

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

**FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y
METALURGICA**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA



TESIS

**EVALUACIÓN DE RIESGO POR DESLIZAMIENTO EN EL
SECTOR CARAMASCARA DEL DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN,
PROVINCIA DEL CUSCO Y DEPARTAMENTO DEL CUSCO 2024**

PRESENTADO POR:

Br. JHON ROMARIO CHALLCO
HALANOCCA

Br. ANGEL RODRIGO ACHIRCANO
VELASQUEZ

**PARA OPTAR AL TÍTULO
PROFESIONAL DE INGENIERO
GEOLOGO**

ASESOR:

Mgt. Ing. JOSÉ DIONICIO CÁRDENAS
ROQUE

CUSCO – PERÚ

2026



Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

INFORME DE SIMILITUD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-321-2025-UNSAAC)

El que suscribe, el Asesor JOSE DIONICIO CARDENAS ROQUE
 quien aplica el software de detección de similitud al
 trabajo de investigación/tesis titulada: EVALUACIÓN DE RIESGO POR
DESLIZAMIENTO EN EL SECTOR CARMASCARA DEL DISTRITO DE
SAN SEBASTIÁN, PROVINCIA DEL CUSCO Y DEPARTAMENTO
DEL CUSCO 2024

Presentado por: JHON ROMARIO CHALCO HALANOCCA DNI N° 76726200 ;
 presentado por: ANGEL RODRIGO ACHIRCANO VELASQUEZ DNI N°: 74999491
 Para optar el título Profesional/Grado Académico de INGENIERO GEOLOGO.

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 02 veces, mediante el Software de Similitud, conforme al Art. 6° del *Reglamento para Uso del Sistema Detección de Similitud en la UNSAAC* y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 07 %.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No sobrepasa el porcentaje aceptado de similitud.	<input checked="" type="checkbox"/>
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las subsanaciones.	<input type="checkbox"/>
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, conforme al reglamento, quien a su vez eleva el informe al Vicerrectorado de Investigación para que tome las acciones correspondientes; Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	<input type="checkbox"/>

Por tanto, en mi condición de Asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y adjunto las primeras páginas del reporte del Sistema de Detección de Similitud.

Cusco, 14 de MAYO de 2026


 Firma

Post firma JOSE DIONICIO CARDENAS ROQUE

Nro. de DNI 23.8735.25

ORCID del Asesor 0000-0002-5261-419X

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema de Detección de Similitud: oid: 27259:591008019

jhon romario

evaluacion por riesgo de deslizamiento en el sector caramascara san sebastian cusco.pdf

 Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::27259:591008019

Fecha de entrega

14 may 2026, 9:50 p.m. GMT-5

Fecha de descarga

14 may 2026, 10:48 p.m. GMT-5

Nombre del archivo

evaluacion por riesgo de deslizamiento en el sector caramascara san sebastian cusco.pdf

Tamaño del archivo

29.9 MB

250 páginas

62.500 palabras

320.962 caracteres

7% Similitud general

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




Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto citado
- ▶ Texto mencionado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Exclusiones



- ▶ N.º de coincidencias excluidas

Fuentes principales

- 6%  Fuentes de Internet
- 2%  Publicaciones
- 5%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

-  **Caracteres reemplazados**
73 caracteres sospechosos en N.º de páginas
Las letras son intercambiadas por caracteres similares de otro alfabeto.
-  **Texto oculto**
402 caracteres sospechosos en N.º de páginas
El texto es alterado para mezclarse con el fondo blanco del documento.

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

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

Dedicatoria

De Angel Rodrigo Achircano Velasquez:

A mi madre Hilda por enseñarme, con su ejemplo, su apoyo incondicional, su paciencia y su fe en mí.

A mis hermanas Jeicy y Wendy, con la esperanza de seguir sus pasos con valor y esfuerzo.

A mi papá, por su apoyo en mi desarrollo.

A mi abuelo, cuyo recuerdo vive en mí y me inspira a ser mejor cada día.

De Jhon Romario Chalco Halanocca:

A mi madre Marilyn, por darme la vida, por haberme criado en un hogar de valores, por todo el apoyo, cariño y ternura que siempre me dio desde pequeño; y por ser un ejemplo de lucha y determinación para mí.

A mi hermana Luanna, quien al igual que mi madre, siempre fueron mi inspiración para luchar por lo que quiero.

A mi padre Rolando por siempre creer en mí.

A mis tías Erika, Jessica y Yuri por cuidarme incondicionalmente cuando era niño.

A mis primos y primas con quienes siempre compartimos sonrisas.

A mis abuelos Damián y María (quien me cuida desde el cielo) por haberme criado de pequeño en una cuna de humildad.

Agradecimientos

De Angel Rodrigo Achircano Velasquez:

A mi familia, amigos y demás personas que conocí en todo mi desarrollo profesional, cuyas experiencias son recordadas.

A nuestro asesor Mg. José Cárdenas por su apoyo y sus conocimientos esenciales para la culminación de este trabajo de investigación.

A la ingeniera Alcira Olivera por su mentoría y aporte en esta tesis.

De Jhon Romario Chalco Halanocca:

A Dios por ser mi guía espiritual.

A los docentes de mi hermosa escuela profesional por haber formado a un profesional lleno de valores.

A nuestro asesor Mg. José Cárdenas por habernos apoyado y guiado en esta travesía.

A la ingeniera Alcira Olivera por su apoyo y asesoramiento en la redacción de esta tesis.

A los profesores de mi Alma Máter Uriel García quienes fueron los principales autores de mi formación personal y quienes siempre me apoyaron.

A todos mis amigos y compañeros de estudio y trabajo que siempre me han motivado a seguir adelante.

INDICE

RESUMEN.....	18
ABSTRACT.....	19
INTRODUCCIÓN	20
CAPITULO I: ASPECTOS GENERALES.....	23
1.1. Ubicación	23
1.1.1. Ubicación geográfica	23
1.1.2. Accesibilidad.....	25
1.2. Problema	26
1.2.1. Descripción del problema	26
1.2.2. Problema general	27
1.2.3. Problemas específicos.....	27
1.3. Objetivos.....	27
1.3.1. Objetivo general.....	27
1.3.2. Objetivos específicos	27
1.4. Hipótesis general.....	28
1.4.1. Hipótesis específicas.....	28
1.5. Variables de estudio	28
1.5.1. Matriz de consistencia de la investigación.....	29
1.5.2. Cuadro de operacionalización de variables.....	30
1.6. Justificación	31
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	32
2.1. Metodología de la investigación	32
2.1.1. Métodos que se emplearán en la investigación.....	32
2.2. Metodología de trabajo	34
2.2.1. Etapa de pre campo	34
2.2.2. Etapa de campo	35
2.2.3. Etapa de post campo	35
2.3. Instrumentos y técnicas de recolección de datos	37
CAPÍTULO III: MARCO TEÓRICO	38
3.1. Marco referencial	38
3.1.1. Antecedentes internacionales	38
3.1.2. Antecedentes nacionales	40
3.1.3. Antecedentes regionales.....	41
3.1.4. Antecedentes locales	43

3.2. Marco conceptual.....	44
CAPÍTULO IV: GEOMORFOLOGÍA	56
4.1. Geomorfología regional	56
4.1.1. La depresión de Cusco-Huacarpay	56
4.1.2. Las serranías de Vilcaconga	57
4.2. Geomorfología local	59
4.2.1. Unidades geomorfológicas locales	59
4.2.2. Pendientes	65
4.3. Cobertura vegetal	67
4.3.1. Zonas con impacto provocado	67
4.3.2. Zonas desérticas o desprovistas de vegetación	67
4.3.3. Zonas con poca vegetación, pastizales.....	68
4.3.4. Zonas con vegetación de moderada intensidad, pastizales mosaizados	68
4.3.5. Bosques y matorrales	69
CAPÍTULO V: GEOLOGÍA	71
5.1. Geología regional.....	71
5.1.1. Grupo San Jerónimo	71
5.1.1. Formación San Sebastián (Qp-ss) – Pleistoceno	74
5.1.2. Depósitos cuaternarios	75
5.2. Geología local	77
5.2.1. Unidades litológicas.....	77
5.3. Secciones geológicas	84
CAPÍTULO VI: GEOLOGÍA ESTRUCTURAL	85
6.1. Generalidades.....	85
6.2. Estructuras regionales	85
6.2.1. Fallas regionales.....	85
6.3. Estructuras locales	90
6.3.1. Fallas locales.....	91
CAPÍTULO VII: HIDROLOGÍA	95
7.1. Generalidades.....	95
7.2. Parámetros hidrometeorológicos	95
7.2.1. Precipitación	95
7.2.2. Umbrales de precipitación pluvial	99
7.2.3. Temperatura	100

CAPÍTULO VIII: ASPECTOS GEOTÉCNICOS	101
8.1. Generalidades.....	101
8.2. Recolección de muestras.....	101
8.3. Mecánica de rocas.....	103
8.3.1. Análisis de discontinuidades del macizo rocoso.....	103
8.3.2. Ensayos ejecutados	109
8.3.3. Valoración RMR del macizo rocoso	111
8.4. Mecánica de suelos	115
8.4.1. Equipos utilizados.....	116
8.4.2. Ensayos ejecutados	116
8.4.3. Resultados obtenidos del estudio de mecánica de suelos	120
8.4.4. Factor de seguridad – Simulación software Slide 2D.....	124
8.4.5. Geofísica	127
CAPÍTULO IX: GEODINÁMICA	138
9.1. Generalidades.....	138
9.2. Geodinámica interna	138
9.2.1. Sistema de falla local.	139
9.3. Geodinámica externa	139
9.3.1. Procesos de geodinámica externa	140
9.3.2. Zonas susceptibles a deslizamientos.....	142
CAPÍTULO X: DETERMINACIÓN DE PELIGRO.....	144
10.1. Generalidades.....	144
10.2. Metodología	144
10.2.1. Método de procesos de análisis jerárquico (AHP).....	145
10.2.2. Identificación de peligro principal	147
10.2.3. Matriz de peligro.....	147
10.3. Caracterización de los parámetros de susceptibilidad	148
10.3.1. Análisis de factores condicionantes	149
10.3.2. Análisis de factores desencadenantes.....	154
10.3.3. Mapa de susceptibilidad a deslizamientos	157
10.3.4. Caracterización del parámetro de evaluación del fenómeno	158
10.4. Análisis de elementos expuestos	159
10.5. Definición de escenarios	159
10.6. Niveles de peligro geológico por deslizamientos	160
10.7. Mapa de peligro	162

CAPÍTULO XI: ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD.....	163
11.1. Metodología para el análisis de la vulnerabilidad.....	163
11.2. Análisis de las dimensiones de vulnerabilidad.....	164
11.2.1. Análisis de la dimensión económica	164
11.2.2. Análisis de la dimensión social	178
11.2.3. Análisis de la dimensión ambiental.....	189
11.3. Estratificación de los niveles de vulnerabilidad.....	198
11.4. Mapa de niveles de vulnerabilidad.....	200
CAPÍTULO XII: CÁLCULO DE LOS NIVELES DE RIESGO.....	201
12.1. Metodología para el cálculo de riesgo	201
12.2. Estratificación de los niveles de riesgo	202
12.3. Mapa de riesgos	205
CAPÍTULO XIII: CONTROL Y MITIGACIÓN DE RIESGO.....	206
13.1. Control del riesgo.....	206
13.1.1. Aceptabilidad o tolerancia del riesgo	206
13.1.2. Valoración de las consecuencias:	206
13.1.3. Valoración de frecuencia de recurrencia:	206
13.1.4. Nivel de consecuencia y daño (matriz):.....	207
13.1.5. Aceptabilidad y/o tolerancia:	207
13.1.6. Matriz del nivel de aceptabilidad y/o tolerancia del riesgo:	208
13.1.7. Prioridad de Intervención:.....	208
13.2. Medidas de prevención de riesgos de desastres	209
13.2.1. Disminución de la vulnerabilidad.	209
13.2.2. Prevención de riesgos futuros	209
13.2.3. Medidas de reducción de riesgos de desastres (riesgos existentes).	210
CONCLUSIONES.....	214
RECOMENDACIONES	216
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	218
ANEXOS.....	222

Listado de figuras

Figura 1: Mapa de ubicación del sector Caramascara.....	24
Figura 2: Ruta de acceso al sector Caramascara.....	25
Figura 3: Elementos de un deslizamiento.....	45
Figura 4: Principales tipos de deslizamientos.....	46
Figura 5: Tipos de falla.....	49
Figura 6: Ciudad del Cusco ubicada sobre la depresión de Cusco-Huacarpay.....	56
Figura 7: Cerro Huanacaure ubicadas al sur de la zona de estudio, montaña correspondiente a la Serranía del Vilcacongá.....	57
Figura 8: Mapa geomorfológico regional del ámbito de estudio.....	58
Figura 9: (a) Escarpes naturales formados por la erosión de precipitaciones pluviales, (b) Escarpes formados por acción humana para la construcción de viviendas.....	59
Figura 10: Cauce de río Huanacaure ubicado en la parte baja del ámbito de estudio.....	60
Figura 11: Cárcava natural rellenada para la habilitación de carretera.....	60
Figura 12: Plataforma de relleno con fines de lotización y ampliación de la carretera.....	61
Figura 13: (a) Ladera fuertemente empinada en macizo rocoso en las cercanías a la APV. Virgen Asunta, (b) Ladera moderadamente empinada en la parte alta del ámbito de estudio, (c) Ladera ligeramente empinada en macizo rocoso poco fracturado. (d) Ladera de montaña fuertemente empinada con algunos depósitos recientes.....	62
Figura 14: APV Villa Quebrada asentada sobre un cono aluvial.....	63
Figura 15: Cima del cerro Caramascara.....	63
Figura 16: Mapa geomorfológico local.....	64
Figura 17: Mapa de pendientes del ámbito de estudio.....	66
Figura 18: Viviendas precarias y de tamaño menor en la ADV. Los Girasoles.....	67
Figura 19: (a) Zona desprovista de vegetación para el acceso vehicular, (b) Remoción de vegetación y suelos por maquinaria pesada.....	67
Figura 20: Pastizales naturales en la cima de la montaña.....	68
Figura 21: Cultivos de habas, maíz y cebada por los pobladores de la zona.....	68
Figura 22: (a) Habilitación de carretera en el bosque de eucaliptos, (b) aparición de eucaliptos y plantas mayores en ciertos puntos de la zona, (c) y (d) Vista panorámica de los bosques de eucalipto en la ladera de montaña del sector Caramascara.....	69
Figura 23: Mapa de cobertura vegetal del ámbito de estudio.....	70

Figura 24: Formación Kayra en la zona de estudio, (a) Muestra de arenisca feldespática de grano medio, (b) Intercalación de lutitas verdes, lutitas rojas y arenisca, (b) Intercalación de lutitas rojas y areniscas y (b) Muestra de lutita roja.	72
Figura 25: Formación Soncco vista desde el sector Caramascara.....	73
Figura 26: (a) y (b) Intercalación de arcillas limosas con gravas en una matriz arenosa.	74
Figura 27: Mapa geológico regional.....	76
Figura 28: Afloramiento de areniscas grises poco fracturados en la APV Virgen Asunta	77
Figura 29: (a) y (b) Intercalación de areniscas y lutitas rojas meteorizadas. (c) Afloramiento de areniscas feldespáticas grises. (d) Areniscas grises con base de conglomerado.	78
Figura 30: (a) Depósitos fluviales en la parte media de la zona, (b) Depósitos fluviales de clastos redondeados con una matriz arenosa, ubicados en las proximidades al cauce del río Huanacaure	80
Figura 31: Depósito aluvial de gran espesor formados por antiguos procesos de transporte.....	80
Figura 32: Depósito de suelos coluviales con clastos y cantos angulosos transportados por gravedad, ubicados en la parte baja del ámbito de estudio.....	81
Figura 33: Cortes de ladera donde se tiene (a) Depósitos eluviales sobre coluviales, (b) Depósitos eluviales sobre macizo rocoso poco fracturado, ubicadas en la APV Los Girasoles y APV Villa Quebrada respectivamente	82
Figura 34: Zonas de relleno ubicado en la parte media alta de la zona de estudio.....	82
Figura 35: Mapa litológico local del ámbito de estudio.....	83
Figura 36: Secciones geológicas.....	84
Figura 37: Representación tridimensional aproximada de la falla Tambomachay, la Ciudad del Cusco y el sector Caramascara.	86
Figura 38: Sistema de fallas Pachatusan vista desde el sector Caramascara	88
Figura 39: Fallas geológicas regionales en la ciudad del Cusco.....	89
Figura 40: Interfaz del Software DIPS para la representación de rosetas de viento por medio de la inserción de datos de DIP y DIPDIRECTION.....	90
Figura 41: (a) Planos del sistema de fallas locales I ubicadas en la parte baja de la zona de estudio, (b) Estrías de la falla en la misma dirección y buzamiento de la estratificación del macizo rocoso.....	91

Figura 42: (a) Espejo de falla local ubicada en la parte media de la zona de estudio, (b) Estrías de la falla.....	92
Figura 43: (a) Planos del sistema de fallas locales 3 ubicadas en la parte media de la zona de estudio, (b) Estrías de la falla sobre el macizo rocoso.....	93
Figura 44: Roseta de viento de los planos de fallas de las fallas locales.....	93
Figura 45: Mapa estructural local del ámbito de estudio	94
Figura 46: Precipitación máxima, mínima y la media.....	98
Figura 47: Mapa de precipitaciones máximas del Perú	99
Figura 48: Temperatura máxima, mínima y la media.....	100
Figura 49: Mapa de ubicación de las ventanas estructurales, calicatas, refracción sísmica y simulación de deslizamientos.....	102
Figura 50: Trazado de ventanas estructurales y caracterización del macizo rocoso...	103
Figura 51: Familias de discontinuidades en el punto 1, los planos rojos representan a la familia 1 (principal), el color azul a la familia 2 y el color amarillo a la familia 3.	104
Figura 52: Familias de discontinuidades en el punto 2, los planos rojos representan a la familia 1 (principal), el color azul a la familia 2 y el color amarillo a la familia 3.	105
Figura 53: Familias de discontinuidades en el punto 3, los planos rojos representan a la familia 1 (principal), el color azul a la familia 2 y el color amarillo a la familia 3.	106
Figura 54: Familias de discontinuidades en el punto 4, se observan los planos de la familia 1 (rojo), familia 2 (azul) y familia 3 (amarillo).....	107
Figura 55: Roseta de viento representativa de las familias de discontinuidades del macizo rocoso.....	108
Figura 56: Análisis cinemático de fallas de tipo planar (a) y de cuña (b).	109
Figura 57: Equipo utilizado para el ensayo de carga puntual	110
Figura 58: Extracción de muestras de suelo en calicatas y cortes de ladera.....	115
Figura 59: Extracción de muestras de suelo en calicatas y cortes de ladera.....	116
Figura 60: Cuchara de Casagrande y ensayo de límite líquido	117
Figura 61: Ensayo de límite plástico	118
Figura 62: Serie de tamices para el ensayo de granulometría.....	118
Figura 63: Equipo de corte directo.....	119
Figura 64: Escenario 1 de simulación de deslizamiento en el software Slide 2D	124
Figura 65: Escenario 2 de simulación de deslizamiento en el software Slide 2D	125
Figura 66: Escenario 3 de simulación de deslizamiento en el software Slide 2D	126
Figura 67: Sección sísmica A - A'	131

Figura 68: Sección sísmica B -B'	132
Figura 69: Sección sísmica C – C'	133
Figura 70: Sección sísmica D – D'	135
Figura 71: Mapa de volúmenes de material inestable	137
Figura 72: (a) y (b) deslizamientos activos en el ámbito de estudio.....	140
Figura 73: (a) derrumbes con clastos angulosos, (b) caída de rocas.....	141
Figura 74: erosión en cárcavas en la APV Los Girasoles	142
Figura 75: (a) grietas en una carretera habilitada, (b) excavación de ladera para construcción de vivienda.....	142
Figura 76: Mapa de deslizamientos	143
Figura 77: Flujograma de determinación de peligros para la zona de estudio	146
Figura 78: Flujograma de la identificación del peligro	147
Figura 79: Mapa de susceptibilidad a deslizamientos.....	157
Figura 80: Mapa de peligro por deslizamiento.....	162
Figura 81: Entrevistas a los pobladores del ámbito de estudio.	163
Figura 82: Análisis de vulnerabilidad utilizado en la evaluación de riesgos.....	164
Figura 83: (a) Vivienda deshabitada de ladrillo con barro sin columnas en la APV Lucero de la Mañana, (b) vivienda habitada de palos y calamina en la APV Lucero de la Mañana, (c) vivienda de ladrillo en la APV Villa Quebrada, (d) vivienda de concreto armado en la APV Los Girasoles.....	170
Figura 84: (a) Vivienda de adobe de 2 niveles en la APV Lucero de la Mañana, (b) vivienda de adobe de 1 nivel en la APV Villa Residencial San Antonio, (c) vivienda de concreto armado de 3 niveles en la APV Los Girasoles, (d) vivienda de concreto armado de 4 niveles en la APV Los Girasoles.	172
Figura 85: Mapa de vulnerabilidad a deslizamientos	200
Figura 86: Mapa de riesgo a deslizamientos	205
Figura 87: Diseño estándar de un muro de contención.....	210
Figura 88: Estabilización de talud con banquetas.....	211
Figura 89: Estabilización de talud con vegetación.....	211
Figura 90: Mapa de riesgo a deslizamientos	213
Figura 91: Mapa de altura de corte.....	247
Figura 92: Mapa de elementos expuestos	248

Listado de tablas

Tabla 1: <i>Coordenadas UTM y geográficas del Sector Caramascara</i>	23
Tabla 2: <i>Rutas de accesibilidad al sector Caramascara</i>	25
Tabla 3: <i>Matriz de consistencia de la investigación</i>	29
Tabla 4: <i>Cuadro de operacionalización de variables</i>	30
Tabla 5: <i>Tipos de movimientos en masa</i>	45
Tabla 6: <i>Rango de pendientes identificadas en la zona de estudio</i>	65
Tabla 7: <i>Datos del sistema de fallas 1 mediante una ventana estructural</i>	91
Tabla 8: <i>Datos del sistema de fallas 2</i>	92
Tabla 9: <i>Datos del sistema de fallas 3</i>	92
Tabla 10: <i>Ubicación de la estación meteorológica</i>	95
Tabla 11: <i>Datos de precipitación promedio mensual registradas en la Granja Kayra</i>	96
Tabla 12: <i>Cálculos estadísticos de precipitación en base a la precipitación mensual</i>	98
Tabla 13: <i>Umbrales de precipitación de la región Cusco</i>	100
Tabla 14: <i>Cálculos estadísticos de temperatura registrados en la granja Kayra</i>	100
Tabla 15: <i>Ensayos ejecutados en laboratorio</i>	101
Tabla 16: <i>Datos de las familias de discontinuidades tomados en el punto 1</i>	104
Tabla 17: <i>Datos de las familias de discontinuidades tomados en el punto 2</i>	105
Tabla 18: <i>Datos de las familias de discontinuidades tomados en el punto 3</i>	106
Tabla 19: <i>Datos de las familias de discontinuidades tomados en el punto 4</i>	107
Tabla 20: <i>Evaluación de la calidad del macizo rocoso según su índice RQD</i>	110
Tabla 21: <i>Calidad del macizo rocoso según puntuación de su RMR</i>	112
Tabla 22: <i>Formato utilizado para la valoración del macizo rocoso</i>	113
Tabla 23: <i>Parámetros de diseño y propiedades de ingeniería del macizo rocoso</i>	114
Tabla 24: <i>Resultados RMR del macizo rocoso</i>	114
Tabla 25: <i>Coordenadas UTM de muestras de suelo extraídas</i>	115
Tabla 26: <i>Resultados de ensayo de laboratorio de la calicata C - 1</i>	120
Tabla 27: <i>Resultados de ensayo de laboratorio de la calicata C - 1</i>	121
Tabla 28: <i>Resultados de ensayo de laboratorio de la calicata C - 3</i>	122
Tabla 29: <i>Resultados de ensayo de laboratorio de la calicata C - 4</i>	123
Tabla 30: <i>Correlación de velocidad de ondas P y tipo de suelo</i>	127
Tabla 31: <i>Rango de velocidades de ondas de compresión en el suelo y roca</i>	128
Tabla 32: <i>Valores típicos para los distintos tipos de perfiles de suelo</i>	129
Tabla 33: <i>Coordenadas UTM de las secciones de refracción sísmica</i>	130
Tabla 34: <i>Resumen de resultados obtenidos de la refracción sísmica en la sección A – A’</i>	131
Tabla 35: <i>Resumen de resultados obtenidos de la refracción sísmica en la sección B – B’</i>	133
Tabla 36: <i>Resumen de resultados obtenidos de la refracción sísmica en la sección C – C’</i>	134

Tabla 37: Resumen de resultados obtenidos de la refracción sísmica en la sección D – D’.....	136
Tabla 38: Magnitudes máximas de sismos capaces de generar las fallas regionales cercanas al Sector Caramascara.....	139
Tabla 39: Para ponderación de parámetros y descriptores desarrollada.....	145
Tabla 40: Nomenclatura de los factores condicionantes.....	148
Tabla 41: Nomenclatura de los factores desencadenantes.....	148
Tabla 42: Nomenclatura de pendientes.....	149
Tabla 43: Matriz de Comparación de pares de parámetros de Pendiente.....	149
Tabla 44: Matriz de normalización de pendiente.....	149
Tabla 45: Índice y relación de consistencia de pendiente.....	150
Tabla 46: Nomenclatura de unidades litológicas.....	150
Tabla 47: Matriz de comparación de pares de parámetros de unidades litológicas.....	150
Tabla 48: Matriz de normalización de unidades litológicas.....	151
Tabla 49: Índice y relación de consistencia de unidades litológicas.....	151
Tabla 50: Nomenclatura de unidades geomorfológicas.....	151
Tabla 51: Matriz de comparación de pares de parámetros de unidades geomorfológicas.....	152
Tabla 52: Matriz de normalización de unidades geomorfológicas.....	152
Tabla 53: Índice y relación de consistencia de unidades geomorfológicas.....	152
Tabla 54: Nomenclatura de cobertura vegetal.....	153
Tabla 55: Matriz de comparación de pares de parámetros de cobertura vegetal.....	153
Tabla 56: Matriz de normalización de cobertura vegetal.....	153
Tabla 57: Índice y relación de consistencia de cobertura vegetal.....	153
Tabla 58: Nomenclatura de umbrales de precipitación.....	154
Tabla 59: Matriz de comparación de pares de parámetros de umbrales de precipitación.....	154
Tabla 60: Matriz de normalización de umbrales de precipitación.....	155
Tabla 61: Índice y relación de consistencia de umbrales de precipitación.....	155
Tabla 62: Nomenclatura de altura de corte.....	155
Tabla 63: Matriz de comparación de pares de parámetros de altura de corte.....	156
Tabla 64: Matriz de normalización de altura de corte.....	156
Tabla 65: Índice y relación de consistencia de altura de corte.....	156
Tabla 66: Nomenclatura del parámetro general.....	158
Tabla 67: Matriz de comparación de pares de parámetro general.....	158
Tabla 68: Matriz de normalización de parámetro general.....	158
Tabla 69: Índice y relación de consistencia de parámetro general.....	159
Tabla 70: Niveles del Peligro Geológico por Deslizamientos.....	160
Tabla 71: Estratificación de peligro.....	161

Tabla 72: Descripción de los parámetros de localización de la edificación con respecto a zonas de peligro muy alto.....	165
Tabla 73: Matriz de comparación de pares para los parámetros de localización de la edificación con respecto a zonas de peligro muy alto.....	165
Tabla 74: Matriz de normalización para los parámetros de localización de la edificación con respecto a zonas de peligro muy alto.....	166
Tabla 75: Índice y relación de consistencia del parámetro de localización de la edificación con respecto a zonas de peligro muy alto.....	166
Tabla 76: Matriz de comparación de pares para los parámetros de fragilidad económica.....	166
Tabla 77: Matriz de normalización para los parámetros de fragilidad económica.....	167
Tabla 78: Índice y relación de consistencia del parámetro de fragilidad económica.....	167
Tabla 79: Descripción de los parámetros de impacto de corte de ladera.....	167
Tabla 80: Matriz de comparación de pares para los parámetros de impacto de corte de ladera.....	168
Tabla 81: Matriz de normalización para los parámetros de impacto de corte de ladera.....	169
Tabla 82: Índice y relación de consistencia de impacto de corte de ladera.....	169
Tabla 83: Descripción de los parámetros de material de construcción.....	170
Tabla 84: Matriz de comparación de pares para los parámetros de material de construcción.....	171
Tabla 85: Matriz de normalización para los parámetros de material de construcción.....	171
Tabla 86: Índice y relación de consistencia de material de construcción.....	171
Tabla 87: Descripción de los parámetros de niveles edificatorios.....	172
Tabla 88: Matriz de comparación de pares para los parámetros de niveles de edificatorios.....	173
Tabla 89: Matriz de normalización para los parámetros de niveles edificatorios.....	173
Tabla 90: Índice y relación de consistencia de niveles edificatorios.....	173
Tabla 91: Descripción de los parámetros de estado de conservación de la vivienda.....	174
Tabla 92: Matriz de comparación de pares para los parámetros de estado de conservación de la vivienda.....	174
Tabla 93: Matriz de normalización para los parámetros de estado de conservación de la vivienda.....	174
Tabla 94: Índice y relación de consistencia de estado de conservación de la vivienda.....	174
Tabla 95: Descripción de los parámetros de conocimiento sobre riesgo por ocupación en laderas.....	175
Tabla 96: Matriz de comparación de pares para los parámetros de conocimiento sobre riesgo por ocupación en laderas.....	175
Tabla 97: Matriz de normalización para los parámetros de conocimiento sobre riesgo por ocupación en laderas.....	176
Tabla 98: Índice y relación de consistencia de conocimiento sobre riesgo por ocupación en laderas.....	176
Tabla 99: Descripción de los parámetros de ingreso mensual familiar.....	176
Tabla 100: Matriz de comparación de pares para los parámetros de ingreso mensual familia.....	177

