqramayo por el peligro existente y las condiciones de vulnerabilidad dan como resultado un nivel de riesgo muy alto y alto dan como resultado un nivel de riesgo muy alto y alto de varios lotes ubicados en la zona de estudio.

2.5. Justificación

Este estudio se realiza con la finalidad de determinar los niveles de riesgo en la quebrada Saqramayo, aplicando el método de jerarquías analíticas propuesto por Thomas Saaty.

Metodológicamente se justifica porque se basa en métodos descriptivos y estadísticos, por lo que permite establecer el tipo de investigación de enfoque mixto (cualitativo y cuantitativo), nivel descriptivo, de tipo fuente de campo, con un diseño no experimental.

Teóricamente se justifica porque se sustenta en bibliografía científica como, libros, tesis y otros estudios e informes relacionados al planteamiento del problema.

Socialmente se justifica porque la investigación sirve para prevenir los desastres naturales por deslizamiento, para cuidar la integridad de la vida humana, el ordenamiento territorial y la calidad de vida de los habitantes. Determinar los niveles de riesgo por deslizamiento ayudará a las autoridades del distrito del Cusco e instituciones encargadas a conocer de estos temas, poder alertar y concientizar a la población sobre el peligro existente en la quebrada Saqramayo y de esta manera evitar pérdidas humanas, económicas y ambientales.

Económicamente se justifica porque con la investigación prevenir genera un ahorro al estado, debido a que los gastos de reconstrucción superan en costo a los gastos de prevención y no detienen el crecimiento y desarrollo de la sociedad.

2.6. Variables

2.6.1. Dependientes

- Riesgo por deslizamientos

2.6.2. Independientes

- Peligro por deslizamientos
- Vulnerabilidad ante deslizamientos

2.7. Metodología

2.7.1. Método (s) que emplearan en la investigación

El tipo de investigación es de un enfoque mixto, con un método secuencial, de nivel descriptivo, según su tipo por su fuente es de campo y diseño no experimental, y se detalla:

- Enfoque: Mixto, porque es cuantitativo y cualitativo.
- Método: Secuencial, porque en base al nivel de peligro y al grado de vulnerabilidad se podrá calcular el nivel de riesgo.
- Nivel: Descriptivo, porque se hace una descripción de los datos y características de la Quebrada Saqramayo.
- Tipo de investigación: Por su fuente es de campo, debido a que la recolección de datos se realizó in-situ.
- Diseño: No experimental porque no se modificaron los datos recolectados.

2.7.2. Procedimiento

La metodología del trabajo comprende únicamente (03) etapas:

2.7.2.1. Etapa De Pre-Campo

- Recopilación y análisis de antecedentes históricos de la zona de estudio y de proyectos aledaños a la zona.
- Revisión de la información geológica regional del Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET) y registros digitales como información vectorial, raster y/o satelital.
- Elaboración de mapas base de la zona de estudio (Ubicación, topográfico, geológico, geomorfológico, etc.)

2.7.2.2. Etapa De Campo

- Identificación de la zona de estudio.
- Levantamiento topográfico con dron.
- Evaluación e identificación de los factores condicionantes del peligro por deslizamiento.
- Identificación de los factores desencadenantes para la ocurrencia del peligro por deslizamiento.
- Cálculo de los parámetros de evaluación de los deslizamientos en la quebrada Saqramayo.
- Recolección de datos de los lotes mediante encuestas.

2.7.2.3. Etapa Post Campo

- Procesamiento de la información obtenida en campo y elaboración de mapas de los factores condicionantes.
- Verificación de los datos obtenidos para los factores desencadenantes.
- Uso de softwares para el cálculo de parámetros de evaluación del deslizamiento.

- Procesamiento de la información obtenida mediante encuestas para hallar la vulnerabilidad de los lotes ante deslizamientos.
- Cálculo del riesgo de cada lote según el nivel de peligro y grado de vulnerabilidad.

2.7.3. Universo

2.7.3.1. Población y Muestra:

Para esta investigación la población es de 241 lotes ubicados en la Quebrada Saqramayo, y la muestra se compone por la misma cantidad de la población, es decir 241 lotes.

2.7.3.2. Técnicas De Recolección De Datos:

Se obtendrán mediante salidas de campo, estudios específicos, en un mismo periodo de tiempo en el año 2020.

2.7.3.3. Procesamiento De Datos

Se utilizará programas informáticos como ArcGis para la generación de los siguientes mapas:

- Mapa de los factores condicionantes
- Mapa de los factores desencadenantes

Se utilizará las imágenes de Google Earth Pro para la descarga de imágenes antiguas de la zona de estudio, así como como la ortofoto obtenida mediante un levantamiento con drone.

Se utilizará el Microsoft Word para la redacción del documento y Microsoft Excel como apoyo para realizar los cálculos de peligro, vulnerabilidad y riesgo.

Capítulo III: Marco Conceptual Y Metodológico

3.1. Antecedentes:

Existe un reglamento de “Plan de Desarrollo Urbano de la Provincia de Cusco 2013-2023” cuyo objetivo es zonificar la ciudad del Cusco, así que se realizó diferentes mapas, tomando como guía el mapa de peligros. Según este reglamento, la zona de estudio se determinó que el peligro es muy alto, seguido de nivel alto, por lo que se necesitó una evaluación de riesgo.

Así mismo existe la tesis de pre- grado “ Evaluación del nivel de peligrosidad originado por movimientos en masa en la Quebrada Saqramayo distrito Santiago – Cusco, 2019”, que se encuentra en el repositorio de la UNSAAC, cuyo obtenido fue determinar el nivel de peligrosidad originado por movimientos en masa en la quebrada Saqramayo, según esta investigación nuestra zona de estudio fue delimitada como peligro alto y escasas zonas de peligro muy alto ante deslizamientos.

3.2. Marco Conceptual

3.2.1. Geología Dinámica O Geodinámica

“Parte de la geología física o geomorfología que estudia los fenómenos geológicos que provocan modificaciones en la superficie terrestre por acción de los esfuerzos tectónicos internos (geodinámica interna) o esfuerzos externos (geodinámica externa)” (Dávila, J., 2011, p. 368).

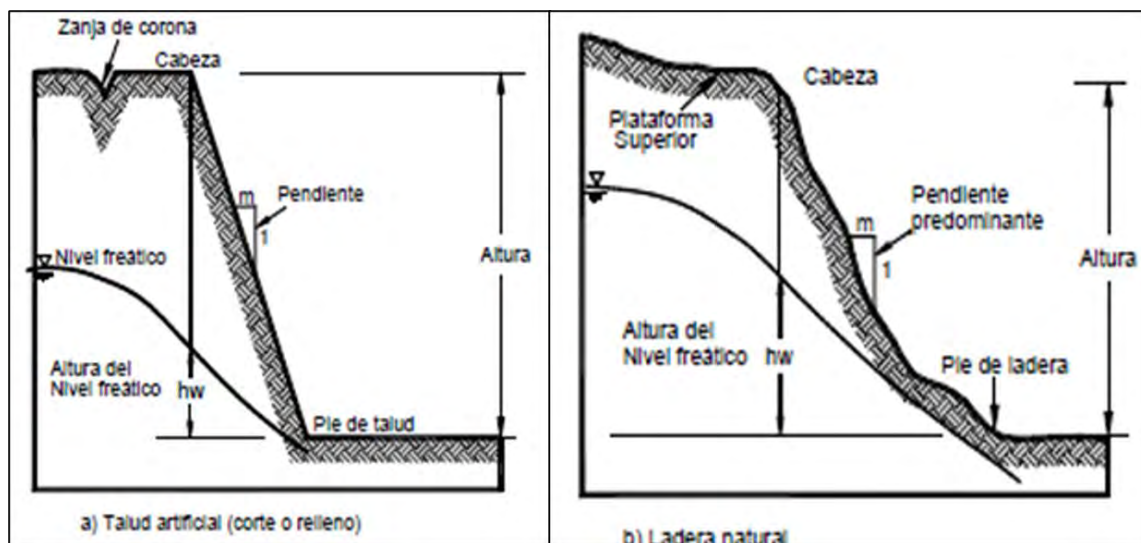
3.2.2. Talud

Un “talud” o ladera es una masa de tierra que no es plana, sino que presenta una pendiente o cambios significativos de altura. En la literatura técnica se define como “ladera” cuando su conformación actual tuvo como origen un proceso natural y “talud” cuando se conformó artificialmente. Los taludes se pueden agrupar en tres categorías generales: los terraplenes, los

cortes de laderas naturales y los muros de contención. Se pueden presentar combinaciones los diversos tipos de taludes y laderas. (Suarez, J., 2009, p. 3).

Figura 8

Nomenclatura de Taludes y Ladera.



Nota. Tomado de Deslizamientos. Tomo I: Análisis geotécnico (p.3), J. Suarez, 2009.

3.2.2.1. Partes de un Talud

Existen algunos términos para definir las partes de un talud. El talud comprende una parte alta o superior convexa con una cabeza, cima, cresta o escarpe, donde se presentan procesos de denudación o erosión; una parte intermedia semi recta y una parte baja o inferior cóncava con un pie, pata o base, en la cual ocurren principalmente procesos de depositación. (Suarez, J., 2009, p. 3). (Ilustración 05)

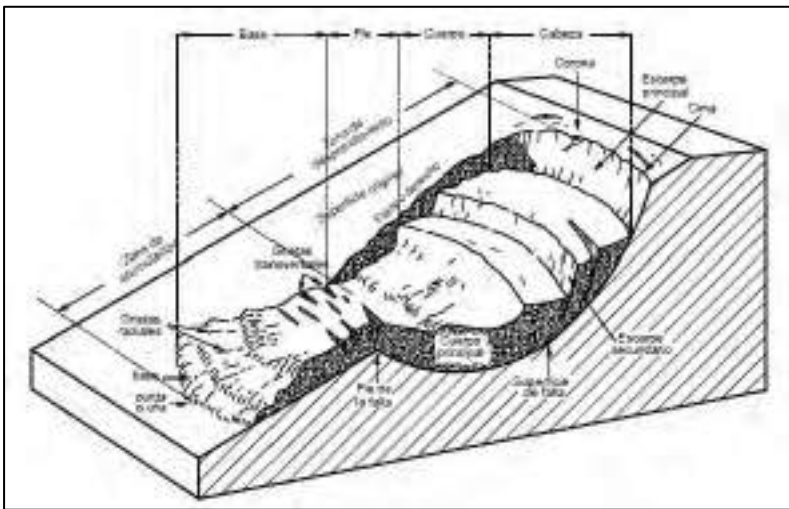
3.2.3. Deslizamiento

Los deslizamientos (“Landslides”) consisten en “movimientos de masas de roca, residuos o tierra, hacia abajo de un talud” (Cruden 1991). En el término “deslizamiento” se incluyen tanto los procesos de erosión como los procesos denudacionales. La naturaleza precisa del proceso no está incluida en la definición e incluye procesos que son producto de la acción de las fuerzas

gravitacionales, hidráulicas, etc. En el presente texto no se utiliza la denominación “Fenómeno de remoción en masa” (Mass Wasting), por considerarlo poco universal. Sin embargo, en Colombia, este término es utilizado regularmente. Algunos países utilizan otros nombres autóctonos como “deslaves”. (Suarez, J., 2009, p. 5).

Figura 9

Nomenclatura de las diferentes partes que conforman un deslizamiento.



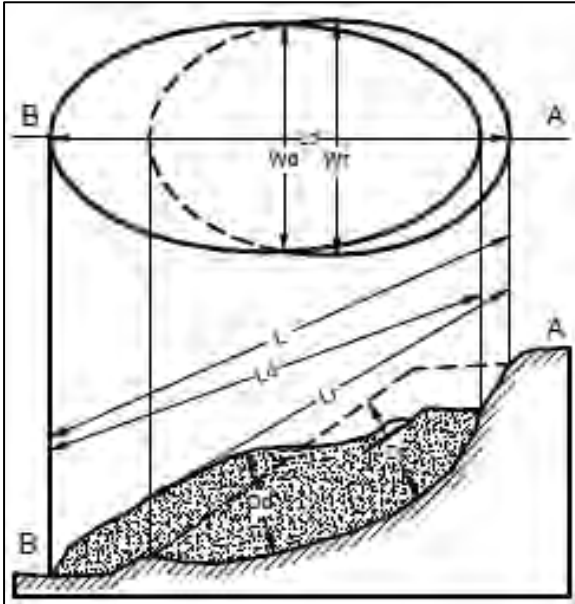
Nota. Tomado de Deslizamientos. Tomo I: Análisis geotécnico (p.4), J. Suarez, 2009

3.2.3.1. Volumen de un Deslizamiento

El volumen del deslizamiento se mide en metros cúbicos después de la falla. El volumen aproximado de un desplazamiento de rotación puede calcularse utilizando la expresión: Donde F_{ex} : Factor de expansión del suelo al ser perturbado. (Suarez, J., 2009, p. 6).

Figura 10

Dimensiones de los movimientos en masa de acuerdo a IAEG Comisión on Landslides (1990)



Nota: Tomado de Deslizamientos. Tomo I: Análisis geotécnico (p.6), J. Suarez, 2009)

3.2.4. Clasificación de los Movimientos

Para la clasificación de los deslizamientos se presenta el sistema propuesto por Varnes (1978), el cual tipifica los principales tipos de movimiento. Para el propósito del presente texto, se presentan algunas adiciones a los procesos de movimiento identificados originalmente por Varnes. Algunos de estos movimientos están incluidos en la clasificación de los procesos de deterioro (previos a un deslizamiento) y es difícil identificar cuándo son procesos de deterioro y cuándo son componentes principales del movimiento del talud. Por ejemplo, la erosión se clasifica como un proceso y no como un tipo de movimiento. (Suarez, J., 2009, p. 8).

3.2.4.1. Caído

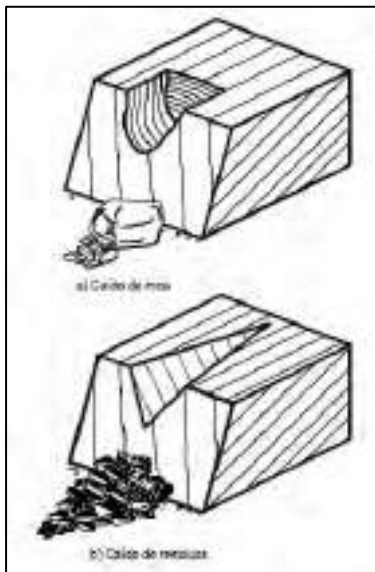
Caído es el desprendimiento y caída de materiales del talud. En los caídos se desprende una masa de cualquier tamaño desde un talud de pendiente fuerte a lo largo de una superficie en la

cual el desplazamiento de corte es mínimo o no se da. Este desplazamiento se produce principalmente por caída libre, a saltos o rodando.

Los caídos de suelo, en escarpes semi-verticales, representan un riesgo importante para los elementos que están debajo del talud. (Suarez, J., 2009, p. 8).

Figura 11

Esquema de caídos de roca y residuos.



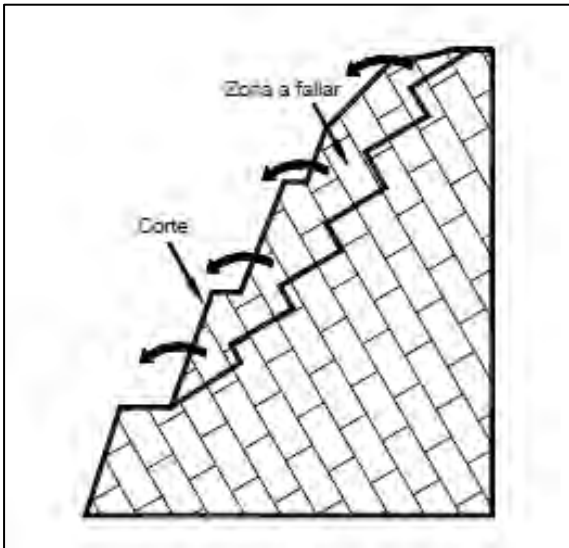
Nota. Tomado de Deslizamientos. Tomo I: Análisis geotécnico (p.8), J. Suarez, 2009

3.2.4.2. Inclinación o Volcamiento

Este tipo de movimiento consiste en una rotación hacia adelante de una unidad o unidades de material térreo con centro de giro por debajo del centro de gravedad de la unidad. Generalmente, los volcamientos ocurren en las formaciones rocosas, pero también, se presentan en suelos cohesivos secos y en suelos residuales. La inclinación puede abarcar zonas muy pequeñas o incluir volúmenes grandes hasta de varios millones de metros cúbicos. (Suarez, J., 2009, p. 11).

Figura 12

El volcamiento puede generar un desmoronamiento del talud o falla en escalera, formando caído o derrumbe.

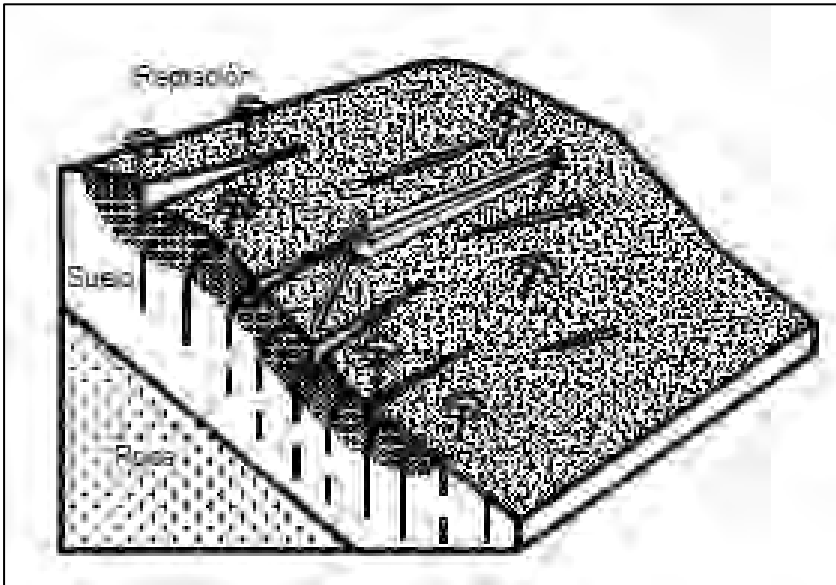


Nota. Tomado de Deslizamientos. Tomo I: Análisis geotécnico (p.11), J. Suarez, 2009

La reptación o “creep” consiste en movimientos del suelo subsuperficial desde muy lentos a extremadamente lentos sin una superficie definida de falla. La profundidad del movimiento puede ser desde pocos centímetros hasta varios metros. Generalmente, el desplazamiento horizontal es de unos pocos centímetros al año y afecta a grandes áreas de terreno. La reptación puede preceder a movimientos más rápidos como los flujos o deslizamientos traslacionales. La reptación comúnmente ocurre en las laderas con pendiente baja a media. Se le atribuye a las alteraciones climáticas relacionadas con los procesos de humedecimiento y secado en los suelos, usualmente arcillosos, muy blandos o alterados, con características expansivas. (Suarez, J., 2009, p. 12).

Figura 13

Esquema de un proceso de reptación



Nota. Tomado de Deslizamientos. Tomo I: Análisis geotécnico (p.11), J. Suarez, 2009

3.2.4.3. Deslizamientos en Masa (Traslacionales y Rotacionales)

El deslizamiento en masa consiste en un desplazamiento de corte a lo largo de una o varias superficies, que pueden detectarse fácilmente o dentro de una zona relativamente delgada. Los deslizamientos en masa pueden ser de una sola masa coherente que se mueve, o pueden comprender varias unidades o masas semi-independientes. (Suarez, J., 2009, p. 14).

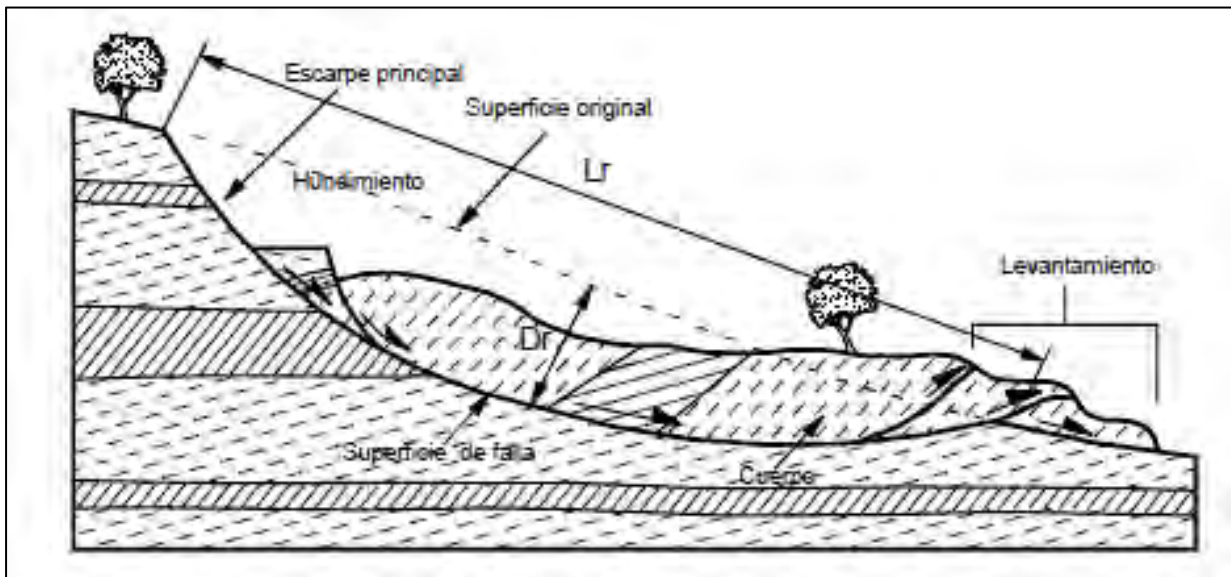
3.2.4.3.1. Deslizamiento Rotacional

En un desplazamiento rotacional, la superficie de falla es cóncava hacia arriba y el movimiento es rotacional con respecto al eje paralelo a la superficie y transversal al deslizamiento. El centro de giro se encuentra por encima del centro de gravedad del cuerpo del movimiento. Visto en planta, el deslizamiento de rotación posee una serie de agrietamientos concéntricos y cóncavos en la dirección del movimiento. El movimiento produce un área superior de hundimiento y otra inferior de deslizamiento, lo cual genera, comúnmente, flujos de materiales por debajo del pie del

deslizamiento. La cabeza del movimiento bascula hacia atrás y los árboles se inclinan, de forma diferente, en la cabeza y en el pie del deslizamiento. (Suarez, J., 2009, p. 14).

Figura 14

Desplazamiento de rotación en una ladera.



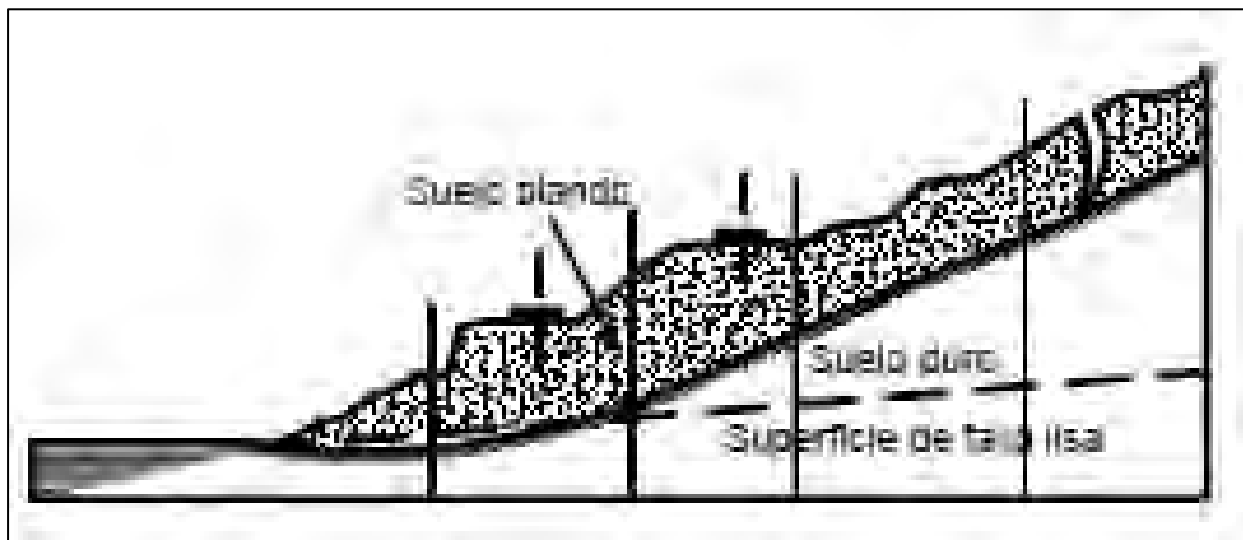
Nota. Tomado de Deslizamientos. Tomo I: Análisis geotécnico (p.15), J. Suarez, 2009

3.2.4.3.2. Deslizamiento de Traslación

En el desplazamiento de traslación la masa se desliza hacia afuera o hacia abajo, a lo largo de una superficie más o menos plana o ligeramente ondulada y tiene muy poco o nada de movimiento de rotación o volteo. Los movimientos traslacionales generalmente, tienen una relación D_r/L_r de menos de 0.1. En muchos desplazamientos de traslación, la masa se deforma y/o se rompe y puede convertirse en flujo, especialmente en las zonas de pendiente fuerte. (Suarez, J., 2009, p. 17).

Figura 15

Deslizamiento de traslación en la vía Tijuana (México).



Nota. Tomado de Deslizamientos. Tomo I: Análisis geotécnico (p.18), J. Suarez, 2009

3.2.5. Caracterización De Los Movimientos

Junto al tipo de movimiento, es importante definir las características que posee en cuanto a secuencia, estado de actividad, estilo, velocidad, humedad y material. (Suarez, J., 2009, p. 27).

Tabla 7

Glosario para la caracterización de movimientos en masa

| Tipo | Secuencia | Estado de Actividad | Tamaño | Velocidad | Humedad | Material |
|-------------------|------------------|----------------------------|------------------------|-----------------------|----------------|-----------------|
| Caído | Progresivo | Activado | Extremadamente Pequeño | Extremadamente rápido | Seco | Roca |
| Inclinación | Retrogresivo | Reactivado | Muy pequeño | Muy rápido | Húmedo | Tierra |
| Rotación | Ampliándose | Suspendido | Pequeño | Rápido Moderado | Mojado | Residuos |
| Traslación | alargándose | Inactivo | Mediano | Lento | Muy mojado | Lodo |
| Extensión Lateral | Confinado | Dormido | Medianamente grande | Muy Lento | | |
| Hundimiento | Disminuyendo | Abandonado | Muy grande | Extremadamente lento | | |
| Flujo | | Estabilizado | Extremadamente grande | | | |
| Avalancha | | Relicto | | | | |
| Lahar | | | | | | |

Nota. En la tabla se observa la secuencia, el estado de actividad, el tamaño, la velocidad, humedad y material característico de cada tipo de movimiento en masa. Tomada y ampliada de Cruden y Varnes, 1996.

3.2.6. Clasificación Según el Tamaño del Deslizamiento

La clasificación basada en el volumen del deslizamiento fue propuesta por Fell (1994). (Suarez, J., 2009, p. 33).

Tabla 8

Clasificación de deslizamientos de acuerdo con su volumen

| Clase de Tamaño por Volumen | Descripción del Tamaño | Volumen (m3) |
|------------------------------------|-------------------------------|---------------------|
| 1 | Extremadamente pequeño | < 500 |
| 2 | Muy pequeño | 500-5000 |
| 3 | Pequeño | 5000-50000 |
| 4 | Mediano | 50000 - 250000 |
| 5 | Medianamente grande | 250000-1000000 |
| 6 | Muy grande | 1000000-5000000 |
| 7 | Extremadamente grande | > 5000000 |

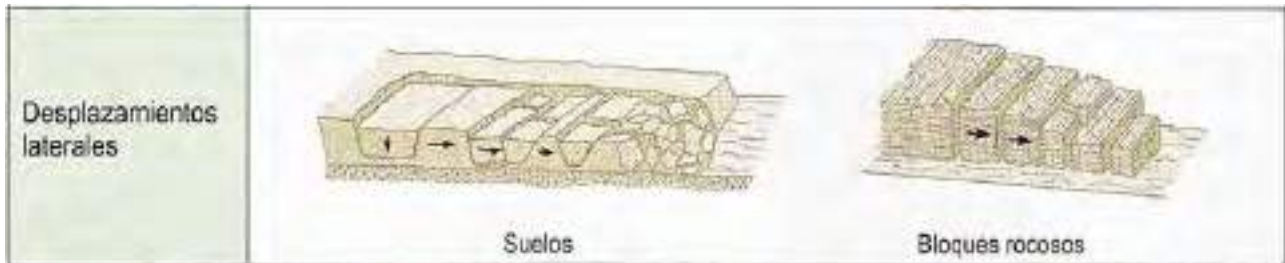
Nota. En la tabla se observa la clasificación de los deslizamientos por su volumen desde extremadamente pequeños hasta extremadamente grandes. Tomado de Deslizamientos. Tomo I: Análisis geotécnico (p.33), J. Suarez, 2009

3.2.7. Desplazamientos Laterales

“Este tipo de movimiento (denominado en algunas clasificaciones como “extensión lateral” o lateral spreading) hace referencia al movimiento de bloques rocosos o masas de suelo muy coherente y cementado sobre un material blando y deformable. Los bloques se desplazan muy lentamente a favor de pendientes muy bajas. Los movimientos son debidos a la pérdida de resistencia del material subyacente, que fluye o se deforma bajo el peso de los bloques rígidos” (Vallejo et al., 2002, p. 629).