<i>Tabla 101: Matriz de normalización para los parámetros de ingreso mensual familiar</i>	<i>177</i>
<i>Tabla 102: Índice y relación de consistencia de ingreso mensual familiar.....</i>	<i>177</i>
<i>Tabla 103: Matriz de comparación de pares para los parámetros de dimensión económica.....</i>	<i>178</i>
<i>Tabla 104: Matriz de normalización para los parámetros de dimensión económica.....</i>	<i>178</i>
<i>Tabla 105: Índice y relación de consistencia de dimensión económica</i>	<i>178</i>
<i>Tabla 106: Descripción de los parámetros de actividad a la que se dedica la población</i>	<i>179</i>
<i>Tabla 107: Matriz de comparación de pares para los parámetros de actividad a la que se dedica la población</i>	<i>179</i>
<i>Tabla 108: Matriz de normalización para los parámetros de actividad a la que se dedica la población</i>	<i>180</i>
<i>Tabla 109: Índice y relación de consistencia de actividad a la que se dedica la población</i>	<i>180</i>
<i>Tabla 110: Descripción de los parámetros de grupo etario</i>	<i>180</i>
<i>Tabla 111: Matriz de comparación de pares para los parámetros de grupo etario</i>	<i>181</i>
<i>Tabla 112: Matriz de normalización para los parámetros de grupo etario</i>	<i>181</i>
<i>Tabla 113: Índice y relación de consistencia de grupo etario</i>	<i>181</i>
<i>Tabla 114: Descripción de los parámetros de discapacidad.....</i>	<i>181</i>
<i>Tabla 115: Matriz de comparación de pares para los parámetros de discapacidad.....</i>	<i>182</i>
<i>Tabla 116: Matriz de normalización para los parámetros de discapacidad</i>	<i>182</i>
<i>Tabla 117: Índice y relación de consistencia de discapacidad.....</i>	<i>182</i>
<i>Tabla 118: Descripción de los parámetros de acceso a servicios básicos</i>	<i>182</i>
<i>Tabla 119: Matriz de comparación de pares para los parámetros de acceso a servicios básicos</i>	<i>183</i>
<i>Tabla 120: Matriz de normalización para los parámetros de acceso a servicios básicos</i>	<i>183</i>
<i>Tabla 121: Índice y relación de consistencia de acceso a servicios básicos.....</i>	<i>183</i>
<i>Tabla 122: Matriz de comparación de pares para los parámetros de parámetro fragilidad social ..</i>	<i>184</i>
<i>Tabla 123: Matriz de normalización para los parámetros de fragilidad social.....</i>	<i>184</i>
<i>Tabla 124: Índice y relación de consistencia de fragilidad social</i>	<i>184</i>
<i>Tabla 125: Descripción de los parámetros de organización social</i>	<i>185</i>
<i>Tabla 126: Matriz de comparación de pares para los parámetros de organización social</i>	<i>185</i>
<i>Tabla 127: Matriz de normalización para los parámetros de organización social.....</i>	<i>185</i>
<i>Tabla 128: Índice y relación de consistencia de organización social</i>	<i>185</i>
<i>Tabla 129: Descripción de los parámetros de conocimiento en temas de gestión de riesgos.....</i>	<i>186</i>
<i>Tabla 130: Matriz de comparación de pares para los parámetros de conocimiento en temas de gestión de riesgos</i>	<i>186</i>
<i>Tabla 131: Matriz de normalización para los parámetros de conocimiento en temas de gestión de riesgos.....</i>	<i>186</i>
<i>Tabla 132: Índice y relación de consistencia de conocimiento en temas de gestión de riesgos.....</i>	<i>186</i>
<i>Tabla 133: Descripción de los parámetros de seguro de salud.....</i>	<i>187</i>

<i>Tabla 134: Matriz de comparación de pares para los parámetros de seguro de salud</i>	187
<i>Tabla 135: Matriz de normalización para los parámetros de seguro de salud</i>	187
<i>Tabla 136: Índice y relación de consistencia de seguro de salud</i>	187
<i>Tabla 137: Matriz de comparación de pares para los parámetros de resiliencia social</i>	188
<i>Tabla 138: Matriz de normalización para los parámetros de resiliencia social</i>	188
<i>Tabla 139: Índice y relación de consistencia de resiliencia social</i>	188
<i>Tabla 140: Matriz de comparación de pares para los parámetros de dimensión social</i>	188
<i>Tabla 141: Matriz de normalización para los parámetros de dimensión social</i>	189
<i>Tabla 142: Índice y relación de consistencia de dimensión social</i>	189
<i>Tabla 143: Descripción de los parámetros de cercanía de la edificación a la quebrada</i>	190
<i>Tabla 144: Matriz de comparación de pares para los parámetros de cercanía de la edificación a la quebrada</i>	190
<i>Tabla 145: Matriz de normalización para los parámetros de cercanía de la edificación a la quebrada</i>	190
<i>Tabla 146: Índice y relación de consistencia de cercanía de la edificación a la quebrada</i>	191
<i>Tabla 147: Descripción de los parámetros de disposición de RRSS</i>	191
<i>Tabla 148: Matriz de comparación de pares para los parámetros de disposición de RRSS</i>	191
<i>Tabla 149: Matriz de normalización para los parámetros de disposición de RRSS</i>	192
<i>Tabla 150: Índice y relación de consistencia de disposición de RRSS</i>	192
<i>Tabla 151: Descripción de los parámetros de porcentaje de área edificada en laderas</i>	192
<i>Tabla 152: Matriz de comparación de pares para los parámetros de porcentaje de área edificada en laderas</i>	193
<i>Tabla 153: Matriz de normalización para los parámetros de porcentaje de área edificada en laderas</i>	193
<i>Tabla 154: Índice y relación de consistencia de porcentaje de área edificada en laderas</i>	194
<i>Tabla 155: Descripción de los parámetros de vertimiento de aguas residuales en laderas</i>	194
<i>Tabla 156: Matriz de comparación de pares para los parámetros de vertimiento de aguas residuales en laderas</i>	194
<i>Tabla 157: Matriz de normalización para los parámetros de vertimiento de aguas residuales en laderas</i>	195
<i>Tabla 158: Índice y relación de consistencia de vertimiento de aguas residuales en laderas</i>	195
<i>Tabla 159: Matriz de comparación de pares para los parámetros de parámetro fragilidad ambiental</i>	195
<i>Tabla 160: Matriz de normalización para los parámetros de fragilidad ambiental</i>	196
<i>Tabla 161: Índice y relación de consistencia de fragilidad ambiental</i>	196
<i>Tabla 162: Descripción de los parámetros de prácticas de forestación y reforestación en áreas verdes</i>	196

Tabla 163: Matriz de comparación de pares para los parámetros de Parámetro Fragilidad Ambiental	197
Tabla 164: Matriz de normalización para los parámetros de Prácticas de forestación y reforestación en áreas verdes	197
Tabla 165: Índice y relación de consistencia de prácticas de forestación y reforestación en áreas verdes	197
Tabla 166: Estratificación de los niveles de vulnerabilidad del ámbito de estudio	198
Tabla 167: Método simplificado de cálculo de riesgo utilizado en el proceso de jerarquización de riesgos.....	202
Tabla 168: Niveles de riesgo.....	202
Tabla 169: Estratificación de los niveles de riesgo	203
Tabla 170: Valoración de consecuencias.....	206
Tabla 171: Valoración de frecuencia de recurrencia.....	207
Tabla 172: Nivel de Consecuencia y Daño.....	207
Tabla 173: Aceptabilidad y/o tolerancia	208
Tabla 174: Matriz del nivel de aceptabilidad y/o tolerancia del riesgo.	208
Tabla 175: Prioridad de Intervención.	208

RESUMEN

La presente tesis tiene como objetivo principal evaluar el riesgo por deslizamientos en el sector Caramascara, ubicado en el distrito de San Sebastián, provincia y departamento del Cusco, mediante el análisis de los parámetros de peligro y vulnerabilidad. El área de estudio se encuentra en una ladera de montaña rocosa, con presencia de depósitos cuaternarios. Se trata de una zona de expansión urbana, conformada por diversas Asociaciones Pro Vivienda, con alta susceptibilidad a deslizamientos generados principalmente por la acción antrópica y factores naturales.

Para la evaluación del riesgo se aplicó la metodología del Manual para la Evaluación de Riesgos Originados por Fenómenos Naturales, segunda versión del CENEPRED, 2014. En el análisis de peligrosidad se consideraron como factores condicionantes la pendiente del terreno, geomorfología local, litología y cobertura vegetal; y como factores desencadenantes, altura de corte producto de la actividad humana y precipitación pluvial. Asimismo, se consideró como parámetro general el volumen de material inestable.

Los resultados indicaron que las zonas de peligro alto y muy alto se concentran en áreas de relleno con pendientes pronunciadas y sectores escarpados, especialmente en la parte media y baja del ámbito de estudio. En cuanto a la vulnerabilidad, las encuestas a pobladores y las observaciones de campo permitieron determinar que la mayoría de los lotes presentan vulnerabilidad baja a media, dado que gran parte de las viviendas construidas se encuentran deshabitadas. Finalmente, se concluyó que 15 lotes presentan riesgo muy alto, 89 riesgo alto, 448 riesgo medio y 471 riesgo bajo.

Palabras clave: Riesgo geológico, deslizamiento, peligro, vulnerabilidad.

ABSTRACT

The main objective of this thesis is to evaluate the landslide risk in the Caramascara sector, located in the district of San Sebastián, province and department of Cusco, through the analysis of hazard and vulnerability parameters. The study area is situated on a rocky mountain slope characterized by the presence of Quaternary deposits. It corresponds to an urban expansion zone composed of several housing associations, exhibiting high susceptibility to landslides mainly induced by anthropogenic activities and natural factors.

For the risk assessment, the methodology established in the second edition of the Manual for Risk Assessment Originated by Natural Phenomena developed by CENEPRED (2014) was applied. The hazard analysis considered terrain slope, local geomorphology, lithology, and vegetation cover as conditioning factors; while cut-slope height resulting from human activities and rainfall precipitation were evaluated as triggering factors. Additionally, the volume of unstable material was considered as a general parameter.

The results indicated that high and very high hazard zones are concentrated in filled areas with steep slopes and escarpments, particularly within the middle and lower sections of the study area. Regarding vulnerability, household surveys and field observations revealed that most plots exhibit low to medium vulnerability, since a significant proportion of the constructed dwellings remain unoccupied. Finally, it was concluded that 15 plots present very high risk, 89 high risk, 448 medium risk, and 471 low risk.

Keywords: Geological risk, landslide, hazard, vulnerability.

INTRODUCCIÓN

Los deslizamientos son movimientos de masas de roca, residuos o tierra, hacia debajo de una pendiente, estos movimientos ocurren a lo largo de superficies de falla (Cruden, 1996). En las regiones andinas del Perú, generalmente a lo largo de la Cordillera de los Andes, los deslizamientos son frecuentes por las condiciones topográficas, geológicas y geomorfológicas; estas a su vez son en gran parte provocados por la acción humana, que en la necesidad de buscar su expansión realizan cortes de laderas en zonas no propicias para construir sus viviendas.

El presente trabajo de investigación se titula “Evaluación de riesgo por deslizamiento en el sector Caramascara del distrito de San Sebastián, provincia y departamento del Cusco, 2024” y la motivación para estudiarlo surge de la idea de que la gestión de riesgos de desastres tiene gran relevancia en la ciudad del Cusco y específicamente el sector Caramascara en cuestión que está ubicado en una zona con condiciones propicias para la ocurrencia de deslizamientos.

Este estudio constituye un aporte significativo al proceso de planificación y diseño de la expansión urbana de la ciudad del Cusco, donde la creciente demanda habitacional genera dificultades para identificar y habilitar áreas seguras y adecuadas para la construcción de viviendas. Asimismo, los resultados obtenidos servirán como herramienta técnica para la actualización y mejora del Plan de Desarrollo Urbano (PDU) de las municipalidades, contribuyendo a una gestión territorial más sostenible y segura frente a los riesgos por deslizamientos.

En el Perú, los desastres no son siempre consecuencia directa de los fenómenos naturales, sino del desconocimiento y la inadecuada ocupación de zonas no aptas para el asentamiento humano, lo que incrementa el riesgo a largo plazo y provoca pérdidas humanas y económicas.

Dada la escasez de estudios de la zona, se pretende recopilar información actualizada, esencial para evaluar el riesgo ante deslizamientos que puedan impactar a la población y sus medios de vida en las áreas de expansión urbanas de San Sebastián.

El método empleado se fundamenta en la metodología de investigación propuesta por Hernández-Sampieri y Mendoza (2018), con un enfoque mixto, secuencial y descriptivo, y un diseño no experimental. Asimismo, se aplicaron los lineamientos establecidos en el Manual para la Evaluación de Riesgos Originados por Fenómenos Naturales, 2.^a Versión del Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED, 2014).

El objetivo principal de esta investigación es “Evaluar el riesgo por deslizamientos en el sector Caramascara del distrito de San Sebastián, provincia del Cusco y departamento del Cusco, 2024.”

Este trabajo de investigación se divide en trece capítulos los cuales se describen a continuación:

En el primer capítulo se aborda los aspectos generales de la investigación como son la ubicación, problema, objetivos, hipótesis, variables y justificación. En el segundo capítulo se aborda lo concerniente a la metodología tanto de investigación como de trabajo, donde se describirá todos los métodos que se emplearon en la investigación. Como tercer capítulo se aborda el marco teórico lo que incluye todos los antecedentes y conceptos referentes al tema de investigación.

En el cuarto capítulo se describen todas las geoformas regionales y locales, pendientes, y la cobertura vegetal. En el quinto capítulo se describe la geología a nivel regional y local del ámbito de estudio. Seguidamente en el capítulo seis se describen las estructuras regionales y locales presentes en la zona de estudio. Continuando con el capítulo siete se describen todas las características hidrometeorológicas de la zona de estudio.

Como octavo capítulo se describen todos los aspectos geotécnicos de los materiales de la zona así como los ensayos realizados en suelos y rocas, los resultados obtenidos y las simulaciones en el software Slide 2D. Como noveno capítulo se describe la geodinámica interna y externa del ámbito de estudio.

El capítulo diez trata de acerca de la determinación del peligro, la metodología utilizada, los parámetros evaluados para hallar la susceptibilidad y los niveles de peligro. Como decimo primer capítulo se describe la determinación de la vulnerabilidad, su metodología analizando las dimensiones económicas, sociales y ambientales. Como penúltimo capítulo se realizó el cálculo de riesgo. Finalmente, como último se describen las medidas de prevención y mitigación frente a los niveles de riesgo.

CAPITULO I: ASPECTOS GENERALES

1.1. Ubicación

1.1.1. Ubicación geográfica

El trabajo de investigación “Evaluación de riesgo por deslizamiento en el sector Caramascara del distrito de san Sebastián, provincia y departamento del Cusco, 2024”, se encuentra ubicado dentro del distrito de San Sebastián, y a su vez dentro del ámbito territorial de la provincia y departamento del Cusco (ver figura 1), tiene las siguientes coordenadas UTM (ver tabla 01):

Tabla 1: Coordenadas UTM y geográficas del Sector Caramascara.

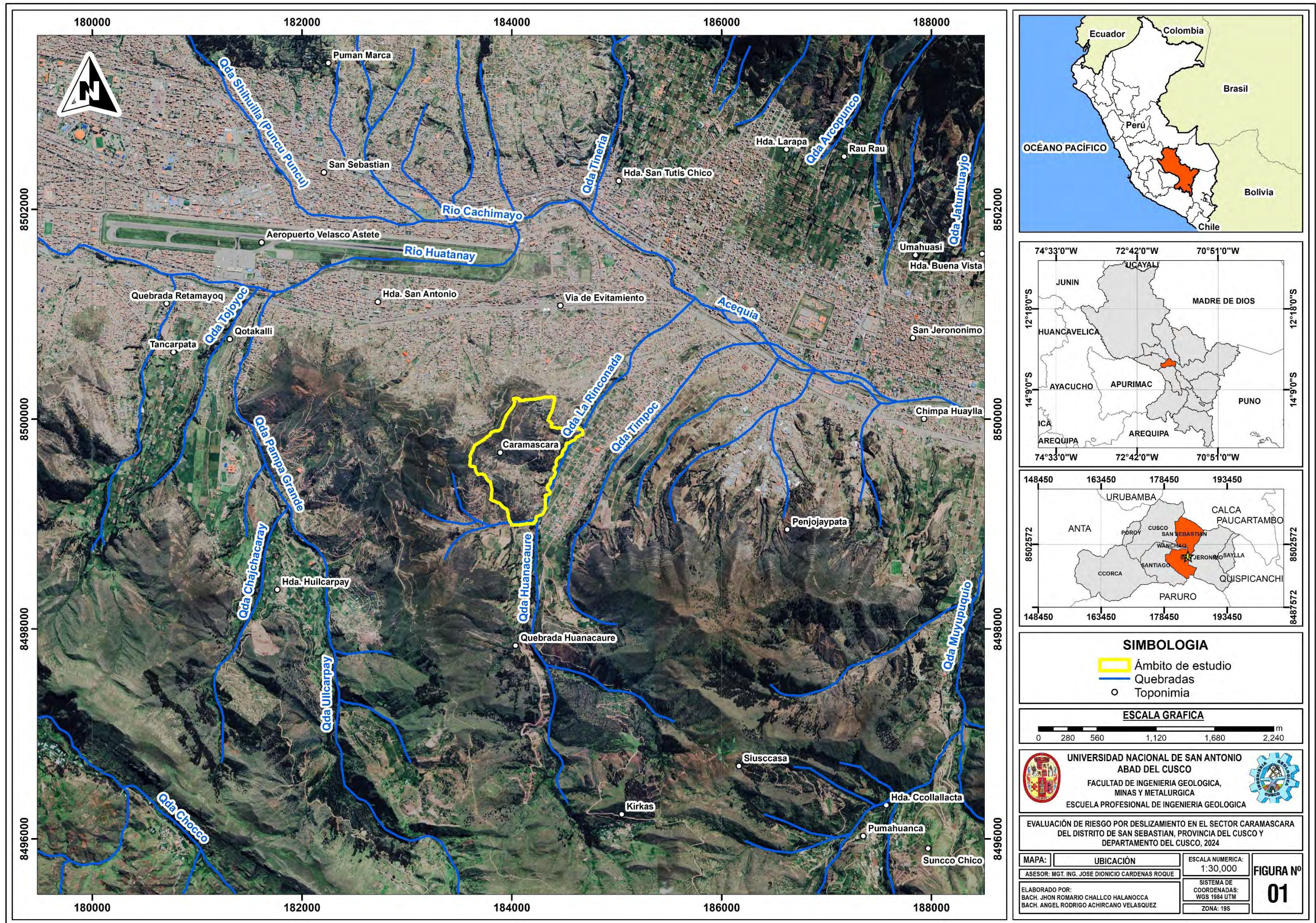
Coordenadas UTM			
Zona	Este	Norte	Altitud (m.s.n.m)
19S	184000	8499500	3390
Área		698,395 m ²	
Perímetro		4,108 m ²	

Geográficamente el sector Caramascara se ubica dentro de la microcuenca Pillao Matao, dicha microcuenca se extiende desde el cerro Huanacaure (cabecera) hasta el río Huatanay (desembocadura).

El ámbito de estudio presenta los siguientes límites:

- **Por el norte:** Limita con las APV. Monterrey.
- **Por el sur:** Limita con la microcuenca Pillao Matao.
- **Por el este:** Limita con el sector Pillao Matao
- **Por el oeste:** Limita con las APV. Satélite.

Figura 1: Mapa de ubicación del sector Caramascara.



Nota. Imagen satelital adaptada de Google Earth

1.1.2. Accesibilidad

Para acceder al sector Caramascara se tomará de referencia como punto inicial de partida a la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco - UNSAAC (ver figura 2), luego dirigirse al sureste de la ciudad del Cusco tomando la Avenida de la Cultura hasta llegar al paradero “Enaco”, cruzar la Vía Expresa hasta llegar a la Vía de Evitamiento y finalmente dirigirse a la calle Pedro Mandigure (ver tabla 2).

Tabla 2: Rutas de accesibilidad al sector Caramascara.

INICIO	DISTANCIA	TIEMPO	TIPO DE VIA
Cusco (UNSAAC) tomar el transporte urbano Expreso de San Sebastián – paradero Final	10.1 km	31 min. aprox.	Concreto Asfaltado y Trocha Carrozable
Paradero Final – sector Caramascara)	500 m.	15 min. aprox.	Trocha Carrozable

Figura 2: Ruta de acceso al sector Caramascara



Nota. Adaptado de Google MAPS

1.2. Problema

1.2.1. Descripción del problema

Los movimientos en masa representan una de las principales causas de pérdidas humanas y económicas, tanto en el ámbito global como en el nacional (Schuster, 1996; Sidle & Ochiai, 2006). En este contexto, la evaluación de los riesgos vinculados a dichos fenómenos adquiere una importancia significativa.

En el Perú según Benavente et al. (2013) los deslizamientos son el resultado de la interacción entre factores geológicos, tectónicos y climáticos, siendo un elemento clave en la generación de desastres naturales. Además, estos afectan significativamente la infraestructura física y a la población. Generalmente se producen cuando las laderas pierden estabilidad debido a la infiltración de aguas pluviales o escorrentías, desplazándose por acción de la gravedad o por el sacudimiento del terreno ocasionado por sismos.

San Sebastián, el distrito más poblado de la provincia del Cusco, presenta un constante crecimiento demográfico; por ello, muchas familias en busca de vivienda se establecen en zonas inadecuadas para uso urbano o agrícola. Prueba de ello son las ocupaciones en quebradas y áreas topográficamente empinadas, donde los cortes de ladera para la construcción de viviendas y vías favorecen la activación de deslizamientos.

El sector Caramascara se localiza sobre una ladera de pendiente moderada a fuerte de categoría regional, con condiciones físicas desfavorables y una creciente expansión del borde urbano, donde se requiere proyectos de inversión pública y la ejecución de obras orientadas al control y mitigación de riesgos. A nivel regional existen estudios elaborados por INGEMMET, CENEPRED, SENAMHI y las municipalidades, mediante instrumentos de gestión como el Plan de Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres. Sin embargo, el sector Caramascara, no cuenta con estudios detallados a pequeña escala sobre peligrosidad o riesgos por movimientos en masa.

1.2.2. Problema general

¿Cuál es el nivel de riesgo por deslizamiento en el sector Caramascara del distrito de San Sebastián, provincia de Cusco?

1.2.3. Problemas específicos

- 1) ¿Cuáles son los elementos expuestos al peligro por deslizamiento en el sector Caramascara del distrito de San Sebastián, provincia de Cusco?
- 2) ¿Cuál es el nivel de peligro por deslizamientos en el sector Caramascara del distrito de San Sebastián, provincia de Cusco?
- 3) ¿Cuál es el nivel de vulnerabilidad en las dimensiones sociales, económicas y ambientales de los elementos expuestos al peligro de deslizamiento en el sector Caramascara del distrito de San Sebastián, provincia de Cusco?
- 4) ¿Cuáles son las medidas de control y mitigación estructural y no estructural frente al riesgo por deslizamiento en el sector Caramascara del distrito de San Sebastián, provincia de Cusco?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar el nivel de riesgo por deslizamiento en el sector Caramascara, del distrito de San Sebastián, provincia del Cusco.

1.3.2. Objetivos específicos

- 1) Identificar los elementos expuestos al peligro por deslizamiento del sector Caramascara, del distrito de San Sebastián, provincia del Cusco.
- 2) Determinar el nivel de peligro por deslizamiento en el sector Caramascara, del distrito de San Sebastián, provincia del Cusco.

- 3) Determinar los niveles de vulnerabilidad de los elementos expuestos al riesgo por deslizamiento en el sector Caramascara, del distrito de san Sebastián, provincia del Cusco.
- 4) Determinar las medidas de control y mitigación frente al riesgo por deslizamiento en el sector Caramascara, del distrito de san Sebastián, provincia del Cusco.

1.4. Hipótesis general

El nivel de riesgo por deslizamiento en el sector Caramascara será medio a alto en gran parte de los lotes de la zona de estudio.

1.4.1. Hipótesis específicas

- 1) Los elementos expuestos al peligro por deslizamiento en el sector Caramascara son infraestructura como viviendas, vías de acceso, además de la población.
- 2) La determinación del peligro por deslizamiento en el sector Caramascara resultará en su mayoría con niveles de peligrosidad alto.
- 3) El análisis de la vulnerabilidad de los elementos expuestos al riesgo por deslizamientos en el sector Caramascara evidenciará niveles altos de vulnerabilidad en las dimensiones social, económica y ambiental.
- 4) Las medidas de control y mitigación frente al riesgo por deslizamientos en el sector Caramascara implicará capacitaciones, actividades sociales, así como implementación de estructuras para estabilización de taludes.

1.5. Variables de estudio

- Riesgo por deslizamiento.
- Peligro por deslizamiento.
- Vulnerabilidad ante deslizamientos.

1.5.1. Matriz de consistencia de la investigación

Tabla 3: Matriz de consistencia de la investigación

Título: “EVALUACIÓN DE RIESGO POR DESLIZAMIENTO EN EL SECTOR CARAMASCARA DEL DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN, PROVINCIA DEL CUSCO Y DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2024”			
Problemas General	Objetivos General	Hipótesis General	Metodología
¿Cuál es el nivel de riesgo por deslizamiento en el sector Caramascara del distrito de San Sebastián, provincia de Cusco?	Determinar el nivel de riesgo por deslizamiento en el sector Caramascara, del distrito de San Sebastián, provincia del Cusco.	El nivel de riesgo por deslizamiento en el sector Caramascara será medio a alto en gran parte de los lotes de la zona de estudio.	MÉTODOS QUE SE EMPLEARÁN EN LA INVESTIGACIÓN <ul style="list-style-type: none"> • Enfoque: Mixto. Cuantitativo – Deductivo que parte de principios generales para llegar a conclusiones específicas. Este enfoque facilita la creación de teorías que, al aplicar a situaciones particulares, permiten realizar predicciones y obtener conclusiones sobre el fenómeno analizado (Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, M., 2014). En este estudio, se empleó el método deductivo para estimar los niveles de riesgo por deslizamiento basados en teorías geológicas, meteorológicas y comparativas. Cualitativo – Inductivo que consiste en recopilar datos a partir de observaciones específicas para llegar a conclusiones más amplias. Este método se basa en observar fenómenos particulares para formular teorías o generalizaciones (Sampieri, Collado y Lucio, 2014). En este estudio, se obtuvieron datos a partir de la observación de sus parámetros insitu como la litología, geomorfología y cobertura vegetal en el sector Caramascara, lo que permitió analizar y clasificar la información, facilitando su posterior análisis y conclusiones sobre los niveles de riesgo. • Diseño de investigación: No experimental • Método: Secuencial - explicativo, porque esta investigación inicia con un análisis y explicación de los parámetros cualitativos y cuantitativos del área de estudio y posteriormente, mediante el método de análisis jerárquico, se les asignaron valores y pesos para determinar el nivel de peligro. • Nivel: Descriptivo, porque en el presente trabajo de investigación se hizo una descripción de cada uno de los parámetros que determinaron el nivel de peligro y vulnerabilidad del sector Caramascara.
Específicos	Específicos	Específicas	
<ol style="list-style-type: none"> 1. ¿Cuáles son los elementos expuestos al peligro por deslizamiento en el sector Caramascara del distrito de San Sebastián, provincia de Cusco? 2. ¿Cuál es el nivel de peligro por deslizamientos en el sector Caramascara del distrito de San Sebastián, provincia de Cusco? 3. ¿Cuál es el nivel de vulnerabilidad en las dimensiones sociales, económicas y ambientales de los elementos expuestos al peligro de deslizamiento en el sector Caramascara del distrito de San Sebastián, provincia de Cusco? 4. ¿Cuáles son las medidas de control y mitigación estructural y no estructural frente al riesgo por deslizamiento en el sector Caramascara del distrito de San Sebastián, provincia de Cusco? 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Identificar los elementos expuestos al peligro por deslizamiento del sector Caramascara, del distrito de San Sebastián, provincia del Cusco. 2. Determinar el nivel de peligro por deslizamiento en el sector Caramascara, del distrito de San Sebastián, provincia del Cusco. 3. Determinar los niveles de vulnerabilidad de los elementos expuestos al riesgo por deslizamiento en el sector Caramascara, del distrito de San Sebastián, provincia del Cusco. 4. Determinar las medidas de control y mitigación frente al riesgo por deslizamiento en el sector Caramascara, del distrito de San Sebastián, provincia del Cusco. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Los elementos expuestos al peligro por deslizamiento en el sector Caramascara son infraestructura como viviendas, vías de acceso, además de la población. 2. La determinación del peligro por deslizamiento en el sector Caramascara resultará en su mayoría con niveles de peligrosidad alto. 3. El análisis de la vulnerabilidad de los elementos expuestos al riesgo por deslizamientos en el sector Caramascara evidenciará niveles altos de vulnerabilidad en las dimensiones social, económica y ambiental. 4. Las medidas de control y mitigación frente al riesgo por deslizamientos en el sector Caramascara implicará capacitaciones, actividades sociales, así como implementación de estructuras para estabilización de taludes. 	