Figura 16

Desplazamientos laterales en suelo y roca.



Nota. Tomado de Ingeniería Geológica (p.624), L. Vallejo, 2002

3.2.7.1. Identificación de los movimientos de ladera

“Los métodos y técnicas para identificar movimientos de laderas activos o antiguos y para el reconocimiento de zonas inestables consisten, básicamente, en la identificación de rasgos propios de estos procesos, evidencias de movimientos y otros signos asociados a su aparición, como son” (Vallejo et al., 2002, p. 640):

- Formas erosivas y de acumulación (anomalías en la pendiente de las laderas).
- Depósitos deslizados.
- Grietas y escarpes.
- Daños en construcciones o estructuras, conducciones, obras lineales, etc.
- Tipos y características de la vegetación.
- Modelos de drenaje, zonas encharcadas, surgencias.
- Desvío de cauces, depósitos de masas deslizadas en llanuras de inundación, etc.

Tabla 9

Características para la identificación de movimientos de ladera

| Tipo de movimiento | Zona de cabecera y parte superior de la cabecera | Zona baja de la cabecera | Geometría |
|---|--|--|--|
| Desprendimientos | Laderas irregulares y rocosas escarpadas con material suelto o derrubios en la parte superior. Bloques independizados por discontinuidades o fracturas. Grietas tras el talud. Vegetación escasa. | Acumulación de bloques y fragmentos rocosos. | Pendientes elevadas > 50° |
| Deslizamientos rotacionales | Grietas de reacción curvas cóncavas hacia la ladera. Escarpes curvos con estrías, que pueden ser verticales en la parte superior. Superficies basculadas con encharcamientos. Contrastes de vegetación. Malas condiciones de drenaje y encharcamientos en depresiones. | Depósitos convexos, lobulados, desvío de cauces. | Pendientes entre 20-40° D/L 0.3 a 0.1 |
| Deslizamientos traslacionales en rocas o suelos | Grietas de tracción verticales paralelas al talud. Escarpes verticales poco profundos. Material en bloques con grietas entre ellos. Sin encharcamientos en cabecera. Drenaje desordenado o ausencia de este. | Desvío de cauces. En ocasiones acumulaciones de material con forma de lóbulos. | Pendientes uniformes D/L < 0.1 |

| Tipo de movimiento | Zona de cabecera y parte superior de la cabecera | Zona baja de la cabecera | Geometría |
|------------------------------|---|---|-------------------------------------|
| Desplazamientos laterales | Bloques desplazados y basculados en varias direcciones. Pendientes suaves o muy suaves. Grandes grietas separando los bloques. Bloques con formas irregulares controladas por fracturas. Sistemas de drenaje interrumpidos, obstrucciones en cauces, vale asimétricos. | - | Pendientes suaves. Incluso < 10° |
| Flujos de barro | Nichos cóncavos pocos profundos. Pocas grietas. Contrastes en la vegetación con las zonas estables. Encharcamientos. Sin irregularidades importantes en el drenaje. Concavidades y lóbulos en el área fuente. Varios escarpes. Depósitos con forma de corriente en valle. | Lóbulos. Morfología irregular ondulada. | 15-25° D/L = 0.05-0.01 |
| Flujos de tierra y derrubios | Varios escarpes Depósitos con forma de corriente en valles. Ausencia de vegetación. Drenaje irregular y perturbado en la masa deslizada. | Lóbulos, depósitos convexos. Morfología irregular | Pendientes >25° D/L muy pequeño |

Nota. Tomado de Ingeniería Geológica (p.641), L. Vallejo, 2002

3.2.7.2. Factores que influyen en los movimientos de laderas

“Los factores que controlan los movimientos de las laderas son aquellos capaces de modificar las fuerzas internas y externas que actúan sobre el terreno ... los factores condicionantes (o “pasivos”) dependen de la propia naturaleza, estructura y forma del terreno, mientras que los

desencadenantes (o “activos”) pueden ser considerados como factores externos que provocan o desencadenan las inestabilidades y son responsables, por lo general, de la magnitud y velocidad de los movimientos” (Vallejo et al., 2002, p. 629).

3.2.8. Factores Condicionantes

“Dentro de los factores condicionantes, las propiedades físicas y resistentes de los materiales (directamente relacionadas con la litología) y las características morfológicas y geométricas de la ladera son fundamentales para la predisposición a la inestabilidad; otros factores importantes son la estructura geológica y discontinuidades, las condiciones hidrogeológicas y los estados tenso-deformacionales” (Vallejo et al., 2002, p. 630).

Tabla 10

Factores condicionantes y desencadenantes, influencias y efectos

| | Factores | Influencias y efectos |
|-----------------|--|---|
| Condicionantes | Relieve (pendientes, geometría) | Distribución del peso del terreno. |
| | Litología (composición, textura) | Densidad, resistencia. Comportamiento hidrogeológico. |
| | Estructura geológica y estado tensional | Resistencia, deformabilidad. Comportamiento discontinuo y anisótropo. Zonas de debilidad. |
| | Propiedades geomecánicas de los materiales | Comportamiento hidrogeológico. Generación de presiones intersticiales. |
| | Deforestación | Modificaciones en el balance hídrico. Erosión. |
| | Meteorización | Cambios físicos y químicos, erosión externa e interna, generación de zonas de debilidad. |
| Desencadenantes | Precipitaciones y aportes de agua. | Variación de las presiones intersticiales y del peso del terreno. Saturación en suelos. Erosión. |
| | Cambio en las condiciones hidrológicas | |
| | Aplicación de cargas estáticas o dinámicas | Cambio en la distribución del peso de los materiales y en el estado tensional de la ladera. Incremento de presiones intersticiales. |
| | Cambios morfológicos y de geometría en las laderas | Variación de las fuerzas debidas al peso. Cambio en el estadio tensional |
| | Erosión o socavación del pie | Cambio geométrico en la ladera. Cambios en la distribución del peso de los materiales y en el estado tensional de la ladera. |
| | Acciones climáticas (procesos de deshielo, heladas, sequías) | Cambio en el contenido de agua del terreno. Generación de grietas y planos de debilidad. Disminución de las propiedades resistentes |

Nota. Tomado de Ingeniería Geológica (p.630), L. Vallejo, 2002

3.2.9. Factores desencadenantes

“Con respecto a los factores desencadenantes, los más importantes son las precipitaciones, los cambios en las condiciones hidrogeológicas de las laderas, la modificación de la geometría, la erosión y los terremotos; algunos de ellos, como los cambios de las condiciones de agua y de geometría, frecuentemente son consecuencia de acciones antrópicas” (Vallejo et al., 2002, p. 632).

3.2.10. La Cobertura Vegetal

“La vegetación cumple efectos protectores importantes, en la mayoría de los taludes protege contra la erosión y afecta los procesos de evapotranspiración y de infiltración de agua. Las condiciones hidrológicas de un talud son afectadas directamente por la vegetación. La vegetación también cumple un efecto de estabilización por el refuerzo del suelo (la acción de las raíces) y por la producción de materia orgánica, la cual puede ayudar a cementar las partículas del suelo. En general, todo el proceso ecológico (flora, fauna, microfauna, uso del suelo, etc.) debe considerarse como un modelo conceptual por su influencia sobre el comportamiento del talud” (Suárez, J., 2009, p. 43).

3.2.11. Acciones antrópicas

Las actuaciones humanas ocupan un lugar importante dentro de los factores que modifican las condiciones y fuerzas que actúan sobre las laderas. Las excavaciones, la construcción de presas y embalses, las sobrecargas de edificios, estructuras, terraplenes, rellenos o escombreras sobre las laderas y las voladuras en zonas cercanas, entre otros, modifican los estados tensos deformacionales del terreno y sus propiedades geotécnicas, generando inestabilidades” (Vallejo et al., 2002, p. 638). Evaluación del Riesgo Geológico.

3.2.12. Evaluación del Riesgo Geológico

La evaluación del riesgo geológico resulta compleja, por ser compleja la evaluación de los términos que lo definen. El riesgo se evalúa a partir de la peligrosidad correspondiente a un determinado proceso (causa) y de los efectos de este sobre los elementos expuestos al peligro (consecuencias). El riesgo está referido, como la peligrosidad, a un periodo de tiempo determinado, y se puede evaluar de forma determinista o probabilista (Vallejo et al., 2002, p. 610).

El riesgo puede calcularse a partir de la expresión:

$$R = P \times V$$

Dónde:

- P es la peligrosidad del proceso
- V es la vulnerabilidad de los elementos expuesto a la acción del proceso

3.2.13. Peligro Geológico

“La peligrosidad, P, hace referencia a la frecuencia de ocurrencia de un proceso y al lugar. Se define como la probabilidad de ocurrencia de un proceso de un nivel de intensidad o severidad determinado, dentro de un periodo de tiempo dado y dentro de un área específica” (Varnes, 1984; Barbat, 1998). Para su evaluación es necesario conocer (Vallejo et al., 2002, p. 609):

3.2.14. Vulnerabilidad

La vulnerabilidad, V, es el grado de daños o pérdidas potenciales en un elemento o conjunto de elementos como consecuencia de la ocurrencia de un fenómeno de intensidad determinada. Depende de las características del elemento considerado (no de su valor

económico) y de la intensidad del fenómeno; suele evaluarse entre 0 (sin daño) y 1 (pérdida o destrucción total del elemento) o entre 0 %y 100% de daños (Vallejo et al., 2002, p. 611).

Tabla 11

Elementos para evaluar la vulnerabilidad.

| Vulnerabilidad | Daños o pérdidas |
|---|--|
| <p>Social</p> <p>La vulnerabilidad social depende de:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Muertos y desaparecidos. - Heridos y discapacitados. - Personas sin hogar. - Personas sin trabajo. - Epidemias y enfermedades. | <p>La vulnerabilidad social depende de:</p> <ul style="list-style-type: none"> - La intensidad y velocidad de los fenómenos. - La densidad de población. - La vulnerabilidad estructural. - El tiempo de aviso. - Los sistemas de emergencia y respuesta. |
| <p>Estructural</p> <p>La vulnerabilidad estructural depende de:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Daños sobre edificios y estructuras. - Daños sobre el contenido de estos. - Pérdida de beneficios. - Efecto sobre las personas. | <p>La vulnerabilidad estructural depende de:</p> <ul style="list-style-type: none"> - La intensidad y velocidad del fenómeno. - El tipo y características de las construcciones. - La concentración en áreas de población. |
| <p>Económica</p> <p>Daños directos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Costes de reposición, reparación o mantenimiento de estructuras, instalaciones o propiedades, sistemas de comunicación, electricidad, etc. <p>Daños indirectos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Reducción del valor de los bienes. - Interrupción de los sistemas de transporte. | <p>Daños indirectos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pérdidas de productividad de suelo agrícola o industrial. - Pérdida de ingreso por impuestos. - Pérdidas en la productividad humana. - Pérdida en beneficios comerciales. - Pérdidas en la recaudación de impuestos. - Costes de medida preventivas o de mitigación. - Pérdida de calidad del agua y contaminación. |

Nota. Tomado de Ingeniería Geológica (p.613), L. Vallejo, 2002

3.2.15. Elementos expuestos

“Los elementos expuestos pueden ser personas, bienes, propiedades, infraestructuras, servicios, actividades económicas, etc., que pueden sufrir las consecuencias directas o indirectas de un proceso geológico en una determinada zona” (Vallejo et al., 2002, p. 611).

“El coste o valor de estos puede expresarse según diferentes criterios: coste de construcción de edificios o estructuras, coste de reparación de los daños causados, valor asegurado, etc.; también se pueden considerar los costes derivados de la interrupción de vías de comunicación, actividades económicas, servicios, etc.” (Vallejo et al., 2002, p. 611).

3.2.16. Mapas de peligrosidad y de riesgo

“Los mapas constituyen el método más efectivo de presentar la información referente a la peligrosidad y riesgo de una zona o región” (Vallejo et al., 2002, p. 616).

3.2.17. Riesgos Geológicos

“Riesgos geológicos son procesos naturales que puedan constituir actos perjudiciales para la actividad humana... Los riesgos geológicos se pueden clasificar según su origen en los derivados de procesos geodinámicos internos, tales como terremotos o actividad volcánica y los derivados de procesos geodinámicos externos, tales como deslizamientos y desprendimientos, hundimientos etc. Cada tipo de riesgo se caracteriza por su ubicación, intensidad y frecuencia.” (Ingeoexpert, 2019, p. 3).

Tabla 12

Procesos geológicos y meteorológicos que pueden causar riesgo

| Procesos geológicos y meteorológicos que pueden causar riesgos | |
|---|--|
| Procesos geodinámicos externos | - Deslizamientos y desprendimientos. |
| | - Hundimientos y subsidencias. |
| | - Erosión. |
| | - Expansividad y colapsabilidad de suelos. |
| | - Terremotos y tsunamis. |
| Procesos geodinámicos internos. | - Vulcanismo |
| | - Diapirismo. |
| | - Lluvias torrenciales y precipitaciones intensas. |
| | - Inundaciones y avenidas. |
| Procesos meteorológicos | - Procesos de arrojada. |
| | - Huracanes. |
| | - Tornados. |

Nota. Tomado de Ingeniería Geológica (p.608), L. Vallejo, 2002

Capítulo IV: Características Generales de la Zona de Estudio

4.1. Análisis de Pendientes

Es uno de los principales factores dinámicos y particularmente de los movimientos en masa, ya que determinan la cantidad de energía cinética potencial de una masa inestable (SANCHEZ,2002, como se citó en el Estudio Peligros por movimientos en masa en el sector Tawantinsuyo, 2019), es un parámetro importante en la evaluación de los procesos de movimientos en masa como un factor condicionante.

Se puede decir que es más fácil que ocurran movimientos en masa en laderas y cauces cuya pendiente principal varía entre media a fuerte ($>30^\circ$, también es más alta la erosión en laderas (laminar, surcos y cárcavas) en colinas o montañas, ya que a mayor pendiente se facilita el escurrimiento superficial y por ende la erosión hídrica o pluvial. (Vilchez et al., 2013.)

Para el presente estudio se utilizó la clasificación de Van Zuidam (1986) modificado para susceptibilidad como se muestra en la tabla 13.

Tabla 13

Clasificación modificada de pendientes.

| Rangos de Pendientes en Grados | Condición De Terreno |
|---|---|
| Mayor a 35° | Pendiente muy fuerte o extremadamente fuerte, procesos denudacionales intenso. |
| De 16° a 35° | Pendiente fuerte, procesos denudacionales intensos, deslizamientos, peligro extremo de erosión. |
| De 8° a 16° | Pendiente moderada, deslizamientos ocasionales |
| De 4° a 8° | Pendiente baja, peligro de erosión. |
| De 0 a 4° | Pendiente muy baja, peligro de erosión. |

Nota. Modificado de Van Zuidam (1986)

Figura 17

Relieves inclinados con rangos de 16° - 35° de pendiente. Vista al NE de la zona de estudio (Pasaje Los Angeles)



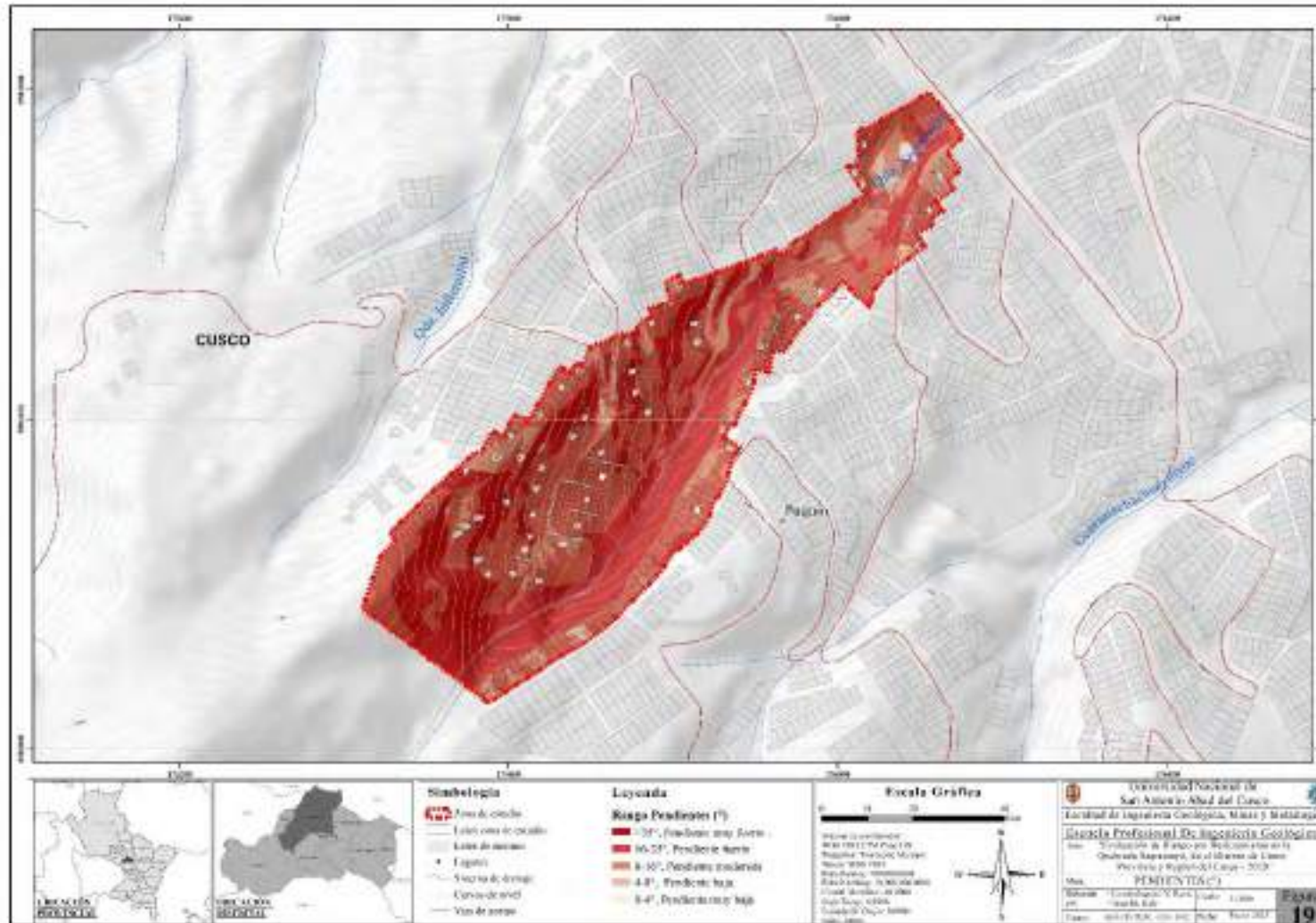
Figura 18

Relieves empinados con pendientes mayor a 35° de pendiente. Vista al NE de la zona de estudio.



Figura 19

Pendientes en grados de la zona de estudio.



4.2. Unidades Geomorfológicas

La zona de estudio a nivel regional geomorfológicamente se encuentra en la zona altiplánica según el cuadrángulo del Cusco. INGEMMET (2011), Geología del cuadrángulo del Cusco, Hoja 28 S.

Realizando el mapeo en la zona de estudio se han identificado 05 unidades geomorfológicas locales.

4.2.1. *Cauce de Quebrada.*

El cauce de quebrada es todo el terreno ubicado en el transcurso del flujo de agua de la quebrada Saqramayo. En el transcurso de agua se encuentra material proluvial; los clastos son sub-angulosos, de relleno, material antrópico y presencia de vegetación.

Figura 20

Cauce de quebrada, se observa los clastos sub-angulosos en el tramo del río.



4.2.2. Erosión en Ladera.

Esta unidad abarca mayormente la zona de estudio, presente desde la parte alta hasta a parte baja, y podemos dividirlos en 2: Las laderas escarpadas que se encuentran en la parte media de la zona de estudio favorece a los movimientos en masa como: deslizamiento, caída de rocas, erosión.

Las laderas empinadas que se observa con mayor frecuencia en la parte alta de la quebrada tienen presencia de cobertura vegetal y alta susceptibilidad a la erosión.

Figura 21

Erosión en ladera, Vista al NE de la zona de estudio.



4.2.3. Montaña en Roca Sedimentaria.

Esta unidad geomorfológica esta modelada en roca sedimentaria perteneciente a la formación Puquin, la formación se encuentra altamente afectada por los procesos tectónicos y erosivos.

La pendiente de esta unidad varia desde fuerte (de 16° a 25°) hasta muy escarpado (mayor a 35°).

Figura 22

Escarpa de montaña. Se observa la formación Puquín con pendiente mayor a 35 °, Vista al SW de la zona de estudio.



4.2.4. Vertiente con Depósito de Deslizamiento.

En esta unidad se encuentran acumulaciones de ladera que fueron originadas por procesos de movimientos en masa tanto prehistóricos, antiguos y recientes.

Figura 23

Vertiente con depósito de deslizamiento, dirección NW



4.2.5. *Vertiente o Pie de Monte Aluvio-Lacustre.*

Esta unidad corresponde a una planicie con pendiente suave, está formada por material de acarreo del material aluvial o arrastrado por corrientes de agua estacional, en ocasiones se presenta como flujos y avalanchas de detritos (geológicamente corresponde a la Formación San Sebastián). Se encuentran en las desembocaduras de la quebrada. La pendiente del terreno de la unidad geomorfológica esta entre 1° a 5°.

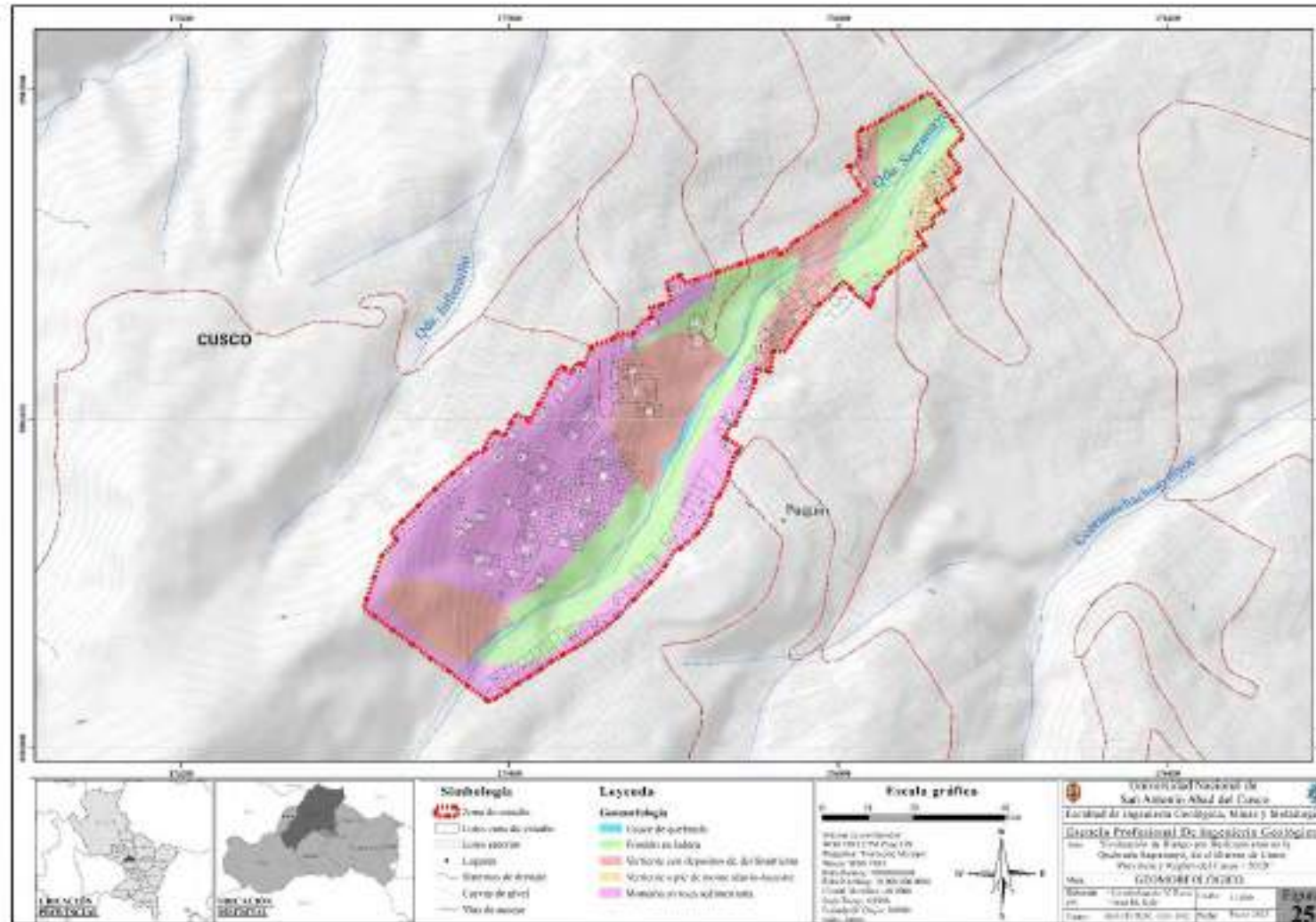
Figura 24

Desembocadura de la quebrada Saqramayo donde se encuentra la geomorfología vertiente o pie de monte aluvio-lacustre.



Figura 25

Unidades geomorfológicas de la zona de estudio.



4.3. Aspectos Geológicos

En la zona de estudio aflora diferentes formaciones geológicas, se encuentra: Chilca (Pp-Ch), (lutitas y margas rojo ladrillo con intercalación delgadas de yeso de medios lacustres y areniscas fluviales hacia la parte superior presencia de las carofitas).

En la parte superior la formación Puquín (Ks-pu) (lutitas rojas y moradas, yesos de Sabkha continental, además lutitas negras marinas poco profundas y areniscas fluviales).

En la parte baja de la zona de estudio formación San Sebastián (Qp-ss) (arcillas y arenas fluvio lacustres, niveles de turba y diatomitas).

4.3.1. Formación Puquín: Coniaciano-Maestrichtiano (Ks-pu)

Esta formación Puquín sobreyace a la formación Ayabacas. Esta formación está dividida en 03 miembros. Las areniscas feldespáticas y carbonatadas de medio fluvial con nódulos de lutitas muy fracturadas que corresponde al miembro 3 de la formación, con una potencia aproximada de 170 m correspondiente a la zona de estudio.

Figura 26.

Afloramiento de la formación Puquin, tomada al NW de la zona de estudio.



4.3.2. Formación Chilca: Paleoceno Superior – Eoceno Basal (Pp-ch)

La formación chilca se encuentra en discordancia erosional sobre la formación Quilque (Paleoceno inferior) y bajo la formación Kayra (Eoceno inferior). Tiene una potencia aproximada de 100 m. de espesor. Comprende una facie de lutitas con yesos en la parte media de la zona de estudio y otra secuencia de lutitas intercaladas con areniscas fracturadas hacia el noroeste de la zona de estudio.

Figura 27.

Afloramiento de la formación Chilca, tomada al SW de la zona de estudio



4.3.3. Formación San Sebastián: Pleistoceno (Qp-ss)

Están constituidos por fragmentos de roca, gravas angulosas y sub-angulosas, en matriz limosa en la zona de estudio.

Figura 28.

Formación San Sebastián, tomada en la parte baja de la zona de estudio.



4.3.4. Depósito Proluvial(Q-pl)

Fragmentos rocosos heterométricos (cantos, bolones, bloques, etc.), con relleno limo arenoso-arcilloso depositado en el fondo de valles tributarias y conos deyección en la confluencia con el río. Material arrastrado y lavado por la lluvia. Cualquier tipo de suelo cuaternario que ha sufrido movimiento o proceso de reacomodo lento o escurrimiento rápido y bajo el influjo de la fuerza de la presión de carga por hidratación. Depósitos granulares: Cantos y gravas redondeadas acumuladas en grandes llanos o deltas.

Figura 29

Fragmentos heterométricos del depósito proluvial, Vista al NE de la zona de estudio con coordenadas E: 175840, N: 8502500



4.3.5. Depósito Coluvial (Q-cl)

Bloques rocosos angulosos heterométricos y de naturaleza litológica homogénea, algunos recientes y otros antiguos y se encuentran acumulados al pie de taludes escarpados, en forma de conos. Los bloques angulosos más gruesos se depositan en la base y los tamaños menores disminuyen gradualmente hacia el ápice. Carecen de relleno, son sueltos sin cohesión. Taludes de reposo poco estables.