1.5.2. Cuadro de operacionalización de variables

Tabla 4: Cuadro de operacionalización de variables

Variable		Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición	Técnica de recolección de datos
Variables de estudio	Riesgo por deslizamiento	El riesgo corresponde al resultado de la interacción entre un peligro y la vulnerabilidad de los elementos expuestos (Carreño, 2005).	Grado de exposición a la ocurrencia de un deslizamiento en un área específica.	Nivel de riesgo	- Nro de lotes clasificados según nivel de riesgo (muy alto, alto, medio, bajo).	Cantidad y porcentaje de lotes clasificados según su nivel de riesgo.	Cálculo del nivel de riesgo con la fórmula: Riesgo=peligro*vulnerabilidad
	Peligro por deslizamiento	Wisner et al. (2004) plantean que el peligro es un evento potencialmente dañino que posee características propias, como frecuencia, intensidad o extensión, que determinan su capacidad para causar impactos adversos sobre una comunidad o territorio.	Condiciones y propiedades físicas del suelo que favorecen la ocurrencia de deslizamientos.	Nivel de peligro	- Áreas que abarcan los factores condicionantes como litología, geomorfología, cobertura vegetal. - Rango de pendientes - Rango de precipitación - Factor de seguridad en taludes - Rangos de altura de corte	- Área y porcentaje del ámbito de estudio clasificado según nivel de peligro (muy alto, alto, medio, bajo). - Área y porcentaje del ámbito de estudio clasificado según su nivel de susceptibilidad a deslizamientos	Observación directa, Análisis de campo, cartografiado, levantamiento topográfico, interpretación de fotos aéreas, simulaciones de escenarios.
	Vulnerabilidad ante deslizamientos	Cardona (2001) describe la vulnerabilidad como el grado de susceptibilidad a pérdidas, determinado por debilidades físicas, institucionales y socioeconómicas que amplifican los efectos del peligro.	Estado y cantidad de edificaciones ubicadas en áreas con riesgo de deslizamiento, así como la cantidad de habitantes que residen o trabajan en la zona.	Nivel de vulnerabilidad	- Parámetros de evaluación de vulnerabilidad en las dimensiones social, económica y ambiental. - Nro de viviendas y otras infraestructuras expuestas. - Cantidad de población expuesta	Cantidad y porcentaje de lotes clasificados según su nivel de vulnerabilidad	Encuestas a las viviendas, observación directa.

1.6. Justificación

La investigación resultó conveniente debido a la falta de evaluaciones técnicas específicas sobre el riesgo por deslizamientos en el sector Caramascara, área que no cuenta con habilitación urbana ni integración al borde urbano.

El estudio posee una importante relevancia social, ya que benefició a las Asociaciones Pro Vivienda Virgen Asunta, Villa Quebrada, Villa Residencial San Antonio, Lucero de la Mañana, Korikanto y a la Junta de Propietarios Los Girasoles, donde habita población expuesta a procesos geodinámicos. La delimitación de zonas de riesgo contribuyó a disminuir la vulnerabilidad y fortalecer la resiliencia frente a deslizamientos.

Acerca de la implicancia práctica, los resultados constituyeron una herramienta técnica para la gestión del uso del suelo del sector Caramascara, permitiendo diferenciar áreas con aptitud, restricciones o incompatibilidad para el desarrollo de este sector. Asimismo, el estudio aportó insumos técnicos al Plan de Desarrollo Urbano de la provincia del Cusco, favoreciendo la evaluación de futuras intervenciones municipales.

En el ámbito teórico, la investigación contribuyó al análisis integrado de los factores litológicos, geomorfológicos, hidrometeorológicos y antrópicos que influyen en la ocurrencia de deslizamientos en entornos urbanos andinos, consolidando al sector Caramascara como un caso de estudio representativo.

Finalmente, la metodología empleada para la evaluación del peligro, la vulnerabilidad y el riesgo podrá ser aplicada en otros sectores del Cusco con características geológicas y geomorfológicas similares, sirviendo como referencia para estudios académicos y técnicos en gestión del riesgo de desastres a escala local en zonas de expansión urbana en laderas.

Además, la investigación sirve como base metodológica para futuras investigaciones en la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, permitiendo replicar y mejorar la evaluación del riesgo por deslizamientos en contextos similares, y fortaleciendo la investigación en gestión del riesgo y ordenamiento territorial.

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Metodología de la investigación

2.1.1. Métodos que se emplearán en la investigación

- **Enfoque:** Mixto.

Este enfoque combina métodos cuantitativos y cualitativos, integrando procesos de recolección, análisis y relación de datos de ambos tipos dentro de un mismo estudio o en una serie de investigaciones, con el propósito de responder de manera más completa al problema planteado (Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, M., 2014). Estos se describen a continuación:

- **Cuantitativo – Deductivo** que parte de principios generales para llegar a conclusiones específicas. Este enfoque facilita la creación de teorías que, al aplicar a situaciones particulares, permiten realizar predicciones y obtener conclusiones sobre el fenómeno analizado (Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, M., 2014). En este estudio, se empleó el método deductivo para estimar los niveles de riesgo por deslizamiento basados en teorías geológicas, meteorológicas y comparativas.
- **Cualitativo – Inductivo** que consiste en recopilar datos a partir de observaciones específicas para llegar a conclusiones más amplias. Este método se basa en observar fenómenos particulares para formular teorías o generalizaciones (Sampieri, Collado y Lucio, 2014). En este estudio, se obtuvieron datos a partir de la observación de sus parámetros insitu como la litología, geomorfología y cobertura vegetal en el sector Caramascara, lo que permitió analizar y clasificar la información, facilitando su posterior análisis y conclusiones sobre los niveles de riesgo.

- **Diseño de investigación:** No experimental.

En este tipo de diseño no se manipulan intencionalmente las variables independientes para observar su efecto sobre otras. En lugar de ello, se analizan los fenómenos tal como ocurren en su entorno natural, con el fin de describir y comprender su comportamiento (Hernández, Fernández y Baptista, 2014; The SAGE Glossary of the Social and Behavioral Sciences, 2009b).

En el presente trabajo de investigación se observó y analizó las características físicas de la zona y de sus habitantes; y así vio cómo estos influyen en la determinación del nivel de riesgo.

- **Método:** Secuencial - explicativo

Cada etapa precede a la siguiente y no podemos “brincar” o eludir pasos (Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, M., 2014). Esta investigación inicia con un análisis y explicación de los parámetros cualitativos y cuantitativos del área de estudio y posteriormente, mediante el método de análisis jerárquico, se les asignaron valores y pesos para determinar el nivel de peligro.

- **Nivel:** Descriptivo.

Según (Hernández, Fernández y Baptista, 2014) “Los estudios descriptivos tienen como finalidad identificar y detallar las propiedades, características y perfiles de personas, comunidades, procesos, objetos o cualquier fenómeno analizado”. En el presente trabajo de investigación se hizo una descripción de cada uno de los parámetros que determinaron el nivel de peligro y vulnerabilidad del sector Caramascara.

2.2. Metodología de trabajo

2.2.1. Etapa de pre campo

Se realizó las siguientes labores:

- ✓ **Delimitación del ámbito de estudio:** Zonificación geográfica del polígono del sector Caramascara en el distrito de San Sebastián, provincia de Cusco.
- ✓ **Revisión bibliográfica y antecedentes:** Se revisó información con la que cuenta la Municipalidad Distrital de San Sebastián referente a peligros geológicos en la zona y así como la información catastral. Se recopiló información como mapas, cuadros, datos de campo y laboratorio, estudios, informes, tesis, papers, artículos y demás documentos académicos de entidades técnico científicas INGEMMET, CENEPRED y SENHAMI, relacionados al ámbito de estudio.
- ✓ **Creación de una base de datos:** Se generó una carpeta con almacenamiento en la nube donde se ubicaron todos los archivos relevantes a considerar como papers, tesis, artículos, entre otros.
- ✓ **Elaboración de mapas preliminares:** Se elaboró mapas a escala regional de la litología, geomorfología, topografía, entre otros.
- ✓ **Coordinación de las autorizaciones para el libre acceso:** Se planificó y coordinó con las juntas directivas de las Asociaciones Pro Vivienda (APV) que se ubican dentro del área de estudio.
- ✓ **Adquisición de herramientas y equipos:** Se adquirió los materiales y equipos necesarios para la etapa de campo.
- ✓ **Coordinación con laboratorios:** Se estableció contacto con laboratorios para análisis de las muestras obtenidas en la etapa de campo.

2.2.2. Etapa de campo

- ✓ **Reconocimiento de la zona:** Se ubicó e identificó los límites y aspectos generales de la zona (caminos, senderos, puntos referenciales, etc.) con el uso de mapas base.
- ✓ **Cartografiado litológico y recolección de muestras:** Se identificó y delimitó las unidades litológicas y geomorfología del sector Caramascara.
- ✓ **Caracterización del macizo rocoso:** Se reconoció los parámetros estructurales del macizo rocoso.
- ✓ **Recolección de muestras:** Se tomaron muestras de suelos y rocas para los diferentes ensayos de laboratorio.
- ✓ **Levantamiento topográfico:** Se realizó del levantamiento topográfico mediante los diferentes equipos y herramientas.
- ✓ **Identificación de los elementos expuestos:** Se identificó viviendas, medios de vida e infraestructura pública expuesta en el ámbito de estudio.
- ✓ **Validación de las preguntas de las encuestas:** Se revisó y aprobó las preguntas que se realizaron a la población, por especialistas correspondientes en materia de gestión de riesgo de desastres.
- ✓ **Realización de encuestas a las viviendas:** Se hizo el desplazamiento a cada una de las viviendas del sector delimitado para el levantamiento de información acerca de las condiciones ambientales, sociales y económicas de la población y el sector.
- ✓ **Tomas fotográficas:** Se tomaron fotos de los aspectos más importantes para incluirlos en la redacción de la tesis.

2.2.3. Etapa de post campo

En esta etapa se contempla varias fases que se desarrollaron secuencialmente:

- ✓ **Clasificación de información:** Se seleccionó toda la información recopilada y se unificaron los formatos.

- ✓ **Digitalización de datos:** Se plasmó la información física de las encuestas realizadas a una digital para un mejor manejo y análisis.
- ✓ **Ensayos de laboratorio:** Se realizaron de los ensayos correspondientes en laboratorios geotécnicos tanto en suelos como en rocas.
- ✓ **Procesamiento de datos en softwares:** Se consolidó los datos obtenidos en campo utilizando diferentes softwares como el ArcGIS, Google Earth, SAS Planet, Dips, Microsoft Office 2019, SLIDE v6.0, AutoCAD, HEC-RAS 6.4.1, SedLog, entre otros.
- ✓ **Descripción macroscópica de las muestras:** Se analizó físicamente las muestras obtenidas en campo y se identificó su composición a escala macro.
- ✓ **Análisis hidrometeorológico:** Se obtuvo información de los parámetros hidrometeorológicos de la zona a partir de la información de las principales estaciones meteorológicas del SENAMHI.
- ✓ **Definición de los niveles de peligrosidad:** Se zonificó el sector por sus niveles de peligro por deslizamiento en el sector Caramascara.
- ✓ **Definición de los niveles de vulnerabilidad:** Se zonificó el sector por sus niveles de vulnerabilidad en el sector Caramascara.
- ✓ **Definición de los niveles de riesgo:** Se zonificó el sector por sus niveles de riesgo por deslizamiento en el sector Caramascara.
- ✓ **Realización de mapas:** Se elaboró los mapas temáticos (peligrosidad, susceptibilidad, vulnerabilidad, riesgo y demás concernientes).
- ✓ **Elaboración de anexos:** Se presentaron fotos de la zona de estudio y su respectiva descripción, así como fichas técnicas de los estudios realizados.
- ✓ **Análisis e interpretación de resultados:** Se explicaron los resultados obtenidos.
- ✓ **Redacción de tesis:** Se elaboró del informe final de investigación donde se muestran todos los resultados y conclusiones.

2.3. Instrumentos y técnicas de recolección de datos

Para el presente trabajo de investigación se hizo uso de lo siguiente:

Instrumentos: Brújula, GPS, cinta métrica, distanciometro, picota, cámara fotográfica, inclinómetro.

Materiales: Imágenes satelitales, mapas preliminares locales y regionales (topográfico, geomorfológico, litológico, satelital), tableros, colores, portaminas, regla, papel milimetrado, bolsas de muestreo, ácido clorhídrico, lupa, rayador y protactor (escalímetro), chaleco, ponchos de agua.

CAPÍTULO III: MARCO TEÓRICO

3.1. Marco referencial

3.1.1. Antecedentes internacionales

Antecedente 1: Ram, P. & Gupta, V. (2021) en el artículo de Wadia Institute of Himalayan Geology titulado “Landslide hazard, vulnerability, and risk assessment (HVRA), Mussoorie township, Lesser Himalaya, India”, evaluaron el peligro, la vulnerabilidad y el riesgo por deslizamientos en un área urbana con alta densidad poblacional y significativa intervención humana. Los autores desarrollaron mapas temáticos para identificar zonas críticas y apoyar la planificación territorial y la gestión del riesgo.

La evaluación del peligro se efectuó mediante métodos estadísticos bivariados, que permitieron analizar la relación entre deslizamientos históricos y factores condicionantes como pendiente, geología y uso del suelo, obteniéndose modelos con niveles adecuados de confiabilidad. La vulnerabilidad se analizó considerando elementos físicos y sociales, incluyendo edificaciones, infraestructura vial, áreas agrícolas y zonas degradadas. Posteriormente, el riesgo se determinó integrando espacialmente los mapas de peligro y vulnerabilidad, lo que permitió estimar la cantidad de edificaciones y población expuesta a distintos niveles de riesgo.

Los resultados evidenciaron numerosas edificaciones y miles de personas expuestas a riesgo elevado, lo que demuestra la influencia decisiva de la urbanización en laderas inestables.

Este antecedente aportó al presente trabajo de investigación ya que ambos estudios emplean el enfoque de riesgo basado en la interacción entre peligro y vulnerabilidad. Asimismo, refuerza la validez de integrar factores físicos y sociales para la zonificación del riesgo y sustenta el uso de mapas de riesgo como herramienta fundamental para la gestión y reducción del riesgo en zonas urbanas de ladera.

Antecedente 2: Oliva, A. & Gallardo, R. (2017) en el artículo de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas de México titulado “Evaluación del riesgo por deslizamiento de una ladera en la ciudad de Tijuana, México”, realizaron un estudio detallado para evaluar el riesgo por deslizamiento en una ladera urbana de Tijuana (México), específicamente en la urbanización Lomas Conjunto Residencial. El área ya mostraba signos de falla (grietas semicirculares) y antecedentes de inestabilidad, por lo que los autores desarrollaron una evaluación integral del peligro y la vulnerabilidad para determinar el nivel de riesgo al que estaban expuestas las edificaciones del sector.

El estudio realizó una caracterización completa del área mediante trabajos topográficos, geológicos, geotécnicos, geofísicos e instrumentación con inclinómetros. Con esta información se ejecutaron análisis cuantitativos de estabilidad (equilibrio límite y modelos tensodeformacionales), los cuales revelaron factores de seguridad estáticos y dinámicos críticos. Además, se aplicó un análisis cualitativo mediante factores de valuación, obteniendo un valor general mayor a 0,75, que indica alta susceptibilidad a deslizamientos. La amenaza se determinó por la alta frecuencia histórica de deslizamientos y por los factores de seguridad calculados. La vulnerabilidad se evaluó según las características de las edificaciones, su estado estructural, la relación con la profundidad de falla y el volumen de material inestable. El estudio determinó que el riesgo es alto y que se requieren acciones urgentes de mitigación.

Este estudio aportó al presente trabajo de investigación ya que aplica el mismo enfoque $\text{riesgo} = \text{amenaza} \times \text{vulnerabilidad}$, para evaluar deslizamientos en zonas urbanas de ladera. Al igual que en Tijuana, el sector Caramascara se encuentra asociada a actividades antrópicas y condiciones geológicas complejas, por lo que el presente estudio permitiría identificar las zonas críticas con mayor exactitud.

3.1.2. Antecedentes nacionales

Antecedente 1: Cruz, A., & Ramírez, J. (2023) en la tesis “Evaluación del nivel de riesgo por deslizamiento rotacional en el centro poblado de Mallas, distrito de Huari, región Áncash.” de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, desarrollaron un estudio orientado a reconocer el riesgo por deslizamientos que afecta a un poblado ubicado sobre una ladera inestable. Los investigadores realizaron un diagnóstico detallado del terreno, revisaron las condiciones geomorfológicas y geológicas, e identificaron áreas previamente afectadas por movimientos en masa. Para estimar el riesgo aplicaron el enfoque nacional que combina la evaluación de la peligrosidad con el análisis de la vulnerabilidad. La peligrosidad se determinó a partir de elementos como la inclinación del terreno, la naturaleza de los suelos, la humedad y la presencia de deformaciones antiguas. La vulnerabilidad se evaluó considerando el tipo de viviendas, el estado de conservación, los materiales constructivos y la disposición de las familias en el área expuesta.

Los resultados señalaron zonas con riesgo elevado, especialmente donde la topografía es pronunciada, el suelo presenta baja resistencia y las viviendas muestran deficiencias estructurales. El estudio concluye que la intervención humana y la ocupación desordenada intensifican el problema.

El aporte de esta tesis al presente trabajo de investigación es que la zona estudiada y el sector Caramascara comparten condiciones similares de ladera y los suelos vienen siendo modificados por el hombre lo que incrementa los niveles más altos de amenaza y exposición.

Antecedente 2: Mamani, R., & Coaquira, L. (2021) en la tesis “Evaluación del riesgo por deslizamientos en la Asociación La Florida, distrito Alto de la Alianza, Tacna.” de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, realizaron un estudio en la zona de La Florida donde se llevó a cabo una evaluación del riesgo por deslizamientos en un asentamiento urbano ubicado sobre una ladera con antecedentes de inestabilidad. El estudio

abordó la peligrosidad analizando las pendientes, el comportamiento del suelo, la geomorfología local y los cambios realizados por los pobladores mediante cortes o rellenos. También se evaluó el manejo del agua superficial, dado su papel en la activación de deslizamientos. La vulnerabilidad se determinó en función del estado estructural de las viviendas, la calidad de los materiales, la ocupación y la cercanía de las edificaciones a zonas potencialmente inestables.

El análisis permitió identificar sectores con riesgo alto, debido a la combinación de condiciones topográficas desfavorables y edificaciones vulnerables. Asimismo, se propusieron acciones de mitigación y mejoras constructivas.

Sobre el aporte de esta investigación, al igual que la presente tesis, ambos estudios tratan de áreas urbanas en expansión construidas sobre laderas donde, sectores intervenidos mediante cortes, zonas de rellenos y fuertes pendientes, además en este estudio aplicaron el esquema analítico basado en la interacción entre peligro y vulnerabilidad.

3.1.3. Antecedentes regionales

Antecedente 1: Flórez Huanca, V. R., & Huamani Huanaco, M. A. (2022) en la tesis “Evaluación de riesgo originados por deslizamientos en la quebrada Yanamayo, distrito Urcos – Quispicanchis, Cusco.” De la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, analizan la inestabilidad de la quebrada Yanamayo mediante estudios geológicos, geomorfológicos, geotécnicos e hidrológicos. Los autores identifican materiales susceptibles al movimiento (arenas, limos, arcillas, diatomitas y gravas) y evalúan cómo la pendiente, las lluvias intensas, el flujo subterráneo y la intervención humana incrementan la probabilidad de deslizamientos. La metodología combina análisis de campo, procesamiento de información geoespacial y elaboración de mapas de peligrosidad y riesgo, clasificando el territorio en zonas de alta, media y baja susceptibilidad. Entre sus conclusiones, determinan que la quebrada presenta sectores críticos debido a la combinación de materiales sueltos, pendientes fuertes y

precipitaciones, factores que pueden generar deslizamientos recurrentes. Asimismo, se reconoce que actividades humanas como deforestación y construcciones aumentan la inestabilidad.

Este antecedente aportó directamente a la presente tesis ya que comparten características como la presencia de laderas empinadas, suelos poco competentes y la influencia de la actividad antrópica. El estudio de Yanamayo refuerza la validez de analizar precipitaciones, litología y geomorfología como factores claves en la generación del riesgo en Caramascara.

Antecedente 2: Pérez, J. D. (2023) en la tesis “Evaluación de los niveles de peligro y vulnerabilidad para determinar los niveles de riesgo geológico ante movimientos en masa en la quebrada Hatun Huayco, distrito de Saylla, provincia y departamento de Cusco” de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, analiza la inestabilidad de las laderas de la quebrada mediante un estudio detallado de sus características físicas y sociales. El autor desarrolló el trabajo en varias etapas: recopilación de información cartográfica, verificación en campo, análisis geológico–geomorfológico, evaluación de pendientes, identificación de factores desencadenantes (lluvias, alteración del drenaje, actividad humana) y procesamiento de datos en un entorno SIG. Para determinar la vulnerabilidad, consideró el estado de las viviendas, los materiales constructivos, la ocupación de los predios y la exposición de la población. Posteriormente integró ambas capas (peligro y vulnerabilidad) para obtener un mapa de riesgo clasificado en niveles alto, medio y bajo.

El estudio reveló que una gran parte de la quebrada presenta peligro alto y muy alto, debido principalmente a pendientes pronunciadas, suelos poco competentes y procesos antrópicos que alteran la estabilidad natural del terreno. Al combinar estos factores con la información de vulnerabilidad, se delimitaron áreas críticas que requieren intervenciones estructurales, control de aguas y medidas de ordenamiento territorial.

El aporte y relación de esta tesis es con la presente investigación es que se utilizó los lineamientos del Manual CENEPRED, la misma metodología que será utilizada para el presente estudio. Asimismo, los ámbitos de estudio comparten factores determinantes como la pendiente, la litología, los cortes ocasionados por los pobladores y la influencia de la precipitación pluvial. Al igual que en Hatun Huayco, en Caramascara existen zonas con rellenos y pendientes fuertes.

3.1.4. Antecedentes locales

Antecedente 1: Villa, R. & Vásquez, W. (2016) en la tesis de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco titulada “Evaluación del riesgo originado por movimientos en masa, quebrada Thuniyoc, distritos de San Sebastián y San Jerónimo, Cusco”, donde tienen a zona de estudio emplazada sobre rocas sedimentarias del Grupo San Jerónimo Formación Kayra, en la parte baja identificaron suelos cuaternarios como aluviales y coluviales y muestran que los niveles de peligrosidad por movimientos en masa son un 34.77% nivel alto y 5.22% nivel muy alto.

Esta investigación aportó a la presente tesis, ya que factores como la litología y geología estructural de la quebrada Thuniyo se asemejan al sector Caramascara dado que corresponden a la misma unidad geológica y presentan los mismos fenómenos geodinámicos externos.

Antecedente 2: Carlotto, V, et al. (2011) en el boletín Geología del cuadrángulo de Cusco, hoja 28-s del INGEMMET, describen las unidades geológicas, geomorfologías e hidrogeológicas de toda la región a escala 1/50,000, este boletín incluye diversos mapas descargables de la página del INGEMMET dentro de los cuales se tiene el mapa 28S-IV el cual servirá de orientador en las labores de mapeo que se realicen en la zona.

Este boletín significó un aporte importante ya que los estudios realizados respecto a los peligros por deslizamiento, indicaron que el sector Caramascara presenta nivel alto. Además, hacen un análisis donde identifican tres tipos de deslizamientos: activos, lentos o rápidos, que

representan zonas de alto y muy alto peligro. En el valle del Cusco indican que los deslizamientos antiguos, que podrían reactivarse en el futuro cercano, son clasificados como de mediano peligro. Los deslizamientos potenciales, que muestran signos de activación futura debido a causas naturales o humanas, los consideran de bajo peligro, pero se convierten en de alto peligro si son intervenidos para expansión urbana.

Antecedente 3: Municipalidad Distrital de San Sebastián (2022) – En el Plan de Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres del distrito de San Sebastián al 2024, se tiene un consolidado de información de todo el distrito sobre la geología, geomorfología, geología estructural, cobertura del suelo, clima, temperaturas y precipitaciones. Además, este documento presenta un mapa de peligrosidad por movimientos en masa a escala 1/100000 donde se incluye al sector Caramascara.

Este instrumento de gestión aporta a la presente tesis, ya considera a los movimientos en masa como uno de los principales peligros que enfrenta el distrito, además, nos brinda información acerca de ciertos parámetros cartográficos e hidrometeorológicos a una escala regional que incluye el sector Caramascara y será de apoyo para la caracterización del peligro.

3.2. Marco conceptual

Para tener un panorama general de la presente investigación se debe conocer ciertos conceptos:

➤ Movimientos en masa

Según Cruden (1991), “Se denomina movimiento en masa al desplazamiento descendente de un conjunto de rocas, detritos o suelos a lo largo de una pendiente, producto de la acción de la gravedad”. En el mundo investigativo existen numerosas propuestas de clasificación de estos fenómenos, basadas principalmente en el tipo de material involucrado, los mecanismos de movimiento, el grado de deformación y el nivel de saturación. Entre las más reconocidas se encuentran las clasificaciones desarrolladas por Varnes (1958, 1978) y

Hutchinson (1968, 1978), ampliamente aceptadas en países de habla inglesa e hispana. Varnes (1958, 1978) establece como criterios fundamentales para la categorización el tipo de material y, en segundo término, el mecanismo de desplazamiento (ver tabla 5).

Tabla 5: Tipos de movimientos en masa.

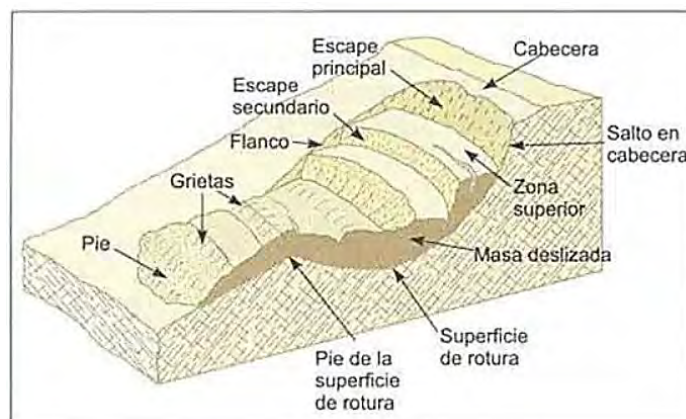
Tipo	Subtipo
Caídas	Caída de roca (detritos o suelo)
Volcamiento	Volcamiento de roca (bloque) Volcamiento flexural de roca o del macizo rocoso
Deslizamiento de roca o suelo	Deslizamiento traslacional, deslizamiento en cuña Deslizamiento rotacional
Propagación lateral	Propagación lateral lenta Propagación lateral por licuación (rápida)
Flujo	Flujo de detritos Crecida de detritos Flujo de lodo Flujo de tierra Flujo de turba Avalancha de detritos Avalancha de rocas Deslizamientos por flujo o deslizamiento por licuación (de arena, limo, detritos, roca fracturada)
Reptación	Reptación de suelos Solifluxión, gelifluxión (en permafrost)

Fuente: *Región Andina: Guía para la Evaluación de Amenazas (2007).*

➤ **Deslizamiento**

Los deslizamientos corresponden al desplazamiento descendente de una masa variable de suelo o roca a lo largo de una superficie de ruptura o un plano, en la cual se concentra una elevada deformación cortante (Varnes, 1978).

Figura 3: Elementos de un deslizamiento.

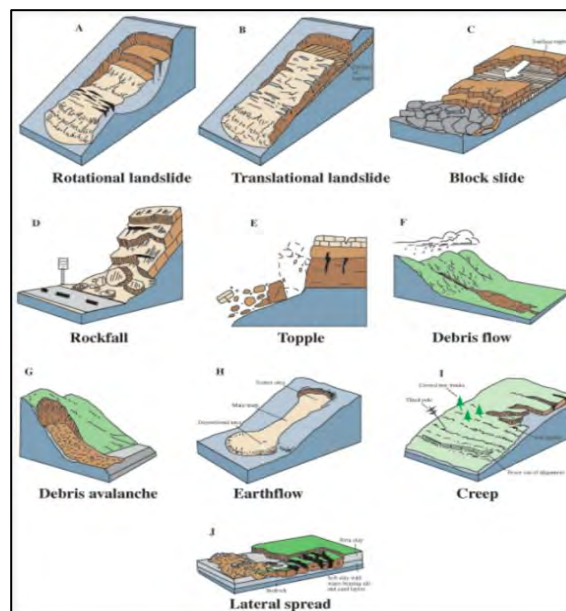


Fuente: Extraído de <https://ingenieriareal.com/talud-clasificacion-diseno/>

La clasificación más utilizada es la de propuesta por Varnes (1978) y de acuerdo a esta, estos movimientos se dividen según la forma de la superficie de falla pudiendo ser traslacionales o rotacionales (ver figura 4). Los primeros pueden ser planares o en cuña, dependiendo de la geometría del plano de desplazamiento.