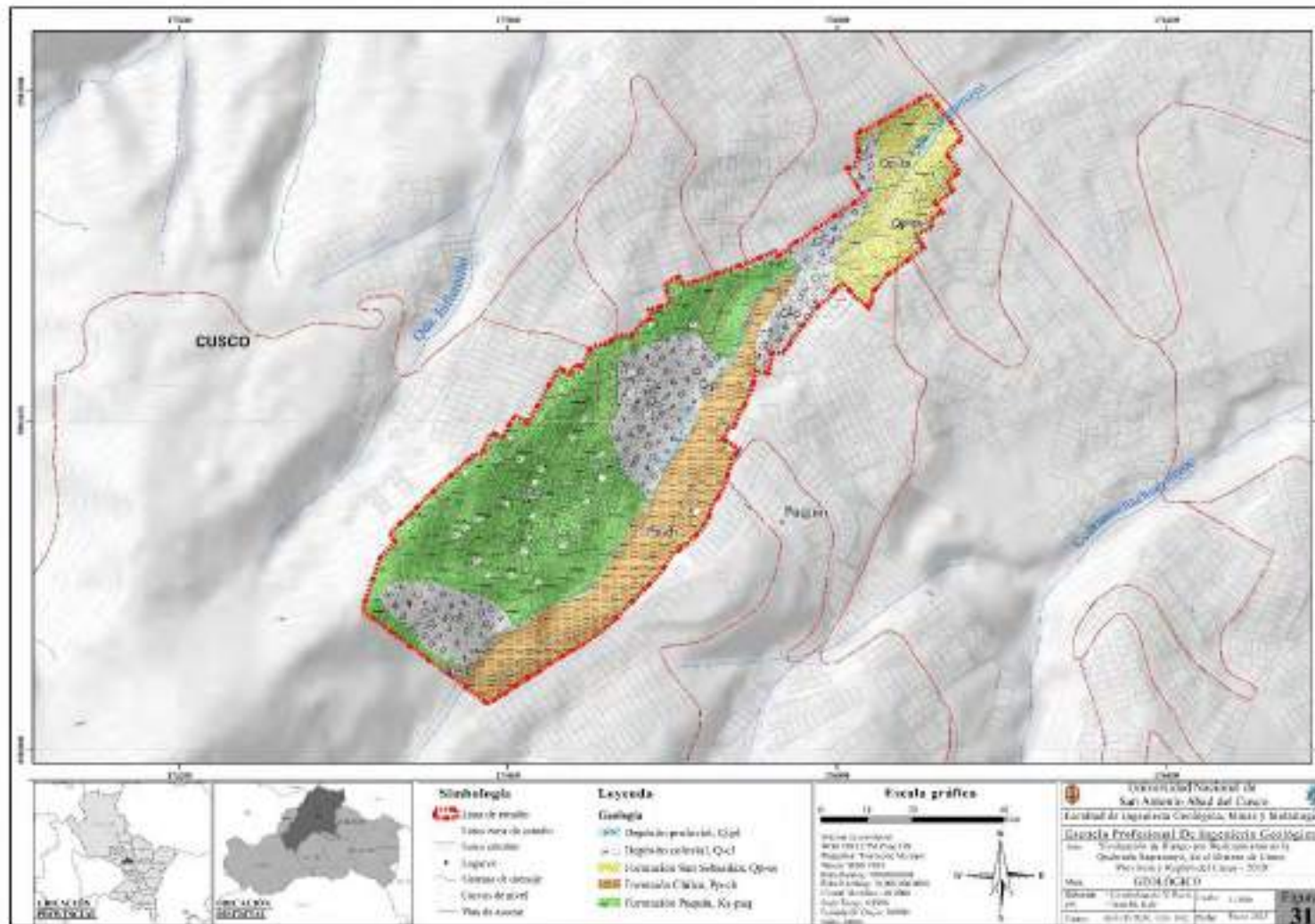
Figura 30

Bloques rocosos angulosos heterométricos y de naturaleza litológica homogénea de un depósito coluvial



Figura 31

Unidades geológicas de la zona de estudio



4.4. Cobertura Vegetal y Uso de Suelo

La cobertura vegetal cumple efectos protectores importantes, protege contra la erosión y afecta los procesos de evapotranspiración y de infiltración de agua. Las condiciones hidrológicas de los taludes son afectadas directamente por la vegetación. La vegetación también cumple un efecto de estabilización por el refuerzo del suelo (la acción de las raíces) y por la producción de materia orgánica.

4.4.1. Escasa Cobertura Vegetal

Estas unidades de vegetación son muy escasas en la zona de estudio. Especies de hierbas prosperan cerca de la quebrada, estando en constante competición con especies arbustivas.

Figura 32

Herbazal dominado totalmente por Muehlenbeckia volcanica (Mullaca)



4.4.2. Pastizal

La zona de estudio tiene áreas mayormente dominado por pastizales, tienen rápido crecimiento y alta resistencia a sequías. El área de los pastizales actualmente es utilizada como zona de pastoreo junto a los matorrales y herbazales.

4.4.3. Área de Bosque Disperso

Las áreas de bosque disperso dominan casi toda la zona de estudio. Debido a que el ambiente en estudio es un área urbana, las coberturas vegetales no tienen una formación plenamente natural, por lo que la vegetación tiene unidades de vegetación mixtas.

Figura 33

Matorrales poco densos de la zona acompañados por pastizales.



4.4.4. Área de Bosque Denso

La zona de estudio, presento muy pocas áreas con árboles, solo Eucalytus globulus y fueron avistados en la zona verde usada como área de recreación.

Figura 34

Zona usada como área verde y de recreación, forestada con especies arbóreas.



4.4.5. Área Urbana

El hombre induce cambios en el medio ambiente de un talud pues las actividades humanas tienen una gran influencia sobre su comportamiento y especialmente, sobre la activación de los deslizamientos. Las actividades antrópicas como el uso de la tierra, las prácticas de agricultura, la construcción de carreteras y la irrigación, entre otras, son factores determinantes en la ocurrencia de deslizamientos

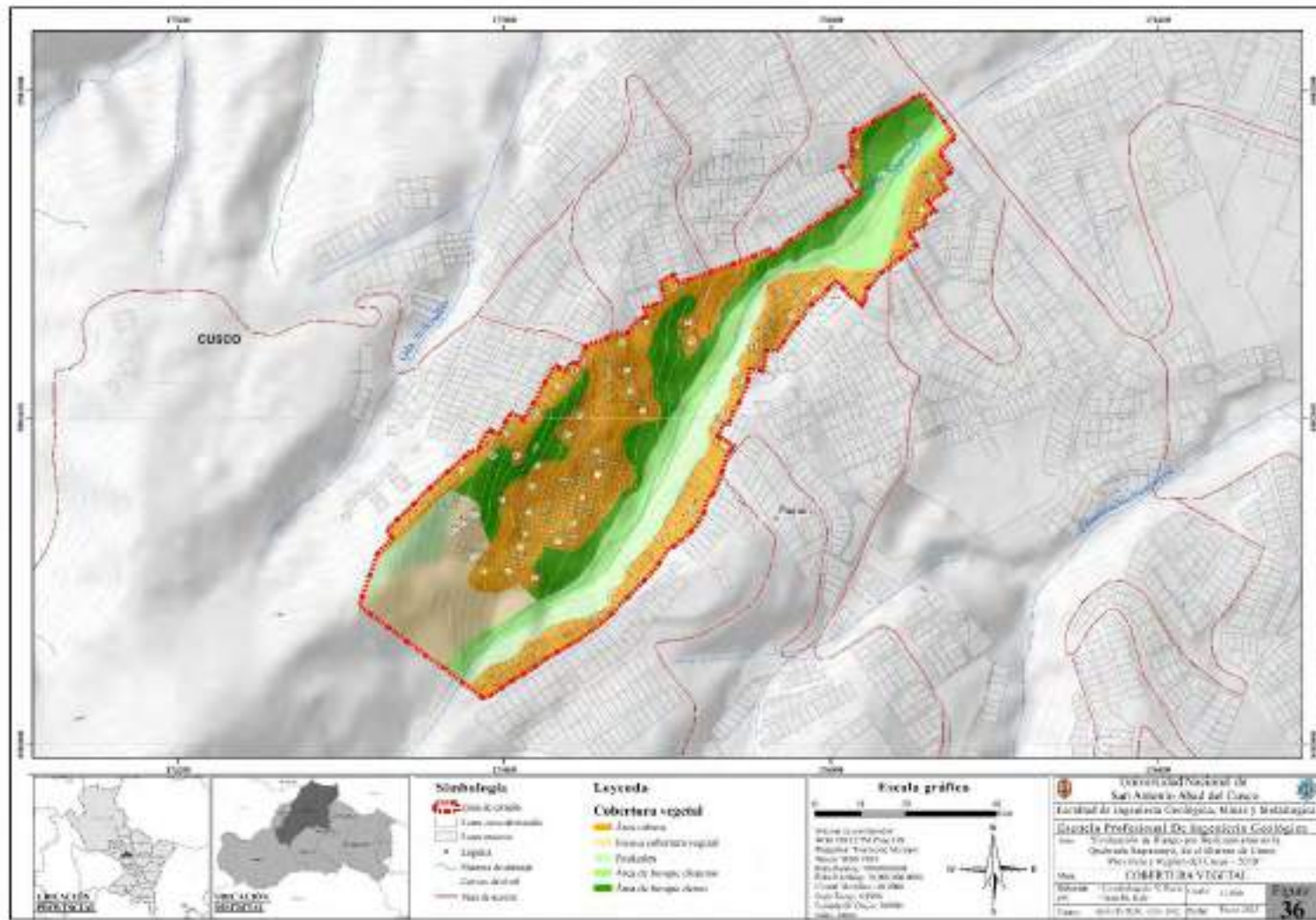
Figura 35.

Área urbana en la zona de estudio



Figura 36

Cobertura Vegetal de la zona de estudio.



Capítulo V: Aspectos Geotécnicos

La quebrada Saqramayo está constituido por las formaciones: Chilca (Pp-Ch), y Puquín (Ks-Pu), así como también suelos de depósitos cuaternarios, mismas que tendrán un comportamiento diferente. Para esta investigación se utilizó los datos del Estudio del estudio de mecánica de suelos ZRECU10B (p.16), Municipalidad Provincial del Cusco, 2019, estos datos se utilizaron para el cálculo del factor de seguridad de las laderas de la Quebrada Saqramayo.

5.1. Mecánica de Suelos

Para el cálculo del factor de seguridad se utiliza las propiedades geotécnicas como: ángulo de fricción, cohesión y peso específico, esto ayudó para determinar las áreas inestables de la zona de estudio.

5.1.1. Ensayos de Laboratorio

Ensayos de Resistencia Mecánica Realizados en Laboratorio:

- Para la obtención de ángulo de fricción se realizó ensayo de corte directo. (ASTM D3080).
- Para determinar la cohesión se realizó ensayo de corte directo. (ASTM D3080).
- Determinación del peso específico.

Tabla 14

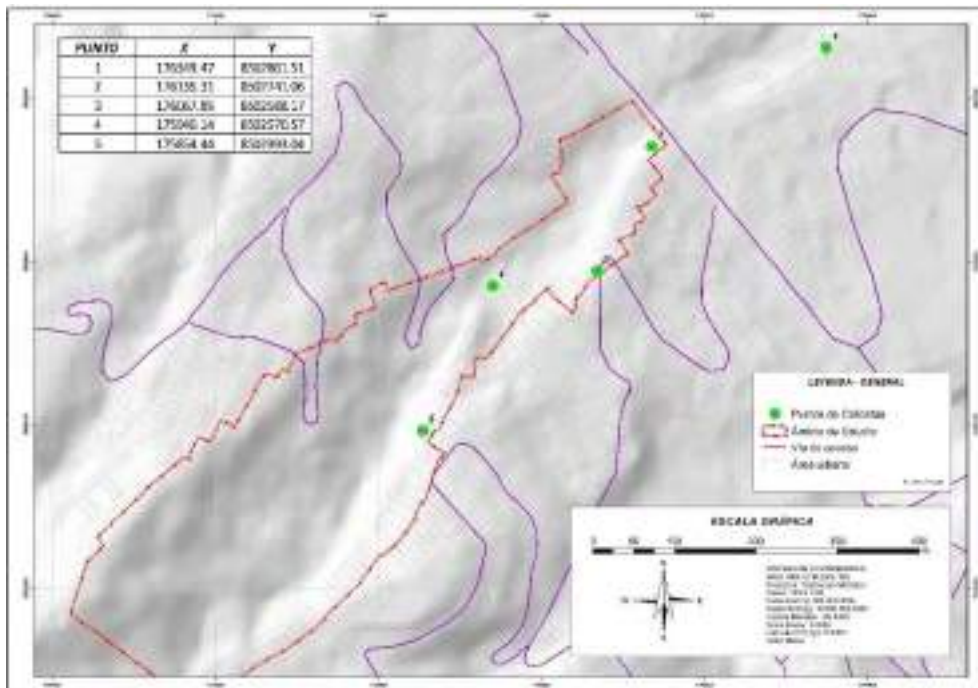
Resultados de ensayos de resistencia mecánica.

| Calicatas | Estrato (E) | Profundidad | Caracterización de Estratos | | |
|-----------|-------------|-------------|-----------------------------|-------------------------------|--|
| | | | Ángulo de fricción ϕ | Cohesión C Kg/cm ² | Peso específico γ tn/m ³ |
| 02 | E-1 | 0.00 – 0.50 | - | - | - |
| | E-2 | 0.50 – 3.00 | - | 0.60 | 1.71 |
| 03 | E-1 | 0.00 – 0.50 | - | - | - |
| | E-2 | 0.50 – 3.00 | 30.08 | - | 1.64 |
| 04 | E-1 | 0.00 - 0.70 | - | - | - |
| | E-2 | 0.70 – 3.00 | 30.48 | - | 1.69 |
| 05 | E-1 | 0.00 – 0.50 | - | - | - |
| | E-2 | 0.50 – 3.00 | 29.97 | - | 1.62 |

Nota. Tomado del Estudio del estudio de mecánica de suelos ZRECU10B (p.16), Municipalidad Provincial del Cusco, 2019.

Figura 37

Coordenadas de las calicatas



Nota. Tomado del Estudio del estudio de mecánica de suelos ZRECU10B (p.131), Municipalidad Provincial del Cusco, 2019.

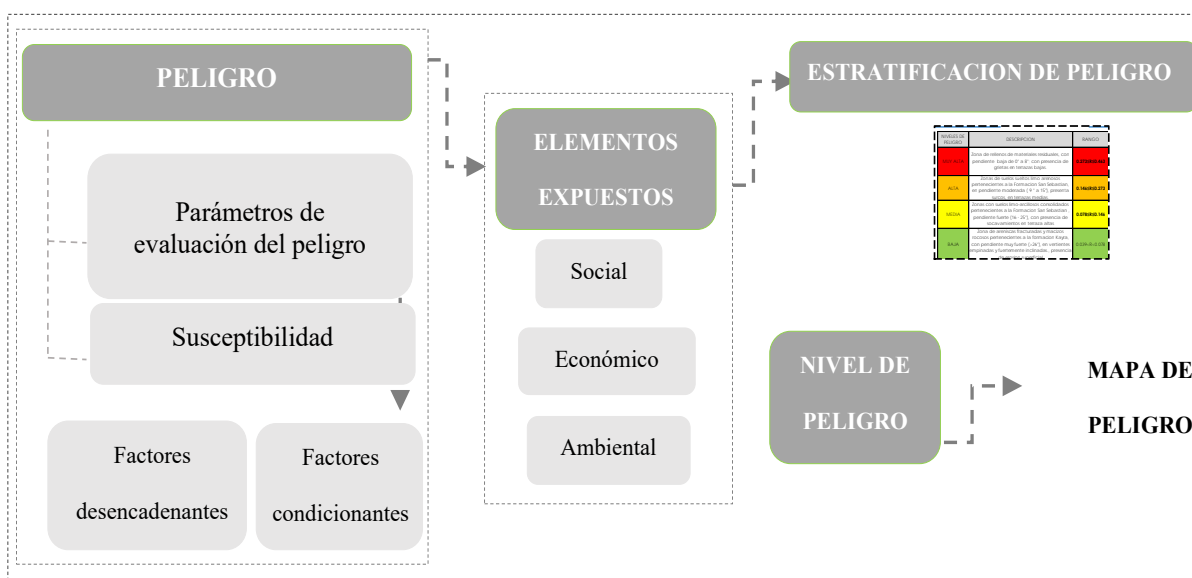
Capítulo VI: Determinación Del Peligro

6.1. Metodología Para La Determinación Del Peligro

Para determinar los niveles de peligro por deslizamientos en la zona de estudio, se utilizó la metodología propuesta por el CENEPRED en el manual EVAR (versión 2) (2014), para identificar y caracterizar la peligrosidad (parámetros de evaluación, la susceptibilidad en función de los factores condicionantes y desencadenantes y los elementos expuestos). Para su determinación se consideran los parámetros y para cada parámetro sus descriptores, ponderándolos mediante el método de Jerarquía Analítica propuesto por el matemático Thomas L. Saaty.

Figura 38

Metodología general para determinar la peligrosidad.



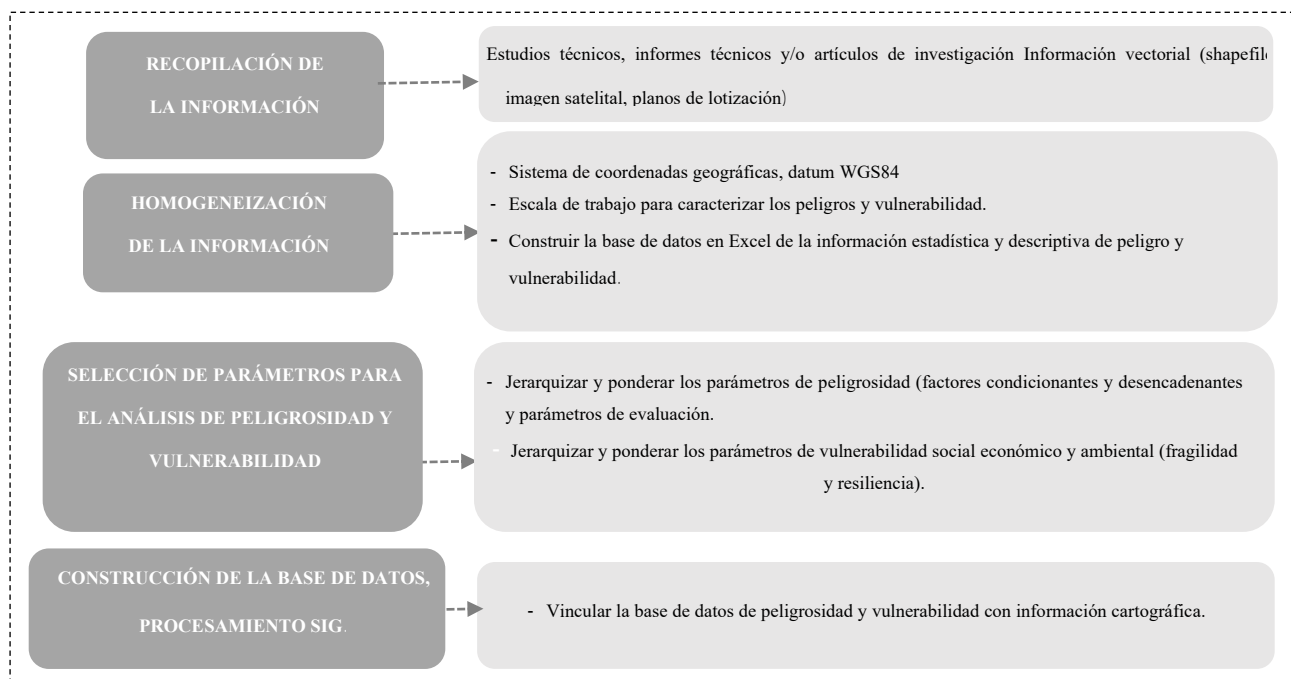
Nota. Tomado del Manual para la evaluación de Riesgos originados por Fenómenos Naturales 02 versión, CENEPRED, 2014.

Se ha realizado la recopilación de información disponible para la realización del mapa de peligros detallando:

- Estudios publicados por entidades técnico científicas competentes como INGEMMET.
- Datos históricos de precipitaciones pluviales máximas de 24 horas SENAMHI-Estación Kayra.
- Umbrales y precipitaciones absolutas, SENAMHI (2014).
- Mapa geológico a escala 1: 50,000, del cuadrángulo de Cusco (28-s), de INGEMMET (2010).
- Imágenes satelitales disponibles en el Google Earth, SAS PLANET de diferentes años (hasta el 2018), así como ortofoto obtenida con ayuda de dron.
- Plan de Desarrollo Urbano Cusco 2013-2023-Municipalidad Provincial del Cusco.
- Información procesada del proyecto “Mejoramiento y Recuperación de las Condiciones de Habitabilidad Urbana en 41 Zonas de Reglamentación Especial de la Provincia de Cusco – Región Cusco”

Figura 39

Flujograma General del Proceso de Generación del Mapa de Peligros.



Nota. Tomado del Manual para la evaluación de Riesgos originados por Fenómenos Naturales 02 versión, CENEPRED, 2014.

6.2. Identificación De Tipo De Peligro Para Evaluar

Para la identificación del peligro en la zona de estudio esta investigación se ha basado en los siguientes estudios:

Según el PDU CUSCO 2013-2023, “*Información de estudio de peligros, topografía, geología de la provincia de Cusco*” la zona de estudio fue diagnosticada con peligro muy alto por fenómenos de remoción en masa.

De igual forma según el mapa de geodinámica del INGEMMET “GA-44 E: Estudio de peligros geológicos en la ciudad de Cusco y Ayacucho (Etapa III/III) Región Cusco”, 2018; se observó que en la zona de estudio se encuentran deslizamientos, y flujos en la parte baja.

Del análisis de la información recopilada, especialmente de la Fotografía área de 1984 se evidencia manifestaciones de deslizamientos antiguos en laderas de la quebrada Saqramayo, del contraste de la Fotografía aérea y la ortofoto reciente se tiene la evidencia de escapas de deslizamientos.

Así también según la información generada por el instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI) a través del Sistema Nacional de Información para la Prevención y atención de Desastres (SINPAD) del distrito de Cusco, el fenómeno de geodinámica más recurrente que generó emergencias son los deslizamientos, seguido por el colapso de viviendas por el tipo de material (adobe en su mayoría) y derrumbes de laderas y taludes inestables para el distrito del Cusco.

Figura 40

Peligros registrados en el SINPAD (2003-2020) para el distrito de Cusco.



Nota. Tomado de la página web del INDECI – SINPAD

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

Bajo los antecedentes mencionados la zona de estudio será evaluada por peligro ante deslizamientos.

6.3. Caracterización del Peligro de Deslizamientos

Las formaciones geológicas de la zona de estudio son de origen sedimentario como areniscas fracturadas y lutitas; así como también por depósitos cuaternarios de coluviales, proluviales. De la misma forma geomorfológicamente se encuentra en vertientes con deslizamientos y montaña en roca sedimentaria de pendientes fuertes ($>16^\circ$), cuya variación topográfica es casi irregular en toda la zona de estudio. Así la presencia de cobertura vegetal difiere desde zonas escarpadas hasta presencia de bosques densos. Todas estas condiciones naturales favorecen a que la zona de estudio sea susceptible a deslizamientos.

La intervención antrópica en la zona de estudio tiene una relación directa con la desestabilización de laderas y consecuentemente las posibilidades de activación de deslizamientos antiguos, así como deslizamientos nuevos, pues estos se intensificarán a medida que el hombre ocupa progresivamente de manera desordenada e informal la zona de estudio.

Algunos taludes actuales se manifiestan en estado de equilibrio estático momentáneo y otros en estado de reptación, sin embargo, ante la acción del agua estos podrían propagarse, afectando las zonas urbanas lotizadas y algunas de ellas ya edificadas, además de involucrar a las zonas colindantes parte baja, en donde se emplaza la quebrada.

6.3.1. Descripción De Los Deslizamientos Antiguos

Se ha revisado imágenes de aerofotos del año 1984 en los que se han podido visualizar las escarpas de deslizamientos antiguos en laderas de la quebrada Saqramayo; las laderas presentan inestabilidad y se podrían originar deslizamientos de magnitudes considerables.

Actualmente con el apoyo de una ortofoto se pudo evidenciar la existencia de lotes que se encuentran sobre y cerca de los deslizamientos antiguos y actuales, así como también en zonas susceptibles donde se pueden generar nuevos deslizamientos.

Figura 41

Ladera fuertemente empinada tomada al extremo noreste de la zona de estudio.



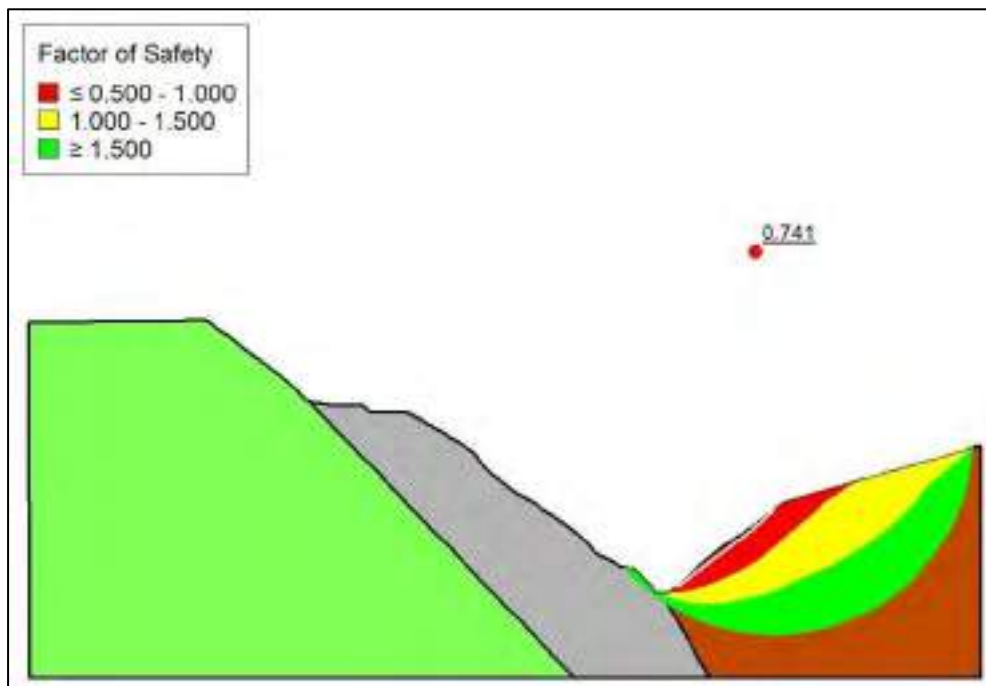
6.4. Ponderación De Los Parámetros De Evaluación

En la presente investigación el parámetro de evaluación fue tomando en cuenta el trabajo de campo y el contraste de la aerofoto y la ortofoto actual.

Las delimitaciones de áreas inestables, como se muestra en la figura 40 fueron delimitadas en base a las salidas a campo, mapeo in situ y cálculo de estabilidad de taludes que se muestran en las figuras 38 y 39. Los cálculos de estabilidad de taludes por el método de equilibrio limite según el análisis de Morgenstern - Price dieron un factor de seguridad menor a 1.0; por tener el factor de seguridad menor a uno, las áreas que tienen el Factor de seguridad menor a 1.0 fueron clasificadas como áreas inestables.

Figura 42

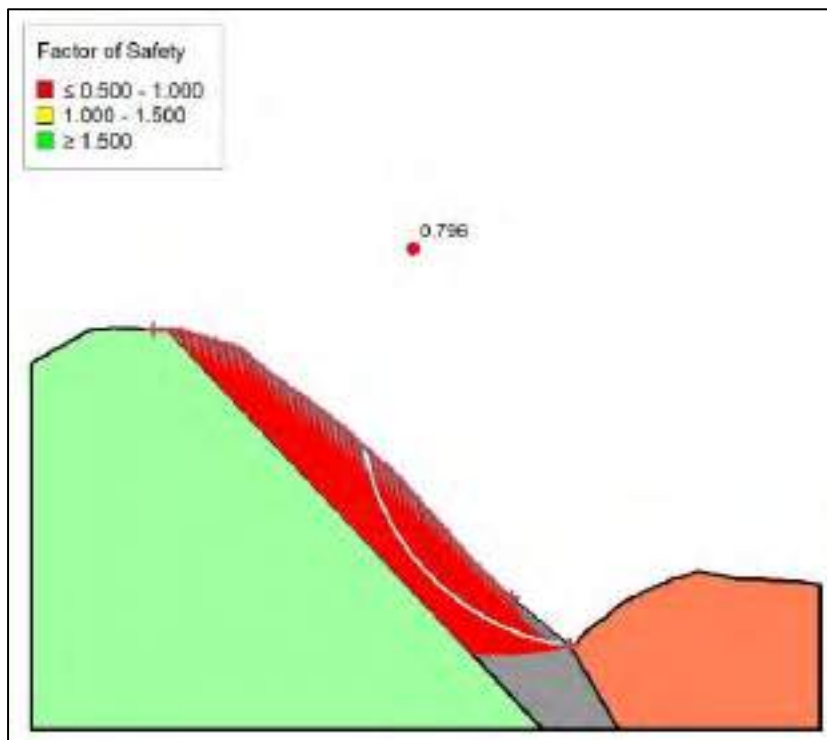
Factor de seguridad menor a 1 de un talud de la margen derecha de la quebrada Saqramayo.



Nota. En la figura se muestra la margen derecha de la quebrada Saqramayo, donde se observa un mapa de zona según el factor de seguridad, el factor de seguridad es de 0.741 que representa el análisis crítico.

Figura 43

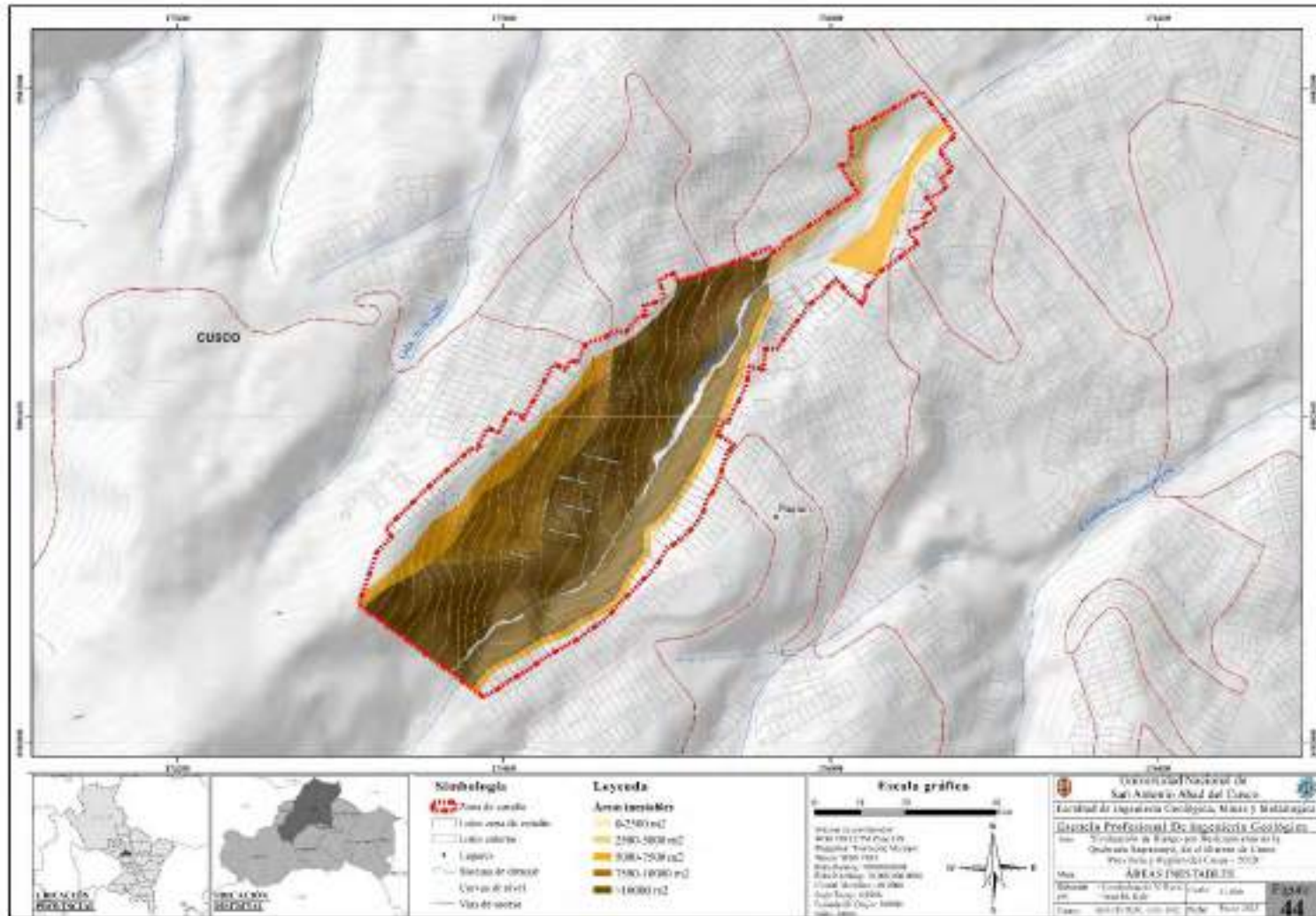
Factor de seguridad menor a 1 de un talud de la margen izquierda de la quebrada Saqramayo.



Nota. En la figura se muestra la margen izquierda de la quebrada Saqramayo, donde se observa un mapa de zona según el factor de seguridad, el factor de seguridad es de 0.796 que representa el análisis crítico

Figura 44

Áreas inestables en la zona de estudio.



6.4.1. *Parámetro General de Evaluación - Áreas Inestables.*

Tabla 15

Áreas inestables de deslizamientos.

| Parámetro | Descripción |
|-----------------------------------|---------------------------|
| Áreas inestables de deslizamiento | >10000 m ² |
| | 7500-10000 m ² |
| | 5000-7500 m ² |
| | 2500-5000 m ² |
| | 0-2500 m ² |

Tabla 16

Matriz de comparación del parámetro de evaluación – Áreas inestables.

| Descriptor | >10000 m² | 7500-10000 m² | 5000-7500 m² | 2500-5000 m² | 0-2500 m² |
|---------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| >10000 m ² | 1.00 | 3.00 | 5.00 | 7.00 | 9.00 |
| 7500-10000 m ² | 0.33 | 1.00 | 3.00 | 5.00 | 7.00 |
| 5000-7500 m ² | 0.20 | 0.33 | 1.00 | 3.00 | 5.00 |
| 2500-5000 m ² | 0.14 | 0.20 | 0.33 | 1.00 | 3.00 |
| 0-2500 m ² | 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 |

Tabla 17

Matriz de normalización del parámetro de evaluación - áreas inestables

| Descriptor | >10000 m2 | 7500-10000 m2 | 5000-7500 m2 | 2500-5000 m2 | 0-2500 m2 | Vector de Priorización |
|----------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|----------------------|-----------------------------------|
| >10000 m2 | 0.560 | 0.642 | 0.524 | 0.429 | 0.360 | 0.503 |
| 7500-10000 m2 | 0.187 | 0.214 | 0.315 | 0.306 | 0.280 | 0.260 |
| 5000-7500 m2 | 0.112 | 0.071 | 0.105 | 0.184 | 0.200 | 0.134 |
| 2500-5000 m2 | 0.080 | 0.043 | 0.035 | 0.061 | 0.120 | 0.068 |
| 0-2500 m2 | 0.062 | 0.031 | 0.021 | 0.020 | 0.040 | 0.035 |
| | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |

Tabla 18

Índice de consistencia y relación de consistencia del parámetro de evaluación - áreas inestables

| Consistencia de la Matriz | |
|------------------------------------|-------|
| Índice de consistencia | 0.061 |
| Relación de consistencia (RC <0.1) | 0.054 |

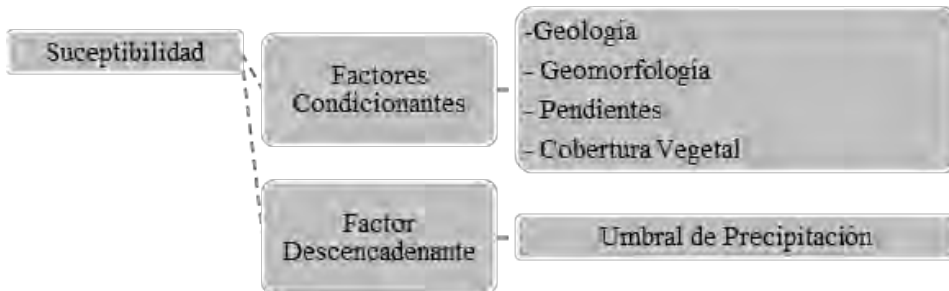
6.5. Susceptibilidad del ámbito geográfico ante peligros

La susceptibilidad suele entenderse también como la “fragilidad natural” del espacio en análisis respecto al fenómeno de referencia, también está referida a la mayor o menor predisposición a que un evento suceda u ocurra sobre un determinado ámbito geográfico el cual depende de los factores condicionantes y desencadenantes del fenómeno en su respectivo ámbito geográfico, en la susceptibilidad geológica se evaluaron los aspectos de la geomorfología, la geología, inclinación del terreno, que definirán el comportamiento del espacio con respecto a los deslizamientos.

En la zona de estudio, la susceptibilidad del terreno que indica qué tan favorables o desfavorables son las condiciones del área de influencia para que puedan ocurrir deslizamientos, se representará en un mapa de susceptibilidad que clasifica la estabilidad relativa de un área, en categorías que van desde baja, media, alta y muy alta, con estos niveles el mapa de susceptibilidad muestra donde existen las condiciones para que puedan ocurrir deslizamientos desencadenados por un detonante como las precipitaciones pluviales.

Figura 45

Determinación de la susceptibilidad.



Nota. Adaptado del Manual para la evaluación de Riesgos originados por Fenómenos Naturales 02 versión, CENEPRED, 2014.

6.5.1. Factores Condicionantes

Son parámetros propios de la zona de estudio, el cual contribuye de manera favorable o no al desarrollo del fenómeno de origen natural, así como su distribución espacial.

Tabla 19

Matriz de comparación de pares del factor condicionantes.

| PARÁMETRO | Und. Geológicas | Und. Geomorfológicas | Pendientes (°) | Cobertura Vegetal |
|-----------------------|--------------------|-------------------------|-------------------|----------------------|
| Und. Geológicas | 1.00 | 3.00 | 5.00 | 9.00 |
| Unid. Geomorfológicas | 0.33 | 1.00 | 2.00 | 7.00 |
| Pendientes (°) | 0.20 | 0.50 | 1.00 | 5.00 |
| Cobertura Vegetal | 0.11 | 0.14 | 0.20 | 1.00 |
| SUMA | 1.64 | 4.64 | 8.20 | 22.00 |
| 1/SUMA | 0.61 | 0.22 | 0.12 | 0.05 |

Tabla 20

Matriz de normalización de pares del factor condicionantes

| PARÁMETRO | Und. Geológicas | Unid. Geomorfológicas | Pendientes (°) | Cobertura Vegetal | Vector Priorización |
|-----------------------|--------------------|--------------------------|-------------------|----------------------|--------------------------------|
| Und. Geológicas | 0.608 | 0.646 | 0.610 | 0.409 | 0.568 |
| Unid. Geomorfológicas | 0.203 | 0.215 | 0.244 | 0.318 | 0.245 |
| Pendientes (°) | 0.122 | 0.108 | 0.122 | 0.227 | 0.145 |
| Cobertura Vegetal | 0.068 | 0.031 | 0.024 | 0.045 | 0.042 |
| | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |

Tabla 21

Índice de consistencia y relación de consistencia del factor condicionante.

| Consistencia de la Matriz | |
|------------------------------------|-------|
| Índice de consistencia | 0.019 |
| Relación de consistencia (RC <0.1) | 0.022 |

6.5.1.1. Unidad Geológica

6.5.1.1.1. Ponderación de Descriptores del Parámetro Unidades Geológicas

Tabla 22

Clasificación de unidades geológicas

| Parámetro | Descripción |
|---------------------|-------------------------|
| Unidades Geológicas | Depósitos coluviales |
| | Formación Chilca |
| | Formación San Sebastián |
| | Formación Puquín |
| | Depósito Proluvial |

Tabla 23

Matriz de comparación de pares del parámetro unidades Geológicas.

| Descriptor | Depósitos Coluviales | Fm Chilca | Fm San Sebastián | Fm Puquín | Deposito Proluvial |
|----------------------|----------------------|-----------|------------------|-----------|--------------------|
| Depósitos Coluviales | 1.00 | 3.00 | 6.00 | 8.00 | 9.00 |
| Fm Chilca | 0.33 | 1.00 | 2.00 | 5.00 | 7.00 |
| Fm San Sebastián | 0.17 | 0.50 | 1.00 | 4.00 | 6.00 |
| Fm Puquín | 0.13 | 0.20 | 0.25 | 1.00 | 2.00 |
| Deposito Proluvial | 0.11 | 0.14 | 0.17 | 0.50 | 1.00 |
| SUMA | 1.74 | 4.84 | 9.42 | 18.50 | 25.00 |
| 1/SUMA | 0.58 | 0.21 | 0.11 | 0.05 | 0.04 |

Tabla 24

Matriz de normalización del parámetro unidades Geológicas.

| Descriptor | Depósitos Coluviales | Fm Chilca | Fm San Sebastián | Fm Puquín | Deposito Proluvial | Vector priorización |
|-------------------------|-------------------------|--------------|---------------------|--------------|-----------------------|--------------------------------|
| Depósitos Coluviales | 0.576 | 0.619 | 0.637 | 0.432 | 0.360 | 0.525 |
| Fm Chilca | 0.192 | 0.206 | 0.212 | 0.270 | 0.280 | 0.232 |
| Fm San Sebastián | 0.096 | 0.103 | 0.106 | 0.216 | 0.240 | 0.152 |
| Fm Puquín | 0.072 | 0.041 | 0.027 | 0.054 | 0.080 | 0.055 |
| Deposito Proluvial | 0.064 | 0.029 | 0.018 | 0.027 | 0.040 | 0.036 |
| | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |

Tabla 25

Índice de consistencia y relación de consistencia del parámetro unidades Geológicas.

| Consistencia de la Matriz | |
|------------------------------------|-------|
| Índice de consistencia | 0.055 |
| Relación de consistencia (RC <0.1) | 0.049 |

6.5.1.2. Pendientes (°)

6.5.1.2.1. Ponderación de Descriptores del Parámetro Pendientes.

Tabla 26

Clasificación del parámetro de pendientes.

| Parámetro | Descripción |
|----------------|---|
| Pendientes (°) | Pendiente Muy Fuerte O Extremadamente Fuerte (>35°) |
| | Pendiente Fuerte (16° - 35°) |
| | Pendiente Moderada (8° - 16°) |
| | Pendiente Baja (4° - 8°) |
| | Pendiente Muy Baja (0°-4°) |

Tabla 27

Matriz de comparación de pares del parámetro pendiente.

| Descriptorios (°) | Pendiente Muy Fuerte O Extremadamente Fuerte (>35°) | Pendiente Fuerte (16° - 35°) | Pendiente Moderada (8° - 16°) | Pendiente Baja (4° - 8°) | Pendiente Muy Baja (0°-4°) |
|---|---|------------------------------|-------------------------------|--------------------------|----------------------------|
| Pendiente Muy Fuerte O Extremadamente Fuerte (>35°) | 1.00 | 3.00 | 6.00 | 8.00 | 9.00 |
| Pendiente Fuerte (16° - 35°) | 0.33 | 1.00 | 3.00 | 6.00 | 8.00 |
| Pendiente Moderada (8° - 16°) | 0.17 | 0.33 | 1.00 | 4.00 | 6.00 |
| Pendiente Baja (4° - 8°) | 0.13 | 0.17 | 0.25 | 1.00 | 3.00 |
| Pendiente Muy Baja (0°-4°) | 0.11 | 0.13 | 0.17 | 0.33 | 1.00 |
| Suma | 1.74 | 4.63 | 10.42 | 19.33 | 27.00 |
| 1/Suma | 0.58 | 0.22 | 0.10 | 0.05 | 0.04 |

Tabla 28

Matriz de normalización del parámetro pendiente

| Descriptorios (°) | Pendiente Muy Fuerte O Extremadamente Fuerte (>35°) | Pendiente Fuerte (16° - 35°) | Pendiente Moderada (8° - 16°) | Pendiente Baja (4° - 8°) | Pendiente Muy Baja (0°-4°) | Vector Priorización |
|---|---|------------------------------|-------------------------------|--------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Pendiente Muy Fuerte O Extremadamente Fuerte (>35°) | 0.576 | 0.649 | 0.576 | 0.414 | 0.333 | 0.510 |
| Pendiente Fuerte (16° - 35°) | 0.192 | 0.216 | 0.288 | 0.310 | 0.296 | 0.261 |
| Pendiente Moderada (8° - 16°) | 0.096 | 0.072 | 0.096 | 0.207 | 0.222 | 0.139 |
| Pendiente Baja (4° - 8°) | 0.072 | 0.036 | 0.024 | 0.052 | 0.111 | 0.059 |
| Pendiente Muy Baja (0°-4°) | 0.064 | 0.027 | 0.016 | 0.017 | 0.037 | 0.032 |
| | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |

Tabla 29

Índice de consistencia y relación de consistencia del parámetro pendiente

| Consistencia de la Matriz | |
|------------------------------------|-------|
| Índice de consistencia | 0.087 |
| Relación de consistencia (RC <0.1) | 0.078 |

6.5.1.3. Unidad Geomorfológica

6.5.1.3.1. Ponderación de Descriptores del Parámetro Unidades Geomorfológicas

Tabla 30

Clasificación de unidades geomorfológicas.

| Parámetro | Descripción |
|--------------------------|--|
| Unidades Geomorfológicas | Vertiente Con Depósitos De Deslizamiento |
| | Erosión En Ladera |
| | Montaña En Roca Sedimentaria |
| | Vertiente O Pie De Monte Aluvio-Lacustre |
| | Cauce De Quebrada |

Tabla 31

Matriz de comparación de pares del parámetro unidad geomorfológica.

| Descriptores | Vertiente Con Depósitos De Deslizamiento | Erosión En Ladera | Montaña En Roca Sedimentaria | Vertiente O Pie De Monte Aluvio-Lacustre | Cauce De Quebrada |
|--|--|-------------------|------------------------------|--|-------------------|
| Vertiente Con Depósitos De Deslizamiento | 1.00 | 2.00 | 5.00 | 7.00 | 9.00 |
| Erosión En Ladera | 0.50 | 1.00 | 2.00 | 5.00 | 8.00 |
| Montaña En Roca Sedimentaria | 0.20 | 0.50 | 1.00 | 4.00 | 6.00 |
| Vertiente O Pie De Monte Aluvio-Lacustre | 0.14 | 0.20 | 0.25 | 1.00 | 3.00 |
| Cauce De Quebrada | 0.11 | 0.13 | 0.17 | 0.33 | 1.00 |
| Suma | 1.95 | 3.83 | 8.42 | 17.33 | 27.00 |
| 1/Suma | 0.51 | 0.26 | 0.12 | 0.06 | 0.04 |

Tabla 32

Matriz de normalización de pares del parámetro unidad geomorfológica.

| Descriptor | Vertiente Con Depósitos De Deslizamiento | Erosión En Ladera | Montaña En Roca Sedimentaria | Vertiente O Pie De Monte Aluvio- Lacustre | Cauce De Quebrada | Vector priorización |
|--|--|-------------------------|------------------------------------|--|----------------------|--------------------------------|
| Vertiente Con Depósitos De Deslizamiento | 0.512 | 0.523 | 0.594 | 0.404 | 0.333 | 0.473 |
| Erosión En Ladera | 0.256 | 0.261 | 0.238 | 0.288 | 0.296 | 0.268 |
| Montaña En Roca Sedimentaria | 0.102 | 0.131 | 0.119 | 0.231 | 0.222 | 0.161 |
| Vertiente O Pie De Monte Aluvio-Lacustre | 0.073 | 0.052 | 0.030 | 0.058 | 0.111 | 0.065 |
| Cauce De Quebrada | 0.057 | 0.033 | 0.020 | 0.019 | 0.037 | 0.033 |
| | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |

Tabla 33

Índice de consistencia y relación de consistencia del parámetro unidad geomorfológica.

| Consistencia de la Matriz | |
|------------------------------------|-------|
| Índice de consistencia | 0.053 |
| Relación de consistencia (RC <0.1) | 0.047 |

6.5.1.4. Cobertura Vegetal

6.5.1.4.1. *Parámetro: Cobertura Vegetal*

Tabla 34

Clasificación de cobertura vegetal.

| Parámetro | Descripción |
|-------------------|--------------------------|
| Cobertura Vegetal | Área Urbana |
| | Escasa Cobertura Vegetal |
| | Pastizales |
| | Área De Bosque Disperso |
| | Área De Bosque Denso |

Tabla 35

Matriz de comparación de pares del parámetro unidad cobertura vegetal.

| Descriptor | Área Urbana | Escasa Cobertura Vegetal | Pastizales | Área De Bosque Disperso | Área De Bosque Denso |
|--------------------------|-------------|--------------------------|-------------|-------------------------|----------------------|
| Área Urbana | 1.00 | 2.00 | 4.00 | 8.00 | 9.00 |
| Escasa Cobertura Vegetal | 0.50 | 1.00 | 3.00 | 6.00 | 8.00 |
| Pastizales | 0.25 | 0.33 | 1.00 | 4.00 | 6.00 |
| Área De Bosque Disperso | 0.13 | 0.17 | 0.25 | 1.00 | 2.00 |
| Área De Bosque Denso | 0.11 | 0.13 | 0.17 | 0.50 | 1.00 |
| Suma | 1.99 | 3.63 | 8.42 | 19.50 | 26.00 |
| 1/Suma | 0.50 | 0.28 | 0.12 | 0.05 | 0.04 |

Tabla 36

Matriz de normalización de pares del parámetro unidad cobertura vegetal.

| Descriptor | Área Urbana | Escasa Cobertura Vegetal | Pastizales | Área De Bosque Disperso | Área De Bosque Denso | Vector priorización |
|--------------------------|--------------|--------------------------|--------------|-------------------------|----------------------|----------------------------|
| Área Urbana | 0.503 | 0.552 | 0.475 | 0.410 | 0.346 | 0.457 |
| Escasa Cobertura Vegetal | 0.252 | 0.276 | 0.356 | 0.308 | 0.308 | 0.300 |
| Pastizales | 0.126 | 0.092 | 0.119 | 0.205 | 0.231 | 0.155 |
| Área De Bosque Disperso | 0.063 | 0.046 | 0.030 | 0.051 | 0.077 | 0.053 |
| Área De Bosque Denso | 0.056 | 0.034 | 0.020 | 0.026 | 0.038 | 0.035 |
| | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |

Tabla 37

Índice de consistencia y relación de consistencia del parámetro unidad cobertura vegetal.

| Consistencia de la Matriz | |
|------------------------------------|-------|
| Índice de consistencia | 0.075 |
| Relación de consistencia (RC <0.1) | 0.067 |

6.5.2. Factores Desencadenantes

6.5.2.1. Umbrales de precipitación

Se consideró un solo parámetro general relacionado a los umbrales altos de precipitación acumulada en 24 horas o eventos extraordinarios que podrían desencadenar el peligro por deslizamiento (por lo cual el peso ponderado de dicho parámetro es 1).

Tabla 38

Matriz de Comparación de Pares de los descriptores del parámetro umbrales de precipitación

| Parámetro | Descripción |
|---------------------------|---|
| Umbrales de Precipitación | Extremadamente lluvioso $RR > 26,7\text{mm}$ |
| | Muy lluvioso $16,5\text{mm} < RR \leq 26,7\text{mm}$ |
| | Lluvioso $12,5\text{mm} < RR \leq 16,5\text{mm}$ |
| | Moderadamente lluvioso $6,8\text{mm} < RR \leq 12,5\text{mm}$ |
| | Escasamente lluvioso $RR \leq 6,8\text{mm}$ |

Tabla 39

Matriz de Comparación de Pares de los descriptores del parámetro umbrales de precipitación

| Descriptores | Extremadamente Lluvioso Rr>26,7mm | Muy Lluvioso 16,5mm<Rr≤26.7 mm | Lluvioso 12,5mm<Rr≤16,5 mm | Moderadamente Lluvioso 6,8mm<Rr≤12,5 mm | Escasamente lluvioso Rr≤ 6,8mm |
|--|---|--------------------------------------|----------------------------------|--|--------------------------------------|
| Extremadamente Lluvioso Rr>26,7mm | 1.00 | 3.00 | 5.00 | 7.00 | 9.00 |
| Muy Lluvioso 16,5mm<Rr≤26.7 mm | 0.33 | 1.00 | 3.00 | 5.00 | 7.00 |
| Lluvioso 12,5mm<Rr≤16,5 mm | 0.20 | 0.33 | 1.00 | 3.00 | 5.00 |
| Moderadamente Lluvioso 6,8mm<Rr≤12,5 mm | 0.14 | 0.20 | 0.33 | 1.00 | 3.00 |
| Escasamente lluvioso Rr≤ 6,8mm | 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 |

Tabla 40

Matriz de Normalización de los descriptores del parámetro umbrales de precipitación.

| Descriptores | Extremadamente | Muy Lluvioso | Lluvioso | Moderadamente | Normal | Vector priorización |
|--|---------------------------|----------------------|----------------------|---------------------------------|---------------|------------------------|
| | Lluvioso Rr>26,7 mm | 16,5mm<Rr≤26.7 mm | 12,5mm<Rr≤16,5 mm | Lluvioso 6,8mm<Rr≤12,5 mm | Rr≤ 6,8 mm | |
| Extremadamente | | | | | | |
| Lluvioso Rr>26,7 mm | 0.56 | 0.642 | 0.524 | 0.429 | 0.36 | 0.503 |
| Muy Lluvioso 16,5mm<Rr≤26.7 mm | 0.187 | 0.214 | 0.315 | 0.306 | 0.28 | 0.26 |
| Lluvioso 12,5mm<Rr≤16,5 mm | 0.112 | 0.071 | 0.105 | 0.184 | 0.2 | 0.134 |
| Moderadamente Lluvioso 6,8mm<Rr≤12,5 mm | 0.08 | 0.043 | 0.035 | 0.061 | 0.12 | 0.068 |
| Normal Rr≤ 6,8 mm | 0.062 | 0.031 | 0.021 | 0.02 | 0.04 | 0.035 |
| | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

Tabla 41.

Índice de consistencia y relación de consistencia de los descriptores del parámetro de evaluación.

| Consistencia de la Matriz | |
|------------------------------------|-------|
| Índice de consistencia | 0.061 |
| Relación de consistencia (RC <0.1) | 0.054 |

6.6. Análisis De Elementos Expuestos

Como elementos expuestos en la zona de estudio, se encuentran población y vivienda. La población de esta investigación se constituye por 241 lotes y la muestra se constituye por la misma cantidad que la población, es decir, 241 lotes.

6.6.1. Población

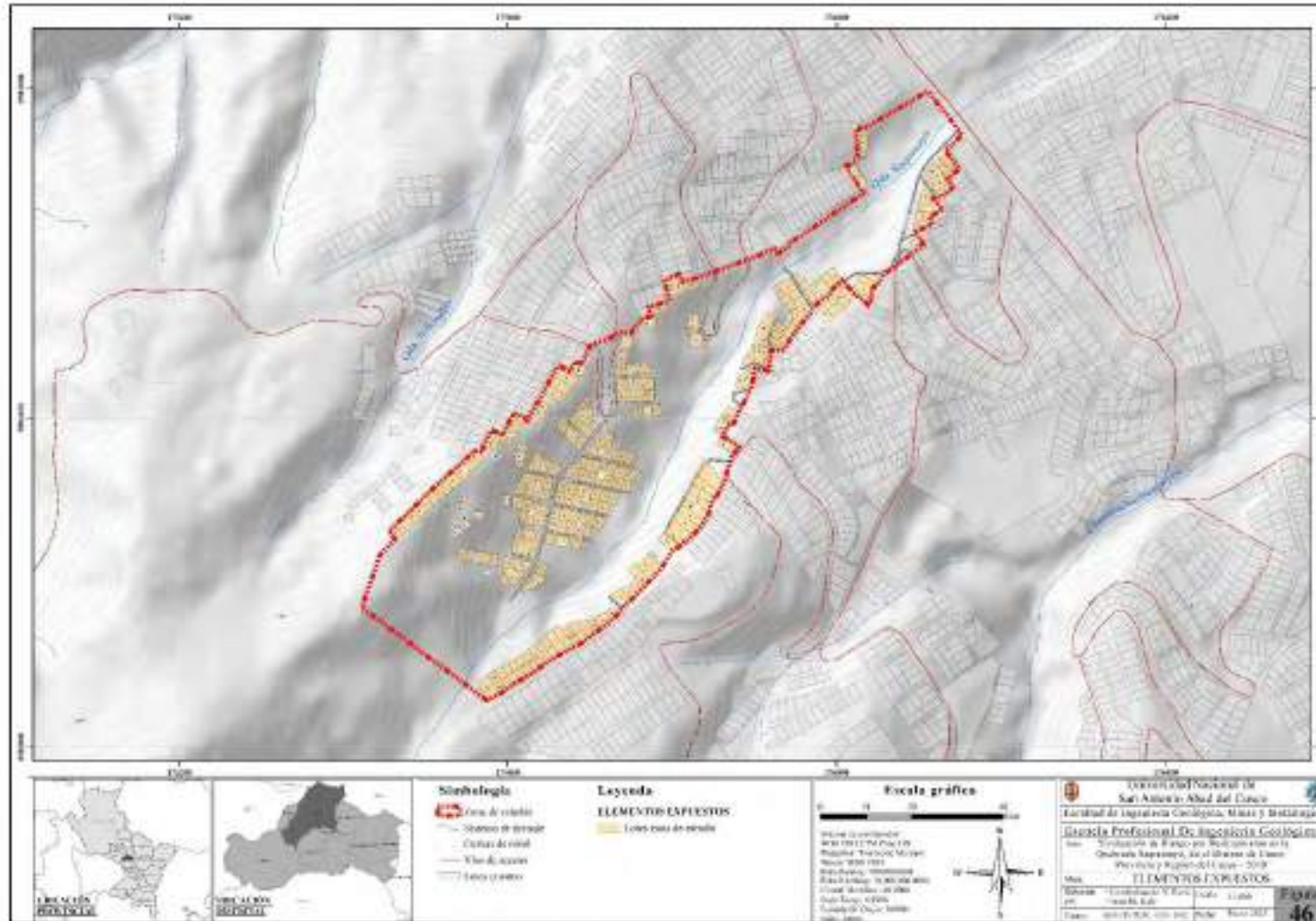
Presenta 1012 habitantes, está considerado como elementos expuestos susceptibles ante el impacto del peligro muy alto, alto.

6.6.2. Lotes

En el área de influencia del peligro existen 241 lotes, distribuidas en 31 manzanas urbanas, siendo el material predominante el concreto armado, seguido adobe y ladrillo/bloqueta, el material predominante en techos es la teja seguido de material concreto armado.

Figura 46

Elementos Expuestos de la zona de estudio.



6.7. Definición De Escenarios

Del análisis del registro de precipitaciones máximas en 24 horas (PPmax 24h) de la estación meteorológica Granja Kayra en el periodo 1964 – 2018, se ha considerado un evento de precipitación máxima diaria de 25.7 mm que ocurrió el mes de febrero del año 2010. Este evento corresponde a la categoría de Muy lluvioso con umbrales de precipitación entre $16,5\text{mm} < \text{RR} \leq 26.7\text{mm}$ con percentil entre $95\text{p} < \text{RR}/\text{día} \leq 99\text{p}$.