Sin embargo, en muchos casos las superficies de ruptura presentan configuraciones más complejas, que puede abarcar tramos curvos y planos, a las cuales se les denomina deslizamientos compuestos (Hutchinson, 1988).

Figura 4: Principales tipos de deslizamientos.



Fuente: Extraído de <https://espanol.libretexts.org/>

➤ **Deslizamiento traslacional**

En este tipo de movimiento, la masa del suelo o roca se desliza sobre una superficie plana o ligeramente ondulada. Generalmente, los deslizamientos traslacionales son poco profundos en comparación con los rotacionales, y se producen con frecuencia sobre discontinuidades estructurales tales como fallas, diaclasas o planos de estratificación, así como en los límites entre el sustrato rocoso y los suelos residuales o transportados (Cruden & Varnes, 1996).

En macizos rocosos, este fenómeno ocurre cuando una discontinuidad geológica tiene una orientación paralela al talud y una inclinación superior al ángulo de fricción (Hoek & Bray, 1981). Cuando el deslizamiento ocurre sobre un único plano, se conoce como deslizamiento planar; mientras que, si el movimiento se desarrolla por la intersección de dos planos de debilidad, se denomina deslizamiento en cuña, caracterizado por el desplazamiento del material a lo largo de la línea de intersección o del plano de mayor inclinación (Hoek & Bray, 1981).

➤ **Deslizamiento rotacional**

La característica principal de este tipo es la superficie curva y cóncava sobre la cual se desplaza la masa. Su morfología típica incluye un escarpe principal bien definido seguido de un contrapendiente en la parte superior del deslizamiento.

La deformación interna suele ser limitada, y al tratarse de un mecanismo autoestabilizante que se presenta en materiales poco competentes, la velocidad del movimiento generalmente es baja, salvo cuando existen materiales muy sensibles como arcillas altamente plásticas (Geociencias para las Comunidades Andinas, 2007).

Por otro lado, algunos deslizamientos presentan superficies de falla que combinan rasgos curvos y planos. Este tipo, conocido como deslizamiento compuesto (Hutchinson, 1988), como se mencionó anteriormente estos deslizamientos se caracterizan por la interacción de diferentes planos de debilidad, plegamientos o superficies de ruptura a lo largo de la geometría del deslizamiento. En estos casos, el desplazamiento del material requiere una cizalla interna significativa dentro del cuerpo del deslizamiento.

➤ **Estratigrafía**

La estratigrafía constituye una de las ramas fundamentales de la geología, encargándose del análisis, descripción y correlación de cuerpos rocosos estratificados. Su propósito es reconstruir la distribución espacial y temporal de las unidades litoestratigráficas y, con ello, los

eventos que han ocurrido a lo largo de la historia geológica del planeta (Introducción a la Estratigrafía, 2017).

➤ **Geología estructural**

La geología estructural estudia las deformaciones que afectan a la litosfera, incluyendo fallas, pliegues y otras estructuras originadas por variaciones en el esfuerzo tectónico. Estas estructuras pueden presentarse desde escalas microscópicas hasta regionales, y su análisis permite comprender los procesos que generaron dicha deformación (Fossen, 2016).

➤ **Estructuras geológicas secundarias**

Pliegue:

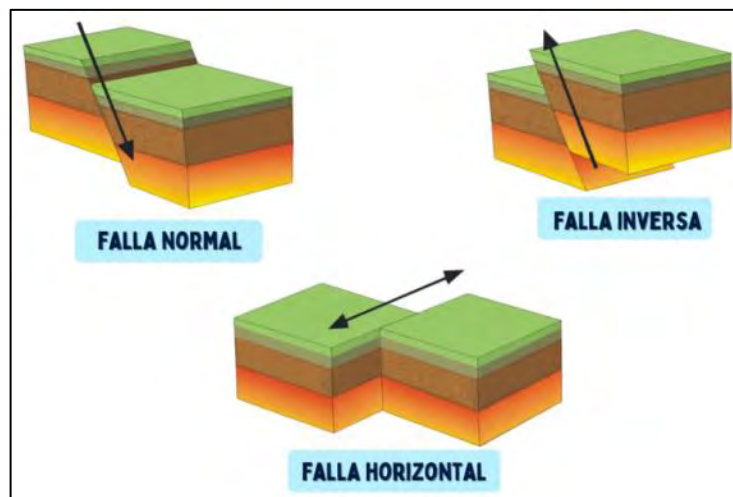
Los pliegues se desarrollan cuando una superficie originalmente plana sufre curvamiento debido a deformación dúctil no homogénea. Este proceso modifica la geometría de los estratos o de cualquier rasgo planar previo, siendo la estratificación el indicador más común para reconocerlos (Arellano Gil et al., 2002).

Falla:

Una falla corresponde a una superficie o zona angosta donde ocurre desplazamiento apreciable por cizallamiento (ver figura 5). Aunque este concepto puede relacionarse con el de fractura por cizalla, el término “falla” se emplea generalmente para desplazamientos de mayor magnitud.

Cuando el movimiento ocurre sobre un único plano, se denomina deslizamiento planar; mientras que el deslizamiento en cuña se produce cuando dos discontinuidades se intersectan, generando un plano de movimiento definido por su línea de intersección o por el buzamiento de uno de los planos (Fossen, 2016; Hoek & Bray, 1981).

Figura 5: Tipos de falla.



Fuente: Extraído de <https://www.cidhma.edu.pe/clases-de-fallas-geologicas/>

➤ **Precipitación pluvial**

Comprende cualquier forma de agua que cae desde las nubes a la superficie terrestre y dependiendo de la forma o cantidad puede clasificarse en lluvia, garúa, granizo o nieve (Villón Béjar, 2002). También puede definirse como toda agua, previamente evaporada, que desde la atmosfera llega al suelo en forma líquida o sólida, así como fenómenos ocultos como el rocío o la escarcha, generados por variaciones de temperatura o presión (Musy, 2001).

➤ **Clasificación del macizo rocoso**

El sistema Rock Mass Rating, actualizado por Bieniawski en 1989, evalúa la calidad del macizo rocoso mediante seis parámetros principales: resistencia, grado de fracturación, nivel de meteorización, características de discontinuidades e influencia del agua.

Esta clasificación puntúa cada una de estas características y la suma de ellos puede ser hasta 100 puntos; acorde a la puntuación se define a la roca desde muy mala a excelente.

➤ **Factor de seguridad**

Este parámetro expresa cuánto debe reducirse la resistencia cortante del suelo para que un volumen inestable alcance el equilibrio límite a lo largo de una posible superficie de falla (Valiente et al., 2015). Para hallar este valor actualmente se emplean diversos softwares donde se introducen parámetros específicos de la masa de suelo o roca (peso específico, ángulo de fricción y cohesión).

➤ **Hidrología**

La hidrología es una de las ramas más extensas que estudia todo lo referente a distribución, transporte, formación, dinámica y procesos del agua en el ambiente natural, abarcando la hidrósfera y sus transformaciones (Giai, 2008).

➤ **Factores condicionantes**

Varnes (1984) indica que las propiedades naturales del terreno, como su composición y forma, funcionan como condiciones que hacen más probable la aparición de movimientos en masa, aun antes de que ocurra un evento desencadenante.

Otros autores como Highland y Bobrowsky (2008) explican que ciertos rasgos del paisaje y de la geología local, presentes desde antes del evento, influyen directamente en que una zona sea más propensa a sufrir inestabilidad o deslizamientos.

En el caso de un deslizamiento, las características físicas y resistentes de los materiales, la litología, la geometría de la ladera, la estructura geológica, las discontinuidades y las condiciones hidrogeológicas determinan la predisposición a la inestabilidad y en consecuencia la ocurrencia de un deslizamiento (Vallejo et al., 2002).

➤ **Factores desencadenantes**

Estos se definen como los eventos o acciones ya sean de origen natural o antrópico que dan inicio al fenómeno peligroso. En el caso de deslizamientos, este factor actúa sobre las condiciones preexistentes del terreno y provoca que el sistema alcance el punto de falla.

Entre los más relevantes se encuentran las precipitaciones intensas, variaciones en la saturación del terreno (precipitaciones extremas), cambios geométricos en la ladera, erosión y actividad sísmica. Muchas de estas alteraciones pueden derivar de la intervención humana, principalmente por cortes o laderas (Vallejo et al., 2002).

➤ **Parámetro general de evaluación**

Fell et al. (2008) explican que, en la evaluación de peligros, se emplean ciertos parámetros que representan rasgos propios del fenómeno. Estos pueden describirse o medirse y sirven para interpretar cómo se comporta el evento y para estimar el nivel de amenaza que puede generar.

En el caso de un deslizamiento la característica general que se puede describir a través de su geometría es la cantidad de volumen inestable propensa a deslizarse. Una vez conocido este parámetro se puede construir un mapa o modelar el fenómeno y así analizar o determinar su incidencia e impacto en una zona determinada.

➤ **Peligro**

Wisner et al. (2004) plantean que el peligro es un evento potencialmente dañino que posee características propias, como frecuencia, intensidad o extensión, que determinan su capacidad para causar impactos adversos sobre una comunidad o territorio.

En los estudios de riesgo, el análisis del peligro a través de los factores tanto condicionantes como desencadenantes, constituye el primer paso para determinar el nivel de exposición y vulnerabilidad del área en evaluación (Woldarsky, 2015). Otros autores como Cardona (2003), definen el peligro como la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno potencialmente devastador pudiese ocurrir en un lugar y tiempo determinados. Teniendo estas dos ideas podemos entender al peligro con una visión tradicional al introducir el carácter probabilístico y territorial del fenómeno.

➤ **Identificación de peligros**

La identificación de peligros es un proceso técnico y sistemático que permite reconocer, caracterizar y monitorear las amenazas que podrían afectar a una población, infraestructura o territorio (CENEPRED, 2024). En la gestión de riesgos la identificación del peligro es fundamental para hacer un estudio, análisis y estimación del riesgo. La identificación del

fenómeno potencialmente peligroso generalmente se logra por la evaluación, análisis y comportamiento de las condiciones propias de la zona, es decir, son las características geológicas, geomorfológicas, topográficas, hidrometeorológicas, entre otras, las que definen la ocurrencia de un fenómeno en una zona determinada.

Para la identificación son fundamentales la recopilación de datos históricos, la inspección de campo insitu (mapeo o cartografiado), la interpretación de evidencias físicas y el uso de herramientas y procedimientos especializadas, tales como sistemas de información geográfica (SIG), instrumentos geológicos, estudio de suelos, análisis multitemporal (imágenes satelitales antiguas), sensores remotos, entre otros que se consideren necesarios. La correcta ejecución de todos estos procedimientos garantiza un diagnóstico confiable sobre la probabilidad de ocurrencia y el posible impacto de los fenómenos peligrosos.

Finalmente, otros autores como Lavell (1999) amplían este concepto señalando que la identificación de peligros debe incluir también el estudio de los factores sociales, ambientales y tecnológicos que contribuyen a la aparición de amenazas, ya que la ocurrencia de peligros no siempre son de carácter natural, sino que muchas veces es el hombre quien los induce. La perspectiva de este autor profundiza la comprensión de los peligros al vincularlos con procesos de expansión territorial, inequidad social y cambios ambientales.

➤ **Peligro inminente**

A diferencia del peligro, un peligro inminente se puede interpretar como un fenómeno natural o inducido por actividades humanas que presenta una alta o muy alta probabilidad de ocurrencia en el corto plazo y que puede generar impactos significativos sobre la población, la infraestructura y el ambiente. Este tipo de peligro implica una situación en la que las condiciones existentes favorecen la activación del evento, por lo que requiere vigilancia constante y acciones inmediatas para evitar daños mayores (CENEPRED, 2024).

➤ **Vulnerabilidad**

La vulnerabilidad se entiende como el conjunto de condiciones que incrementan la posibilidad de que una comunidad, sistema o estructura sufra daños frente a la acción de un fenómeno peligroso. Desde el enfoque social, Wisner et al. (2004) señalan que esta se origina en factores económicos, ambientales y sociales que limitan la capacidad de las personas para afrontar un evento adverso. De manera similar, Cardona (2001) describe la vulnerabilidad como el grado de susceptibilidad a pérdidas, determinado por debilidades físicas, institucionales y socioeconómicas que amplifican los efectos del peligro.

➤ **Proceso de análisis jerárquico**

El Proceso de Análisis Jerárquico (AHP) es una herramienta multicriterio que permite integrar distintos tipos de información, tanto cualitativa como cuantitativa, para priorizar alternativas o evaluar escenarios en la gestión del riesgo de desastres. Este método facilita la ponderación de variables como infraestructura expuesta, pérdidas potenciales, programas de capacitación, cumplimiento normativo y otras características relevantes del territorio. Su uso permite construir modelos de decisión más robustos y coherentes (CENEPRED, 2014). En gestión de riesgos este proceso es usado ampliamente para determinar la relevancia e importancia de los distintos parámetros evaluados; donde se asigna una puntuación mayor a los de mayor importancia en base a la escala definida por Saaty (1998).

➤ **Exposición**

La exposición se relaciona con la ubicación o aproximación de personas, infraestructuras y medios de vida al impacto de un peligro determinado dentro del área. Surge principalmente por decisiones inadecuadas de ocupación del territorio, como asentamientos no planificados, crecimiento urbano desordenado o actividades económicas en zonas inestables. Una mayor exposición implica un incremento automático en la vulnerabilidad del territorio y, por ende, del riesgo (CENEPRED, 2015).

➤ **Fragilidad**

La fragilidad alude a las condiciones intrínsecas de debilidad de una comunidad o infraestructura frente a un peligro. En las condiciones económicas suele vincularse principalmente con aspectos físicos, como edificaciones sin normas técnicas, materiales de baja calidad, o ausencia de mantenimiento, en el aspecto social con la edad o discapacidad de los habitantes y en el aspecto ambiental como en la disposición de residuos sólidos. Esta característica es de origen interno y aumenta la susceptibilidad de sufrir daños significativos ante la ocurrencia de un evento peligroso (CENEPRED, 2015).

➤ **Resiliencia**

La resiliencia se refiere a la capacidad que tienen las personas, comunidades o sistemas para recuperarse, adaptarse o reorganizarse después de un evento adverso. Incluye aspectos sociales, institucionales y de organización comunitaria que permiten disminuir el impacto del peligro. Una comunidad con alta resiliencia tiende a reducir su vulnerabilidad, ya que puede responder mejor ante los eventos y restablecer sus funciones con mayor rapidez (CENEPRED, 2015). En gestión de riesgos este aspecto generalmente se evalúa a través de la interacción de las personas con sus semejantes dentro de su comunidad, ello se refiere a la predisposición activa de los habitantes en actividades sociales.

➤ **Riesgo**

El riesgo corresponde al resultado de la interacción entre un peligro y la vulnerabilidad de los elementos expuestos. Esta relación permite anticipar las posibles afectaciones sociales, económicas o ambientales que podría ocasionar un fenómeno peligroso. Cualquier cambio en la magnitud del peligro o en los niveles de vulnerabilidad se refleja directamente en una variación del riesgo estimado (Carreño, 2005).

White (1974) ya señalaba que el riesgo de desastre no depende únicamente de la presencia de un peligro, sino también del grado de vulnerabilidad de los elementos expuestos a este, lo que dio lugar a la conocida expresión: $\text{Riesgo} = \text{Vulnerabilidad} \times \text{Amenaza}$.

Según instituciones como el CENEPRED (2024), el riesgo es la probabilidad de que los elementos vulnerables como personas, medios de vida, viviendas, infraestructura o patrimonio sufran daños debido a la exposición u ocurrencia de un peligro.

➤ **Estimación del riesgo**

La estimación del riesgo es un procedimiento en el cual se identifican los peligros existentes en un área específica, se analiza la vulnerabilidad, los elementos expuestos y se con ello se determina el nivel de riesgo asociado, generalmente este se clasifica en bajo, medio, alto y muy alto. En el Perú este procedimiento es utilizado como un instrumento de soporte para generar información técnica que permita orientar decisiones de planificación territorial, prevención y reducción del riesgo de desastres, estas decisiones se amparan en el marco normativo del SINAGERD (Ley N.º 29664).

➤ **Evaluación de riesgos**

La evaluación de riesgos corresponde a una fase técnica del análisis de riesgos en la que se cuantifican y califican los niveles de riesgo previamente identificados los peligros y evaluado las condiciones vulnerables. Este procedimiento permite establecer medidas de prevención, reducción y control del riesgo de desastres, orientando la toma de decisiones y la priorización de intervenciones territoriales (CENEPRED, 2020).

➤ **Exposición al riesgo**

La exposición al riesgo implica la identificación y análisis de los elementos que se encuentran ubicados dentro del área donde puede manifestarse un peligro. Incluye población, infraestructura pública, áreas agrícolas y otros elementos socioeconómicos. Una exposición elevada incrementa tanto la vulnerabilidad como el riesgo general, especialmente en contextos donde existen procesos de ocupación del territorio sin planificación (CENEPRED, 2020).

CAPÍTULO IV: GEOMORFOLOGÍA

4.1. Geomorfología regional

Carlotto et al. (2011) describió dos unidades geomorfológicas regionales dentro de las cuales se encuentra el sector Caramascara, estas son: la depresión de Cusco-Huacarpay y las serranías de Vilcaconga las cuales describe a continuación:

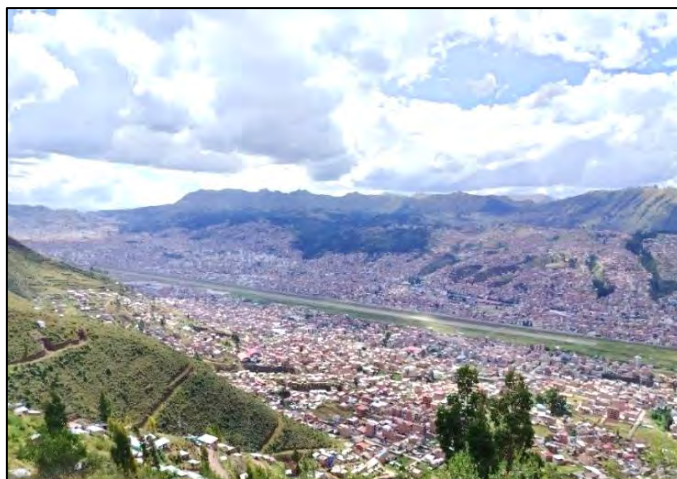
4.1.1. La depresión de Cusco-Huacarpay

Ubicada a una altitud de entre 3400 y 3150 m.s.n.m., esta unidad geomorfológica se extiende en dirección NO-SE desde las cercanías del complejo arqueológico de Sacsayhuamán hasta el volcán monogenético Rumicolca teniendo una extensión de 30 km, donde actualmente se encuentra el Valle del río Huatanay y la ciudad del Cusco como tal (ver figura 6).

Predominan depósitos de edad pliocuaternaria como aluviales, lacustres y fluviales, destacando en su base las terrazas fluviales; antiguamente sobre esta unidad geomorfológica yacía el lago Morkill el cual era alimentado por el río Huatanay.

Dentro de esta unidad y cercanas a la zona se tienen pequeñas geoformas como vertientes coluvio deluviales, vertientes aluvio torrenciales y plataformas fluviales (ver figura 6). El ámbito de estudio incluye una pequeña parte de esta geoforma y se hace presente en la parte más baja, donde se tienen depósitos recientes.

Figura 6: Ciudad del Cusco ubicada sobre la depresión de Cusco-Huacarpay



4.1.2. Las serranías de Vilcaconga

En dirección noroeste-sureste, esta cadena montañosa se extiende hasta las localidades de Acomayo y Quiquijana, e incluye elevaciones como el Cerro Acuyac (4,985 m.s.n.m.) y el Cerro Pichaquena (4,867 m.s.n.m.), situadas al sur de la depresión de Cusco.

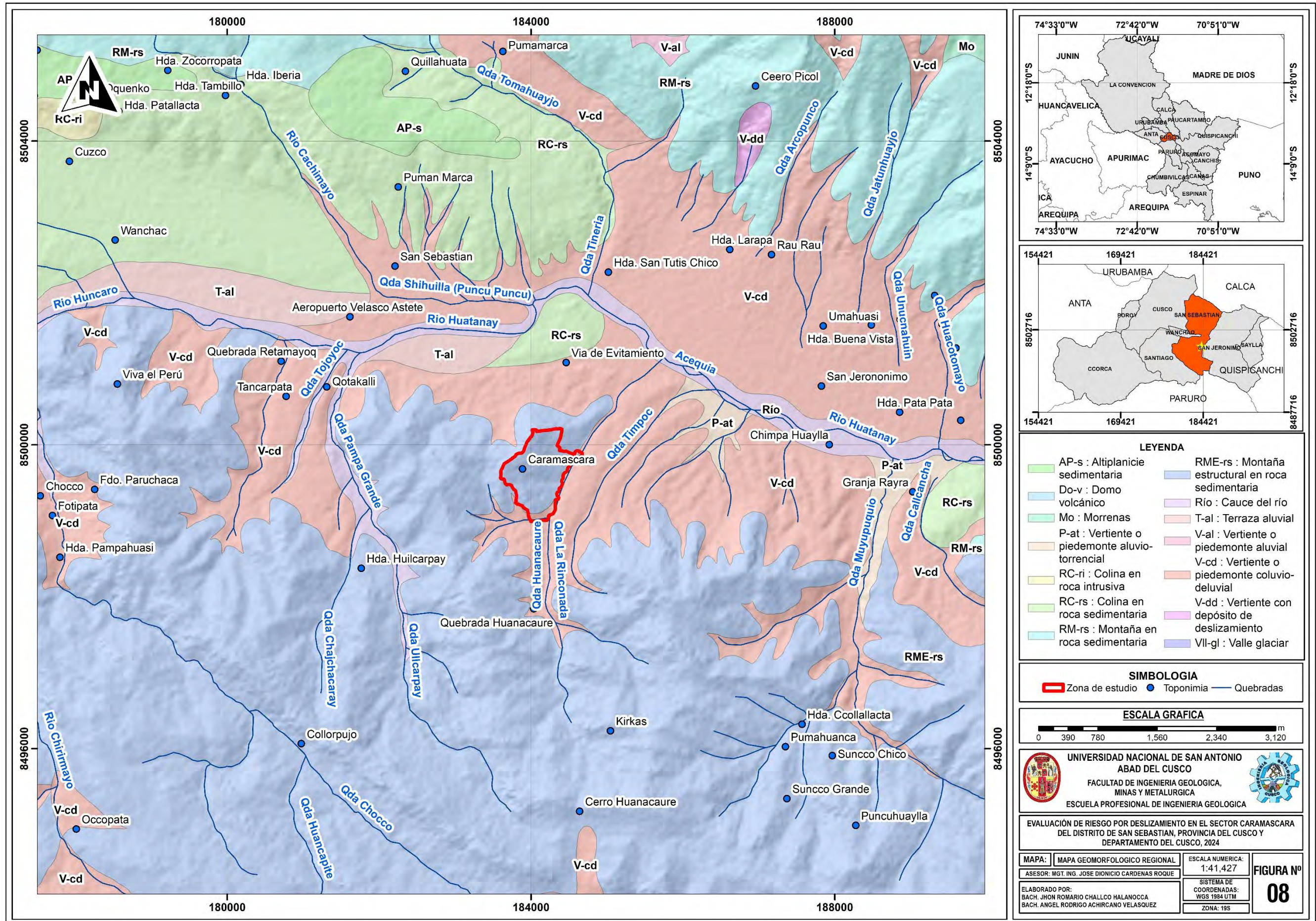
El origen de esta unidad geomorfológica se debe al plegamiento de las capas rojas de la Formación Punacancha y el Grupo San Jerónimo. El relieve de la región es variado, presentando un terreno accidentado en las zonas atravesadas por los ríos Vilcanota y Huatanay, así como por diversas quebradas transversales, mientras que en otras áreas la topografía es más ondulada. La pequeña depresión del río Racran y la depresión Paruro-Aurisque separan estas cadenas montañosas.

En la figura 5 observamos que la denominada Serranía de Vilcaconga se constituye de montañas en roca sedimentaria conformada por las formaciones antes mencionadas, mientras que en la figura 7 observamos el Cerro Huanacaure (4,089 m.s.n.m.), parte del sector Caramascara y un complejo de montañas ubicadas al sur del ámbito de estudio, los cuales pertenecen a esta unidad geomorfológica.

Figura 7: Cerro Huanacaure ubicadas al sur de la zona de estudio, montaña correspondiente a la Serranía del Vilcaconga.



Figura 8: Mapa geomorfológico regional del ámbito de estudio



Nota: Adaptado de GEOCATMIN

4.2. Geomorfología local

4.2.1. Unidades geomorfológicas locales

Este apartado es uno de los parámetros a considerar como factores condicionantes en la determinación del nivel de peligro, para lo cual se tienen los siguientes descriptores:

4.2.1.1. Escarpe

Se identifican de forma natural en laderas de quebradas, afloramientos rocosos y de manera antrópica en cortes de laderas realizadas por el hombre con fines de edificación o accesibilidad (ver figura 9), se caracterizan por tener una pendiente superior a 35° y corresponden a las áreas más susceptibles a deslizamientos. Estas geoformas pueden estar compuestas por suelos o macizo rocoso. En el ámbito de estudio ocupan un área de 2.27 ha lo cual corresponde al 3.25% del ámbito de estudio.

Figura 9: (a) Escarpes naturales formados por la erosión de precipitaciones pluviales, (b) Escarpes formados por acción humana para la construcción de viviendas.



4.2.1.2. Cauce de río

Esta geoforma se ubica principal en la zona baja del ámbito de estudio, precisamente en el margen izquierdo del río Huanacaure (ver figura 10) esta se compone de gravas, arenas y limos, materiales típicos de un cauce natural de río. En la ocurrencia de precipitaciones intensas el río Huanacaure aumenta su caudal lo que naturalmente erosiona las márgenes del río y a largo plazo forma escarpes naturales los cuales son geoformas inestables y susceptibles a

deslizamientos. Esta unidad geomorfológica ocupa 1.13 ha lo cual corresponde al 1.62% de la extensión del ámbito de estudio.

Figura 10: *Cauce de río Huanacaure ubicado en la parte baja del ámbito de estudio.*



4.2.1.3. Cárcava

Son geoformas tipo surcos formadas por erosión hídrica originadas por las precipitaciones pluviales, sus laterales presentan pendientes empinadas a escarpadas (ver figura 11). En el ámbito de estudio estas geoformas presentan una dirección NO – SE, se originan principalmente en suelos de composición gravosa, arenosa y limo arcilloso por su alta susceptibilidad a la erosión lo que a su vez favorece la ocurrencia de deslizamientos. Estas geoformas ocupan 2.80 ha lo cual representa el 4.0% del área total.

Figura 11: *Cárcava natural rellena para la habilitación de carretera.*



4.2.1.4. Plataforma de relleno

Son superficies de pendiente muy baja, se componen de una mezcla de suelos transportados por el hombre desde otras zonas, desmonte y en ocasiones residuos sólidos.

Estos rellenos se dan principalmente en quebradas, cárcavas y escarpes; y son apilados de tal forma que se crea una superficie llana para la habilitación de carreteras o construcción de viviendas (ver figura 12).

Son muy inestables si no son compactados adecuadamente y representan una alta peligrosidad y susceptibilidad a fenómenos de movimientos en masa y erosión. En la zona de estudio estas plataformas ocupan 1.22 ha lo cual representa un 1.75% del total.

Figura 12: Plataforma de relleno con fines de lotización y ampliación de la carretera.