Con este evento desencadenado en depósitos coluviales, lutitas y areniscas meteorizadas de las formaciones Chilca (Pp-Ch), y los depósitos de conglomerados de la Fm. San Sebastián (Qp-ss) en pendientes mayores a 16° y la estratificación favorable a la pendiente, se presentaría deslizamientos que ocasionarían severos daños en los elementos expuestos en sus dimensiones social, económica y ambiental.

6.8. Definición Y Estratificación Del Nivel De Peligro

En los siguientes cuadros, se muestran los niveles de peligro y sus respectivos rangos obtenidos a través de utilizar el Proceso de Análisis Jerárquico.

Tabla 42

Niveles de Peligro

| Nivel | Rango | | | | |
|-----------------|-------|---|----------|---|-------|
| Muy alto | 0.242 | < | P | ≤ | 0.504 |
| Alto | 0.164 | < | P | ≤ | 0.242 |
| Medio | 0.076 | < | P | ≤ | 0.164 |
| Bajo | 0.031 | ≤ | P | ≤ | 0.076 |

6.8.1. Estratificación del Nivel de Peligrosidad

Tabla 43

Estratificación del nivel de peligro por deslizamiento en la zona de estudio.

| Niveles de Peligro | Descripción | Rango |
|--------------------|--|---------------|
| Muy Alto | Zonas con predominancia de depósitos coluviales, con pendientes muy fuertes o extremadamente fuertes (>35°) en vertiente con depósitos de deslizamientos y áreas urbanas, desencadenados por precipitaciones definidas en base a la PPmax 24h de 25.7 mm (Feb., 2010), correspondiente a la categoría de Muy lluvioso con umbrales de precipitación entre 16,5mm<RR≤26.7mm con percentil entre 95p<RR/día≤99p, se generaría deslizamientos en áreas inestables >7500 m2. | 0.242<P≤0.504 |
| Alto | Zonas con predominancia de areniscas de la formación Chilca, con pendientes fuertes (16°-35°) con geomorfología de erosión en ladera y escasa cobertura vegetal; desencadenados por precipitaciones definidas en base a las PPmax 24h de 25.7 mm (Feb., 2010), correspondiente a la categoría de Muy lluvioso con umbrales de precipitación entre 16,5mm<RR≤26.7mm con percentil entre 95p<RR/día≤99p, se generaría deslizamientos en áreas inestables entre los 5000-7500 m2 | 0.164<P≤0.242 |
| Medio | Zonas con predominancia de gravas en matriz limosa de la Fm. San Sebastián (Qp-ss) con pendientes moderadas (8°-16°) geomorfológicamente esta zona corresponde a montaña en roca sedimentaria con cobertura vegetal de pastizales, desencadenados por precipitaciones definidas en base a las PPmax 24h de 25.7 mm (Feb., 2010), correspondiente a la categoría de Muy lluvioso con umbrales de precipitación entre 16,5mm<RR≤26.7mm con percentil entre 95p<RR/día≤99p, se generaría deslizamientos en áreas inestables entre los 2500m2-5000m2 | 0.076<P≤0.164 |
| Bajo | Zonas con predominancia de rocas areniscas de la formación Puquín y depósitos proluviales con pendientes bajas a muy bajas (<8°), | 0.031≤P≤0.076 |

geomorfológicamente son zonas de vertientes o pie de monte aluvio-lacustre con cobertura vegetal de bosque disperso y bosque denso, desencadenados por precipitaciones definidas en base a las PPmax 24h de 25.7 mm (Feb., 2010), correspondiente a la categoría de Muy lluvioso con umbrales de precipitación entre $16,5\text{mm} < \text{RR} \leq 26.7\text{mm}$ con percentil entre $95\text{p} < \text{RR}/\text{día} \leq 99\text{p}$, se generaría deslizamientos en áreas menores a los 2500m².

Figura 47

Peligro por deslizamientos en la zona de estudio.

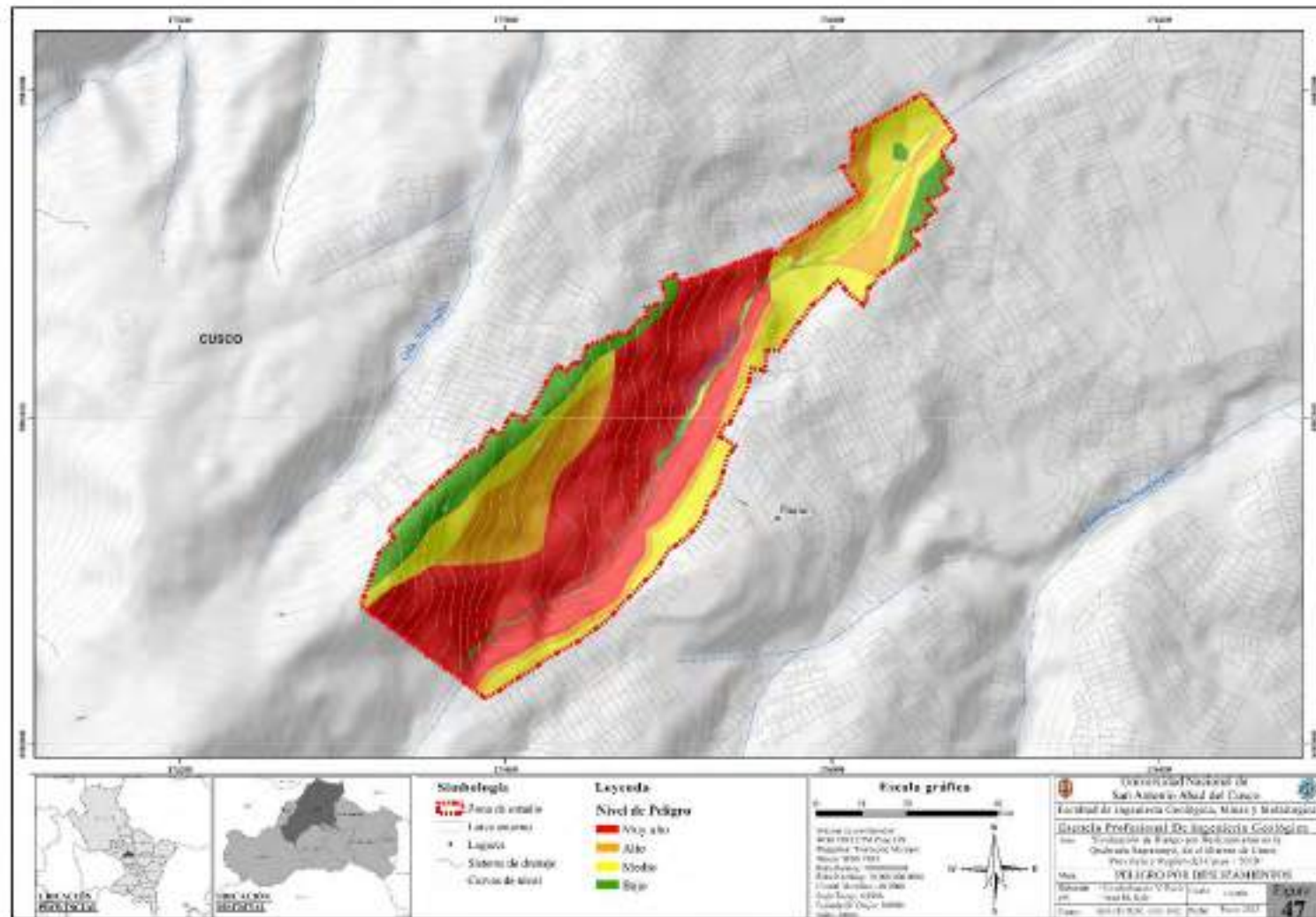
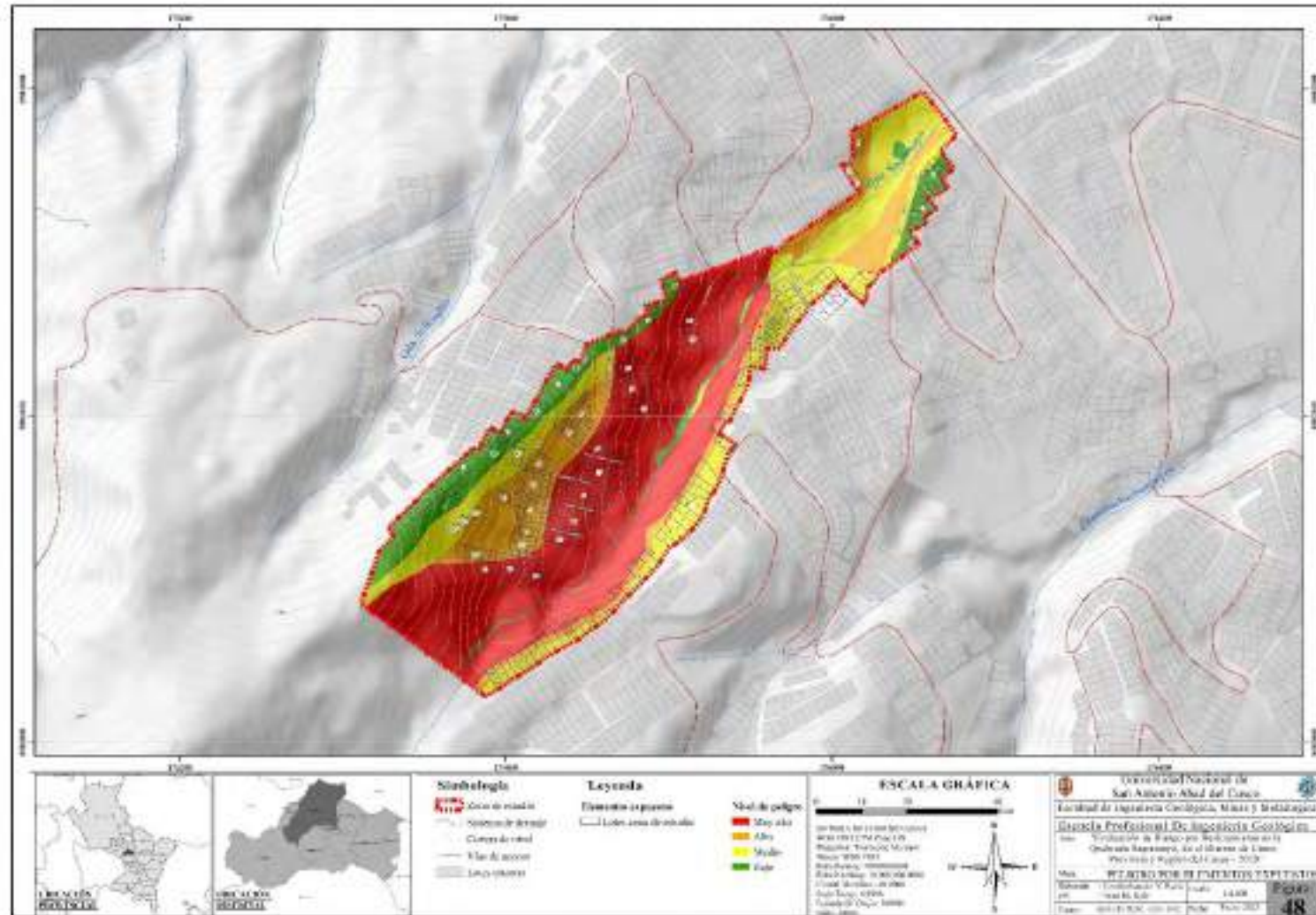


Figura 48

Peligro por deslizamientos por elementos expuestos en la zona de estudio.



Capítulo VI: Análisis de Vulnerabilidad

Para el análisis de la vulnerabilidad se basó en el marco de la Ley N° 29664 del Sistema Nacional de Gestión de Riesgo de Desastres y su Reglamento (D.S. N° 048-2011-PCM) se define vulnerabilidad como la susceptibilidad de la población, la estructura física o las actividades socioeconómicas, de sufrir daños por acción de un peligro o amenaza. Es un parámetro importante que sirve para calcular el nivel de riesgo.

Bajo esta definición se recabó la información primaria en base a encuestas sobre los factores de exposición, fragilidad y resiliencia a nivel de lote.

En la zona de estudio se realizó el análisis de la vulnerabilidad en sus factores de exposición, fragilidad y resiliencia de acuerdo con la cuantificación de los elementos expuestos al peligro por deslizamiento como población y lotes.

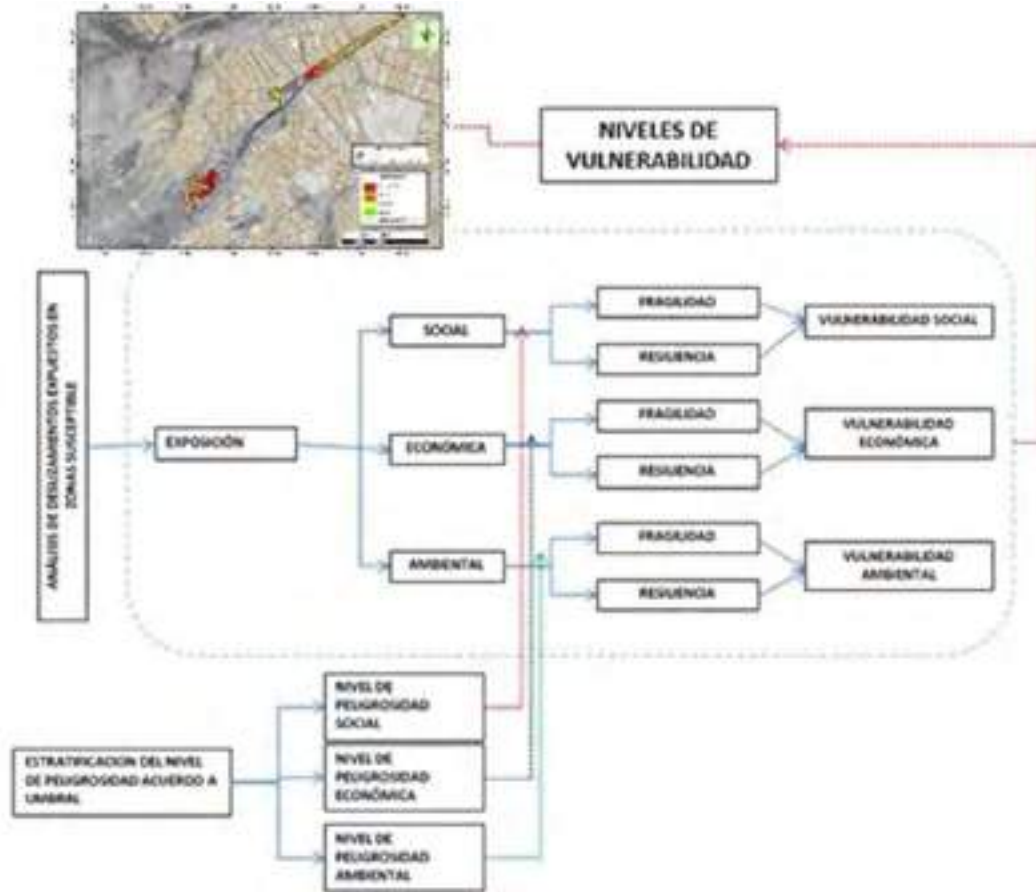
7.1. Metodología Para El Análisis De La Vulnerabilidad

Para determinar los niveles de vulnerabilidad del área de influencia de la quebrada Saqramayo se consideró la metodología de evaluación de riesgos originado por fenómenos naturales elaborado por CENEPRED, teniendo en cuenta para nuestro análisis la dimensión social, económica y ambiental. Así mismo se recurrió a la información cartográfica, así como información primaria recabada en campo como son las encuestas por lote.

En el análisis de vulnerabilidad sobre la zona de estudio, se logró identificar a las ocupaciones informales, se identificó las fortalezas y debilidades de la población en sincretismo a su entorno. Se analizó las características de la ocupación física dentro del zona de estudio, teniendo como eje de análisis las características edificatorias de los lotes. Se obtuvo información ambiental relacionada al entorno construido y poblacional.

Figura 49

Metodología del análisis de vulnerabilidad.



Nota. Adaptado del Manual para la evaluación de Riesgos originados por Fenómenos Naturales 02 versión, CENEPRED, 2014

7.2. Análisis de la Vulnerabilidad

7.2.1. Análisis De La Dimensión Social

El análisis de la dimensión social consiste en identificar las características intrínsecas de la población y elementos que se relacionan con ella dentro de la zona de estudio.

Figura 50

Metodología del análisis de la dimensión social.



Nota. Adaptado del Manual para la evaluación de Riesgos originados por Fenómenos Naturales 02 versión CENEPRED, 2014

Tabla 44

Matriz comparación de pares de los factores de la dimensión social.

| V - 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 |

Tabla 45

Matriz de Normalización de pares factores de la dimensión social.

| V - SOCIAL | Fragilidad | Exposición | Resiliencia | Vector Priorización |
|-------------|------------|------------|-------------|---------------------|
| Fragilidad | 0.545 | 0.571 | 0.500 | 0.539 |
| Exposición | 0.273 | 0.286 | 0.333 | 0.297 |
| Resiliencia | 0.182 | 0.143 | 0.167 | 0.164 |
| | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |

Tabla 46

Índice de consistencia y relación de consistencia de los factores de la dimensión social.

| Consistencia de la Matriz | |
|------------------------------------|-------|
| Índice de consistencia | 0.005 |
| Relación de consistencia (RC <0.1) | 0.009 |

7.2.1.1. Análisis de la Exposición Social

El parámetro considerado para el análisis de Exposición social es:

- Número de personas que viven a nivel de lote

Tabla 47

Parámetro de Exposición Social.

| Parámetro | Descripción | Valor |
|------------------------------------|-------------------------------|--------------|
| Parámetros de la Exposición Social | Número de Habitantes por Lote | 1.00 |

7.2.1.1.1. Parámetros: Número De Habitantes A Nivel De Lote

Este parámetro caracteriza a al número de habitantes que viven en un lote.

Tabla 48

Descriptor del parámetro número habitantes por lote.

| Número de Habitantes por Lote | Descripción |
|--------------------------------------|--|
| Mayor a 25 hab. | Este descriptor es el más crítico pues abarca a mayor número de personas que se encuentran en una vivienda y por ende la vulnerabilidad se incrementa. En estas pueden existir hasta más de 04 familias. |

| Número de Habitantes por Lote | Descripción |
|--|--|
| 16 a 25 hab. | Este descriptor es también crítico pues abarca un número de personas considerables que se encuentran en una vivienda y por ende la vulnerabilidad se incrementa. En estas pueden existir más de 03 familias. |
| 9 a 15 hab. | Este descriptor es menos crítico, pero abarca un número de personas que se encuentran en una vivienda y por ende la vulnerabilidad se incrementa |
| 5 a 8 hab. | Este descriptor es más tolerable pues abarca menos número de personas considerables que se encuentran en una vivienda y por ende la vulnerabilidad disminuye. En estas puede existir al menos 02 familias |
| Menos de 4 Hab. | Este descriptor es el menos vulnerable por la cantidad de personas que se encuentran en una vivienda. Es considerado como lo normal (01 familia) |

Tabla 49

Matriz de comparación de pares del parámetro: Número habitantes por lote.

| Nº de Habitantes | Mayor a 25 hab. | 16 a 25 hab. | 9 a 15 hab. | 5 a 8 hab. | Menos de 4 Hab. |
|-------------------------|----------------------------|-------------------------|------------------------|-----------------------|----------------------------|
| Mayor a 25 hab. | 1.00 | 2.00 | 3.00 | 5.00 | 7.00 |
| 16 a 25 hab. | 0.50 | 1.00 | 2.00 | 3.00 | 5.00 |
| 9 a 15 hab. | 0.33 | 0.50 | 1.00 | 2.00 | 3.00 |
| 5 a 8 hab. | 0.20 | 0.33 | 0.50 | 1.00 | 2.00 |
| Menos de 4 Hab. | 0.14 | 0.20 | 0.33 | 0.50 | 1.00 |
| SUMA | 2.18 | 4.03 | 6.83 | 11.50 | 18.00 |
| 1/SUMA | 0.46 | 0.25 | 0.15 | 0.09 | 0.06 |

Tabla 50

Matriz de normalización de pares del parámetro: Número habitantes por lote.

| Número de Habitantes por Lote | Mayor a 25 hab. | 16 a 25 hab. | 9 a 15 hab. | 5 a 8 hab. | Menos de 4 Hab. | Vector Priorización |
|--------------------------------------|------------------------|---------------------|--------------------|-------------------|------------------------|----------------------------|
| Mayor a 25 hab. | 0.460 | 0.496 | 0.439 | 0.435 | 0.389 | 0.444 |
| 16 a 25 hab. | 0.230 | 0.248 | 0.293 | 0.261 | 0.278 | 0.262 |
| 9 a 15 hab. | 0.153 | 0.124 | 0.146 | 0.174 | 0.167 | 0.153 |
| 5 a 8 hab. | 0.092 | 0.083 | 0.073 | 0.087 | 0.111 | 0.089 |
| Menos de 4 Hab. | 0.066 | 0.050 | 0.049 | 0.043 | 0.056 | 0.053 |
| | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |

Tabla 51

Índice de consistencia y relación de consistencia del parámetro: Número de habitantes por lote.

| Consistencia de la Matriz | |
|------------------------------------|-------|
| Índice de consistencia | 0.007 |
| Relación de consistencia (RC <0.1) | 0.006 |

7.2.1.2. Análisis de la fragilidad social

Los parámetros considerados en la fragilidad social son:

- Grupo Etario
- Acceso a servicios básicos

Tabla 52

Parámetros de fragilidad social.

| Parámetros | Pesos |
|-----------------------------|--------------|
| Grupo Etario | 0.5 |
| Acceso de servicios básicos | 0.5 |

7.2.1.2.1. Parámetro: Grupo Etario

Este parámetro caracteriza a al grupo de personas por edades, de acuerdo con cada lote, vale decir identificar las personas más frágiles de acuerdo a un grupo de edad, considerando la base de datos obtenidas en campo (encuestas). Para esto se identifica los siguientes descriptores.

Tabla 53

Descriptores del parámetro grupo etario.

| Grupo Etario | Descripción |
|---------------------|---|
| 0-5 Y >66 años | Se refiere a las personas más vulnerables por la condición de su edad, ya que en el momento que se desencadene cualquier evento de deslizamiento, ellos serían probablemente los primeros que sufran lesiones si no tienen ayuda instantánea, porque ellos no pueden trasladarse fácilmente y también porque les afectaría más la pérdida de cualquier infraestructura en su medio de vida. |
| 6-12 y 55 – 65 años | Se refiere a personas que tienen algún tipo de dependencia con otras personas de la familia por la edad que poseen, estas personas tendrían la posibilidad de escapar con dificultades al desencadenarse un deslizamiento, pero también sufrirían mucho por la pérdida de cualquier infraestructura de su medio de vida. |
| 13-18 años | Se refiere a personas que por su edad podrían escapar al desencadenarse un deslizamiento, pero sufrirían mucho la pérdida de cualquier infraestructura de su medio de vida además que por su edad podrían ser de poca ayuda para reponerse del desastre. |
| 19-30 años | Se refiere a personas que por su edad podrían escapar fácilmente al desencadenarse un deslizamiento, como también sufrirían poco la pérdida de cualquier infraestructura de su medio de vida, además que por su edad podrían ayudar para reponerse del desastre. |

| Grupo Etario | Descripción |
|---------------------|--|
| 31-54 años | Se refiere a personas que por su edad podrían escapar fácilmente al desencadenarse un deslizamiento, como también sufrirían poco la pérdida de cualquier infraestructura de su medio de vida, además que por su edad ayudarían y hasta dirigir las tareas de reconstrucción y de ayuda de primeros auxilios para reponerse del desastre. |

Tabla 54

Matriz de comparación de pares del parámetro: Grupo Etario

| Grupo Etario | 0 a 5 y >66 años | 6 a 12 y 55 a 65 años | 13 a 18 años | 19 a 30 años | 31 a 54 años |
|-----------------------|----------------------------|------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| 0 a 5 y >66 años | 1.00 | 2.00 | 3.00 | 5.00 | 9.00 |
| 6 a 12 y 55 a 65 años | 0.50 | 1.00 | 2.00 | 3.00 | 5.00 |
| 13 a 18 años | 0.33 | 0.50 | 1.00 | 2.00 | 3.00 |
| 19 a 30 años | 0.20 | 0.33 | 0.50 | 1.00 | 2.00 |
| 31 a 54 años | 0.11 | 0.20 | 0.33 | 0.50 | 1.00 |
| SUMA | 2.14 | 4.03 | 6.83 | 11.50 | 20.00 |
| 1/SUMA | 0.47 | 0.25 | 0.15 | 0.09 | 0.05 |

Tabla 55

Matriz de normalización de pares del parámetro: Grupo Etario.

| Grupo Etario años | 0 a 5 y >66 años | 6 a 12 y 55 a 65 años | 13 a 18 años | 19 a 30 años | 31 a 54 años | Vector Priorización |
|--------------------------|----------------------------|------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------------|
| 0 a 5 y >66 años | 0.466 | 0.496 | 0.439 | 0.435 | 0.450 | 0.457 |
| 6 a 12 y 55 a 65 años | 0.233 | 0.248 | 0.293 | 0.261 | 0.250 | 0.257 |
| 13 a 18 años | 0.155 | 0.124 | 0.146 | 0.174 | 0.150 | 0.150 |
| 19 a 30 años | 0.093 | 0.083 | 0.073 | 0.087 | 0.100 | 0.087 |
| 31 a 54 años | 0.052 | 0.050 | 0.049 | 0.043 | 0.050 | 0.049 |
| | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |

Tabla 56

Índice de consistencia y relación de consistencia del parámetro.

| Consistencia de la Matriz | |
|------------------------------------|-------|
| Índice de consistencia | 0.004 |
| Relación de consistencia (RC <0.1) | 0.004 |

7.2.1.2.2. Parámetro: Acceso a Servicios Básicos

De acuerdo con la información establecida en la ficha - encuesta en el ítem Características fragilidad – social, se llegó a obtener datos de acceso a los servicios básicos de las personas y se presenta la siguiente clasificación:

Tabla 57

Descriptorios del parámetro acceso a servicios básicos.

| Acceso a Servicios Básicos | Descripción |
|-----------------------------------|--|
| NINGUNO | Se refiere a viviendas que no cuentan con servicios básicos y son los más vulnerables ante cualquier evento de deslizamiento ya que esa condición indica que tiene una vivienda en el lugar muy difícil de instalar o no tienen ningún interés o conocimiento de gestionar sus servicios. |
| SOLO UN SS.BB. | Se refiere a viviendas que cuentan con un servicio básico (agua, luz o desagüe) y son vulnerables ante cualquier evento de deslizamiento ya que esa condición indica que tiene una vivienda en el lugar muy difícil de instalar o tiene poco interés o conocimiento de gestionar los demás servicios. |
| DOS SS. BB. | Se refiere a viviendas que cuentan con dos servicios básicos (agua, luz o desagüe) y son menos vulnerables ante cualquier evento de deslizamiento ya que esa condición indica que tiene una vivienda en el lugar más accesible de instalar y tiene mediano interés y poco conocimiento de gestionar los demás servicios. |

| | |
|-----------------------------------|---|
| TRES SS.BB. | Se refiere a viviendas que cuentan con todos los servicios básicos (agua, luz y desagüe) y son menos vulnerables ante cualquier evento de deslizamiento ya que esa condición indica que tiene una vivienda en el lugar con buena accesibilidad para instalar los servicios además de las economías para mantenerlas. |
| TODOS LOS SSBB/TELEFONO, INTERNET | Se refiere a viviendas que cuentan con todos los servicios básicos (agua, luz y desagüe) además de algún otro como seguridad, teléfono fijo, etc. y son mucho menos vulnerables ante cualquier evento de deslizamiento ya que esa condición indica que tiene una vivienda en el lugar con buena accesibilidad para instalar los servicios además de las economías para mantenerlas. |

Tabla 58

Matriz de comparación de pares del parámetro: Acceso a servicios básicos.

| Acceso a Servicios Básicos | Ninguno | Solo un SSBB | Dos SSBB | Tres SSBB | Todos los SSBB/Teléfono, Internet |
|-----------------------------------|-------------|--------------|-------------|-------------|-----------------------------------|
| Ninguno | 1.00 | 2.00 | 4.00 | 7.00 | 9.00 |
| Solo un SSBB | 0.50 | 1.00 | 3.00 | 5.00 | 7.00 |
| Dos SSBB | 0.25 | 0.33 | 1.00 | 4.00 | 6.00 |
| Tres SSBB | 0.14 | 0.20 | 0.25 | 1.00 | 2.00 |
| Todos los SSBB/Teléfono, Internet | 0.11 | 0.14 | 0.17 | 0.50 | 1.00 |
| SUMA | 2.00 | 3.68 | 8.42 | 17.50 | 25.00 |
| 1/SUMA | 0.50 | 0.27 | 0.12 | 0.06 | 0.04 |

Tabla 59

Matriz de normalización del parámetro: Acceso a servicios básicos.

| Acceso a Servicios Básicos | Ninguno | Solo un SSBB | Dos SSBB | Tres SSBB | Todos los SSBB/Teléfono, Internet | Vector Priorización |
|-----------------------------------|----------------|---------------------|-----------------|------------------|--|----------------------------|
| Ninguno | 0.499 | 0.544 | 0.475 | 0.400 | 0.360 | 0.456 |
| Solo un SSBB | 0.250 | 0.272 | 0.356 | 0.286 | 0.280 | 0.289 |
| Dos SSBB | 0.125 | 0.091 | 0.119 | 0.229 | 0.240 | 0.161 |
| Tres SSBB | 0.071 | 0.054 | 0.030 | 0.057 | 0.080 | 0.059 |
| Todos los SSBB/Teléfono, Internet | 0.055 | 0.039 | 0.020 | 0.029 | 0.040 | 0.037 |
| | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |

Tabla 60

Índice de consistencia y relación de consistencia del parámetro: Acceso a servicios básicos.

| Consistencia de la Matriz | |
|------------------------------------|-------|
| Índice de consistencia | 0.043 |
| Relación de consistencia (RC <0.1) | 0.039 |

7.2.1.3. Análisis de la resiliencia social

Los parámetros considerados para el análisis de resiliencia social son:

- Organización de la población
- Conocimiento en temas de Gestión de Riesgo de Desastres

Tabla 61

Parámetros de Resiliencia social.

| Parámetros | Pesos |
|------------------------------|--------------|
| Organización de la población | 0.5 |
| Conocimiento en temas de GRD | 0.5 |

7.2.1.3.1. Parámetro: Organización de la población

De acuerdo con la información establecida en la ficha - encuesta en el ítem Características fragilidad – social, se llegó a obtener datos de organización social de las personas y se presenta la siguiente clasificación:

Tabla 62

Descripción del Parámetro Organización de la población.

| Organización de la Población | Descripción |
|-------------------------------------|---|
| MUY MALA / NUNCA | <p>Menos del 25% de los socios participan en las reuniones y faenas, se han realizado menos de 3 reuniones y/o faenas por año y no se promueven las acciones relacionadas a conocer el riesgo.</p> <p>No realiza coordinaciones con otras agrupaciones vecinales.</p> <p>No se reúne con frentes de defensa, tampoco con municipalidad, gobierno regional ni empresas prestadoras de servicios.</p> |
| MALA / CASI NUNCA | <p>Menos del 50% de los socios participan en las reuniones y faenas, se han realizado menos de 4 reuniones y/o faenas por año y no se promueven las acciones relacionadas a conocer y prevenir el riesgo.</p> <p>Se han realizado coordinaciones con otras agrupaciones vecinales en solo una oportunidad en el último año.</p> <p>Se reúnen con frentes de defensa, municipalidad, gobierno regional y/o empresas prestadoras de servicios en solo una oportunidad en el último año.</p> |

| Organización de la Población | Descripción |
|-------------------------------------|--|
| <p>MEDIA / A VECES</p> | <p>Más del 70% de los socios participan en las reuniones y faenas, se han realizado 9 reuniones y/o faenas por año y se promueven las acciones relacionadas a conocer y prevenir el riesgo.</p> <p>Se han realizado coordinaciones con otras agrupaciones vecinales en menos de 3 oportunidades o motivos en el último año.</p> <p>Se reúnen con frentes de defensa, municipalidad, gobierno regional y/o empresas prestadoras de servicios en menos de 3 oportunidades o motivos en el último año.</p> <p>Más del 85% de los socios participan en las reuniones y faenas, se han realizado 12 reuniones y/o faenas por año y se promueven las acciones relacionadas a conocer y prevenir el riesgo.</p> |
| <p>BUENA / CASI SIEMPRE</p> | <p>Se han realizado coordinaciones con otras agrupaciones vecinales en menos de 6 de oportunidades o motivos en el último año.</p> <p>Se reúnen con frentes de defensa, municipalidad, gobierno regional y/o empresas prestadoras de servicios en menos de 6 oportunidades o motivos en el último año.</p> <p>El 100% de los socios participan en las reuniones y faenas, se han realizado más de 12 reuniones y/o faenas por año y se promueven las acciones relacionadas a conocer y prevenir el riesgo.</p> |
| <p>MUY BUENO / SIEMPRE</p> | <p>Se han realizado coordinaciones con otras agrupaciones vecinales en más de 6 oportunidades o motivos en el último año.</p> <p>Se reúnen con frentes de defensa, municipalidad, gobierno regional y/o empresas prestadoras de servicios en más de 6 oportunidades o motivos en el último año.</p> |

Tabla 63

Matriz de comparación de pares del parámetro: Organización de la población.

| Organización de la Población | Muy mala / Nunca | Mala / casi Nunca | Media / a veces | Buena / casi siempre | Muy bueno / siempre |
|-------------------------------------|-------------------------|--------------------------|------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| Muy mala / nunca | 1.00 | 3.00 | 5.00 | 7.00 | 9.00 |
| Mala / casi nunca | 0.33 | 1.00 | 3.00 | 5.00 | 7.00 |
| Media / a veces | 0.20 | 0.33 | 1.00 | 3.00 | 5.00 |
| Buena / casi siempre | 0.14 | 0.20 | 0.33 | 1.00 | 3.00 |
| Muy bueno / siempre | 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 |

Tabla 64

Matriz de normalización del parámetro: Organización de la población.

| Organización de la población | Muy mala / nunca | Mala / casi nunca | Media / a veces | Buena / casi siempre | Muy bueno / siempre | Vector Priorización |
|-------------------------------------|-------------------------|--------------------------|------------------------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Muy mala / nunca | 0.560 | 0.642 | 0.524 | 0.429 | 0.360 | 0.503 |
| Mala / casi nunca | 0.187 | 0.214 | 0.315 | 0.306 | 0.280 | 0.260 |
| Media / a veces | 0.112 | 0.071 | 0.105 | 0.184 | 0.200 | 0.134 |
| Buena / casi siempre | 0.080 | 0.043 | 0.035 | 0.061 | 0.120 | 0.068 |
| Muy bueno / siempre | 0.062 | 0.031 | 0.021 | 0.020 | 0.040 | 0.035 |
| | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |

Tabla 65

Índice de consistencia y relación de consistencia del parámetro: Organización de la población.

| Consistencia de la Matriz | |
|------------------------------------|-------|
| Índice de consistencia | 0.061 |
| Relación de consistencia (RC <0.1) | 0.054 |

7.2.1.3.2. Parámetro: Conocimiento en temas de Gestión de Desastres (GRD)

Este parámetro se refiere al nivel de conocimiento sobre la ocurrencia de peligros y desastres, en los pobladores de la asociación. Se ha identificado los siguientes descriptores:

Tabla 66

Parámetros Conocimiento en temas de GRD.

| Conocimiento en temas de GRD | Descripción |
|-------------------------------------|---|
| Sin conocimiento | No conoce los peligros que pueden afectar su barrio o vivienda, así como el origen de estos, actúa de forma errónea al tratar de mitigar el riesgo de manera antitécnica y seguir ocupando las zonas de riesgo muy alto asumiendo que nunca ocurrirá un desastre en la zona donde habita. |
| Conocimiento erróneo | Tiene un conocimiento erróneo sobre los peligros que pueden afectar su barrio o vivienda, así como el origen de estos, actúa de forma errónea al tratar de mitigar el riesgo de manera antitécnica y seguir ocupando las zonas de riesgo muy alto. |
| Conocimiento limitado | Tiene un conocimiento aproximado sobre el peligro que puede afectar su barrio o vivienda, no conoce exactamente a que institución acudir en caso de emergencia y desastre, así mismo no sabe cómo prevenir el riesgo ni responder en caso de ocurrir una emergencia. |
| Conocimiento, pero sin interés | Conoce de forma lógica los peligros que pueden afectar su barrio y vivienda, conoce la institución a cuál acudir en caso de emergencia y desastres, pero no muestra interés en tomar acciones sobre la prevención y preparación ante riesgos. |
| Con conocimiento | Conoce de forma precisa los peligros que pueden afectar su barrio y vivienda, conoce la institución a cuál acudir en caso de emergencia y desastres, así mismo muestra interés sobre la prevención y preparación ante riesgos ya que conoce el origen de los peligros y desastres, así como de las consecuencias. |

Tabla 67

Matriz de comparación de pares del parámetro: Conocimiento en temas de GRD.

| Conocimiento en temas de GRD | Sin conocimiento | Conocimiento erróneo | Conocimiento limitado | Conocimiento sin interés | Con conocimiento |
|-------------------------------------|-------------------------|-----------------------------|------------------------------|---------------------------------|-------------------------|
| Sin conocimiento | 1.00 | 2.00 | 4.00 | 6.00 | 8.00 |
| Conocimiento erróneo | 0.50 | 1.00 | 2.00 | 4.00 | 6.00 |
| Conocimiento limitado | 0.25 | 0.50 | 1.00 | 2.00 | 4.00 |
| Conocimiento sin interés | 0.17 | 0.25 | 0.50 | 1.00 | 2.00 |
| Con conocimiento | 0.13 | 0.17 | 0.25 | 0.50 | 1.00 |
| SUMA | 2.04 | 3.92 | 7.75 | 13.50 | 21.00 |
| 1/SUMA | 0.49 | 0.26 | 0.13 | 0.07 | 0.05 |

Tabla 68

Matriz de normalización del parámetro: Conocimiento en temas en temas de GRD.

| Conocimiento en temas de GRD | Sin conocimiento | Conocimiento erróneo | Conocimiento limitado | Conocimiento sin interés | Con conocimiento | Vector Priorización |
|-------------------------------------|-------------------------|-----------------------------|------------------------------|---------------------------------|-------------------------|----------------------------|
| Sin conocimiento | 0.490 | 0.511 | 0.516 | 0.444 | 0.381 | 0.468 |
| Conocimiento erróneo | 0.245 | 0.255 | 0.258 | 0.296 | 0.286 | 0.268 |
| Conocimiento limitado | 0.122 | 0.128 | 0.129 | 0.148 | 0.190 | 0.144 |
| Conocimiento sin interés | 0.082 | 0.064 | 0.065 | 0.074 | 0.095 | 0.076 |
| Con conocimiento | 0.061 | 0.043 | 0.032 | 0.037 | 0.048 | 0.044 |
| | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |

Tabla 69

Índice de consistencia y relación de consistencia del parámetro: Conocimiento en temas en temas de GRD.

| Consistencia de la Matriz | |
|------------------------------------|-------|
| Índice de consistencia | 0.012 |
| Relación de consistencia (RC <0.1) | 0.010 |

7.2.2. Análisis de la dimensión económica

Para el análisis de la dimensión económica se considera características de las viviendas (dan una idea aproximada de las condiciones económicas de la población), así como la ocupación laboral y tipo de vivienda, para ello se identificó y seleccionó parámetros de evaluación agrupados por factores de Fragilidad y Resiliencia.

Figura 51

Metodología del análisis de la dimensión económica.



Figura 52

Vulnerabilidad económica, infraestructura de vivienda expuesta al peligro.



Tabla 70

Matriz de comparación de pares factores de la dimensión económica.

| V - Económica | 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 |

Tabla 71

Matriz de normalización de pares de la dimensión económica.

| V - Económica | Exposición | Fragilidad | Resiliencia | Vector Priorización |
|----------------------|-------------------|-------------------|--------------------|----------------------------|
| Exposición | 0.545 | 0.571 | 0.500 | 0.539 |
| Fragilidad | 0.273 | 0.286 | 0.333 | 0.297 |
| Resiliencia | 0.182 | 0.143 | 0.167 | 0.164 |
| | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |

Tabla 72

Índice de consistencia y relación de consistencia de la dimensión económica.

| Consistencia de la Matriz | |
|------------------------------------|-------|
| Índice de consistencia | 0.005 |
| Relación de consistencia (RC <0.1) | 0.009 |

7.2.2.1. Análisis de la exposición económica

El parámetro considerado para el análisis de la exposición económica es:

- Localización de las edificaciones.

Tabla 73

Parámetro de Exposición Social.

| Parámetros | Parámetro | Valor |
|---------------------------------------|---|--------------|
| Parámetros de la exposición económica | Localización de las edificaciones a zonas de peligro muy alto | 1.00 |

7.2.2.1.1. Parámetro: Localización de las edificaciones a zonas de peligro muy alto

En este parámetro se consideró la cercanía a zonas de peligro muy alto, según los siguientes descriptores.

Tabla 74

Parámetro: Localización de las edificaciones a zonas de peligro muy alto.

| Localización de las edificaciones a zonas de peligro muy alto | Descripción |
|--|--------------------|
| Muy cerca | Menos de 10 m. |
| Cerca | De 10 a 15 m. |
| Medianamente cerca | De 15 a 30 m |
| Alejada | De 30 a 50 m. |
| Muy alejada | Más de 50 m. |

Tabla 75

Matriz de comparación de pares del parámetro: localización de edificaciones a zonas de peligro muy alto.

| Localización De Las Edificaciones A Zonas De Peligro | Muy cercana (<10m) | Cercana (10m - 15m) | Medianamente cerca (15m - 30m) | Alejada (30m - 50m) | Muy alejada (>50m) |
|---|------------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|------------------------------|
| Muy cercana (<10m) | 1.00 | 2.00 | 4.00 | 6.00 | 9.00 |
| Cercana (10m - 15m) | 0.50 | 1.00 | 3.00 | 5.00 | 7.00 |
| Medianamente cerca (15m - 30m) | 0.25 | 0.33 | 1.00 | 4.00 | 6.00 |
| Alejada (30m - 50m) | 0.17 | 0.20 | 0.25 | 1.00 | 4.00 |
| Muy alejada (>50m) | 0.11 | 0.14 | 0.17 | 0.25 | 1.00 |
| SUMA | 2.03 | 3.68 | 8.42 | 16.25 | 27.00 |
| 1/SUMA | 0.49 | 0.27 | 0.12 | 0.06 | 0.04 |

Tabla 76

Matriz de normalización del parámetro: Localización de edificaciones a zonas de peligro muy alto.

| Localización De Las Edificaciones A Zonas De Peligro | Muy cercana (<10m) | Cercana (10m - 15m) | Medianamente cerca (15m - 30m) | Alejada (30m - 50m) | Muy alejada (>50m) | Vector Priorización |
|---|------------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|------------------------------|----------------------------|
| Muy cercana (<10m) | 0.493 | 0.544 | 0.475 | 0.369 | 0.333 | 0.443 |
| Cercana (10m - 15m) | 0.247 | 0.272 | 0.356 | 0.308 | 0.259 | 0.288 |
| Medianamente cerca (15m - 30m) | 0.123 | 0.091 | 0.119 | 0.246 | 0.222 | 0.160 |
| Alejada (30m - 50m) | 0.082 | 0.054 | 0.030 | 0.062 | 0.148 | 0.075 |
| Muy alejada (>50m) | 0.055 | 0.039 | 0.020 | 0.015 | 0.037 | 0.033 |
| | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |

Tabla 77

Índice de consistencia y relación de consistencia del parámetro: Localización de edificaciones a zonas de peligro muy alto.

| Consistencia de la Matriz | |
|------------------------------------|-------|
| Índice de consistencia | 0.077 |
| Relación de consistencia (RC <0.1) | 0.069 |

7.2.2.2. Análisis de la fragilidad económica

Los parámetros considerados para el análisis de la fragilidad económica son:

- Material de construcción.
- Estado de conservación de la edificación.

Tabla 78

Parámetros de la dimensión social.

| Parámetros | Parámetro | Valor |
|---------------------------------------|--|--------------|
| Parámetros de la fragilidad económica | Material de construcción | 0.5 |
| | Estado de conservación de la edificación | 0.5 |

7.2.2.2.1. Parámetro: Material de construcción

Tabla 79

Material de construcción.

| Material de construcción | Descripción |
|---------------------------------|--|
| Mixto/Otros | Refiere a los materiales con mayor predominancia en la construcción sean plástico, palos, calamina en las viviendas. |
| Adobe | Refiere a los materiales con mayor predominancia en la construcción sea madera en las viviendas. |
| Acero Drywall | Refiere a los materiales con mayor predominancia en la construcción sea adobe en las viviendas. |
| Ladrillo-Bloqueta | Refiere a los materiales con mayor predominancia en la construcción sea ladrillo en las viviendas. |
| Concreto Armado | Refiere a los materiales con mayor predominancia en la construcción sea concreto en las viviendas. |

Tabla 80

Matriz de comparación de pares del parámetro: Material de construcción.

| Material de construcción | Mixto/otros | Adobe | Acero-drywall | Ladrillo - bloqueta | Concreto armado |
|---------------------------------|--------------------|--------------|----------------------|----------------------------|------------------------|
| Mixto/otros | 1.00 | 2.00 | 4.00 | 6.00 | 9.00 |
| Adobe | 0.50 | 1.00 | 3.00 | 4.00 | 8.00 |
| Acero-drywall | 0.25 | 0.33 | 1.00 | 3.00 | 6.00 |
| Ladrillo - bloqueta | 0.17 | 0.25 | 0.33 | 1.00 | 4.00 |
| Concreto armado | 0.11 | 0.13 | 0.17 | 0.25 | 1.00 |
| SUMA | 2.03 | 3.71 | 8.50 | 14.25 | 28.00 |
| 1/SUMA | 0.49 | 0.27 | 0.12 | 0.07 | 0.04 |

Tabla 81

Matriz de Normalización del parámetro: Material de construcción.

| Material de construcción | Mixto/otros | Adobe | Acero-drywall | Ladrillo - bloqueta | Concreto armado | Vector Priorización |
|---------------------------------|--------------------|--------------|----------------------|----------------------------|------------------------|----------------------------|
| Mixto/otros | 0.493 | 0.539 | 0.471 | 0.421 | 0.321 | 0.449 |
| Adobe | 0.247 | 0.270 | 0.353 | 0.281 | 0.286 | 0.287 |
| Acero-drywall | 0.123 | 0.090 | 0.118 | 0.211 | 0.214 | 0.151 |
| Ladrillo - bloqueta | 0.082 | 0.067 | 0.039 | 0.070 | 0.143 | 0.080 |
| Concreto armado | 0.055 | 0.034 | 0.020 | 0.018 | 0.036 | 0.032 |
| | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |

Tabla 82

Índice de consistencia y relación de consistencia del parámetro: Material de construcción.

| Consistencia de la Matriz | |
|------------------------------------|-------|
| Índice de consistencia | 0.055 |
| Relación de consistencia (RC <0.1) | 0.049 |

7.2.2.2.2. Parámetro: Estado de conservación de la edificación

Refiere al estado de conservación de las viviendas en los lotes, calificado como:

Tabla 83

Descriptorios del parámetro Estado de conservación

| Estado de conservación | Descripción |
|-------------------------------|--|
| Muy malo / precario | Viviendas con antigüedad de más de 50 años |
| Malo | Viviendas con antigüedad de más de 35 años |
| Regular | Viviendas con antigüedad de más de 20 años |
| Buenos | Viviendas con antigüedad de más de 5 años |
| Muy bueno | Viviendas nuevas, con mantenimiento permanente |

Tabla 84

Matriz de comparación de pares del parámetro: Estado de conservación.

| Estado de conservación | Precario | Malo | Regular | Bueno | Conservado |
|------------------------|----------|------|---------|-------|------------|
| Muy malo / precario | 1.00 | 2.00 | 4.00 | 7.00 | 9.00 |
| Malo | 0.50 | 1.00 | 2.00 | 4.00 | 7.00 |
| Regular | 0.25 | 0.50 | 1.00 | 3.00 | 5.00 |
| Bueno | 0.14 | 0.25 | 0.33 | 1.00 | 3.00 |
| Muy bueno | 0.11 | 0.14 | 0.20 | 0.33 | 1.00 |
| SUMA | 2.00 | 3.89 | 7.53 | 15.33 | 25.00 |
| 1/SUMA | 0.50 | 0.26 | 0.13 | 0.07 | 0.04 |

Tabla 85

Matriz de Normalización del parámetro: Estado de conservación.

| Estado de conservación | Precario | Malo | Regular | Bueno | Conservado | Vector priorización |
|------------------------|----------|-------|---------|-------|------------|---------------------|
| Muy malo / precario | 0.499 | 0.514 | 0.531 | 0.457 | 0.360 | 0.472 |
| Malo | 0.250 | 0.257 | 0.265 | 0.261 | 0.280 | 0.263 |
| Regular | 0.125 | 0.128 | 0.133 | 0.196 | 0.200 | 0.156 |
| Bueno | 0.071 | 0.064 | 0.044 | 0.065 | 0.120 | 0.073 |
| Conservado | 0.055 | 0.037 | 0.027 | 0.022 | 0.040 | 0.036 |
| | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |

Tabla 86

Índice de consistencia y relación de consistencia del parámetro: Estado de conservación.

| Consistencia de la Matriz | |
|------------------------------------|-------|
| Índice de consistencia | 0.029 |
| Relación de consistencia (RC <0.1) | 0.026 |

7.2.2.3. Análisis de la resiliencia económica

Los parámetros considerados para el análisis de la resiliencia económica son:

- Ingreso familiar promedio
- Población económicamente activa

Tabla 87

Parámetros de la dimensión social.

| Parámetros | Parámetro | Valor |
|--|-----------------------------------|-------|
| Parámetros de la resiliencia económica | Ingreso familiar promedio mensual | 0.5 |
| | Población económicamente activa | 0.5 |

7.2.2.3.1. Parámetro: Ingreso familiar promedio

Este parámetro refiere al ingreso económico mensual de las familias.

Tabla 88

Descriptor del parámetro: Ingreso familiar promedio mensual.

| Descriptor: Ingreso familiar Promedio mensual | Descripción |
|---|---|
| ≤ 200 | Se refiere a la cantidad de ingresos mensuales, en este caso es menor a 200 soles monto menor a la canasta básica familiar. en este caso sería la población menos resiliente y por consiguiente muy vulnerable. |
| $>200 - \leq 750$ | Se refiere a la cantidad de ingreso mensual que varía entre 200 y 750 soles monto menor a la canasta básica familiar. en este caso sería la población menos resiliente y por consiguiente muy vulnerable. |
| $>750 - \leq 1500$ | Se refiere a la cantidad de ingreso mensual que varía entre 750 y 1500 soles monto que se ajusta a la canasta básica familiar. en este caso sería la población resiliente muy vulnerable y variaría según la cantidad de ingresos económicos mensuales. |
| $>1500 - \leq 3000$ | Se refiere a la cantidad de ingreso mensual que varía entre 1500 y 3000 soles monto que supera la canasta básica familiar. en este caso sería la población resiliente muy vulnerable y variaría según la cantidad de ingresos económicos mensuales. |

| | |
|-------|---|
| >3000 | Se refiere a la cantidad de ingreso mensual mayor 3000 soles monto que supera la canasta básica familiar. En este caso sería la población resiliente y variaría según la cantidad de ingresos económicos mensuales. |
|-------|---|

Tabla 89

Matriz de comparación de pares del parámetro: Ingreso familiar promedio mensual.

| Ingreso Familiar Promedio Mensual | ≤ 200 | >200 - ≤ 750 | >750 - ≤ 1500 | >1500 - ≤ 3000 | >3000 |
|--|--------------|------------------------|-------------------------|--------------------------|-----------------|
| ≤ 200 | 1.00 | 2.00 | 4.00 | 6.00 | 9.00 |
| >200 - ≤ 750 | 0.50 | 1.00 | 2.00 | 4.00 | 6.00 |
| >750 - ≤ 1500 | 0.25 | 0.50 | 1.00 | 2.00 | 4.00 |
| >1500 - ≤ 3000 | 0.17 | 0.25 | 0.50 | 1.00 | 2.00 |
| >3000 | 0.11 | 0.17 | 0.25 | 0.50 | 1.00 |
| SUMA | 2.03 | 3.92 | 7.75 | 13.50 | 22.00 |
| 1/SUMA | 0.49 | 0.26 | 0.13 | 0.07 | 0.05 |

Tabla 90

Matriz de Normalización de pares del parámetro: Ingreso familiar promedio mensual.

| Descriptores | ≤ 200 | >200 - ≤ 750 | >750 - ≤ 1500 | >1500 - ≤ 3000 | >3000 | Vector Priorización |
|---------------------|--------------|------------------------|-------------------------|--------------------------|-----------------|----------------------------|
| ≤ 200 | 0.493 | 0.511 | 0.516 | 0.444 | 0.409 | 0.475 |
| >200 - ≤ 750 | 0.247 | 0.255 | 0.258 | 0.296 | 0.273 | 0.266 |
| >750 - ≤ 1500 | 0.123 | 0.128 | 0.129 | 0.148 | 0.182 | 0.142 |
| >1500 - ≤ 3000 | 0.082 | 0.064 | 0.065 | 0.074 | 0.091 | 0.075 |
| >3000 | 0.055 | 0.043 | 0.032 | 0.037 | 0.045 | 0.042 |
| | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |

Tabla 91

Índice de consistencia y relación de consistencia del parámetro: Ingreso familiar promedio mensual.

| Consistencia de la Matriz | |
|------------------------------------|-------|
| Índice de consistencia | 0.008 |
| Relación de consistencia (RC <0.1) | 0.007 |

7.2.2.3.2. Parámetro: Ocupación

Este parámetro refiere al porcentaje de las personas que trabajan en un hogar ingreso económico mensual de las familias.

Tabla 92

Descriptor del parámetro: Ocupación

| Descriptor del parámetro | Descripción |
|---------------------------------|---|
| Ocupación | |
| Desempleado | Refiere a la cantidad de personas que no trabaja en una familia. |
| Dedicado al hogar | Refiere a la cantidad de personas que es dedicada a su hogar. |
| Ocupado menor de edad | Refiere a la cantidad de personas que están ocupados con algún trabajo y estas personas son mayores de 14 años. |
| Trabajador independiente | Refiere a una cantidad de personas que cuentan con trabajo independiente en la familia. |
| Trabajador dependiente | Refiere a la cantidad de personas que cuentan con trabajo dependiente en la familia. |

Tabla 93

Matriz de comparación de pares del parámetro: Ocupación.

| Ocupación | Desempleado | Dedicado al hogar | Ocupado menor de edad | Trabajador independiente | Trabajador dependiente |
|--------------------------|-------------|-------------------|-----------------------|--------------------------|------------------------|
| Desempleado | 1.00 | 2.00 | 4.00 | 6.00 | 9.00 |
| Dedicado al hogar | 0.50 | 1.00 | 2.00 | 4.00 | 6.00 |
| Ocupado menor de edad | 0.25 | 0.50 | 1.00 | 4.00 | 6.00 |
| Trabajador independiente | 0.17 | 0.25 | 0.25 | 1.00 | 2.00 |
| Trabajador Dependiente | 0.11 | 0.17 | 0.17 | 0.50 | 1.00 |
| SUMA | 2.03 | 3.92 | 7.42 | 15.50 | 24.00 |
| 1/SUMA | 0.49 | 0.26 | 0.13 | 0.06 | 0.04 |

Tabla 94

Matriz de Normalización de pares del parámetro: Ocupación.

| Descriptor | Desempleado | Dedicado al hogar | Ocupado menor de edad | Trabajador independiente | Trabajador dependiente | Vector Priorización |
|--------------------------|-------------|-------------------|-----------------------|--------------------------|------------------------|---------------------|
| Desempleado | 0.493 | 0.511 | 0.539 | 0.387 | 0.375 | 0.461 |
| Dedicado al hogar | 0.247 | 0.255 | 0.270 | 0.258 | 0.250 | 0.256 |
| Ocupado menor de edad | 0.123 | 0.128 | 0.135 | 0.258 | 0.250 | 0.179 |
| Trabajador independiente | 0.082 | 0.064 | 0.034 | 0.065 | 0.083 | 0.066 |
| Trabajador Dependiente | 0.055 | 0.043 | 0.022 | 0.032 | 0.042 | 0.039 |
| | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |

Tabla 95

Índice de consistencia y relación de consistencia del parámetro: Ocupación

| Consistencia de la Matriz | |
|------------------------------------|-------|
| Índice de consistencia | 0.034 |
| Relación de consistencia (RC <0.1) | 0.030 |

7.2.3. Análisis de la dimensión ambiental

Para el análisis de la dimensión ambiental se considera características del medio ambiente con recursos renovables y no renovables, expuestos en el ámbito de influencia del peligro, en el que se identifica recursos naturales vulnerables y no vulnerables para el análisis de fragilidad y resiliencia ambiental.

Figura 53

Distribución de los parámetros de la dimensión ambiental.

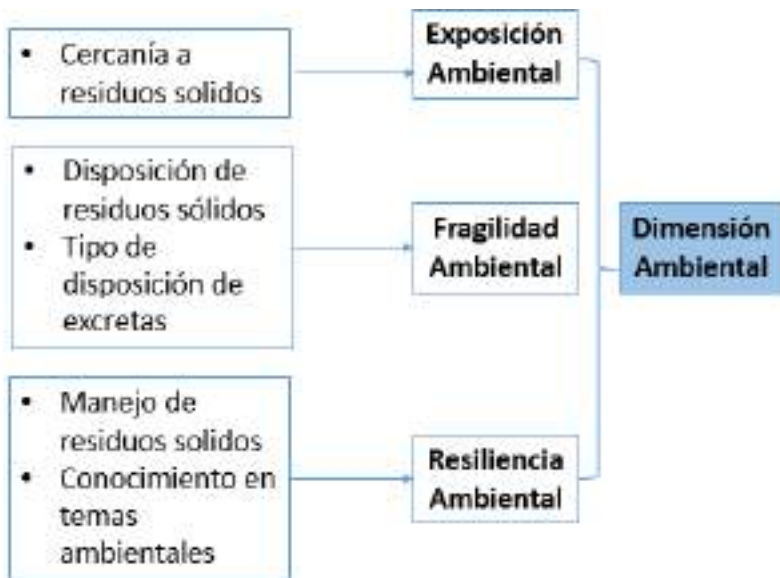


Figura 54

Botadero de residuos sólidos en laderas.