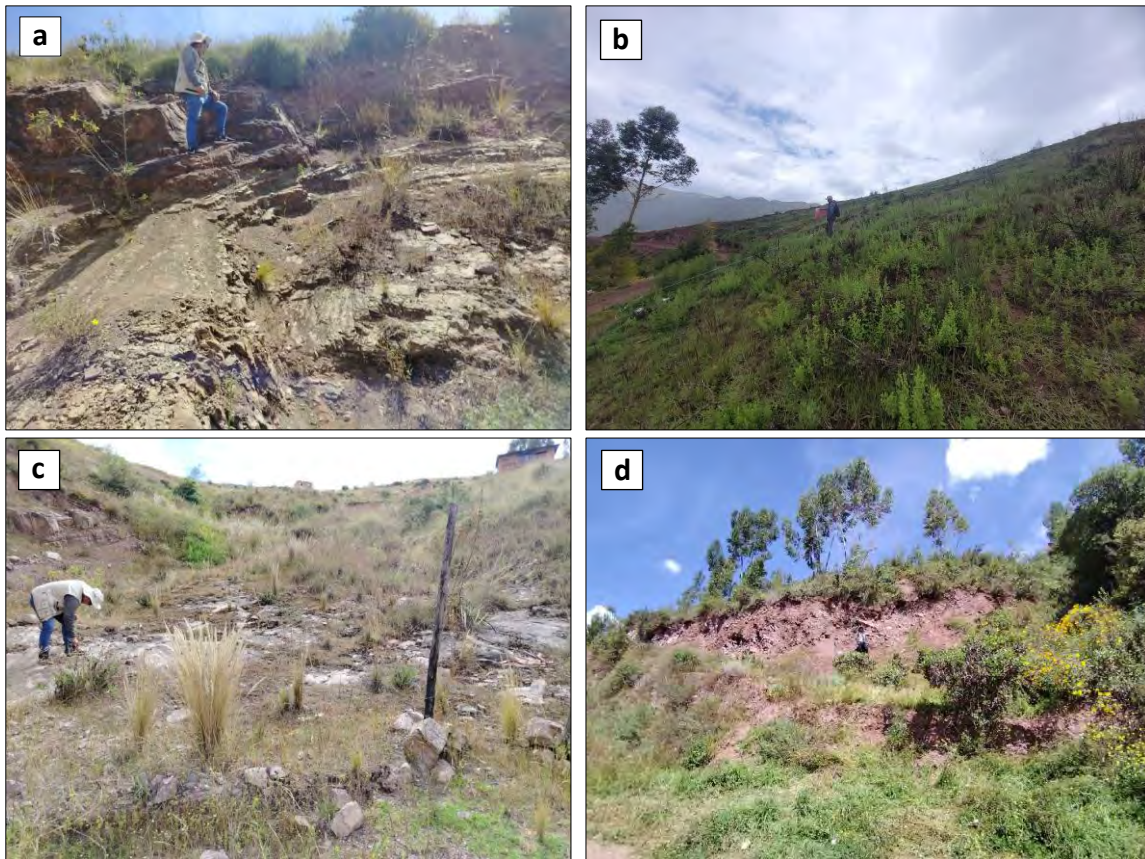


4.2.1.5. Ladera de montaña

Son geoformas con inclinaciones que varían entre los 8° hasta los 35° (ver figura 13), en la zona de estudio está compuesta principalmente por macizo rocoso de capas alternas de areniscas y lutitas; en algunas zonas en suelos donde a pesar de su pendiente pronunciada, están cubiertas por densa vegetación. Debido a su inclinación y composición estructural, estas laderas presentan riesgos de erosión y deslizamientos, especialmente en condiciones húmedas ocasionadas por lluvias intensas.

La mayoría de viviendas del ámbito de estudio se encuentran sobre estas áreas. Cuando estas áreas son excavadas se crea una superficie de mayor pendiente, por lo tanto, la susceptibilidad a deslizamientos aumenta si no se sigue un proceso constructivo adecuado. Esta geoforma ocupa el 84.19% del ámbito de estudio, es decir 58.8 ha.

Figura 13: (a) Ladera fuertemente empinada en macizo rocoso en las cercanías a la APV. Virgen Asunta, (b) Ladera moderadamente empinada en la parte alta del ámbito de estudio, (c) Ladera ligeramente empinada en macizo rocoso poco fracturado. (d) Ladera de montaña fuertemente empinada con algunos depósitos recientes.



4.2.1.6. Cono aluvial

Son geoformas semi consolidadas de relieve algo accidentado y pendientes ligeramente inclinadas originados por el arrastre de suelos en períodos lluviosos, en esta unidad se encuentran asentadas algunas viviendas (ver figura 14). Estos depósitos se componen por fragmentos y bloques de rocas semiangulosas de la Formación Kayra en una matriz arcillosa

que no sufrieron mucho transporte, en el ámbito de estudio se ubicaron 3 de estas geoformas las cuales ocupan 2.20 ha lo cual representa un 3.15% del total.

Figura 14: APV Villa Quebrada asentada sobre un cono aluvial



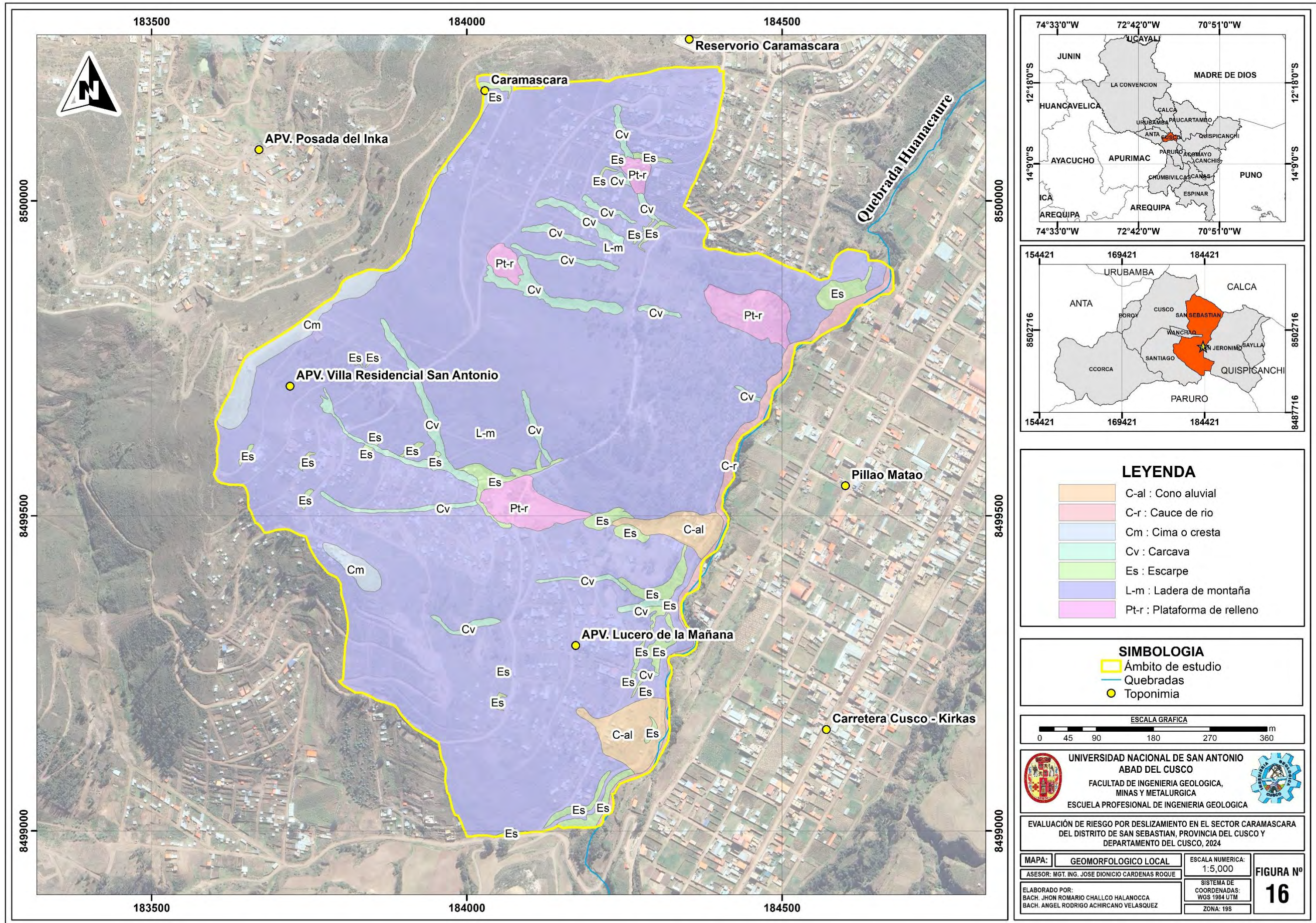
4.2.1.7. Cima o cresta

Esta geoforma local se encuentra en la parte superior del ámbito de estudio (figura 15) y corresponde a la zona más elevada del Sector Caramascara, posee una pendiente llana y firmada por depósitos eluviales de matriz fina, en esta área se ubican algunas infraestructuras como antenas de telefonía móvil, internet además de algunas viviendas y trochas carrozables. Esta unidad geomorfológica ocupa 1.42 ha lo que representa un 2.03% del ámbito de estudio.

Figura 15: Cima del cerro Caramascara



Figura 16: Mapa geomorfológico local



Nota. Imagen satelital adaptada de Google Earth

4.2.2. Pendientes

El sector Caramascara al estar ubicado en las unidades geomorfológicas regionales antes mencionadas, presenta pendientes elevadas en su mayoría ubicadas en laderas de roca sedimentaria, estas pendientes se reducen tanto en la parte baja y en la parte alta, así como en las zonas de relleno, carreteras y cortes de laderas realizadas por el hombre en gran parte para la construcción de viviendas e infraestructuras.

Para distinguir estas pendientes, se tomaron cinco rangos diferentes que van desde las zonas más llanas, hasta las pendientes más accidentadas (ver figura 17).

A continuación, se muestra la tabla con el rango de pendientes tomadas:

Tabla 6: Rango de pendientes identificadas en la zona de estudio

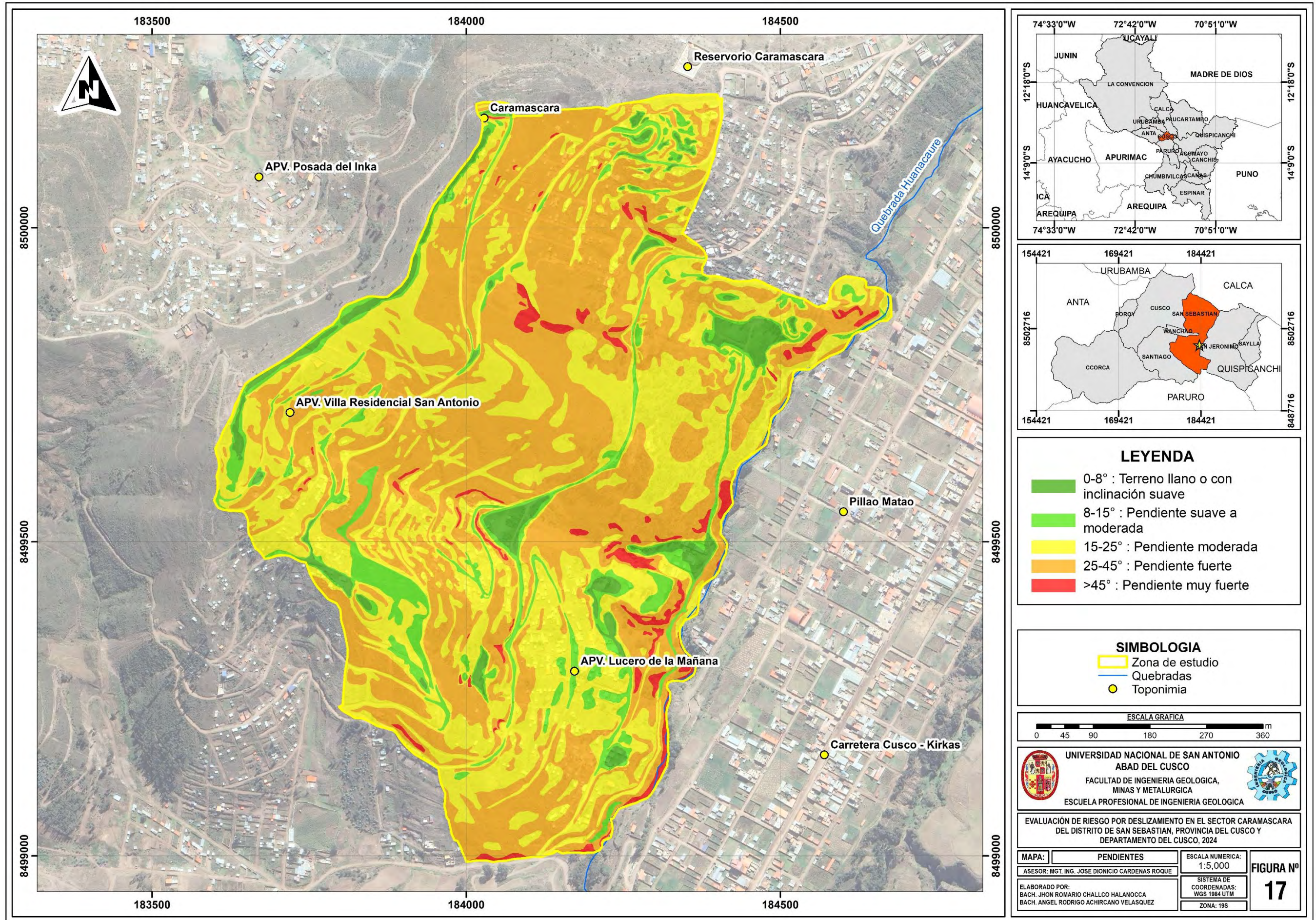
Nº	Descripción	Rango
1	Terreno llano o con inclinación suave	0° - 8°
2	Pendiente suave a moderada	8° - 15°
3	Pendiente moderada	15° - 25°
4	Pendiente fuerte	25° - 45°
5	Pendiente muy fuerte	>45°

Nota: Adaptado y modificado de INGEMMET (2008)

La pendiente es uno de los factores condicionantes más importantes para evaluar la susceptibilidad a deslizamientos porque influye directamente en el equilibrio entre fuerzas resistentes y fuerzas desestabilizadoras del suelo o la roca. A mayor pendiente, mayor es la componente de la fuerza de gravedad que actúa hacia abajo a lo largo de la ladera lo que incrementa la probabilidad de que los materiales del talud se desplacen cuesta abajo.

Si la pendiente es mayor que el ángulo de fricción interna o que la cohesión efectiva del material, la masa del talud pierde estabilidad. En pendientes suaves, los suelos y rocas suelen resistir mejor la gravedad.

Figura 17: Mapa de pendientes del ámbito de estudio



Nota. Imagen satelital adaptada de Google Earth

4.3. Cobertura vegetal

Este apartado corresponde al factor condicionante menos importante para el cálculo de los niveles de peligro, y se describen los siguientes tipos:

4.3.1. Zonas con impacto provocado

Se refiere a las áreas que el ser humano ocupa con infraestructuras como viviendas u otras como salones comunales (ver figura 18), este tipo de cobertura ocupa un área de 3.77 ha, lo que equivale al 5.39 % de la superficie total del área de estudio.

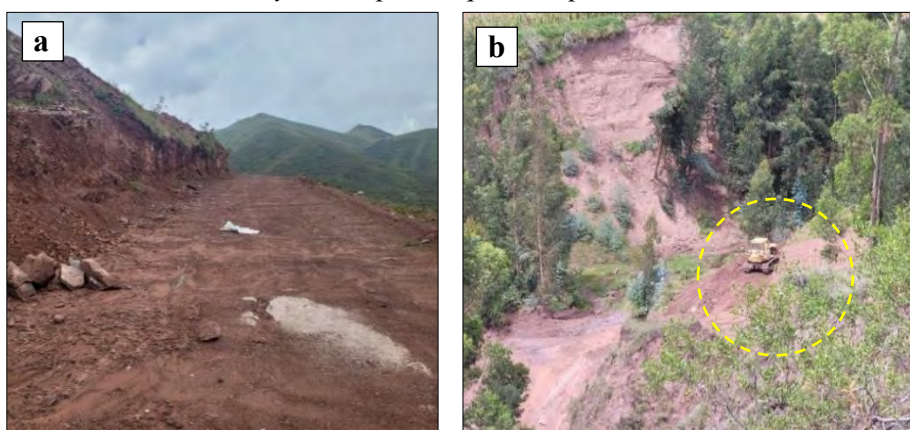
Figura 18: Viviendas precarias y de tamaño menor en la ADV. Los Girasoles.



4.3.2. Zonas desérticas o desprovistas de vegetación

Esta unidad se refiere a superficies que carecen de cualquier tipo de cobertura, en esta clasificación se consideran principalmente a las vías (ver figura 19). Esta unidad tiene una extensión de 10.83 ha, lo que equivale al 15.50% del total del área del área de influencia.

Figura 19: (a) Zona desprovista de vegetación para el acceso vehicular, (b) Remoción de vegetación y suelos por maquinaria pesada



4.3.3. Zonas con poca vegetación, pastizales.

Según FAO (2024) los pastizales se entienden como áreas donde predominan plantas de tipo herbáceo. En la zona de influencia, se presenta en superficies casi planas y zonas inclinadas hasta empinadas. Se extienden por 27.15 ha, lo que equivale al 38.86 % del total del área de influencia

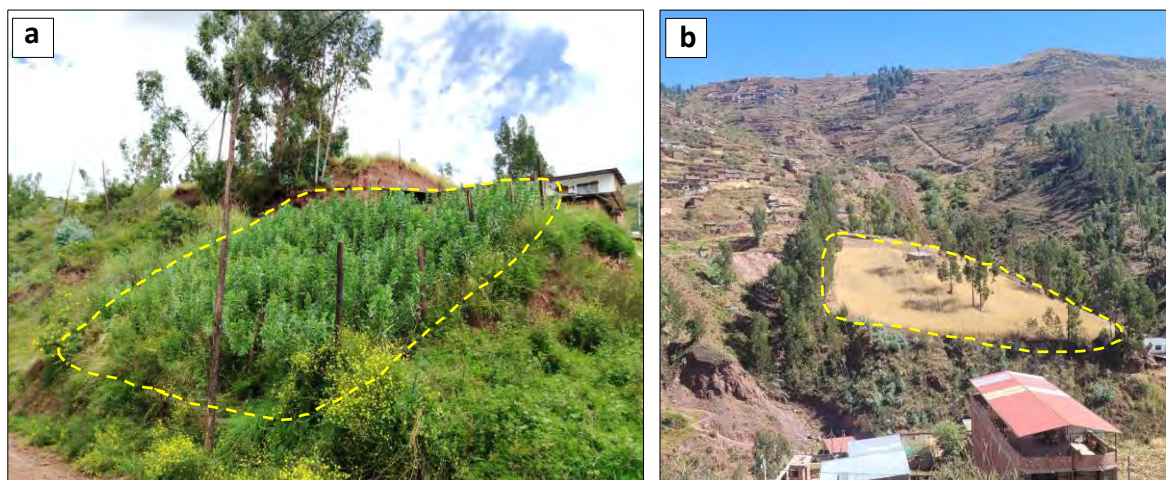
Figura 20: Pastizales naturales en la cima de la montaña



4.3.4. Zonas con vegetación de moderada intensidad, pastizales mosaizados

Se encuentra en zonas cercanas a pendientes pronunciadas a inclinadas, presentan una extensión de 18.05 ha, lo que equivale al 25.84% del total de la zona de influencia. Al igual que las unidades de bosque ralo, esta unidad suele estar vinculada a áreas con actividad antrópica ya sea agrícola o áreas de pastizales para ganado (figura 21).

Figura 21: Cultivos de habas, maíz y cebada por los pobladores de la zona



4.3.5. Bosques y matorrales

Según la FAO (2020), un bosque se caracteriza como un territorio cubierto principalmente por árboles que superan cierto tamaño y densidad, formando un dosel continuo. Además, estas zonas muestran funciones ecológicas claras, como regulación hídrica, captura de carbono y provisión de hábitats. En la zona de estudio son áreas con plantas de tamaño mayor generalmente eucaliptos de hasta 20 metros de altura y matorrales de hasta 3 metros, estas áreas en su mayoría se ubican en la ladera de la montaña, en la zona próxima al cauce del río Huanacaure, y en menor proporción en la parte superior del ámbito de estudio (figura 22). En la zona abarcan una superficie de 10.05 ha., lo que constituye el 14.38 % del total.

Figura 22: (a) *Habilitación de carretera en el bosque de eucaliptos, (b) aparición de eucaliptos y plantas mayores en ciertos puntos de la zona, (c) y (d) Vista panorámica de los bosques de eucalipto en la ladera de montaña del sector Caramascara.*

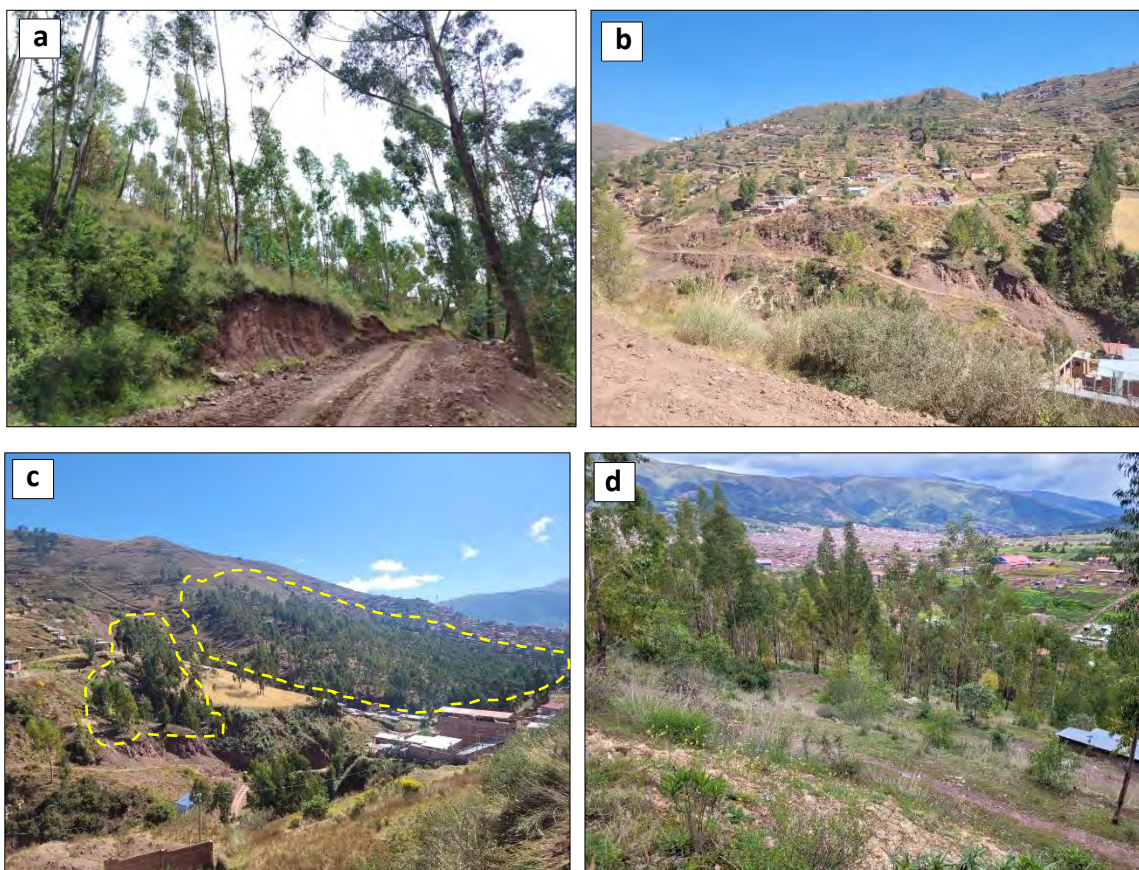
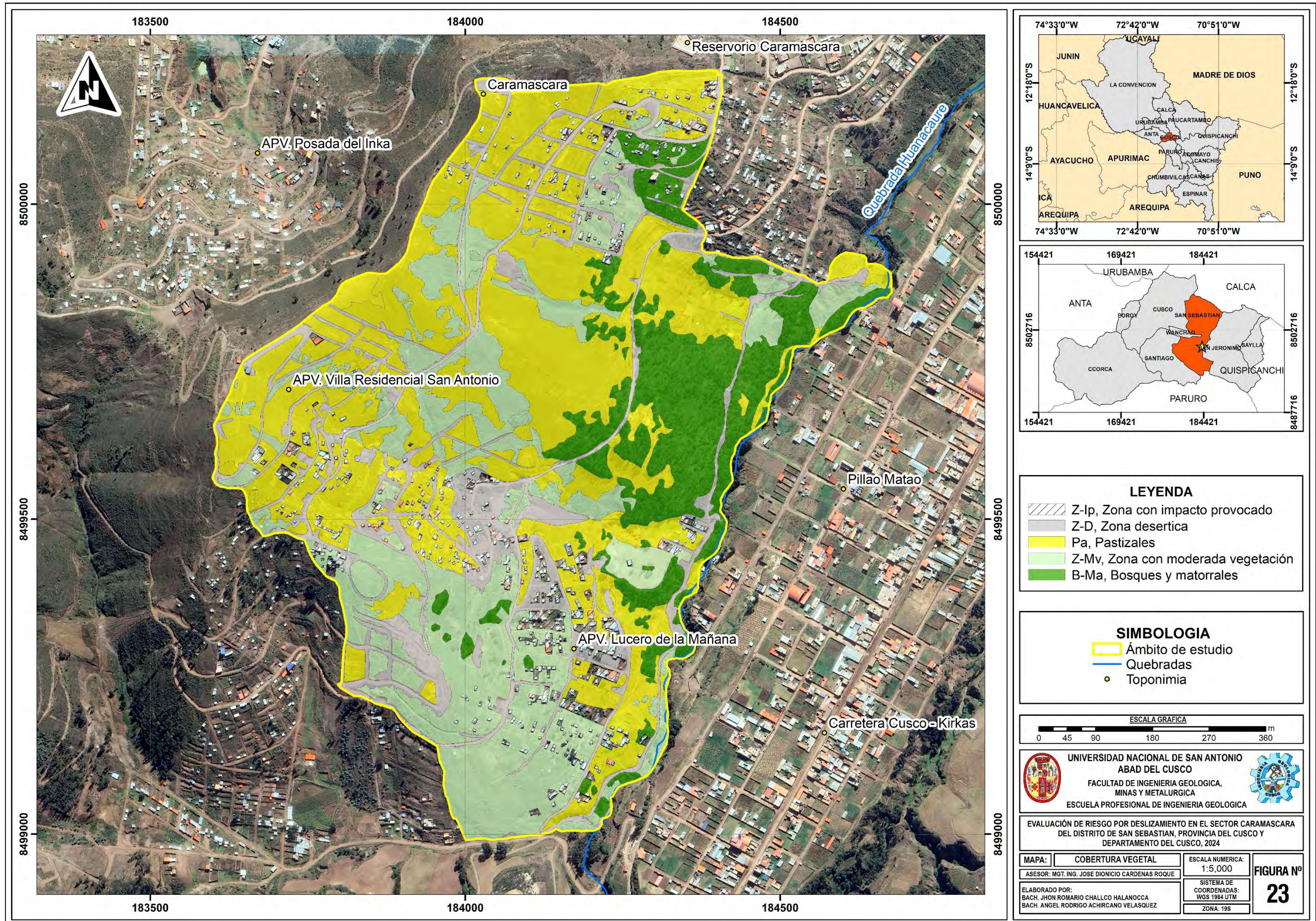


Figura 23: Mapa de cobertura vegetal del ámbito de estudio



Nota. Imagen satelital adaptada de Google Earth

CAPÍTULO V: GEOLOGÍA

5.1. Geología regional

En un contexto regional el ámbito de estudio abarca una pequeña parte de la Formación San Sebastián y en gran medida a la Formación Kayra, además se tienen depósitos cuaternarios en distintas partes del área, estas unidades son descritas por Carlotto et al. (2011).

5.1.1. Grupo San Jerónimo

5.1.1.1. Formación Kayra Peo-k – Eoceno Inferior

La Formación Kayra definida por Córdova (1986) es de gran relevancia e importancia ya que gran parte del ámbito de estudio trazado abarca esta unidad, según Carlotto et al. (2011) esta unidad tiene una potencia de 2000 a 3000 m., se compone principalmente de una intercalación de areniscas feldespáticas con lutitas rojas y en la parte superior de areniscas de grano grueso con microconglomerados con clastos volcánicos.

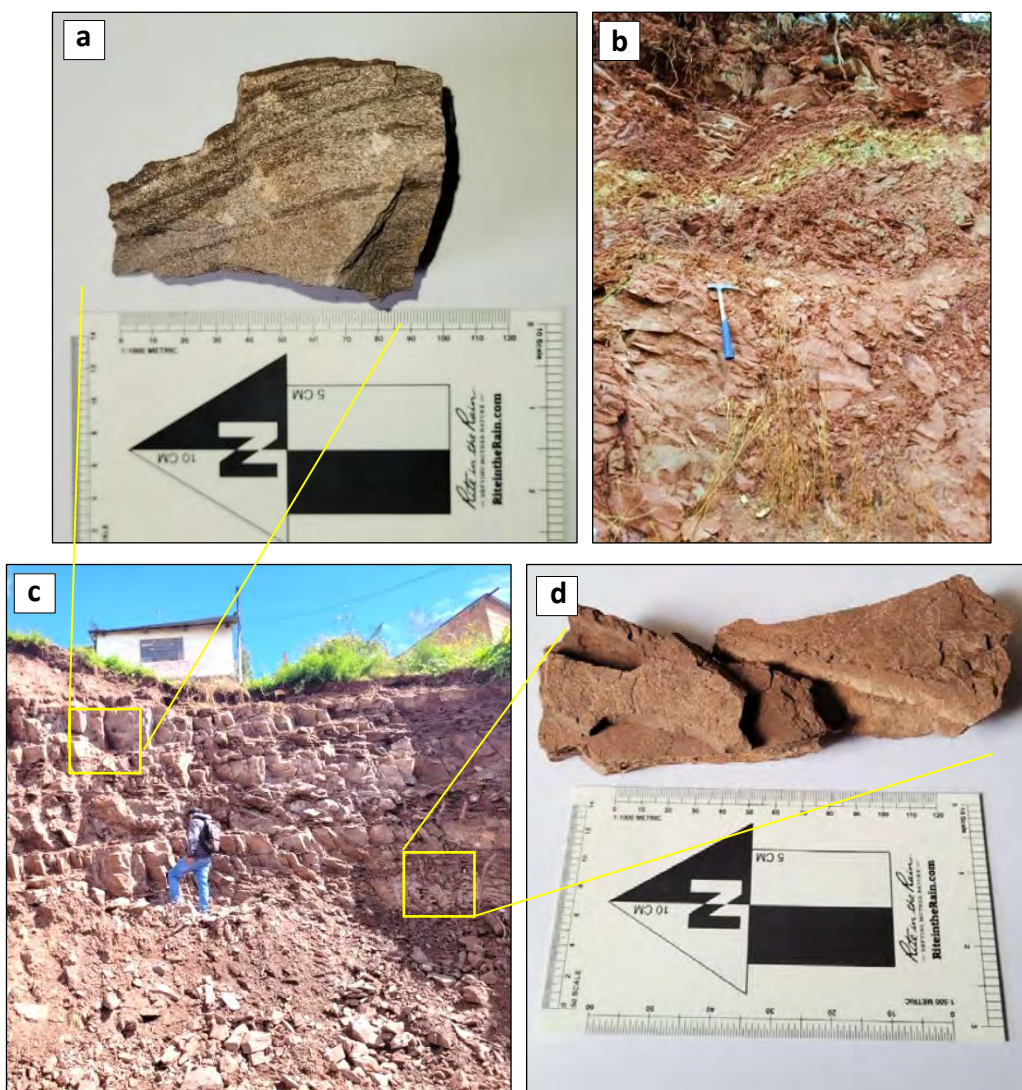
Cabe mencionar que el ámbito de estudio se ubica aproximadamente al centro de esta unidad, ello se puede comprobar observando la figura 27 y con las descripciones que hizo Carlotto et al. (2011) ya que, en la zona próxima al norte, sobre la APV Los Girasoles, se observaron areniscas de grano grueso muy intemperizadas que son las más antiguas, mientras que, en la zona sur, sobre la APV San Antonio, se observaron algunos conglomerados (figura 52) que son las más recientes de esta unidad.

Para la datación de esta unidad hubo estudios por diversos autores siendo las más antiguas el de Marocco (1978) y Córdova (1986) quienes le asignaron una edad cretácica superior – terciaria, años posteriores Carlotto et al. (1995a) y Carlotto (1998, 2002, 2006a) demostraron que esta unidad, que sobreyace a la Formación Chilca, posee una edad Paleoceno – Eoceno Inferior. Los estudios más recientes realizados por datación radiométrica mediante trazas de fisión FT en apatitos extraídos de la base de esta unidad permitieron datar una edad

de 52.6 ± 8.7 hasta 43 a 42 Ma, estos últimos permitieron a Carlotto et al. (2011) asignarle una edad Eocena Inferior.

En el ámbito de estudio esta unidad representa aproximadamente el 70% de la extensión, es habitual encontrarla como una intercalación de areniscas de grano medio con lutitas rojas, además en algunas zonas como la APV. Virgen Asunta se puede apreciar la existencia de lutitas verdes (figura 24b) y en otras potencias de hasta 10 metros de arenisca pura poco fracturada, estructuralmente tiene buzamiento hacia el sur con una dirección NE – SO.

Figura 24: Formación Kayra en la zona de estudio, (a) Muestra de arenisca feldespática de grano medio, (b) Intercalación de lutitas verdes, lutitas rojas y arenisca, (c) Intercalación de lutitas rojas y areniscas y (d) Muestra de lutita roja.



5.1.1.2. Formación Soncco (Peo-so) - Eoceno superior - Oligoceno inferior

Esta unidad fue definida por Córdova (1986), aunque el ámbito de estudio no abarca esta formación es importante mencionarla ya que pertenece al mismo grupo de la Formación Kayra y es la segunda unidad más cercana a la zona, su ubicación se aproxima a 2 km al sur en las proximidades al cerro Huanacaure (ver figura 25).

Al igual que la Formación Kayra posee una orientación NO-SE al sur de la ciudad del Cusco sobreyaciendo concordante o discordantemente progresiva a esta unidad.

Carlotto (1998) determina un miembro superior e inferior a esta unidad siendo la primera la de menor espesor (200-300 m) que la segunda (1000- 2000 m), además describe a la de menor potencia lutitas como una intercalación de lutitas rojas y areniscas de grano fino, mientras que a la de mayor potencia como estratos de areniscas y conglomerados.

Para datar la edad de esta unidad se analizaron las plagioclasas de tobas volcánicas ubicadas cerca del techo de la Formación Soncco donde según Carlotto et al. (1995a) los resultados dataron una edad K/Ar de 29.9 ± 1.4 Ma, posterior a ello Fornari et al. (2002) dató una edad Ar/Ar 30.84 ± 0.83 . En base a los estudios de datación antes mencionados Carlotto et al, (2011) asignó una edad Eoceno superior-Oligoceno inferior.

Figura 25: Formación Soncco vista desde el sector Caramascara



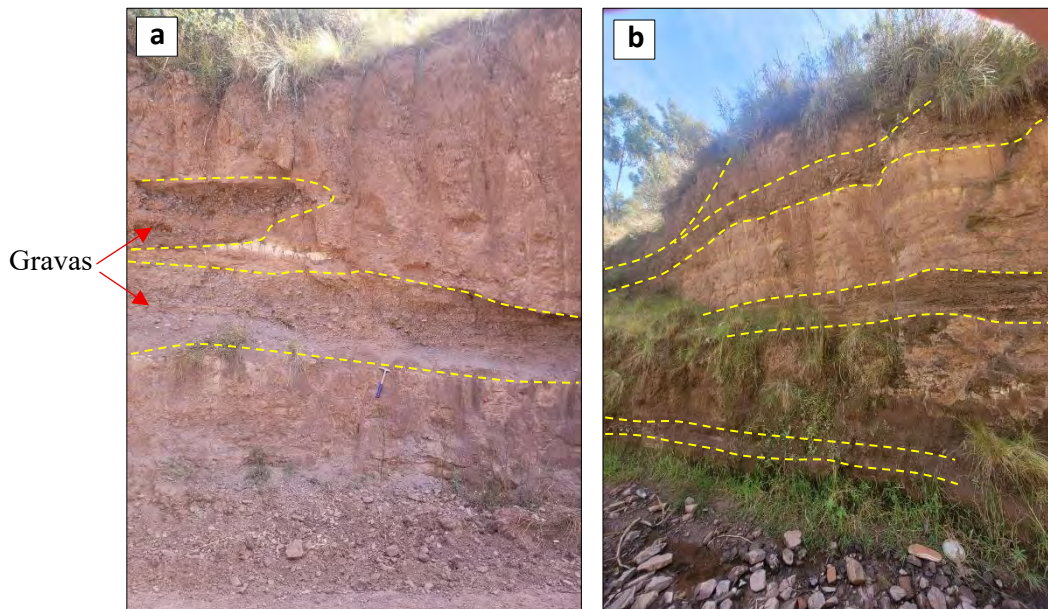
5.1.1. Formación San Sebastián (Qp-ss) – Pleistoceno

Esta unidad es la más reciente en la región del Cusco, la podemos observar en la margen derecha en sectores del sur de la ciudad como Tankarpata, Agua buena, Pillao Matao y en el sector del norte como en la parte baja de Altoqosqo.

Fue definida por primera vez por Gregory (1916) quien lo ubicó en la Depresión de Cusco, luego Cabrera (1988) diferencia a esta unidad en dos secuencias, la primera grano decreciente y la segunda grano creciente, esta unidad se observa en gran detalle en la microcuenca Pillao Matao y al S-E del ámbito de estudio (figura 26) donde abundan los niveles diatomíticos y calcáreos que según Cabrera (1988) corresponden a la parte superior de la primera secuencia.

Esta unidad al igual que los depósitos cuaternarios no posee una consolidación bien definida lo que lo hace susceptible a fenómenos erosivos, y al ser una unidad de edad reciente, la estratificación de esta se observa casi horizontal.

Figura 26: (a) y (b) Intercalación de arcillas limosas con gravas en una matriz arenosa.



5.1.2. Depósitos cuaternarios

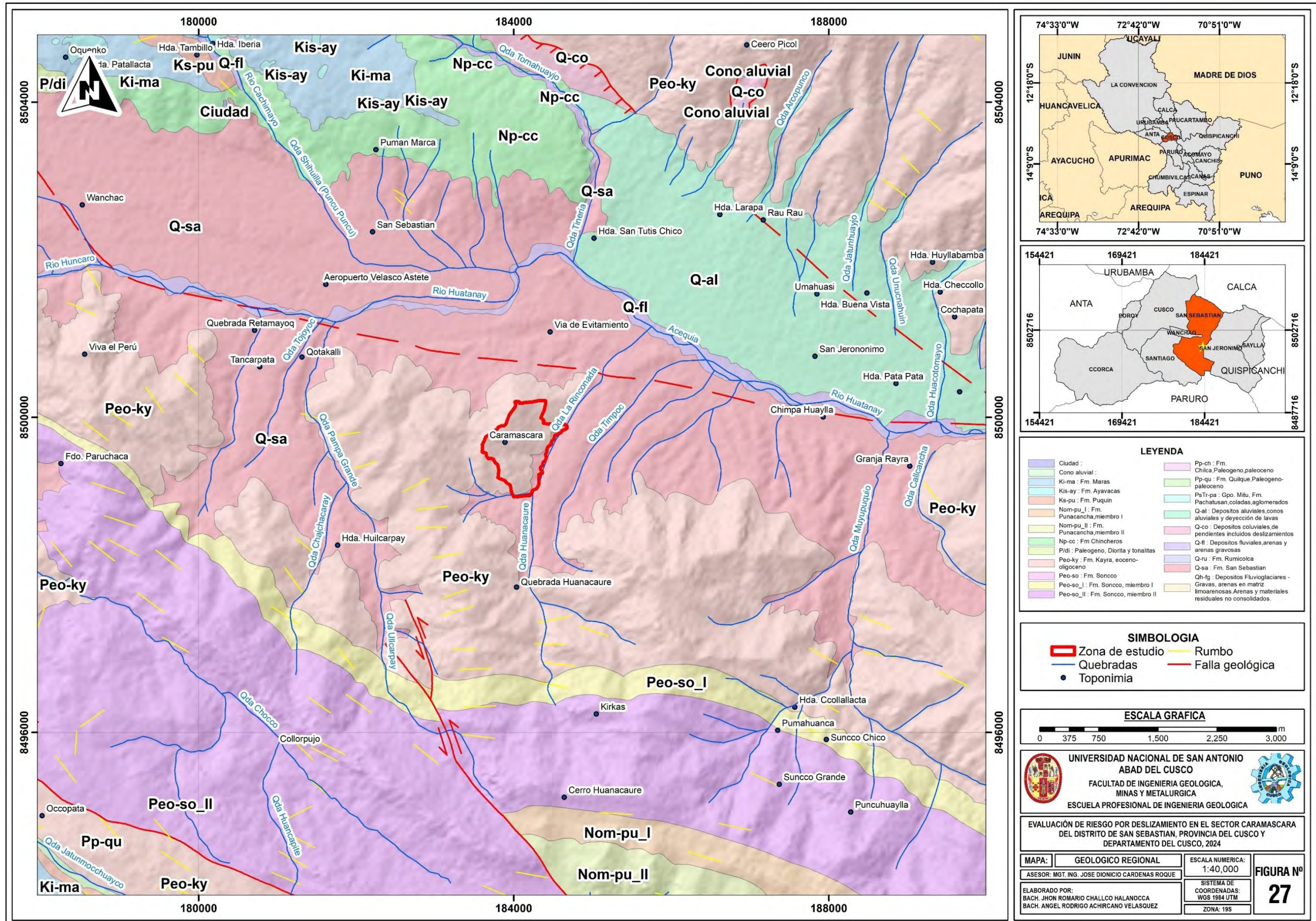
Estos corresponden a los depósitos más recientes, no poseen una consolidación firme y varían en su geoforma y composición según la naturaleza o lugar en que fueron formados, la razón de su formación es el agua que recorre ríos, quebradas, cauces o la infiltración, erosión, escorrentía de este elemento sobre las rocas.

Carlotto et al. (2011) describió algunos depósitos cuaternarios como depósitos aluviales que poseen una forma típica de “cono” además también consideró conos de deyección, además menciona que estos se componen de bloques de areniscas con una matriz areno-limosa; estos depósitos son típicos en las bases de las montañas donde se tiene la desembocadura de un cauce de quebrada, en el sector Caramascara se han observado diversos depósitos aluviales de pequeñas extensiones.

El autor antes citado también describe a los depósitos fluviales como bancos de gravas y arenas que se encuentran en forma de terrazas principalmente en el valle del río Huatanay; ciertamente como indica el autor estos depósitos están asociados a los cauces de ríos donde es propicio el transporte y sedimentación de los característicos clastos redondeados; cabe destacar que en el sector Caramascara también observamos este tipo de depósitos en las márgenes de la quebrada Pillao Matao, pero en menores proporciones.

Carlotto et al. (2011) describe a los depósitos coluviales e incluye en estos a los deslizamientos, estos son característicos por la heterogeneidad de su composición ya que su formación depende de la acción de la gravedad sobre la ladera de una montaña, es decir los bloques y fragmentos rocosos recientemente desprendidos sufren un mínimo transporte, además se los reconoce por la alta angulosidad de sus clastos o bloques y son comunes encontrarlos en bases de laderas o algunas cárcavas de pendiente elevada.

Figura 27: Mapa geológico regional.



Nota: Adaptado de GEOCATMIN

5.2. Geología local

5.2.1. Unidades litológicas

Este es el segundo factor condicionante más importante para evaluar la peligrosidad, en el ámbito de estudio se han identificado y descrito las siguientes unidades litológicas:

5.2.1.1. Areniscas poco fracturadas

En el ámbito de estudio se detectaron areniscas grises de un espesor aproximado a 3 metros pocamente fracturados, estos presentan pendientes de alrededor de 25°, esta unidad local se hace visible por el cauce erosivo de una de las cárcavas (ver figura 35) y ha sufrido poca erosión por el grado de consolidación y potencia que presenta.

Esta unidad representa a una de las más estables y seguras para cimentaciones dado el grado mínimo de fracturación que presenta (ver figura 28), sin embargo, está solo ocupa un 1.46% del ámbito de estudio es decir 1.02 ha.

Al igual que la intercalación de areniscas y lutitas, esta unidad local pertenece a la Formación Kayra y corresponde a las unidades más seguras frente a fenómenos de geodinámica externa por la baja presencia de fracturas.

Figura 28: Afloramiento de areniscas grises poco fracturados en la APV Virgen Asunta



5.2.1.2. Areniscas y lutitas

Las areniscas y lutitas fracturadas de la Formación Kayra se encuentran presentes en gran parte del área de estudio, particularmente al norte, oeste y suroeste. Estas estructuras se

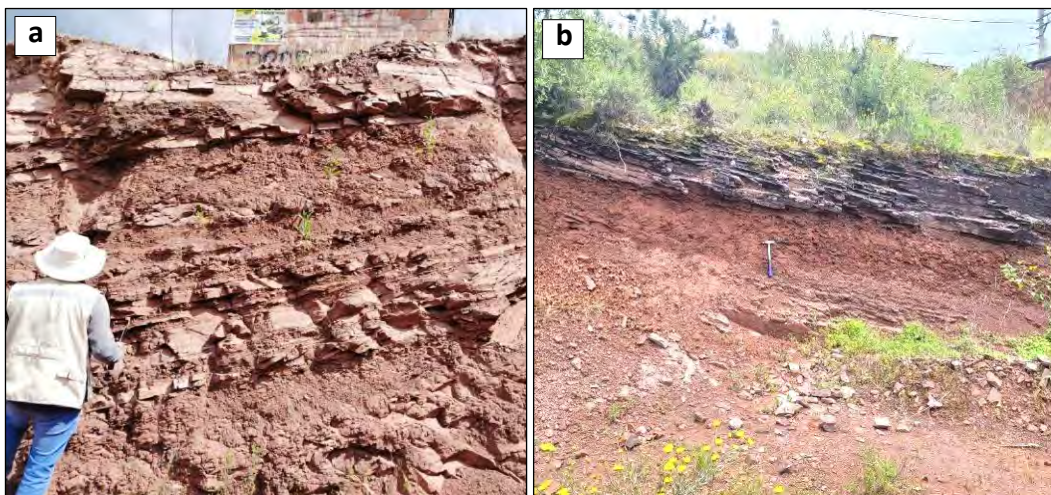
manifiestan de forma moderadamente estable en la zona. Son una mezcla de areniscas de tonalidad marrón rojiza y lutitas de coloración parduzca, que son altamente propensas a la erosión debido a su estructura de fricción y frecuentemente fracturada.

Las areniscas de color marrón rojizo son parte de la formación Kayra y se diferencian de los grupos de areniscas y lutitas intercaladas por su mayor espesor y su resistencia frente a la erosión y factores hidrometeorológicos (figura 29). Esta unidad muestra poco fracturamiento y es bastante estable, por lo que no se clasifica como crítica en condiciones naturales.

Según Carlotto et al. (2011) el macizo rocoso de esta unidad es favorable para las obras civiles, esto lo observamos en diversas partes de la ciudad del Cusco, donde en algunos casos la orientación de la roca es tan favorable que la cimentación de las estructuras es segura y no requiere de elementos adicionales (muros de contención u otros). Sin embargo, es necesario mencionar que en ciertas áreas del ámbito de estudio no siempre sucede esto ya que se ha observado que el macizo rocoso de esta unidad tiene una orientación y buzamiento a favor de la pendiente (ver figura 36 y 45), lo que podría reducir la estabilidad del macizo rocoso.

Esta unidad se ubica en zonas con pendientes entre 0° y 25°, tienen la mayor extensión en la zona con 38.59 ha, equivalente al 55.25% del ámbito de estudio.

Figura 29: (a) y (b) Intercalación de areniscas y lutitas rojas meteorizadas. (c) Afloramiento de areniscas feldespáticas grises. (d) Areniscas grises con base de conglomerado.





5.2.1.3. Formación San Sebastián

Según Carlotto et al. (2011) los niveles arcillosos de esta unidad tienen un comportamiento pésimo para fines de cimentaciones y susceptibles a deslizamientos en laderas, aunque en el sector Caramascara esta unidad se presenta en pequeñas extensiones, no se tienen escarpes o laderas muy empinadas que expongan a esta, y las pocas áreas empinadas existentes están cubiertas de vegetación boscosa, además que las áreas poco empinadas son usadas como campos agrícolas. Los factores antes mencionados reducen notablemente la susceptibilidad a deslizamientos en esta unidad.

5.2.1.4. Depósito fluvial

Son pequeñas acumulaciones de composición arenosa y gravosa, creadas por sedimentación en las márgenes del cauce natural del río Huanacaure, situado al este y sureste del área de estudio, esta unidad ocupa 0.61 ha equivalente al 0.87% del área total.

Carlotto et al. (2011) menciona que las terrazas de esta litología son vulnerables a erosiones, este segundo fenómeno se puede evidenciar en las márgenes del río Huanacaure donde se aprecia a detalle los clastos con su característica forma redondeada típico de este depósito en un matriz arenosa (ver figura 30).

Figura 30: (a) Depósitos fluviales en la parte media de la zona, (b) Depósitos fluviales de clastos redondeados con una matriz arenosa, ubicados en las proximidades al cauce del río Huanacaure

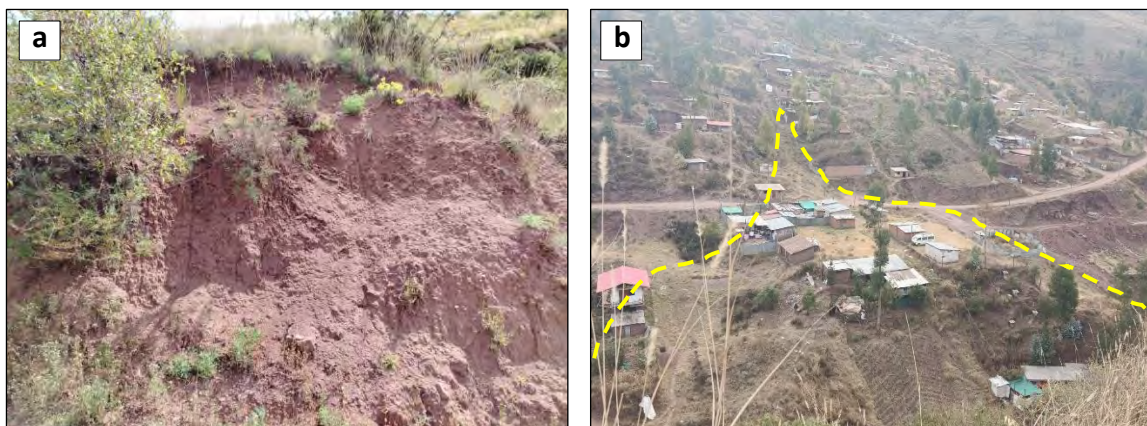


5.2.1.5. Depósito aluvial

Se componen de una matriz limosa que incluye fragmentos de roca arenisca y lutitas de gran grosor. Estas zonas resultan inestables frente a cortes en el terreno. Adicionalmente, los depósitos aluviales se encuentran en las faldas de las laderas bajo las cárcavas naturales (figura 31), y son próximas al cauce natural del río Huanacaure. Ocupan una extensión de 4.15 ha lo que equivale al 5.94% del ámbito de estudio.

Carlotto et al. (2011) también califica a los abanicos aluviales, con indicios de actividad geodinámica, como peligrosa para las poblaciones asentadas sobre esta. En el sector Caramascara se tienen estos depósitos de bajas dimensiones sin indicios de actividad geodinámica, pero con pendientes moderadamente empinadas en sus bases.

Figura 31: Depósito aluvial de gran espesor formados por antiguos procesos de transporte.



5.2.1.6. Depósitos coluvio – deluvial

Son materiales provenientes de fuentes coluviales como caídas de rocas, derrumbes y deslizamientos (ver figura 32) y deluviales (procesos de erosión de bajo transporte), que están compactados de manera moderada. Se componen de bloques y cantos aplanados originarios de la Formación Kayra, con una matriz areno limosa y representa el 3.29% (2.3 ha de la extensión de la zona). Carlotto et al. (2011) considera peligrosa a esta unidad para fines constructivos, en el ámbito de estudio ubicamos estos depósitos en las bases de pendientes muy elevadas o escarpes, así como en cárcavas y cortes de ladera.

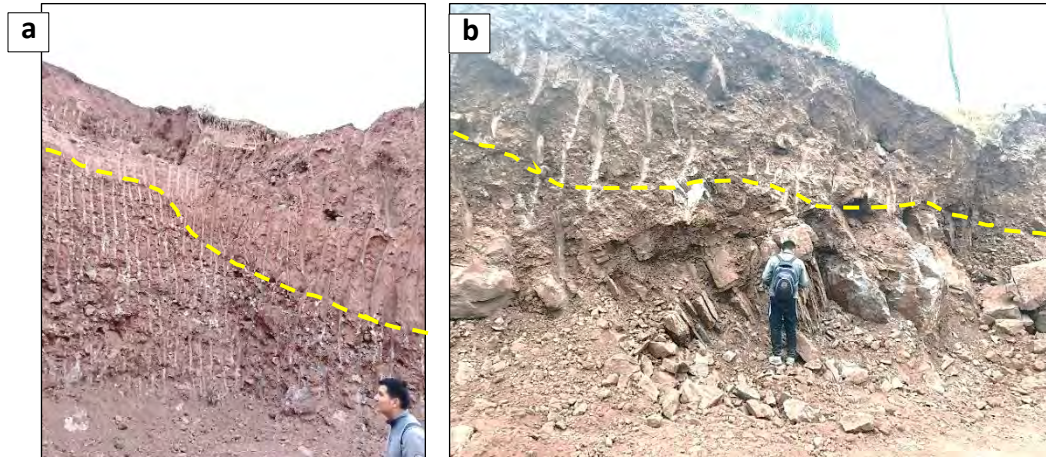
Figura 32: Depósito de suelos coluviales con clastos y cantos angulosos transportados por gravedad, ubicados en la parte baja del ámbito de estudio.



5.2.1.7. Depósitos eluviales

Este depósito se origina a partir de la meteorización del macizo rocoso de la Formación Kayra, su composición es limosa y puede llegar a tener varios metros de espesor en los antiguos drenajes de la quebrada Huanacaure (figura 33). En la zona de estudio esta unidad ocupa una superficie de 20.73 ha, siendo el 29.68% de la superficie total.

Figura 33: Cortes de ladera donde se tiene (a) Depósitos eluviales sobre coluviales, (b) Depósitos eluviales sobre macizo rocoso poco fracturado, ubicadas en la APV Los Girasoles y APV Villa Quebrada respectivamente



5.2.1.8. Material excedente (relleno)

El material excedente (relleno) se compone de suelos o rocas producto de excavaciones o cortes de terreno con fines de edificación, desmonte de construcciones, residuos sólidos orgánicos e inorgánicos, entre otros, que el ser humano acumula en zonas como las cárcavas o quebradas (figura 34). Estos materiales poseen alta inestabilidad, lo que los hace una unidad litológica crítica por el peligro de deslizamientos. En situaciones de lluvias intensas, estos materiales suponen un riesgo incrementado debido a alta porosidad e infiltración. Además, algunos de estos vertederos se componen de residuos sólidos y material orgánico. Esta unidad ocupa una extensión de 0.99 ha, lo que equivale al 1.42% del área estudiada.