Tabla 96

Matriz de comparación de pares factores de la dimensión ambiental.

| Dimensión ambiental | Exposición ambiental | Fragilidad ambiental | Resiliencia Ambiental |
|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| Exposición ambiental | 1.00 | 2.00 | 3.00 |
| Fragilidad ambiental | 0.50 | 1.00 | 2.00 |
| Resiliencia ambiental | 0.33 | 0.50 | 1.00 |
| SUMA | 1.83 | 3.50 | 6.00 |
| 1/SUMA | 0.55 | 0.29 | 0.17 |

Tabla 97

Matriz de normalización de pares factores de la dimensión ambiental.

| V - ambiental | Exposición | Fragilidad | Resiliencia | Vector priorización |
|----------------------|-------------------|-------------------|--------------------|----------------------------|
| Exposición | 0.545 | 0.571 | 0.500 | 0.539 |
| Fragilidad | 0.273 | 0.286 | 0.333 | 0.297 |
| Resiliencia | 0.182 | 0.143 | 0.167 | 0.164 |
| | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |

Tabla 98

Índice de consistencia y relación de consistencia de la dimensión ambiental.

| Consistencia de la Matriz | |
|------------------------------------|-------|
| Índice de consistencia | 0.005 |
| Relación de consistencia (RC <0.1) | 0.009 |

7.2.3.1. Análisis de la exposición ambiental

El parámetro considerado para el análisis de la exposición ambiental es:

- Cercanía a residuos solidos

Tabla 99

Parámetros exposición de la dimensión ambiental.

| Parámetros | Parámetro | Valor |
|---------------------------------------|------------------------------|--------------|
| Parámetros de la exposición ambiental | Cercanía de residuos solidos | 1.00 |

7.2.3.1.1. Parámetro: Cercanía de Residuos Sólidos

Tabla 100

Cercanía a residuos sólidos.

| Cercanía a residuos solidos | Descripción |
|------------------------------------|--|
| Menos de 25 m. | Muy cerca de puntos de residuos sólidos |
| De 25 a 50 m | Cerca de puntos de residuos sólidos |
| De 50 a 100 m. | Regularmente de puntos de residuos sólidos |
| De 100 a 250 m | Lejos de puntos de residuos sólidos |
| Mayor a 250 m | Muy lejos de puntos de residuos sólidos |

Tabla 101

Matriz de comparación de pares: Cercanía a residuos sólidos.

| Cercanía de residuos sólidos | Menos de 25 m. | De 25 a 50 m | De 50 a 100 m. | De 100 a 250 m | Mayor a 250 m |
|---|---------------------------|-------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|
| Menos de 25 m. | 1.00 | 3.00 | 5.00 | 7.00 | 9.00 |
| De 25 a 50 m | 0.33 | 1.00 | 3.00 | 5.00 | 7.00 |
| De 50 a 100 m. | 0.20 | 0.33 | 1.00 | 3.00 | 5.00 |
| De 100 a 250 m | 0.14 | 0.20 | 0.33 | 1.00 | 3.00 |
| Mayor a 250 m | 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 |

Tabla 102

Matriz de comparación del parámetro: Cercanía a residuos sólidos.

| Cercanía De Residuos Sólidos | Menos de 25 m. | De 25 a 50 m | De 50 a 100 m. | De 100 a 250 m | Mayor a 250 m | Vector Priorización |
|-------------------------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|----------------------------|
| Menos de 25 m. | 0.560 | 0.642 | 0.524 | 0.429 | 0.360 | 0.503 |
| De 25 a 50 m | 0.187 | 0.214 | 0.315 | 0.306 | 0.280 | 0.260 |
| De 50 a 100 m. | 0.112 | 0.071 | 0.105 | 0.184 | 0.200 | 0.134 |
| De 100 a 250 m | 0.080 | 0.043 | 0.035 | 0.061 | 0.120 | 0.068 |
| Mayor a 250 m | 0.062 | 0.031 | 0.021 | 0.020 | 0.040 | 0.035 |
| | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |

Tabla 103

Índice de consistencia y relación de consistencia del parámetro: Cercanía a residuos sólidos.

| Consistencia de la Matriz | |
|------------------------------------|-------|
| Índice de consistencia | 0.061 |
| Relación de consistencia (RC <0.1) | 0.054 |

7.2.3.2. Análisis de la Fragilidad Ambiental

Para el presente análisis se tomaron en cuenta los siguientes parámetros ambientales en cuanto a la fragilidad:

Tabla 104

Matriz de Comparación de Pares de la fragilidad ambiental.

| Parámetros | Pesos |
|---------------------------------|--------------|
| Disposición de Residuos Solidos | 0.5 |
| Tipo de disposición de excretas | 0.5 |

7.2.3.2.1. *Parámetro: Disposición De Residuos Sólidos (RRSS)*

Este parámetro está referido a la fragilidad ambiental en cuanto a la disposición y recolección inadecuada de los residuos sólidos, puesto que en un eventual fenómeno natural este se convertiría en un foco de contaminación y proliferación de vectores y por lo tanto afectaría directamente a la salud de la población.

Tabla 105

Descripción de los descriptores del parámetro disposición de residuos sólidos.

| Disposición de RRSS | Descripción |
|---|--|
| Desechar en quebradas y cauces | Más crítico puesto que generaría focos de contaminación y proliferación de vectores. |
| Desechar en vías y calles | Crítico genera focos de contaminación y proliferación de vectores, pero al estar en las vías y calles pueden ser recogidas por el servicio de limpieza. |
| Desechar en botaderos (puntos críticos) | Genera focos de contaminación, pero al ser puntos focalizados son de rápida recolección por el servicio de limpieza. |
| Carro recolector | Es el tipo de disposición adecuada que no genera ningún daño a la salud de la población ni al medio ambiente. |
| Carro recolector en forma segregada | Es el óptimo ya que hay conocimiento de las características de los residuos sólidos, genera ningún daño a la salud de la población ni al medio ambiente. |

Tabla 106

Matriz de comparación de pares del parámetro: Disposición de Residuos Sólidos.

| Disposición de RRSS | Desechar en quebradas y cauces | Desechar en vías y calles | Desechar en botaderos (puntos críticos) | Carro recolector | Carro recolector en forma segregada |
|---|---------------------------------------|----------------------------------|--|-------------------------|--|
| Desechar en quebradas y cauces | 1.00 | 2.00 | 5.00 | 7.00 | 9.00 |
| Desechar en vías y calles | 0.50 | 1.00 | 3.00 | 6.00 | 7.00 |
| Desechar en botaderos (puntos críticos) | 0.20 | 0.33 | 1.00 | 3.00 | 6.00 |
| Carro recolector | 0.14 | 0.17 | 0.33 | 1.00 | 3.00 |
| Carro recolector en forma segregada | 0.11 | 0.14 | 0.17 | 0.33 | 1.00 |
| SUMA | 1.95 | 3.64 | 9.50 | 17.33 | 26.00 |
| 1/SUMA | 0.51 | 0.27 | 0.11 | 0.06 | 0.04 |

Tabla 107

Matriz de Normalización parámetro: Disposición de Residuos Sólidos

| Disposición residuos sólidos | Desechar en quebradas y cauces | Desechar en vías y calles | Desechar en botaderos (puntos críticos) | Carro recolector | Carro recolector en forma segregada | Vector Priorización |
|---|---------------------------------------|----------------------------------|--|-------------------------|--|----------------------------|
| Desechar en quebradas y cauces | 0.512 | 0.549 | 0.526 | 0.404 | 0.346 | 0.467 |
| Desechar en vías y calles | 0.256 | 0.275 | 0.316 | 0.346 | 0.269 | 0.292 |
| Desechar en botaderos (puntos críticos) | 0.102 | 0.092 | 0.105 | 0.173 | 0.231 | 0.141 |

| Disposición residuos sólidos | Desechar en quebradas y cauces | Desechar en vías y calles | Desechar en botaderos (puntos críticos) | Carro recolector | Carro recolector en forma segregada | Vector Priorización |
|---|---|--|--|-----------------------------|--|--------------------------------|
| Carro recolector | 0.073 | 0.046 | 0.035 | 0.058 | 0.115 | 0.065 |
| Carro recolector en forma segregada | 0.057 | 0.039 | 0.018 | 0.019 | 0.038 | 0.034 |
| | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |

Tabla 108

Índice de consistencia y relación de consistencia del parámetro: Disposición de Residuos Sólidos.

| Consistencia de la Matriz | |
|------------------------------------|-------|
| Índice de consistencia | 0.056 |
| Relación de consistencia (RC <0.1) | 0.050 |

7.2.3.2.2. Parámetro: Tipo de Disposición De Excretas

Este parámetro fue analizado desde la ficha - encuesta en el ítem servicios básicos donde en los que se han identificado los siguientes descriptores.

Tabla 109

Descripción de los descriptores del parámetro disposición de excretas

| Disposición de excretas | Descripción |
|--|---|
| Sin servicio higiénico | Este descriptor es el más crítico puesto que la eliminación de excretas no tiene un tratamiento adecuado, más susceptible a convertirse en focos de contaminación. |
| Con letrina pozo seco | Sanitariamente es lo mínimo recomendable para la disposición de excretas en zonas donde no se puede conectar a una red de desagüe. |
| Con letrina y arrastre hidráulico | Este descriptor es sanitariamente adecuado, pero no ambientalmente puesto que estas aguas residuales son descargadas en quebradas sin un tratamiento afectando la calidad de cuerpos de agua naturales. |
| Con instalación a tanque séptico | Es lo adecuado ya que el tanque séptico es una forma de tratamiento y las aguas residuales son descargadas a los cuerpos de agua natural con características adecuadas. |
| Con instalación sanitaria conectada a la red | Es el óptimo puesto que las aguas residuales son tratadas en una planta de tratamiento de aguas residuales. |

Tabla 110

Matriz de Comparación de pares del parámetro: Disposición de Excretas

| Tipo de disposición de excretas | Sin servicio higiénico | Con letrina pozo seco | Con letrina y arrastre hidráulico | Con instalación a tanque séptico | Con instalación sanitaria conectada a la red |
|--|-------------------------------|------------------------------|--|---|---|
| Sin servicio higiénico | 1.00 | 3.00 | 4.00 | 7.00 | 9.00 |
| Con letrina pozo seco | 0.33 | 1.00 | 3.00 | 4.00 | 7.00 |
| Con letrina y arrastre hidráulico | 0.25 | 0.33 | 1.00 | 3.00 | 4.00 |
| Con instalación a tanque séptico | 0.14 | 0.25 | 0.33 | 1.00 | 3.00 |
| Con instalación sanitaria conectada a la red | 0.11 | 0.14 | 0.25 | 0.33 | 1.00 |
| Suma | 1.84 | 4.73 | 8.58 | 15.33 | 24.00 |
| 1/suma | 0.54 | 0.21 | 0.12 | 0.07 | 0.04 |

Tabla 111

Matriz de Normalización del parámetro: Disposición de Excretas.

| Tipo de conexión de red de desagüe | Sin servicio higiénico | Con letrina pozo seco | Con letrina y arrastre hidráulico | Con instalación a tanque séptico | Con instalación sanitaria conectada a la red | Vector priorización |
|--|-------------------------------|------------------------------|--|---|---|----------------------------|
| Sin servicio higiénico | 0.544 | 0.635 | 0.466 | 0.457 | 0.375 | 0.495 |
| Con letrina pozo seco | 0.181 | 0.212 | 0.350 | 0.261 | 0.292 | 0.259 |
| Con letrina y arrastre hidráulico | 0.136 | 0.071 | 0.117 | 0.196 | 0.167 | 0.137 |
| Con instalación a tanque séptico | 0.078 | 0.053 | 0.039 | 0.065 | 0.125 | 0.072 |
| Con instalación sanitaria conectada a la red | 0.060 | 0.030 | 0.029 | 0.022 | 0.042 | 0.037 |
| | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |

Tabla 112

Índice de consistencia y relación de consistencia del parámetro: Disposición de Excretas.

| Consistencia de la Matriz | |
|------------------------------------|-------|
| Índice de consistencia | 0.050 |
| Relación de consistencia (RC <0.1) | 0.045 |

7.2.3.3. *Análisis De La Resiliencia Ambiental*

Tabla 113

Parámetros de Resiliencia Ambiental.

| Parámetros | Pesos |
|-----------------------------------|--------------|
| Manejo de RR. SS | 0.5 |
| Conocimiento en Temas Ambientales | 0.5 |

7.2.3.3.1. *Parámetro: Manejo de Residuos Sólidos*

Este parámetro fue analizado desde la ficha - encuesta de la parte de caracterización ambiental

Tabla 114

Manejo de Residuos sólidos

| Manejo de Residuos Sólidos | Descripción |
|-----------------------------------|--|
| Sin manejo | Es el más crítico hay desconocimiento total de la normatividad y buenas prácticas ambientales. |
| Deposita en solo envase | Ya hay conocimiento, pero no garantiza la aplicación normatividad y buenas prácticas ambientales. |
| Selecciona orgánico e inorgánico | Se evidencia el conocimiento de normatividad y buenas prácticas ambientales. |
| Reúso y compostaje | Ya se evidencia la aplicación de la normatividad y buenas prácticas ambientales. |
| Clasificación por material | Se garantiza la sostenibilidad de la aplicación de la normatividad y buenas prácticas ambientales. |

Tabla 115

Matriz de comparación de pares del parámetro: Manejo de residuos sólidos.

| Manejo de Residuos Solidos | Sin manejo | Deposita en solo embaces | Selecciona orgánico e inorgánico | Reúso y compostaje | Clasificación por material |
|-----------------------------------|-------------------|---------------------------------|---|---------------------------|-----------------------------------|
| Sin manejo | 1.00 | 2.00 | 4.00 | 6.00 | 8.00 |
| Deposita en solo envase | 0.50 | 1.00 | 2.00 | 4.00 | 6.00 |
| Selecciona orgánico e inorgánico | 0.25 | 0.50 | 1.00 | 2.00 | 4.00 |
| Reúso y compostaje | 0.17 | 0.25 | 0.50 | 1.00 | 2.00 |
| Clasificación por material | 0.13 | 0.17 | 0.25 | 0.50 | 1.00 |
| SUMA | 2.04 | 3.92 | 7.75 | 13.50 | 21.00 |
| 1/SUMA | 0.49 | 0.26 | 0.13 | 0.07 | 0.05 |

Tabla 116

Matriz de Normalización del parámetro: Manejo de residuos sólidos

| Manejo de Residuos Solidos | Desechar en quebradas y causes | Quema de residuos solidos | Desechar en vías y calles | Desechar en botaderos | Carro recolector | Vector Priorización |
|-----------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|------------------------------|-------------------------|----------------------------|
| Sin manejo | 0.490 | 0.511 | 0.516 | 0.444 | 0.381 | 0.468 |
| Deposita en solo embaces | 0.245 | 0.255 | 0.258 | 0.296 | 0.286 | 0.268 |
| Selecciona orgánico e inorgánico | 0.122 | 0.128 | 0.129 | 0.148 | 0.190 | 0.144 |
| Reuso y compostaje | 0.082 | 0.064 | 0.065 | 0.074 | 0.095 | 0.076 |
| Clasificación por material | 0.061 | 0.043 | 0.032 | 0.037 | 0.048 | 0.044 |
| | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |

Tabla 117

Índice de consistencia y relación de consistencia: Manejo de residuos sólidos.

| Consistencia de la Matriz | |
|------------------------------------|-------|
| Índice de consistencia | 0.012 |
| Relación de consistencia (RC <0.1) | 0.010 |

7.2.3.3.2. Parámetro: Conocimiento en Temas Ambientales

Este parámetro fue analizado desde la ficha - encuesta de la parte de caracterización ambiental utilizando los siguientes ítems:

- Ha recibido capacitación en temas ambientales.

Tabla 118

Descripción de los descriptores del parámetro conocimiento en temas ambientales.

| Conocimiento en temas ambientales | Descripción |
|--|--|
| Sin conocimiento | Es el más crítico hay desconocimiento total de la normatividad y buenas prácticas ambientales. |
| Por otras personas | Ya hay conocimiento, pero no garantiza la aplicación normatividad y buenas prácticas ambientales. |
| Por medios de comunicación radio y tv. | Se evidencia el conocimiento de normatividad y buenas prácticas ambientales. |
| Por medios de comunicación internet | Ya se evidencia la aplicación de la normatividad y buenas prácticas ambientales. |
| Capacitación por instituciones | Se garantiza la sostenibilidad de la aplicación de la normatividad y buenas prácticas ambientales. |

Tabla 119

Matriz de comparación de pares del parámetro: Conocimiento en temas ambientales.

| Conocimiento en temas ambientales | Sin conocimiento | Por otras personas | Por medios de comunicación radio y tv. | Por medios de comunicación internet | Capacitación por instituciones |
|--|-------------------------|---------------------------|---|--|---------------------------------------|
| Conocimiento en temas ambientales | 1.00 | 2.00 | 5.00 | 7.00 | 9.00 |
| Sin conocimiento | 0.50 | 1.00 | 2.00 | 5.00 | 7.00 |
| Por otras personas | 0.20 | 0.50 | 1.00 | 2.00 | 5.00 |
| Por medios de comunicación radio y tv. | 0.14 | 0.20 | 0.50 | 1.00 | 2.00 |
| Por medios de comunicación internet | 0.11 | 0.14 | 0.20 | 0.50 | 1.00 |
| SUMA | 1.95 | 3.84 | 8.70 | 15.50 | 24.00 |
| 1/SUMA | 0.51 | 0.26 | 0.11 | 0.06 | 0.04 |

Tabla 120

Matriz de Normalización del parámetro: Conocimiento en temas ambientales

| Conocimiento en temas ambientales | Sin conocimiento | Por otras personas | Por medios de comunicación radio y tv. | Por medios de comunicación internet | Capacitación por instituciones | Vector Priorización |
|--|-------------------------|---------------------------|---|--|---------------------------------------|----------------------------|
| Sin conocimiento | 0.512 | 0.520 | 0.575 | 0.452 | 0.375 | 0.487 |
| Por otras personas | 0.256 | 0.260 | 0.230 | 0.323 | 0.292 | 0.272 |
| Por medios de comunicación radio y tv. | 0.102 | 0.130 | 0.115 | 0.129 | 0.208 | 0.137 |
| Por medios de comunicación internet | 0.073 | 0.052 | 0.057 | 0.065 | 0.083 | 0.066 |
| Capacitación por instituciones | 0.057 | 0.037 | 0.023 | 0.032 | 0.042 | 0.038 |
| | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |

Tabla 121

Índice de consistencia y relación de consistencia del parámetro: Conocimiento en temas ambientales.

| Consistencia de la Matriz | |
|------------------------------------|-------|
| Índice de consistencia | 0.021 |
| Relación de consistencia (RC <0.1) | 0.019 |

7.2.4. Jerarquía de las Dimensiones de la Vulnerabilidad

Tabla 122

Matriz de Comparación de Pares – Parámetros de análisis de vulnerabilidad.

| Dimensión de Análisis de vulnerabilidad | Dimensión económica | Dimensión social | Dimensión ambiental |
|--|----------------------------|-------------------------|----------------------------|
| Dimensión económica | 1.00 | 2.00 | 6.00 |
| Dimensión social | 0.50 | 1.00 | 4.00 |
| Dimensión ambiental | 0.17 | 0.25 | 1.00 |
| SUMA | 1.67 | 3.25 | 11.00 |
| 1/SUMA | 0.60 | 0.31 | 0.09 |

Tabla 123

Matriz de Normalización – Parámetros de análisis de vulnerabilidad

| Parámetros de Análisis de vulnerabilidad | Dimensión económica | Dimensión social | Dimensión ambiental | Vector priorización |
|---|----------------------------|-------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Dimensión económica | 0.600 | 0.615 | 0.545 | 0.587 |
| Dimensión social | 0.300 | 0.308 | 0.364 | 0.324 |
| Dimensión ambiental | 0.100 | 0.077 | 0.091 | 0.089 |
| | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |

Tabla 124

Índice y relación de consistencia – Parámetros de análisis de vulnerabilidad

| Consistencia de la Matriz | |
|----------------------------------|-------|
| Índice de consistencia (IC) | 0.005 |
| Relación de consistencia (RC) | 0.009 |

7.2.5. Definición Y Estratificación De Los Niveles De Vulnerabilidad

En la siguiente Cuadro, se muestran los niveles de vulnerabilidad y sus respectivos rangos obtenidos a través de utilizar el Proceso de Análisis Jerárquico.

Tabla 125

Niveles de Vulnerabilidad.

| Nivel | Rango | | | | |
|--------------|--------------|---|---|---|-------|
| Muy alta | 0.271 | < | V | ≤ | 0.457 |
| Alta | 0.152 | < | V | ≤ | 0.271 |
| Media | 0.078 | < | V | ≤ | 0.152 |
| Baja | 0.042 | ≤ | V | ≤ | 0.078 |

Tabla 126

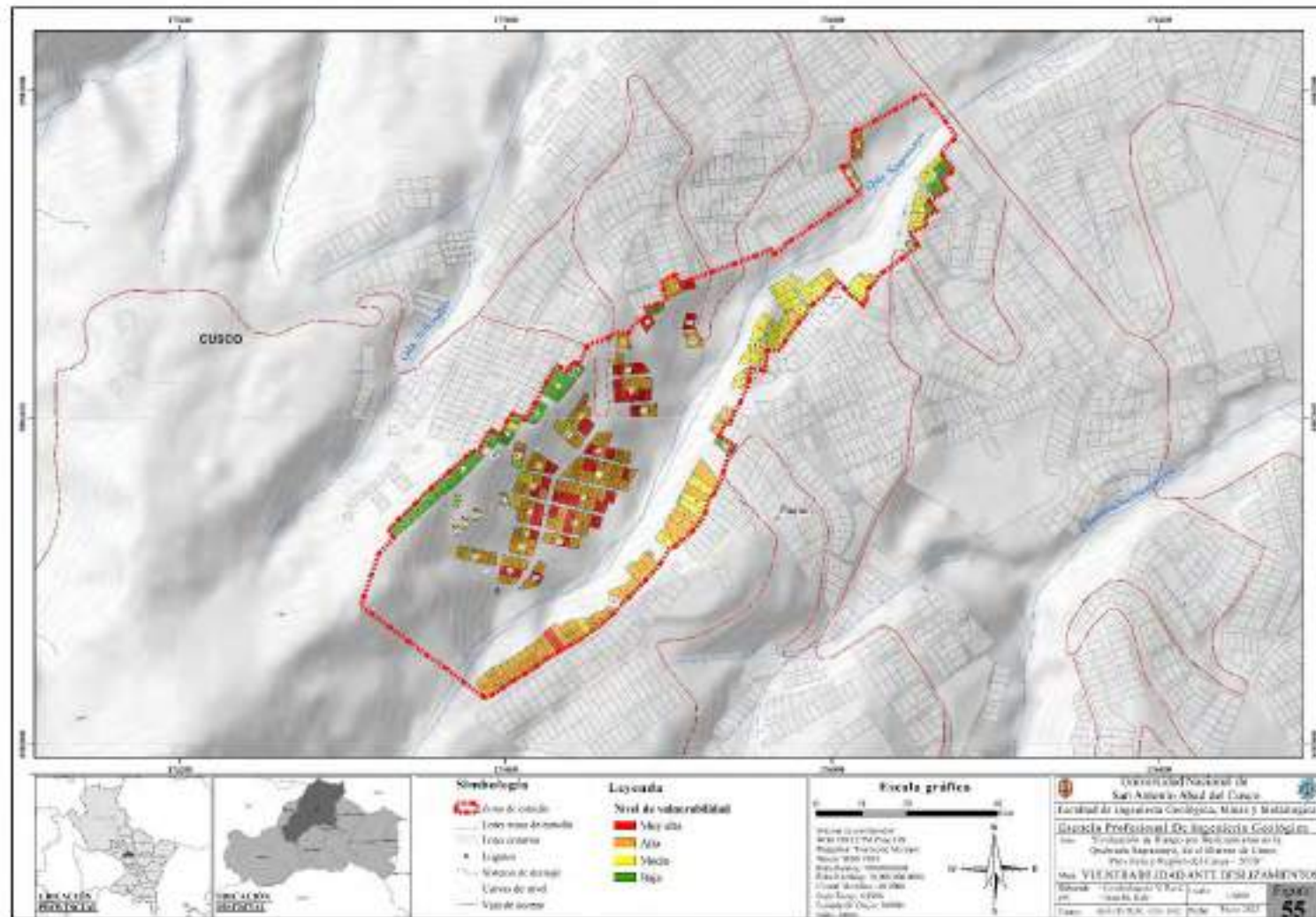
Estratificación de los niveles de vulnerabilidad

| Niveles de vulnerabilidad | Descripción | Rango |
|---------------------------|---|-------------------------|
| Muy alta | N° de habitantes por lote mayor a 25 hab. y que en su mayoría tienen entre 0-5 años o >66 años. Acceso a servicios básicos: no cuentan con servicios básicos. Organización de la población: muy mala/ nunca participa. Conocimiento en temas de gestión del riesgo de desastres: Sin conocimiento. Localización de la edificación: muy cercana a la zona de peligro muy alto. Estado de conservación de la edificación: Muy malo/ Precario. Material predominante en la construcción: Mixto/otros. Ocupación: desempleado. Ingreso Familiar Promedio: ≤ 200 Soles mensual. Cercanía a Residuos Sólidos: a menos de 25mts Disposición de residuos sólidos: Desecha en quebradas y causes. Tipo de disposición de excretas: sin servicio higiénico. Conocimiento en temas Ambientales: sin conocimientos. Manejo de residuos sólidos: Sin manejo. | 0.271<V≤0.457 |
| Alta | N° de habitantes por lote mayor a 16hab a 25hab. Y que en su mayoría tienen entre 6-12años y 55-65 años. Acceso a servicios básicos: con un servicio básico. Organización de la población: mala/ casi nunca. Conocimiento en temas de gestión del riesgo de desastres: conocimiento erróneo. Localización de la edificación: cercana a la zona de peligro muy alto. Estado de conservación: Precario. Material predominante en la construcción: acero- drywall. Ocupación desempleados y dedicados al hogar en su mayoría. Cercanía a Residuos Sólidos: de 25mts a 50mts. Disposición de residuos sólidos: quema de residuos sólidos. Tipo de disposición de excretas: con letrina pozo seco. Conocimiento en temas Ambientales: conocimiento erróneo. Manejo de residuos sólidos: deposita solo en un solo envase. | 0.152<V≤0.271 |
| Media | N° de habitantes por lote: de 9 a15 Hab. y que tienen entre 13-18 años. Acceso a servicios básicos: con 2 servicios básicos. Organización de la población: media. Conocimiento en temas de gestión del riesgo de desastres: Conocimiento limitado. Localización de la edificación: | 0.078<V≤0.152 |

| Niveles de vulnerabilidad | Descripción | Rango |
|----------------------------------|--|----------------------|
| | <p>medianamente cerca. Estado de conservación: Regular. Material predominante en la construcción: adobe. Ocupación: ocupado de 14 años a más. Porcentaje de personas que trabajan: 41% a 60%. Cercanía a RR.SS.: de 50 a 100mts. Disposición de residuos sólidos: Desecha en vías y calles. Tipo de disposición de excretas: con letrina tipo pozo seco. Conocimiento en temas Ambientales: conocimiento limitado. Manejo de residuos sólidos: selecciona orgánico e inorgánico.</p> | |
| Baja | <p>N° de habitantes por lote: hasta 8 hab. Tienen entre 19 a 54 años de edad. Acceso a servicios básicos: Todos los servicios básicos y otros. Grupo etario predominante: 19 a 54 años. Organización de la población: buena. Conocimiento GRD: conocen sin interés y con conocimiento. Localización de la Edificación: alejado a muy alejado. Estado de conservación: bueno a conservado. Material predominante en la construcción: concreto armado y ladrillo/bloqueta. Ocupación: trabajador dependiente, independiente. Ingreso familiar promedio: Mayor a 1500 soles. Cercanía a los Residuos solido de 100 m. a más. Disposición de residuos sólidos: carro recolector en forma segregada. Tipo de disposición de excretas: con instalación sanitaria conectada a la red. Conocimiento en temas Ambientales: con conocimiento. Manejo de RR.SS. reuso, compostaje y clasificación por material.</p> | 0.042≤V≤0.078 |

Figura 55

Vulnerabilidad ante deslizamientos en la zona de estudio.



Capítulo VIII: Cálculo de los Niveles de Riesgo

El riesgo es una medida de la probabilidad de un efecto adverso a la vida, a la salud, a la propiedad y al ambiente. Se mide en vidas humanas, propiedades en riesgo y daños ambientales. El riesgo generalmente es estimado como el producto de la probabilidad del peligro por el grado de vulnerabilidad. Suarez J. (pag 528) (2009), Deslizamiento. Tomo I: Análisis Geotécnico

8.1. Metodología para el cálculo de Riesgo

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. CENEPRED (2014), Manual Para La Evaluación De Riesgos Originados Por Fenómenos Naturales, 2da Versión.

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

Dónde:

R= Riesgo.