Figura 34: Zonas de relleno ubicado en la parte media alta de la zona de estudio

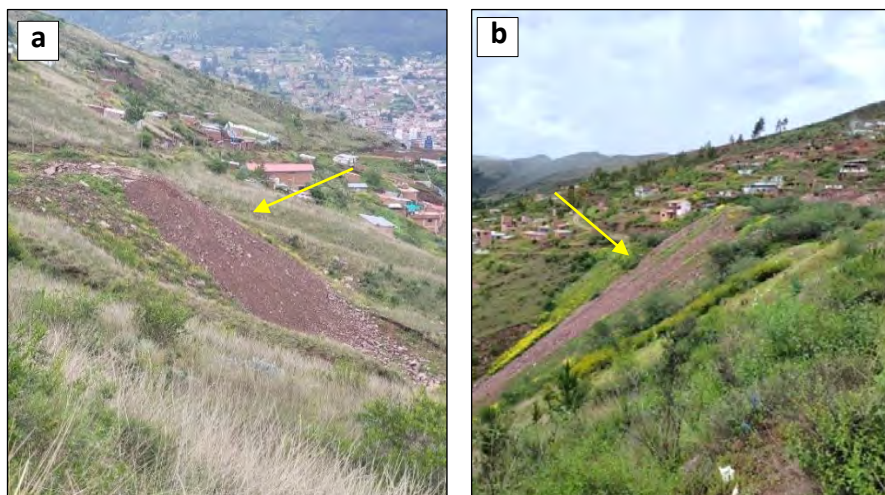
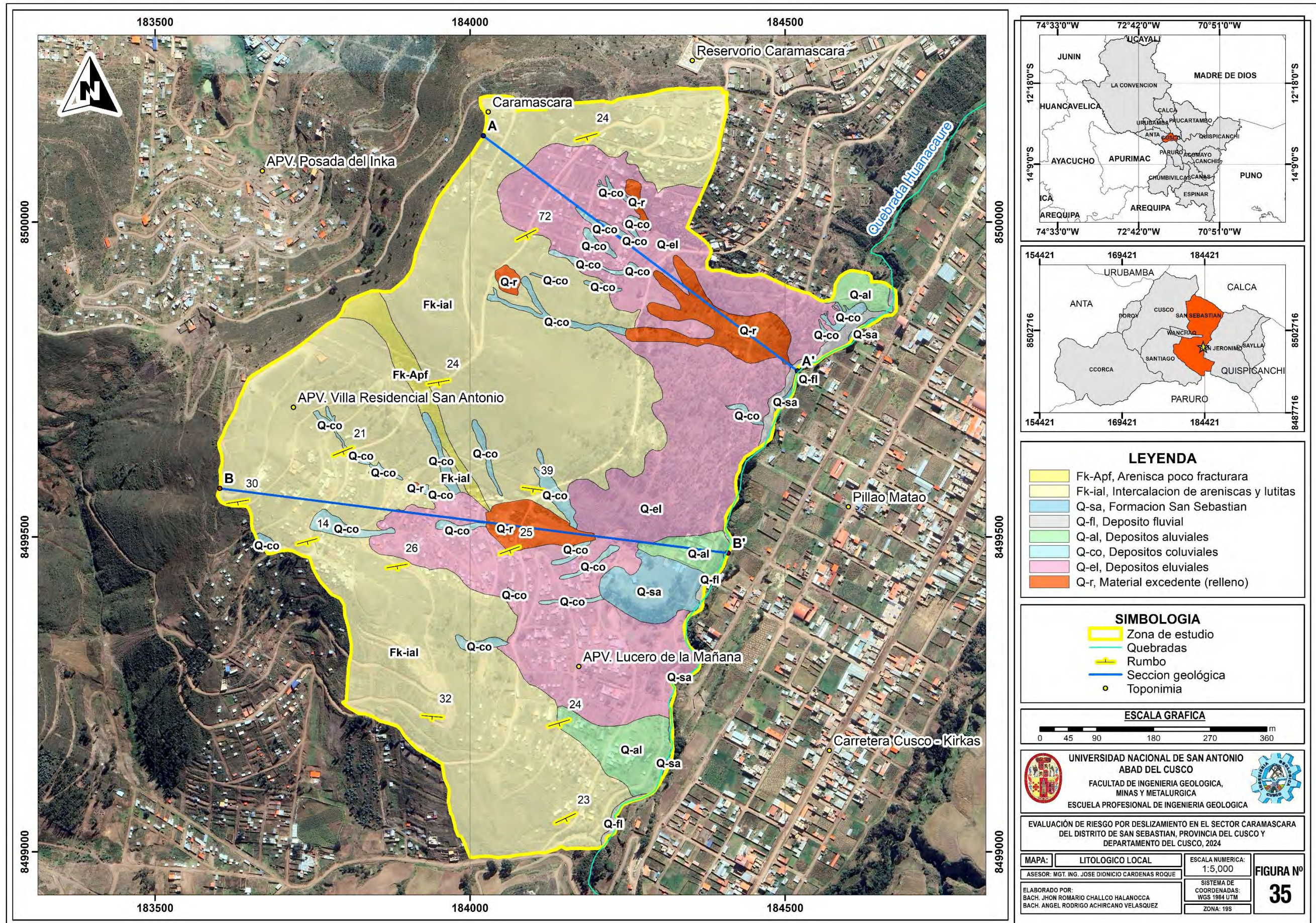


Figura 35: Mapa litológico local del ámbito de estudio

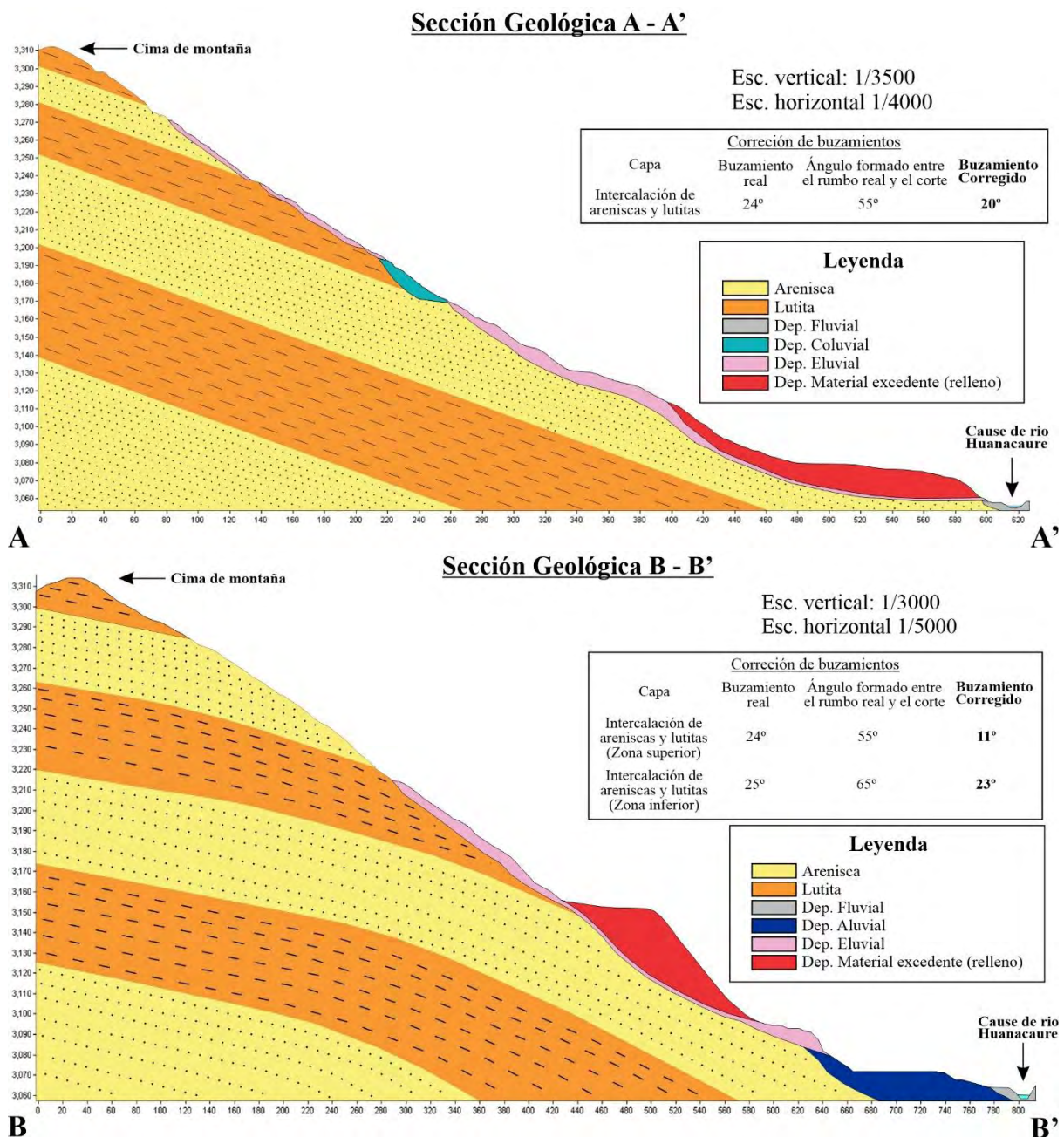


Nota. Imagen satelital adaptada de Google Earth

5.3. Secciones geológicas

Se trazaron dos secciones geológicas transversales al ámbito de estudio exactamente en las dos cárcavas más grandes de la zona, en estas se puede identificar la profundidad y extensión de los depósitos cuaternarios y los depósitos de material excedente (relleno), además de la distribución estructural del macizo rocoso.

Figura 36: Secciones geológicas



CAPÍTULO VI: GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

6.1. Generalidades

La región del Cusco se encuentra en la Cordillera de los Andes, una cadena montañosa formada por la convergencia de las placas tectónicas de Nazca y Sudamérica. Esta área ha experimentado una intensa actividad tectónica, que ha originado plegamientos, fallas y fracturas en la corteza terrestre.

La ciudad del Cusco se asienta sobre una zona geológicamente compleja, compuesta por rocas sedimentarias y volcánicas, como areniscas, lutitas y tobas volcánicas. Estas rocas se han depositado a lo largo de millones de años y han sido modificadas por procesos tectónicos. La geología estructural de la región se caracteriza por la interacción de diversas unidades geológicas y eventos tectónicos. Un rasgo destacado en esta geología es el sistema de fallas Tambomachay – Urcos – Sicuani, una importante estructura geológica con dirección NO-SE, ubicada a unos 13 km de la ciudad. Esta falla, producto de la interacción de las placas tectónicas, ha causado eventos sísmicos significativos en la zona.

6.2. Estructuras regionales

6.2.1. Fallas regionales

En un contexto regional las fallas regionales más cercanas a la zona de estudio son las siguientes:

6.2.1.1. Falla Tambomachay

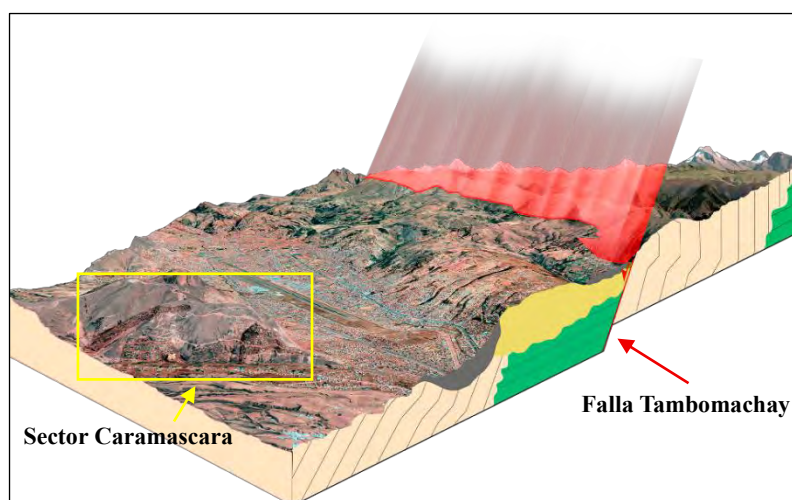
La Falla Tambomachay constituye una de las estructuras tectónicas más importantes en el entorno norte de la ciudad del Cusco. Esta estructura funciona como un límite geomorfológico que separa la Meseta de Saqsaywaman del conjunto montañoso que rodea el valle cusqueño (Carlotto, 1988). Su traza principal presenta una orientación predominante noroeste–sureste, característica de varios lineamientos andinos heredados de procesos tectónicos de larga duración.

Desde el punto de vista evolutivo, se trata de una falla de origen mesozoico que ha experimentado múltiples episodios de reactivación durante el Cenozoico, registrando tanto desplazamientos de tipo inverso como componentes de rumbo. En la actualidad, la Falla Tambomachay se clasifica como una estructura inversa activa, aunque conserva evidencias de un desplazamiento cuaternario antiguo aproximado de 400 m, lo cual sugiere procesos tectónicos recurrentes vinculados al levantamiento andino (Benavente et al., 2020).

El plano de falla presenta un buzamiento estimado entre 60° y 70° hacia el sur, aunque en varios sectores se encuentra parcialmente cubierto por depósitos de detritos asociados a los conos de deyección que descienden desde los relieves superiores. Este recubrimiento dificulta la observación directa de la traza, pero no impide identificar morfologías lineales y rupturas superficiales compatibles con actividad tectónica antigua y reciente.

En relación con el área de estudio, la Falla Tambomachay se encuentra ubicada aproximadamente a 4.4 km del sector Caramascara, localizándose este último sobre el bloque techo de la estructura (ver figura 37). Esta posición estructural tiene implicancias importantes para la estabilidad del terreno, el comportamiento de materiales cuaternarios y la evaluación de peligros geodinámicos asociados a procesos de remoción en masa.

Figura 37: Representación tridimensional aproximada de la falla Tambomachay, la Ciudad del Cusco y el sector Caramascara.



Fuente: Extraído de <https://portal.andina.pe/edpespeciales/2018/machupicchu/index.html>

6.2.1.2. Falla Pachatusan

El sistema de fallas Pachatusan constituye un conjunto de estructuras tectónicas que bordean el flanco sur de las montañas del mismo nombre, entre aproximadamente 3900 y 4400 m s.n.m. Estas fallas se manifiestan principalmente como escarpas con buzamientos hacia el sur, las cuales forman un alineamiento continuo a lo largo de la base del macizo montañoso (Cabrera, 1988). Dichas escarpas se desarrollan sobre rocas volcánicas del Grupo Mitu, una secuencia de origen Triásico–Jurásico ampliamente expuesta en el sector oriental del Cusco.

El trazado principal del sistema presenta longitudes aproximadas de 10 km, con orientaciones predominantes entre N130° y N140° y buzamientos de 50° a 70° hacia el sur, configurando una estructura compatible con fallamiento normal. De acuerdo con las observaciones geomorfológicas descritas por Cabrera (1988), los desplazamientos verticales máximos alcanzan cerca de 10 m. Un rasgo característico de estas escarpas es su morfología en “U”, la cual se evidencia en los sectores donde interceptan valles glaciares, señal clara de una actividad neotectónica relativamente reciente.

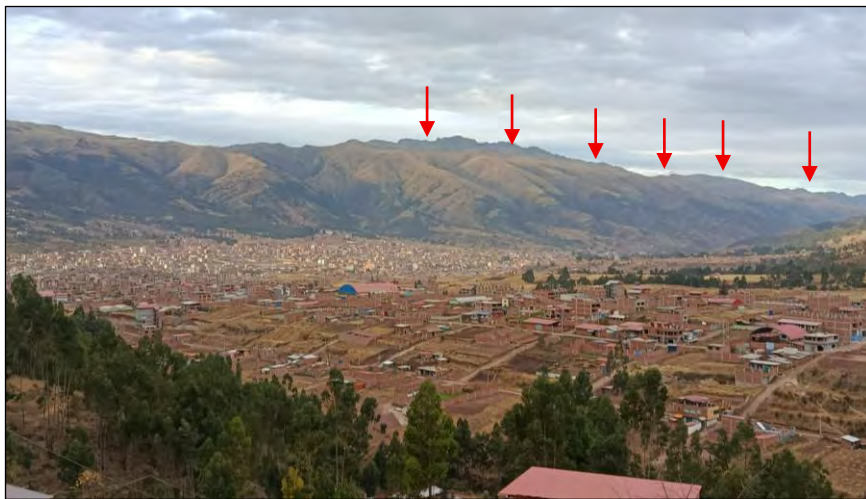
Adicionalmente, se identifican escarpas menores de carácter discontinuo con orientaciones NE–SO y E–O. Aunque algunos movimientos podrían estar influenciados por procesos de deslizamiento gravitacional entre la montaña al norte y el valle del Cusco al sur, la traza NE–SO no corresponde a un solo evento de remoción en masa; por el contrario, su geometría indica la existencia de un sistema en “en echelón” que conecta progresivamente con la Falla Tambomachay, formando parte de una red tectónica activa y estructuralmente coherente.

La dinámica del sistema se evidencia también en la presencia de escarpas pequeñas generadas en las inmediaciones del cerro Huaynapicol. En este sector, la escarpa principal corta la terraza cuaternaria más joven de la quebrada Arcopunco, situada al noroeste de San Jerónimo, generando desplazamientos normales de hasta 4 m (Cabrera, 1988). Esto confirma

que, a pesar del recubrimiento parcial por sedimentos, el fallamiento mantiene un rol significativo en la configuración geomorfológica reciente del área.

Aunque este sistema de fallas se ubica alejado del área de influencia del ámbito de estudio (ver figura 38), es importante conocer su distribución estructural, estilo de fallamiento y su interacción con otras fallas cercanas, como Tambomachay, además recientemente se han reportado movimientos telúricos asociados a este sistema de fallas en la provincia de Quispicanchis que se han extendido hasta la ciudad del Cusco.

Figura 38: Sistema de fallas Pachatusan vista desde el sector Caramascara



6.2.1.3. Falla Cusco

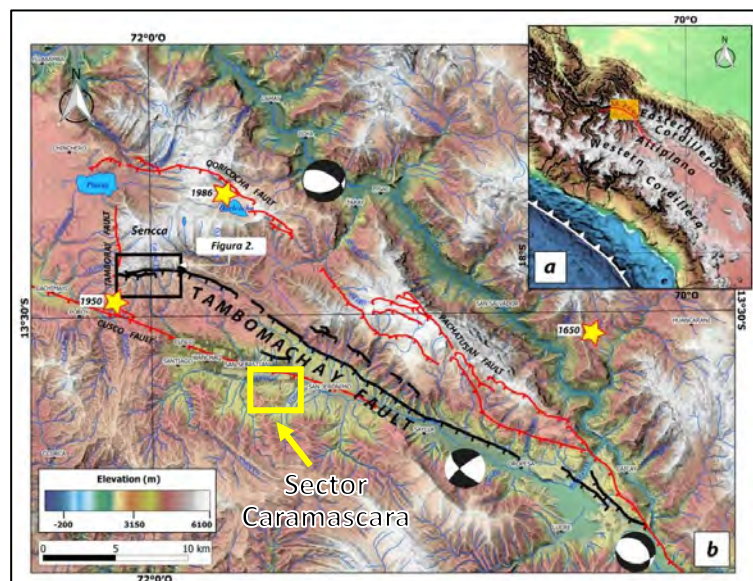
La denominada Falla Cusco se identifica a partir del análisis conjunto de fotografías aéreas e imágenes satelitales, donde se aprecia un marcado alineamiento con rumbo NO–SE que sigue el piso del Valle del Río Huatanay, extendiéndose desde el centro de Cusco hasta el sector de Saylla–Oropesa. Este trazado coincide con el eje del valle y sugiere la presencia de una estructura tectónica de gran longitud. Desde la perspectiva geológica, se interpreta como una falla de carácter antiguo que ha sido sellada por los depósitos cuaternarios pertenecientes a la Formación San Sebastián, lo que dificulta observar rasgos frescos de deformación (Carlotto et al., 1996).

A escala regional, esta estructura desempeña un rol importante en la configuración morfoestructural del valle, ya que delimita parcialmente la transición entre el Altiplano y la zona intermedia previa al ascenso hacia la Cordillera Oriental. Aunque en la actualidad no se observan indicadores evidentes de reactivación superficial, la evidencia histórica sugiere que esta falla pudo experimentar actividad durante eventos sísmicos relevantes del siglo XX.

En particular, el terremoto del 21 de mayo de 1950, ampliamente documentado por Ericksen et al. (1954) y posteriormente por Silgado (1978), dejó registros de deformaciones superficiales que afectan depósitos cuaternarios recientes. Las evidencias fotográficas del evento muestran desplazamientos y fracturas que afectan la Formación San Sebastián, lo que ha sido interpretado como manifestaciones superficiales asociadas a la reactivación de la Falla Cusco (Carlotto et al., 1996). Entre San Jerónimo y San Sebastián se reportaron múltiples fisuras con orientación NO–SE distribuidas a lo largo de aproximadamente 5 km.

La interpretación conjunta de estos datos es particularmente relevante desde una perspectiva de gestión del riesgo, ya que sugiere que la ciudad del Cusco, podría estar expuesta a amplificaciones sísmicas significativas asociadas tanto a la geometría del valle como a la presencia de esta estructura activa.

Figura 39: Fallas geológicas regionales en la ciudad del Cusco



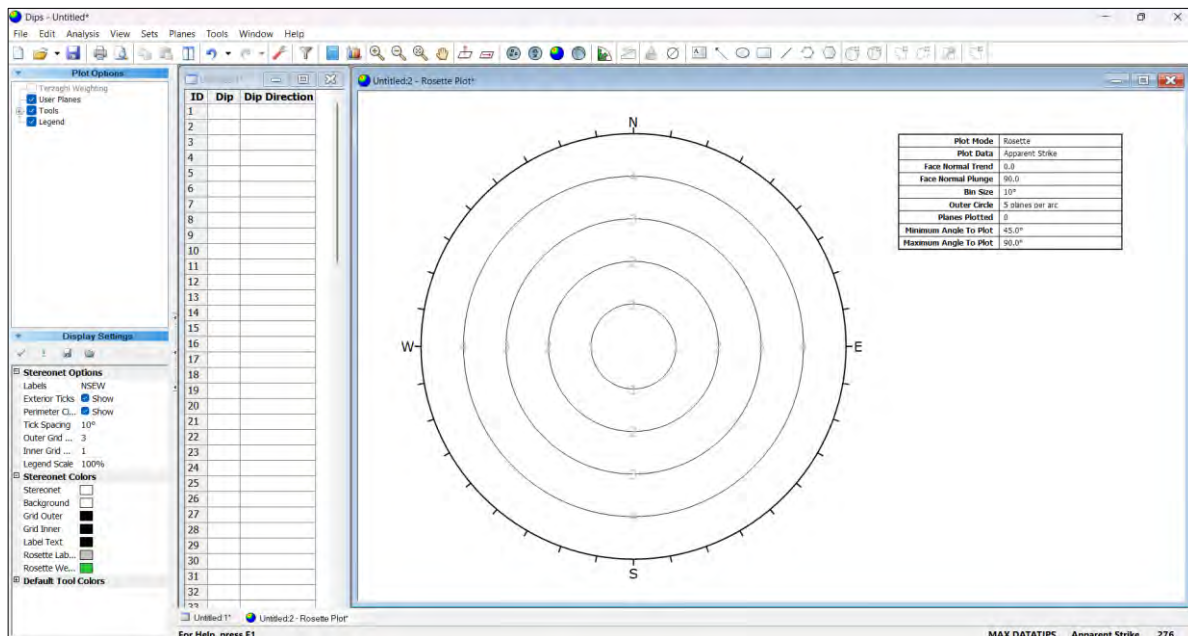
Fuente: INGEMMET (2017)

6.3. Estructuras locales

En las áreas donde se presenta macizo rocoso, se tienen numerosas fracturas y discontinuidades en su mayoría a favor de la pendiente lo cual hace el terreno susceptible a eventos de geodinámica externa principalmente deslizamientos.

Para un análisis más detallado del macizo rocoso se recolectaron datos de rumbo y buzamiento de las diaclasas, fallas, discontinuidades y estratos, los cuales se importaron al software DIPS (ver figura 40) y se representaron diversas rosetas de viento para su interpretación. La toma de datos se realizó con la ayuda de una brújula de tipo azimutal utilizando la regla de la mano derecha, dicho instrumento también tiene un clinómetro incorporado el cual nos ayuda con la toma de datos de buzamientos. Cabe precisar que también se identificaron planos de fallas, que de igual forma presentaban direcciones y buzamientos en favor de la pendiente del terreno; finalmente se elaboró un mapa estructural local.

Figura 40: Interfaz del Software DIPS para la representación de rosetas de viento por medio de la inserción de datos de DIP y DIPDIRECTION



6.3.1. Fallas locales

Se ubicaron 3 sistemas de fallas locales gracias a las estrías formadas por la fricción entre los bloques los cuales fueron el mayor indicativo, al igual que las discontinuidades del macizo rocoso se tomaron datos de su azimut y buzamiento (ver tabla 7, 8 y 9) los que posteriormente fueron analizados con el software DIPS mediante el DIP y DIPDIRECTION.

A continuación, se muestran los datos tomados de los sistemas de fallas ubicados:

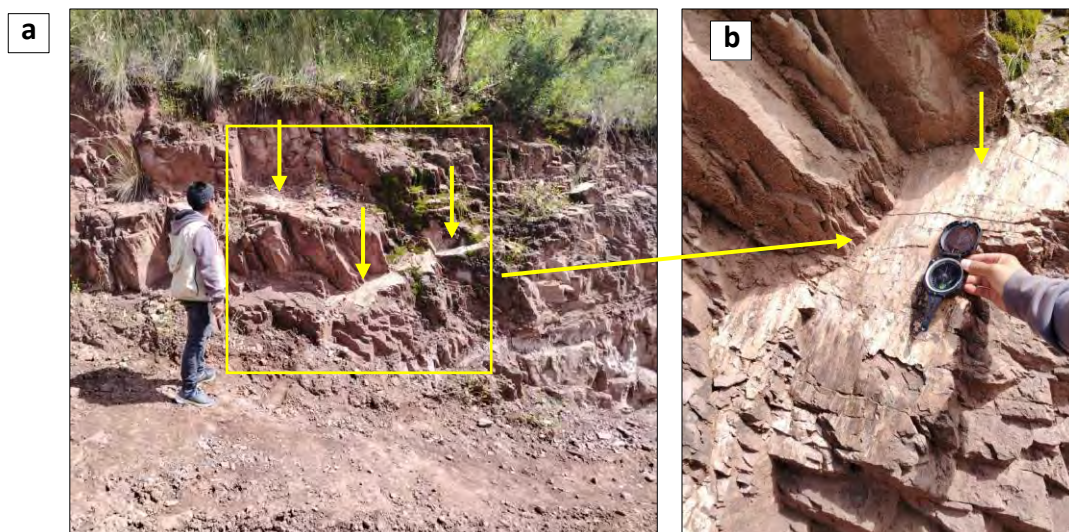
- **Sistema de fallas 1**

Este sistema de fallas se ubica al sur del ámbito de estudio, se identificaron múltiples planos de falla, se trazó una ventana estructural y se obtuvo los siguientes datos (ver tabla 7):

Tabla 7: Datos del sistema de fallas 1 mediante una ventana estructural

Sistema de fallas 1					
Coordenadas UTM					
Este	184200.41 m E	Norte	8499032.46 m		
Nº	Plano	Rumbo	Azimut	Dip	Dipdirection
1	Primero	N 81° E	81°	41 SE	171°
2	Segundo	N 45° E	45°	20 SE	135°
3	Tercero	N 62° E	80°	21 SE	332°
4	Cuarto	N 57° E	57°	23 SE	147°

Figura 41: (a) Planos del sistema de fallas locales 1 ubicadas en la parte baja de la zona de estudio, (b) Estrías de la falla en la misma dirección y buzamiento de la estratificación del macizo rocoso



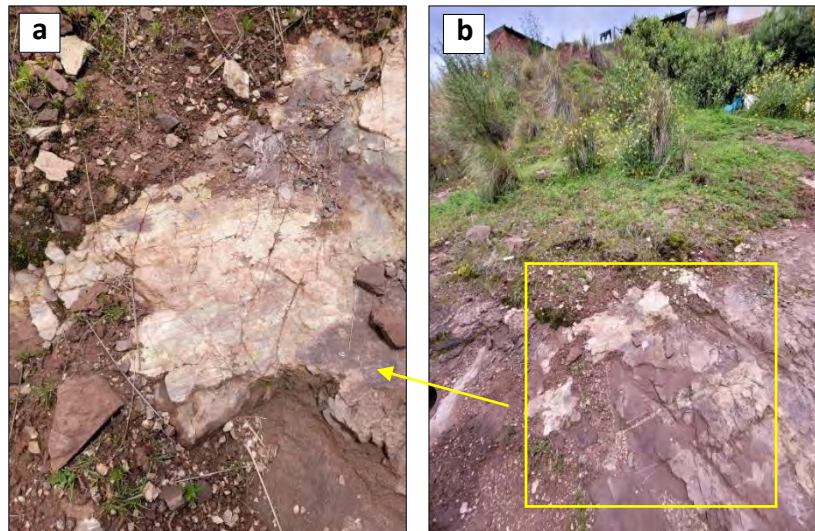
- **Sistema de fallas 2**

Este sistema de falla se ubica en la APV. Villa Quebrada, solo se ha identificado un plano de falla con los siguientes datos (ver tabla 8):

Tabla 8: Datos del sistema de fallas 2

Sistema de fallas 2					
Coordenadas UTM					
Este	184199.07 m E	Norte	8499125.29 m S		
N°	Plano	Rumbo	Azimut	Dip	Dipdirection
1	Primero	N 84° E	80°	28 SE	174°

Figura 42: (a) Espejo de falla local ubicada en la parte media de la zona de estudio, (b) Estrías de la falla



- **Sistema de fallas 3**

Este sistema de falla se ubica en la APV. Lucero de la Mañana, de igual forma solo se ha identificado un plano de falla con los siguientes datos (ver tabla 9):

Tabla 9: Datos del sistema de fallas 3

Sistema de fallas 3					
Coordenadas UTM					
Este	184085.58 m E	Norte	8499114.36 m S		
N°	Plano	Rumbo	Azimut	Dip	Dipdirection
1	Primero	N 84° E	84°	32 SE	174°

Figura 43: (a) Planos del sistema de fallas locales 3 ubicadas en la parte media de la zona de estudio, (b) Estrías de la falla sobre el macizo rocoso