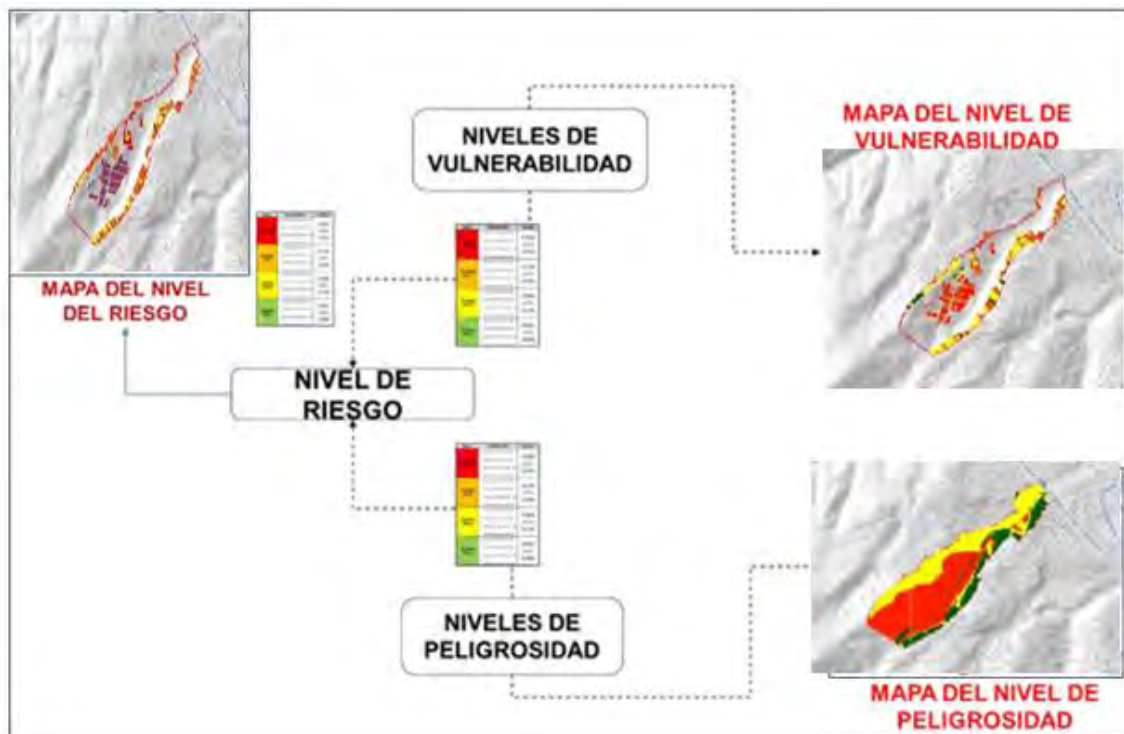
f = En función

P_i =Peligro con la intensidad mayor o igual a i durante un período de exposición t

V_e = Vulnerabilidad de un elemento expuesto

Figura 56

Diagrama del cálculo de riesgo.



Nota. Adaptado del Manual para la evaluación de Riesgos originados por Fenómenos Naturales 02 versión, CENEPRED, 2014

8.2. Definición y Estratificación de los Niveles de Riesgo.

En la siguiente tabla se muestran los niveles de riesgo y sus respectivos rangos obtenidos a través del proceso de análisis jerárquico.

Tabla 127

Cálculo de los Niveles de Riesgo

| | | | | | |
|-------------------------|-------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|--------------------------------|
| Peligro Muy Alto | 0.504 | 0.039 | 0.077 | 0.136 | 0.230 |
| Peligro Alto | 0.242 | 0.019 | 0.037 | 0.065 | 0.110 |
| Peligro Medio | 0.164 | 0.013 | 0.025 | 0.044 | 0.075 |
| Peligro Bajo | 0.076 | 0.006 | 0.012 | 0.021 | 0.035 |
| | | 0.078 | 0.152 | 0.271 | 0.457 |
| | | Vulnerabilidad Baja | Vulnerabilidad Media | Vulnerabilidad Alta | Vulnerabilidad Muy Alta |

Tabla 128

Niveles de Riesgo

| Nivel | Rango | | | | |
|--------------|--------------|---|---|---|-------|
| Muy alto | 0.065 | < | R | ≤ | 0.230 |
| Alto | 0.025 | < | R | ≤ | 0.065 |
| Medio | 0.006 | < | R | ≤ | 0.025 |
| Bajo | 0.001 | ≤ | R | ≤ | 0.006 |

8.2.1. Estratificación del Nivel de Riesgo por Deslizamiento

Tabla 129

Estratificación de los niveles de Riesgo

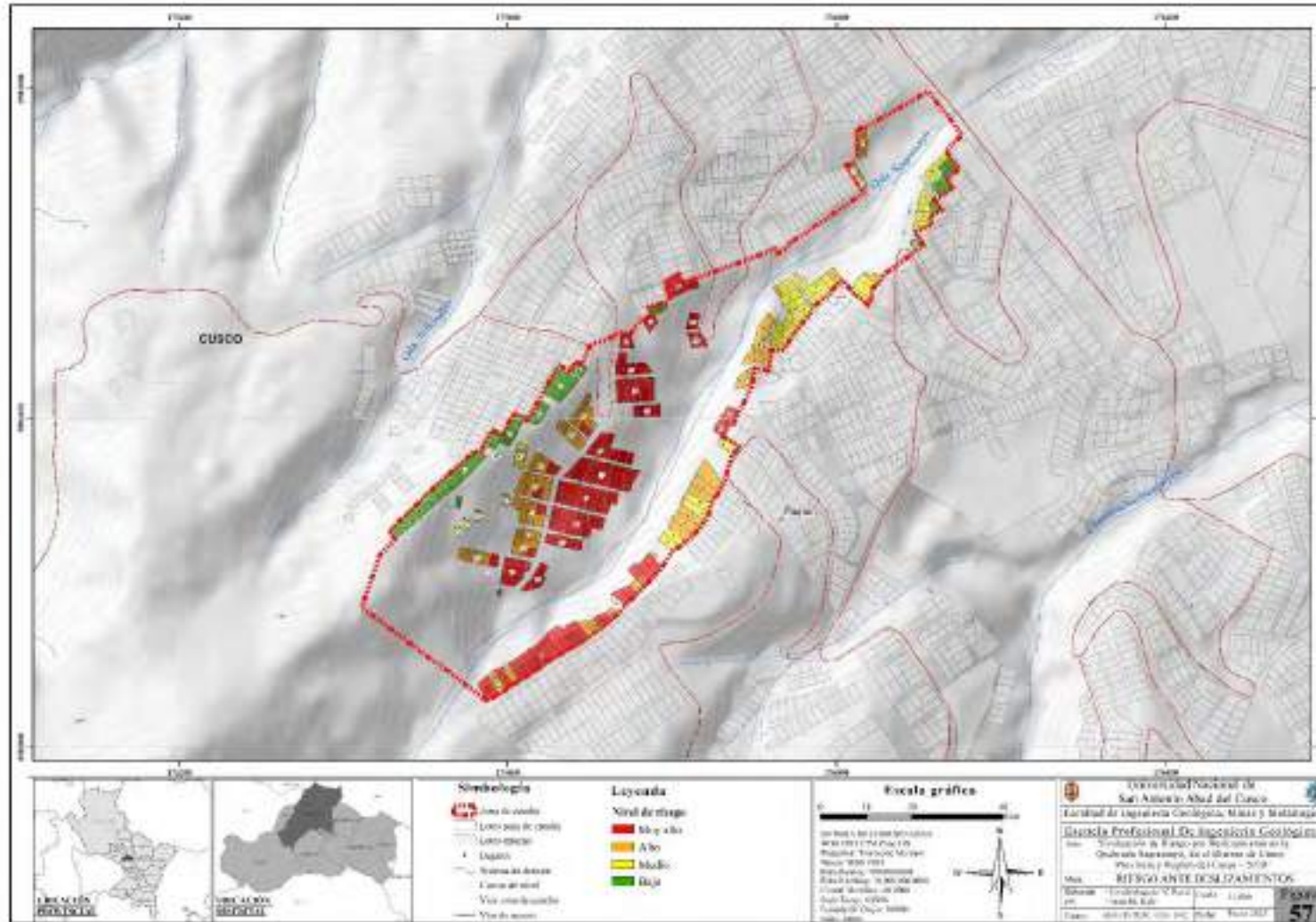
| Niveles de riesgo | Descripción | Rango |
|-------------------------------|---|---------------------------|
| <p>Riesgo Muy alto</p> | <p>Zonas con predominancia de depósitos coluviales, con pendientes muy fuertes o extremadamente fuertes (>35°) en vertiente con depósitos de deslizamientos y áreas urbanas, desencadenados por precipitaciones definidas en base a la PPmax 24h de 25.7 mm (Feb., 2010), correspondiente a la categoría de Muy lluvioso con umbrales de precipitación entre 16,5mm<RR≤26.7mm con percentil entre 95p<RR/día≤99p, se generaría deslizamientos en áreas inestables >7500 m2.</p> <p>Nº de habitantes por lote mayor a 25 hab. y que en su mayoría tienen entre 0-5 años o >66 años. Acceso a servicios básicos: no cuentan con servicios básicos. Organización de la población: muy mala/ nunca participa. Conocimiento en temas de gestión del riesgo de desastres: Sin conocimiento. Localización de la edificación: muy cercana a la zona de peligro muy alto. Estado de conservación de la edificación: Muy malo/ Precario. Material predominante en la construcción: Mixto/otros. Ocupación: desempleado. Ingreso Familiar Promedio: ≤ 200 Soles mensual. Cercanía a Residuos Sólidos: a menos de 25mts Disposición de residuos sólidos: Desecha en quebradas y causes. Tipo de disposición de excretas: sin servicio higiénico. Conocimiento en temas Ambientales: sin conocimientos. Manejo de residuos sólidos: Sin manejo.</p> | <p>0.065<R ≤ 0.230</p> |

| Niveles de riesgo | Descripción | Rango |
|---|---|----------------|
| Riesgo Alto | <p>Zonas con predominancia de areniscas de la formación Chilca, con pendientes fuertes (16°-35°) con geomorfología de erosión en ladera y escasa cobertura vegetal; desencadenados por precipitaciones definidas en base a las PPmax 24h de 25.7 mm (Feb., 2010), correspondiente a la categoría de Muy lluvioso con umbrales de precipitación entre 16,5mm<RR≤26.7mm con percentil entre 95p<RR/día≤99p, se generaría deslizamientos en áreas inestables entre los 5000-7500 m2.</p> | 0.025<R ≤0.065 |
| | <p>Nº de habitantes por lote mayor a 16hab a 25hab. Y que en su mayoría tienen entre 6-12años y 55-65 años. Acceso a servicios básicos: con un servicio básico. Organización de la población: mala/ casi nunca. Conocimiento en temas de gestión del riesgo de desastres: conocimiento erróneo. Localización de la edificación: cercana a la zona de peligro muy alto. Estado de conservación: Precario. Material predominante en la construcción: acero- drywall. Ocupación desempleados y dedicados al hogar en su mayoría. Cercanía a Residuos Sólidos: de 25mts a 50mts. Disposición de residuos sólidos: quema de residuos sólidos. Tipo de disposición de excretas: con letrina pozo seco. Conocimiento en temas Ambientales: conocimiento erróneo. Manejo de residuos sólidos: deposita solo en un solo envase</p> | |
| Riesgo Medio | <p>Zonas con predominancia de gravas en matriz limosa de la Fm. San Sebastián (Qp-ss) con pendientes moderadas (8°-16°) geomorfológicamente esta zona corresponde a montaña en roca sedimentaria con cobertura vegetal de pastizales, desencadenados por precipitaciones definidas en base a las PPmax 24h de 25.7 mm (Feb., 2010), correspondiente a la categoría de Muy lluvioso con umbrales de precipitación entre 16,5mm<RR≤26.7mm con percentil entre 95p<RR/día≤99p, se generaría deslizamientos en áreas inestables entre los 2500m2-5000m2</p> | 0.006<R ≤0.025 |
| <p>Nº de habitantes por lote: de 9 a15 Hab. y que tienen entre 13-18 años. Acceso a servicios básicos: con 2 servicios básicos. Organización de la población: media. Conocimiento en temas de gestión del riesgo de desastres: Conocimiento limitado. Localización de la edificación: medianamente cerca. Estado de conservación: Regular. Material predominante en la construcción: adobe. Ocupación: ocupado de 14 años a más. Porcentaje de personas que trabajan: 41% a 60%. Cercanía a RR.SS.: de 50 a 100mts. Disposición de residuos sólidos: Desecha en vías y calles. Tipo de disposición de excretas: con letrina tipo pozo seco. Conocimiento en temas Ambientales: conocimiento limitado. Manejo de residuos sólidos: selecciona orgánico e inorgánico.</p> | | |

| Niveles de riesgo | Descripción | Rango |
|--------------------|---|----------------|
| Riesgo Bajo | <p>Zonas con predominancia de rocas areniscas de la formación Puquín y depósitos proluviales con pendientes bajas a muy bajas (<8°), geomorfológicamente son zonas de vertientes o pie de monte aluvio-lacustre con cobertura vegetal de bosque disperso y bosque denso, desencadenados por precipitaciones definidas en base a las PPmax 24h de 25.7 mm (Feb., 2010), correspondiente a la categoría de Muy lluvioso con umbrales de precipitación entre 16,5mm<RR≤26.7mm con percentil entre 95p<RR/día≤99p, se generaría deslizamientos en áreas menores a los 2500m²</p> <p>Nº de habitantes por lote: hasta 8 hab. Tienen entre 19 a 54 años de edad. Acceso a servicios básicos: Todos los servicios básicos y otros. Grupo etario predominante: 19 a 54 años.</p> <p>Organización de la población: buena. Conocimiento GRD: conocen sin interés y con conocimiento. Localización de la Edificación: alejado a muy alejado. Estado de conservación: bueno a conservado. Material predominante en la construcción: concreto armado y ladrillo/bloqueta. Ocupación: trabajador dependiente, independiente. Ingreso familiar promedio: Mayor a 1500 soles. Cercanía a los Residuos solido de 100 m. a más. Disposición de residuos sólidos: carro recolector en forma segregada. Tipo de disposición de excretas: con instalación sanitaria conectada a la red. Conocimiento en temas Ambientales: con conocimiento. Manejo de RR.SS. reúso, compostaje y clasificación por material</p> | 0.001≤R ≤0.006 |

Figura 57

Riesgo por Deslizamiento de la zona de estudios.



Capítulo IX: Control del Riesgo

Al respecto del control de riesgo no existe un valor de riesgo aceptable o tolerable que en términos generales la población está dispuesta a asumir a cambio de una determinada tasa o nivel de beneficios. En el enfoque de riesgo de desastre es necesario tener un referente para efectos de estimar cuando unas consecuencias sociales, económicas o ambientales pueden considerarse grave, importante o insignificante y si son o no aceptable por la población que tiene la posibilidad de sufrirlas o afrontarlas.


9.1. Aceptabilidad y Tolerancia del Riesgo

El control del riesgo nos servirá para cualificar el nivel de aceptabilidad y tolerancia de la zona de estudio. La aplicación de medidas preventivas y correctivas en la zona de estudio no garantiza una confiabilidad de que no se presenten consecuencias a futuro, razón por la cual el riesgo por deslizamiento no puede eliminarse totalmente por las condiciones actuales de la zona, (deslizamientos activos y parte de ellos impactados por asentamiento de vivienda y por instalación de vía), el riesgo nunca será nulo; por lo tanto la aceptabilidad o tolerancia de riesgos justificará aplicar o no medidas correctivas.

9.1.1. Valoración de los Niveles de Consecuencias

Tabla 130

Valoración de Consecuencias

| Valor | Niveles | Descripción |
|-------|---|--|
| 4 |  Muy alto | Las consecuencias debido al impacto de un fenómeno natural son catastróficas. |
| 3 | Alto | Las consecuencias debido al impacto de un fenómeno natural pueden ser gestionadas con apoyo externo. |
| 2 | Medio | Las consecuencias debido al impacto de un fenómeno natural pueden ser gestionadas con los recursos disponibles |
| 1 | Bajo | Las consecuencias debido al impacto de un fenómeno natural pueden ser gestionadas sin dificultad |


Nota. Adaptado del Manual para la evaluación de Riesgos originados por Fenómenos Naturales 02 versión (pág. 167), CENEPRED, 2014.

Las consecuencias debido al impacto debido a los deslizamientos en la zona de estudio son catastróficas y corresponden a nivel de valoración de consecuencias MUY ALTO con un valor 4.

9.1.2. Valoración de los Niveles De Frecuencia de Ocurrencia

Tabla 131

Valoración de frecuencia de recurrencia.

| Valor | Niveles | Descripción |
|-------|---|---|
| 4 |  Muy Alto | Puede ocurrir en la mayoría de las circunstancias. |
| 3 | Alto | Puede ocurrir en periodos de tiempo medianamente largos según las circunstancias. |
| 2 | Medio | Puede ocurrir en periodos de tiempo largos según las circunstancias. |
| 1 | Bajo | Puede ocurrir en circunstancias excepcionales |

Nota. Adaptado del Manual para la evaluación de Riesgos originados por Fenómenos Naturales 02 versión (pág. 167), CENEPRED, 2014

En la zona de estudio los deslizamientos pueden ocurrir en la mayoría de circunstancias, lo que quiere decir que la probabilidad es MUY ALTA con nivel 4.

9.1.3. Matriz de Consecuencia Y Daño (Matriz)

Tabla 132

Nivel de consecuencia y daño.

| Consecuencias | Nivel | Zona de consecuencias y daños | | | |
|---------------|------------|-------------------------------|----------|----------|----------|
| Muy alto | 4 | Alto | Muy alto | Muy alto | muy alto |
| Alto | 3 | Alto | Alto | alto | Muy alto |
| Medio | 2 | Medio | Medio | Alto | Alto |
| Bajo | 1 | Bajo | Medio | Medio | Alto |
| | Nivel | 1 | 2 | 3 | 4 |
| | Frecuencia | Bajo | Medio | Alto | Muy alto |

Nota. Adaptado del Manual para la evaluación de Riesgos originados por Fenómenos Naturales 02 versión (pag.168), CENEPRED, 2014.

Del análisis de la consecuencia y frecuencia del fenómeno natural de deslizamiento se obtiene que el nivel de consecuencia y daño en los lotes de riesgo muy alto y alto de la zona de estudio es de NIVEL 4 – MUY ALTO.

9.1.4. Medidas Cualitativas De Consecuencias Y Daño

Tabla 133

Descripción de los niveles de consecuencia y daño.

| Valor | Niveles | Descripción |
|-------|----------|---|
| 4 | Muy alto | Muerte de personas, enorme pérdida de bienes y financieras importantes. |
| 3 | Alto | Puede ocurrir en periodos de tiempo medianamente largos según las circunstancias. |
| 2 | Medio | Puede ocurrir en periodos de tiempo largos según las circunstancias. |
| 1 | Bajo | Puede ocurrir en circunstancias excepcionales. |

Nota. Adaptado del Manual para la evaluación de Riesgos originados por Fenómenos Naturales 02 versión (pág. 168), CENEPRED, 2014.

En la zona de estudio según las medidas cualitativas de consecuencias y daños es la muerte de personas y enorme perdida de bienes y corresponde al **NIVEL 4 – MUY ALTO**.

9.1.5. Aceptabilidad Y Tolerancia

Tabla 134

Aceptabilidad y/o 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 | Tolerable | Se debe desarrollar actividades para el manejo de riesgos. |
| 1 | Aceptable | El riesgo no presenta un peligro significativo. |

Nota. Adaptado del Manual para la evaluación de Riesgos originados por Fenómenos Naturales 02 versión (pag. 168), CENEPRED, 2014.

En la zona de estudio se debe aplicar inmediatamente medidas de control físico y de ser posible transferir inmediatamente recursos económicos para reducir los riesgos, entonces corresponde al **NIVEL 4 – INADMISIBLE**.

9.1.6. Matriz De Aceptabilidad Y Tolerancia

Tabla 135

Nivel de aceptabilidad y/o tolerancia del riesgo.

| | | | |
|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Riesgo inaceptable | Riesgo inadmisibile | Riesgo inadmisibile | Riesgo inadmisibile |
| Riesgo inaceptable | Riesgo inaceptable | Riesgo inaceptable | riesgo inadmisibile |
| Riesgo tolerable | Riesgo tolerable | Riesgo inaceptable | Riesgo inaceptable |
| Riesgo aceptable | Riesgo tolerable | Riesgo tolerable | Riesgo inaceptable |

Nota. Adaptado del Manual para la evaluación de Riesgos originados por Fenómenos Naturales 02 versión (pag. 168), CENEPRED, 2014.

En la Zona de estudio, como el nivel presenta una consecuencia muy alta y la frecuencia muy alta el **riesgo es Inadmisibile**, es decir los posibles daños por el riesgo a deslizamiento en las laderas de la quebrada se torna **Inadmisibile**. Debido a que el riesgo es inadmisibile se aconseja reducir la actividad que genera el riesgo en la medida que sea posible o implementar controles de prevención para evitar la disminuir la probabilidad de riesgo.

9.1.7. *Prioridad de la Intervención*

Tabla 136

Prioridad De Intervención

| Valor | Descriptor | Nivel de priorización |
|-------|-------------|-----------------------|
| 4 | Inadmisible | I |
| 3 | Inaceptable | II |
| 2 | Tolerable | III |
| 1 | Aceptable | IV |

Nota. Adaptado del Manual para la evaluación de Riesgos originados por Fenómenos Naturales 02 versión (pag. 170), CENEPRED, 2014

De acuerdo con la tabla se obtiene que el nivel de priorización es de NIVEL I, 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.

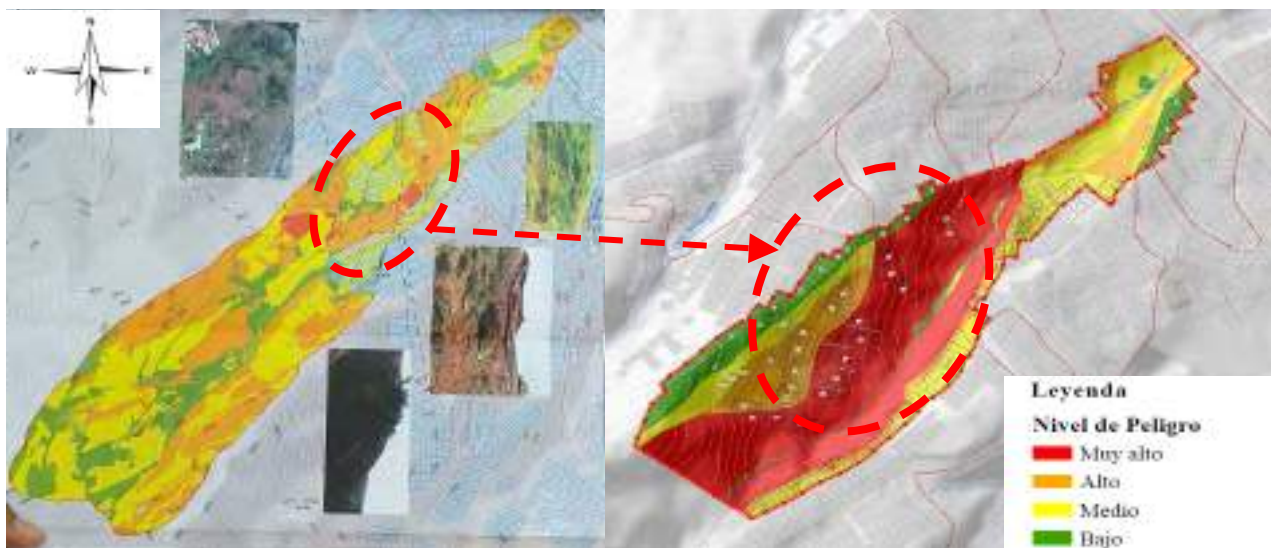
Capítulo X: Discusión de Resultados

Es necesario discutir los resultados del antecedente de la tesis de Pre-Grado “Evaluación del nivel de peligrosidad originado por movimientos en masa en la Quebrada Saqramayo distrito Santiago – Cusco, 2019.”, respecto a nuestro mapa de peligros de nuestra investigación. La delimitación de la zona de estudio de la tesis mencionada cataloga en gran parte nuestra zona como peligro medio a bajo como se muestra en la parte izquierda de la figura 58 respecto a su rango de niveles de peligro. Respecto a nuestros resultados, en mayor parte la zona de estudio esta peligro muy alto y alto como se muestra en la parte derecha de la figura 58.

Esta diferencia de resultado se puede suponer por la variación de los factores condicionantes y factores desencadenantes, así como los criterios al momento de utilizar el análisis jerárquico de estos.

Figura 58.

Comparación de mapas de peligros ante deslizamientos del año 2019 con la presente investigación.



Nota: En los círculos resaltados de la figura 58 se observa la diferencia sustancial de los niveles de peligro de la investigación del año 2019 con respecto a nuestra investigación.

Conclusiones:

1. En cuanto al nivel de peligro ante deslizamientos en la zona de estudio se determinó que 115 lotes se encuentran en peligro muy alto, 57 lotes en peligro alto, 30 lotes en peligro medio y 39 en peligro bajo.
2. En la zona de estudio se cuantifico a 1012 personas que habitan dentro del zona de estudio distribuidas en 241 lotes.
3. Según el análisis de vulnerabilidad, en las dimensiones social, económica y ambiental, 38 lotes presentan vulnerabilidad muy alta, 125 lotes vulnerabilidad alta, 45 lotes vulnerabilidad media y 33 lotes vulnerabilidad baja.
4. De los resultados del cálculo del nivel de riesgo 109 lotes se encuentran en riesgo muy alto, 61 lotes en riesgo alto, 36 lote en riesgo medio y 35 lotes en riesgo bajo.
5. Lo anterior permite afirmar la hipótesis planteada, ya que la cantidad de lotes que se encuentran expuestos a riesgo alto y muy alto es de 170 de los 241 lotes que existen en la zona de estudio. Los 170 lotes representan el 70.5% del total de lotes evaluados. Así mismo por el análisis de control de riesgo se concluye que el riesgo en la zona de estudio es inadmisibile y se necesita medidas de control inmediata.

Recomendaciones:

1. Realizar mayor profundización en estudios geofísicos, para tener una mejor interpretación de los deslizamientos.
2. Se recomienda implementar instrumentos para el monitoreo de deslizamientos.
3. Reforestar la quebrada para estabilizar los deslizamientos y zonas inestables.
4. Se recomienda como medidas estructurales la estabilización de laderas susceptibles a deslizamientos con conformación y perfilada, así como también zanjas de coronación.
5. Como medidas no estructurales se recomienda estrategias de difusión e intervención social en la zona que dé a conocer la evaluación de riesgos a la población expuesta, un programa de capacitación comunitaria para la gestión de riesgos de desastres y un plan de prevención y reducción de riesgos de desastres.
6. Realizar un estudio hidrogeológico para la estabilidad de taludes y la activación de deslizamientos.
7. Efectuar el mantenimiento y /o mejoramiento de las estructuras como gaviones existentes en la parte baja de la quebrada.
8. Dar a conocer los resultados de esta investigación a las entidades encargadas de prevención de desastres naturales, como es la Municipalidad Provincial del Cusco, Defensa Civil y las juntas directivas de las asociaciones involucradas.
9. Dar a conocer las normativas para una construcción segura, así como así asesoría en cortes de taludes para evitar la autoconstrucción y la modificación natural de los taludes.

Bibliografía:

- Benavente, R., Fernández C., Gómez A. (2004), Estudio del Mapa de Peligro de la Ciudad del Cusco – PNUD – INDECI.
- Castillo Y., Ojeda H. (2019), Evaluación del Nivel de Peligrosidad Originado por Movimientos en Masa en la Quebrada Saqramayo Distrito Santiago – Cusco. Tesis de grado Facultad de Ingeniería Geológica, UNSAAC.
- Castillo Y. (2015), Estudio de la geodinámica externa de la quebrada Saqramayo – Cusco. Pre-Tesis de grado Facultad de Ingeniería Geológica, UNSAAC.
- Carlotto, V., Cárdenas, j y Carlier, G. (2011). Geología del Cuadrángulo de Cusco 28-s - 1:50000 INGEMMET, Boletín, Serie A.
- CENEPRED (2014), Manual Para La Evaluación De Riesgos Originados Por Fenómenos Naturales, 2da Versión.
- Instituto Nacional De Estadística E Informática (INEI). (2015). Sistema De Información Estadístico De Apoyo A La Prevención A Los Efectos Del Fenómeno De El Niño Y Otros Fenómenos Naturales.
- Municipalidad Provincial del Cusco: Plan de Desarrollo Urbano de la Provincia del Cusco 2013-2023.
- Pechuga J., Villafuerte C. (2011), Estudio Geodinámico de la Quebrada Saqramayo - Cusco, Cusco. Tesis de grado Facultad de Ingeniería Geológica, UNSAAC.
- INGEMMET. (2018) “GA-44 E: Estudio de peligros geológicos en la ciudad de Cusco y Ayacucho (Etapa III/III) Región Cusco”,
- INGEMMET. (2019), Estudio Peligros por movimientos en masa en el sector Tawantinsuyo.

- Suarez J. (2009), Deslizamiento. Tomo I: Análisis Geotécnico
- Villón M. (2002). Hidrología.

Webgrafía:

- <http://sigrid.cenepred.gob.pe/sigrid>
- <http://www.ingemmet.gob.pe/carta-geologica-nacional>.
- <http://igp.gob.pe>
- https://esdac.jrc.ec.europa.eu/projects/SOTER/Soter_Model.html
- <https://www.geospatialworld.net/article/using-gis-rs-for-soil-erosion-mapping/>
- <https://www.senamhi.gob.pe/mapas/mapa-estaciones/mapadepesta1.php?>