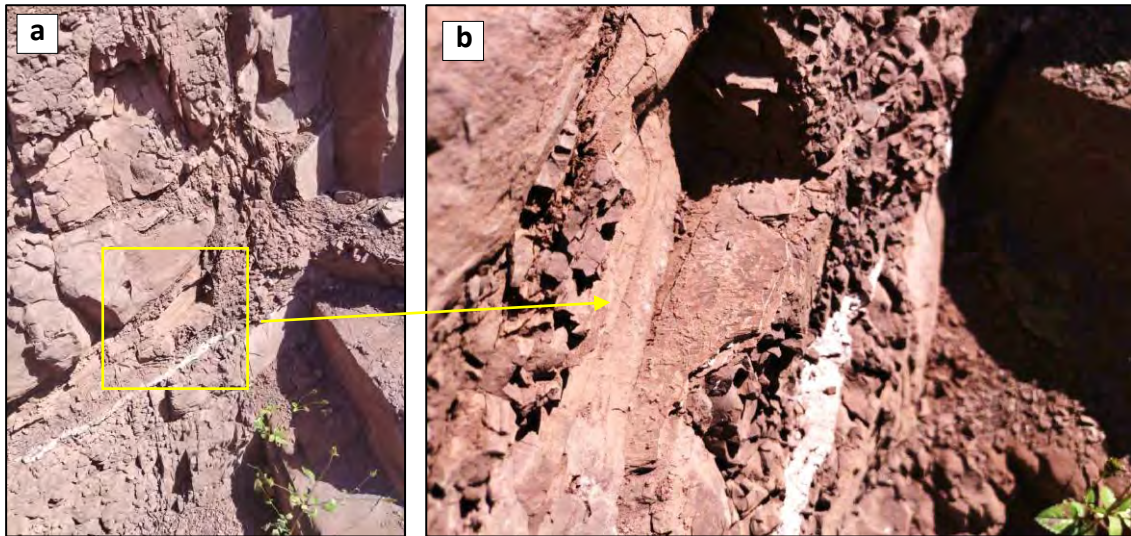
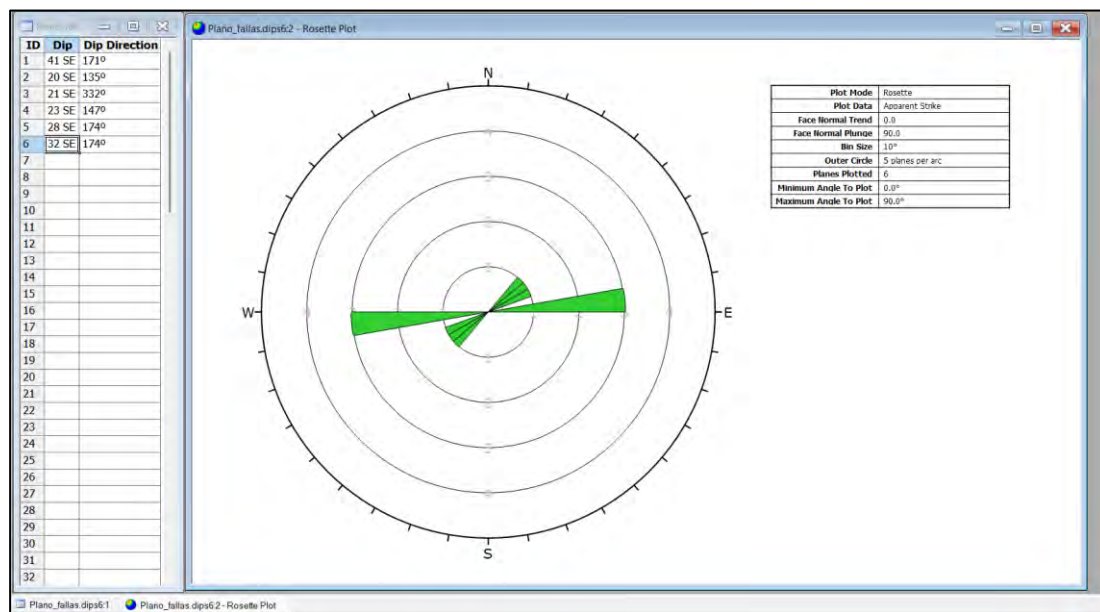
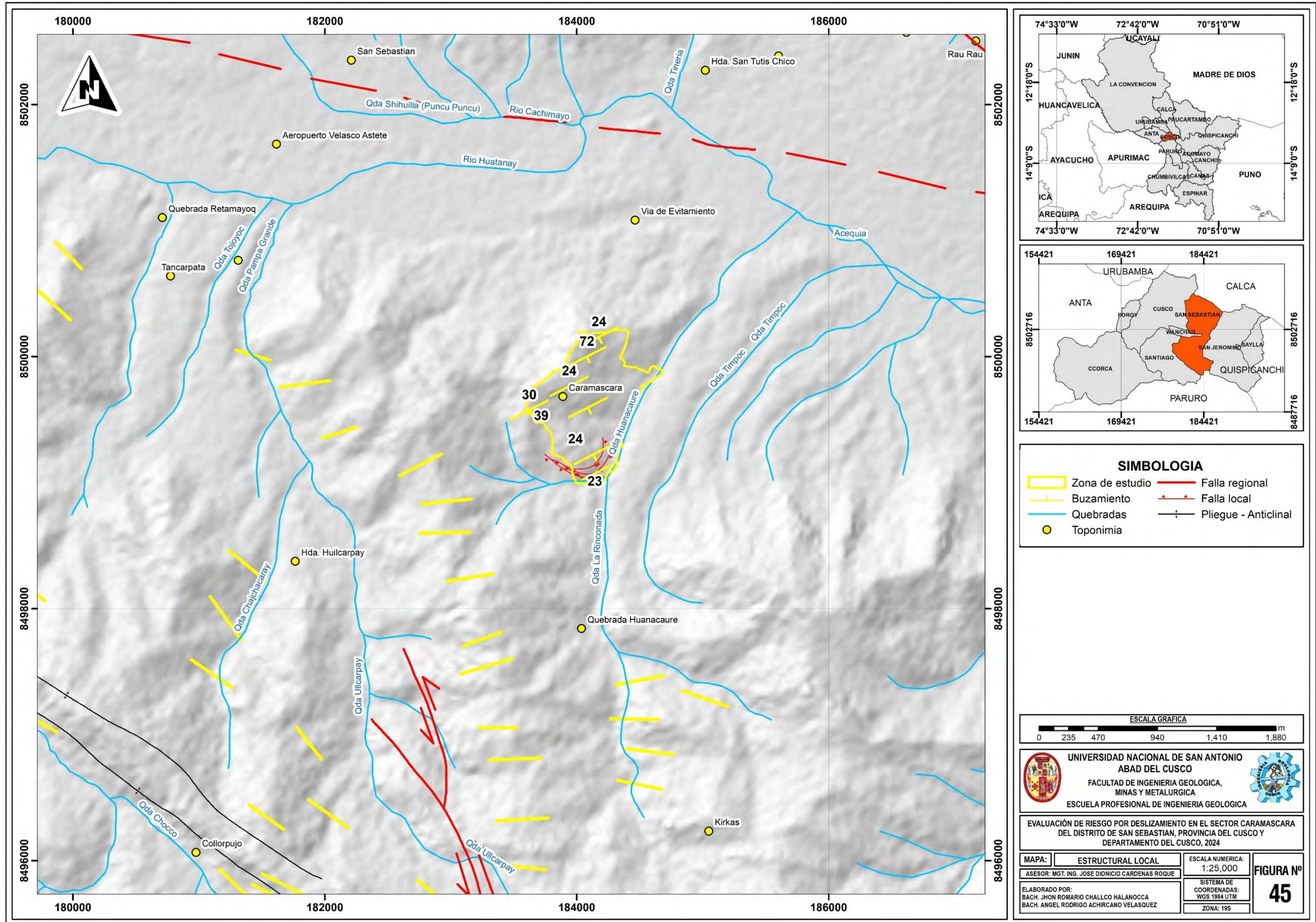


Figura 44: Roseta de viento de los planos de fallas de las fallas locales.



Mediante el gráfico de la roseta de viento (figura 44) se observa que los planos de falla tienen una tendencia de orientación de NE – SO, además se observa que los planos tienen similar orientación a los planos de estratificación del macizo rocoso de la zona. Ello nos ayuda a identificar fallas del tipo planar y por la ubicación de los bloques piso y techo son del tipo normal.

Figura 45: Mapa estructural local del ámbito de estudio



Nota: Adaptado y modificado de GEOCATMIN

CAPÍTULO VII: HIDROLOGÍA

7.1. Generalidades

El sector Caramascara, presenta un régimen climático con dos periodos bien definidos: una temporada seca que se extiende aproximadamente de abril a noviembre, y una época de lluvias que ocurre entre diciembre y marzo.

7.2. Parámetros hidrometeorológicos

Para la el análisis y estimación de la precipitación en el Sector Caramascara se utilizaron datos de la estación de la Granja Kayra ya que esta es la más cercana (5 km. Aprox). Los datos de esta estación están disponibles desde el año 1964.

Tabla 10: Ubicación de la estación meteorológica

Estación Granja Kayra			
Departamento	: Cusco	Latitud	: 13°33'24.29"
Provincia	: Cusco	Longitud	: 71°51'30.61"
Distrito	: San Jerónimo	Altitud	: 3214 m.s.n.m.
Código	: 100044	Tipo	: Convencional - meteorológica

Fuente: SENAMHI

7.2.1. Precipitación

La precipitación es uno de los factores desencadenantes de deslizamientos que se consideró en el sector Caramascara, porque afecta directamente la estabilidad de los taludes.

Cuando llueve, el agua se infiltra en el suelo, aumentando su peso y, por tanto, la fuerza gravitacional que lo empuja cuesta abajo. Además, el agua incrementa la presión de poros, lo que reduce la fricción y la cohesión entre las partículas del terreno, disminuyendo su resistencia al corte. En suelos con capas impermeables o alto contenido de arcilla, el agua puede acumularse y actuar como lubricante, facilitando el movimiento de masas.

Se hizo una estimación de la precipitación mensual registrada en la Granja Kayra en base a los datos disponibles (ver tabla 11) y con ello se halló la media mensual.

Tabla 11: Datos de precipitación promedio mensual registradas en la Granja Kayra

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	Pp Annual	Pp
1964	150.6	92.5	101.6	26	6.5	0	0	0	12.2	36.5	42.5	65.6	534	44.5
1965	101.8	100.5	112.4	88	5.8	0	0.4	1	29.6	58.3	42.5	153	693.3	57.8
1966	78.3	171.2	79.9	18.3	19.8	0	0	1.7	31.9	59.7	65.2	71.4	597.4	49.8
1967	59.1	118.4	140.3	19	1.8	0.6	11	19	32.8	70.9	57.2	125.6	655.7	54.6
1968	149.4	106.6	84.5	34.6	6.3	5.3	30.9	8.6	16.3	84.6	86.7	54.4	668.2	55.7
1969	144.4	77.8	88.1	16.8	2.9	3.3	7.2	3.9	22.8	29.8	54.7	72.9	524.6	43.7
1970	170.6	92.6	132.5	86.1	2.3	1	3.7	3.4	42.1	46.1	48.2	177.4	806	67.2
1971	128.9	161.6	83.6	40	1.5	0.1	0	5.7	3.5	55.7	51	127.5	659.1	54.9
1972	192.1	66.8	57.2	29.7	3.4	0	6.5	27.3	12.2	7.9	50.2	100.2	553.5	46.1
1973	221.3	120.9	99.6	75.2	14	0	9.1	11.8	14.5	65.1	88.8	96.5	816.8	68.1
1974	102.5	157.7	121.5	34.5	3.6	8.2	1	34.6	5.9	43.3	60.9	108	681.7	56.8
1975	124.7	131	55.3	66.8	22.5	0.7	0.3	0.6	51.1	47.5	51	170.1	721.6	60.1
1976	119.6	83.1	123.1	42.9	13	8.7	0.7	2.5	26.8	25.3	47.8	66.8	560.3	46.7
1977	116.7	122.8	69.3	47.6	7.9	0	4.4	0	29.9	65	71.5	78	613.1	51.1
1978	175.4	106.1	88.5	48.7	11.4	0	3.4	0	13.7	12.3	86.7	117.9	664.1	55.3
1979	101.1	131.6	108.8	46.8	6.2	0	0.9	8.1	11.5	18.4	85.6	81.8	600.8	50.1
1980	106.2	126.4	135	23.2	3.7	0	5.3	1	12.6	62.9	60.2	83.1	619.6	51.6
1981	225.4	80.8	124.4	56.9	1.8	3.9	0	9.8	45.9	108. 9	120.8	144.3	922.9	76.9
1982	178.9	115.5	143.1	58.8	0	9.2	3.4	4.9	14	37.9	122.5	98.6	786.8	65.6
1983	128.4	84	54.5	29.8	3.4	6.2	0.5	0.9	5.5	26	44.3	100.2	483.7	40.3
1984	198.6	142.4	71	82.8	0	2	1.3	11.4	4.2	114. 6	69.4	102.8	800.5	66.7
1985	129.1	119.4	74.2	33.2	15.6	11.6	0.9	0	43.3	62.1	116.5	122.4	728.3	60.7
1986	76.4	92.2	125.7	65.5	6.2	0	1.8	4.2	7.5	17.3	69.6	102.7	569.1	47.4
1987	224.3	87.9	48.6	13.1	2.1	1.3	9.2	0	8.2	26.5	101.8	107.6	630.6	52.6

1988	163.8	84.3	166.5	108.9	4.6	0	0	0	9.9	36.2	47.6	103.7	725.5	60.5
1989	151.4	126.8	119.3	38.6	6.4	9.1	0	6.1	30.7	15.7	60.7	88.5	653.3	54.4
1990	157.6	90.4	60.2	47.4	7.5	31.8	0	5.8	13.3	73.7	86.9	66.5	641.1	53.4
1991	97.6	163.6	105.2	45.1	11	5.1	1.5	0	21.4	49.3	83.6	99	682.4	56.9
1992	114.1	102.4	104	14.9	0	19.4	0	21.4	8	50.7	117.4	57	609.3	50.8
1993	206.7	110.5	75.8	18.8	0.9	0	2.7	6.9	18	46.2	111.9	210.5	808.9	67.4
1994	177	163.9	173.9	45.5	11.8	0	0	0	25.7	40.2	40.5	119.9	798.4	66.5
1995	122	94.8	95.3	17.8	0	0	0.6	1.2	28.8	26.7	70.2	102.6	560	46.7
1996	131.9	98	70.5	32.3	11	0	0	6.3	19.6	53.3	12.3	129.3	564.5	47.0
1997	123.3	127.7	104.8	31	4.8	0	0	7.1	12.3	44.4	201.5	148.4	805.3	67.1
1998	116.3	156.2	22.6	31	1.6	1.9	0	1.6	4.3	49.8	49.7	58.9	493.9	41.2
1999	89.3	92.2	92	42.8	1.3	3.4	1	0	43.1	18.8	39.7	119.5	543.1	45.3
2000	197.4	137.3	119.5	10.9	2.6	5.8	2.7	4.5	10.7	49.3	29.3	82	652	54.3
2001	233	173.1	137.4	36.4	11.5	0	17.4	10.2	20.6	38.3	96.8	89.4	864.1	72.0
2002	134.5	184.6	112.7	21.6	16.2	2.5	27.1	3.7	10.3	78.7	97.8	132.4	822.1	68.5
2003	163.9	135.5	142.9	56.5	2	6.4	0	21.3	3.7	34.6	23.1	123.8	713.7	59.5
2004	173.7	125.8	66.5	21	2.4	20.5	17	9	21.7	25.6	60.9	87.9	632	52.7
2005	140.8	125.8	120.2	33.1	3.2	0.4	1.2	4	4.5	39.1	59.3	102.5	634.1	52.8
2006	203.4	155.5	145.9	40.9	0.2	4.9	0	10.5	7.5	72.5	67.8	147.2	856.3	71.4
2007	140.8	58.7	107.3	93.6	5.8	0	4	0	1	49.4	72.4	88.4	621.4	51.8
2008	108.8	109.2	64.4	7.6	8.7	2.1	0	3.9	13.9	51.7	90.2	131.9	592.4	49.4
2009	112.5	108.3	79.1	21.3	5.3	0	3.3	0.7	15.1	8.3	88.7	82.9	525.5	43.8
2010	268.6	168.5	129.2	16.6	1.3	0.1	1.4	4.7	8.2	63.6	40.4	174.1	876.7	73.1
2011	103.4	179.3	131.9	67.6	3.9	3.2	3.7	0	38.9	38.2	60.2	110.2	740.5	61.7
2012	70.5	157.9	41.7	48.1	4.5	1.2	0	0.1	18.4	19.5	138.2	179.5	679.6	56.6
2013	187.3	137.2	75.5	13	6.4	6.1	2	12.4	6.3	105	86	159.4	796.6	66.4
2014	161.9	116.5	40	35	10.1	0	3.2	5.8	12.6	82.2	37.5	155.9	660.7	55.1
2015	169.8	146.5	66.7	69.8	18.6	3.9	10.3	4.6	16.1	19.1	48.6	113	687	57.3
2016	104	147.8	54.3	24.4	3	0	4.5	0.5	7	79.5	28	89.8	542.8	45.2
2017	111.2	122.1	122.8	47.5	11.2	5.9	0	8.4	19	33.7	61.4	101.7	644.9	53.7

2018	154.8	162.5	146.3	20.3	0.2	16	11.6	7.1	9.1	84.8	80.8	95	788.5	65.7
2019	127.8	117.2	171.4	30	28.2	1.5	3.7	0	9.8	82.4	111.7	154.4	838.1	69.8
2020	126.7	151	138.2	77.4	0	0	8.2	1	5.6	7.5	46.6	138.2	700.4	58.4
2021	154.4	127	75.7	147.1	8.7	10.7	0	4.3	1.5	46.1	101.6	106.1	783.2	65.3
2022	210.4	103.8	142.2	6.2	39.6	0.5	0	0.9	23.5	1.2	27.5	41.8	597.6	49.8
2023	97.3	178.6	69.9	39.6	45.8	0	0	5.7	13.4	21.8	74.8	158.9	705.8	58.8
2024	75.1	83.6	129.3	55.2	14.8	0.1	0.5	0.8	24.4	26.6	131.6	109.2	651.2	54.3

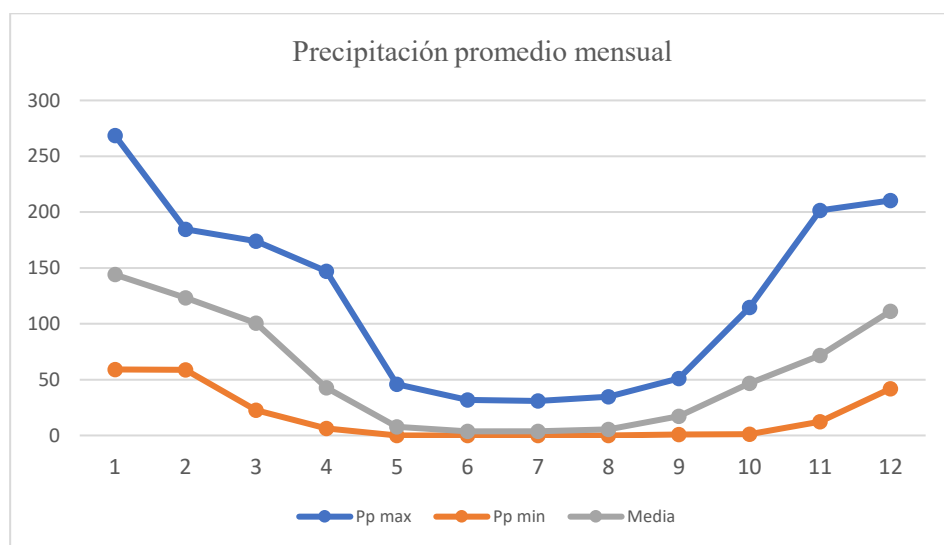
Fuente: SENAMHI (2024)

En base al análisis estadístico (ver tabla 12 y figura 46) se sabe que en el sector Caramascara la época de lluvias da inicio en el mes de septiembre y culmina en el mes de abril.

Tabla 12: Cálculos estadísticos de precipitación en base a la precipitación mensual.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
Pp max	268.6	184.6	173.9	147.1	45.8	31.8	30.9	34.6	51.1	114.6	201.5	210.5
Pp min	59.1	58.7	22.6	6.2	0	0	0	0	1	1.2	12.3	41.8
Desv. Est.	45.51	31.19	35.36	26.80	8.89	5.98	6.21	6.96	12.09	25.93	33.36	35.23
Media	144.05	123.18	100.72	42.61	7.82	3.68	3.76	5.59	17.31	46.66	71.78	111.28
Coef. Variación	0.32	0.25	0.35	0.63	1.14	1.63	1.65	1.25	0.70	0.56	0.46	0.32

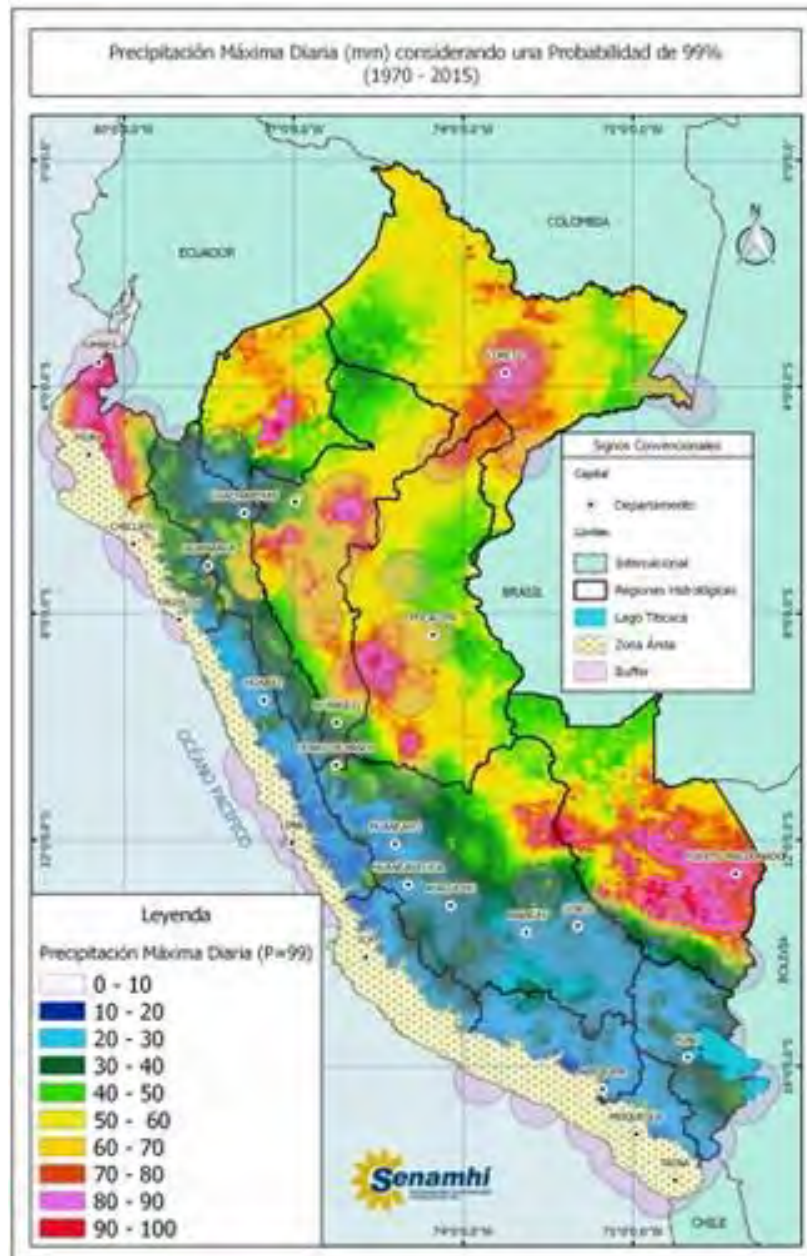
Figura 46: Precipitación máxima, mínima y la media



7.2.2. Umbrales de precipitación pluvial

Según el SENAMHI (2016) la clasificación de precipitaciones se da en las siguientes categorías: Moderadamente Lluvioso, Lluvioso, Muy lluvioso y Extremadamente Lluvioso.

Figura 47: Mapa de precipitaciones máximas del Perú



Fuente: SENAMHI (2016)

En base al mapa de precipitaciones máximas diarias proporcionadas por el SENHAMI (ver figura 47) se identificó a la ciudad del Cusco en un umbral de precipitación Muy Lluvioso (tabla 13).

Tabla 13: Umbrales de precipitación de la región Cusco.

Caracterización De Lluvias Extremas	Umbrales De Precipitación	Precipitación
Extremadamente lluvioso	RR/día>99p	RR > 26.7mm
Muy lluvioso	95p<RR/día≤99p	16.5 mm < RR ≤ 26.7 mm
Lluvioso	90p<RR/día≤95p	12.5 mm < RR ≤ 16.5 mm
Moderadamente Lluvioso	75p<RR/día≤90p	6.8 mm < PM ≤ 12.5 mm

Fuente: SENAMHI (2018)

7.2.3. Temperatura

La temperatura influye en los deslizamientos porque afecta tanto la humedad del suelo como las propiedades mecánicas de los materiales. En climas fríos, las bajas temperaturas pueden provocar congelación del agua en el suelo, generando expansión y fisuras que, al descongelarse, facilitan la infiltración y saturación, debilitando la cohesión entre partículas.

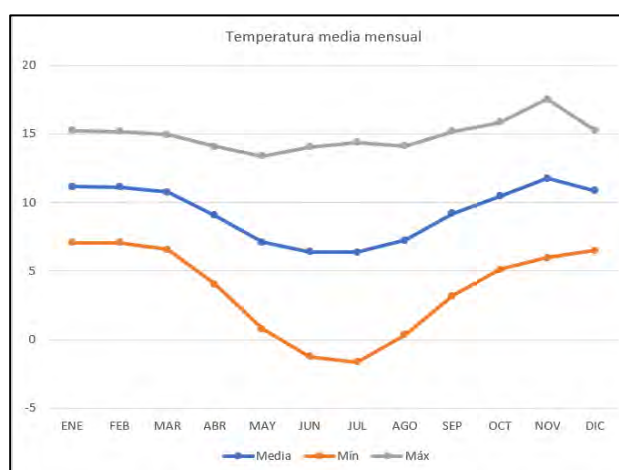
El sector Caramascara se sitúa en una zona con condiciones climáticas propias de un ambiente semiseco y frío. Las temperaturas medias anuales registran valores máximos cercanos a los 19 °C, mientras que los promedios mínimos descienden hasta aproximadamente -2 °C.

Tabla 14: Cálculos estadísticos de temperatura registrados en la granja Kayra

Mes/T"	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Media
Media	11.15	11.13	10.74	9.07	7.09	6.40	6.37	7.23	9.18	10.47	11.75	10.86	9.29
Mín	7.07	7.06	6.55	4.05	0.79	-1.25	-1.63	0.34	3.19	5.10	5.96	6.49	3.64
Máx	15.23	15.19	14.93	14.09	13.39	14.05	14.38	14.13	15.17	15.84	17.54	15.24	14.93

Fuente: SENAMHI

Figura 48: Temperatura máxima, mínima y la media



CAPÍTULO VIII: ASPECTOS GEOTÉCNICOS

8.1. Generalidades

Los aspectos geotécnicos de rocas y suelos determinan la resistencia y estabilidad de un talud. Propiedades como cohesión, ángulo de fricción interna, densidad y permeabilidad controlan cómo el material soporta cargas y responde a la infiltración de agua. En el macizo rocoso, la presencia de fracturas, diaclasas o planos de estratificación crea superficies débiles que pueden actuar como planos de falla, provocando así una falla de tipo planar o en cuña.

Los ensayos ejecutados en los suelos y macizo rocoso (ver tabla 15) nos permiten conocer de forma más precisa las propiedades físico-mecánicas de los materiales lo que a su vez permitirá entender su comportamiento en diferentes situaciones, por ejemplo, si un talud permanece estable o colapsa bajo condiciones lluviosas.

Para la ejecución de ensayos se tomaron en cuenta las siguientes normas técnicas:

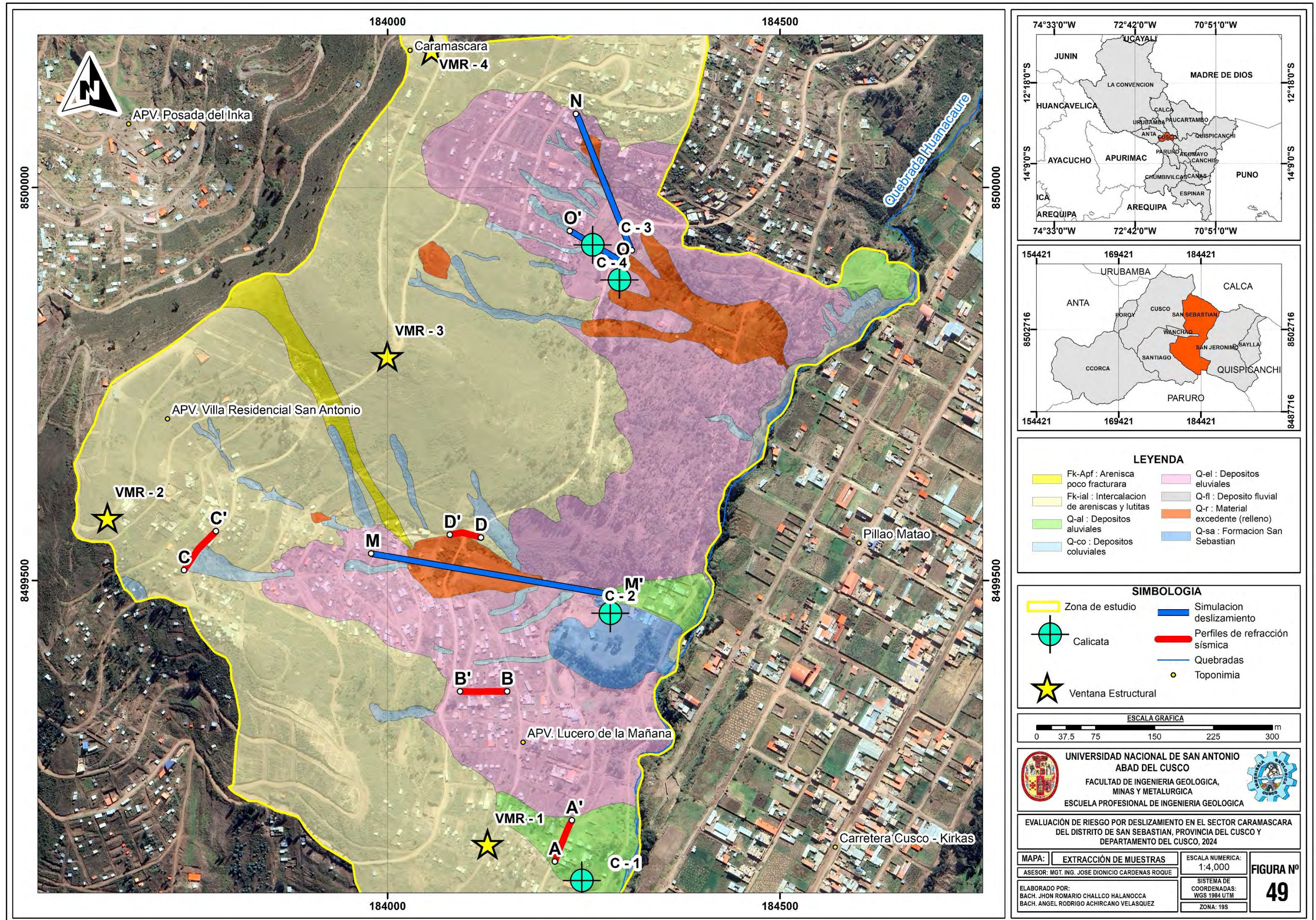
Tabla 15: Ensayos ejecutados en laboratorio

Tipo de muestra	Ensayo	Norma técnica
Muestra de suelo alterada	Contenido de humedad	Norma: ASTM D-2216
	Ensayo de limite liquido (LL)	Norma: ASTM D-4318
	Ensayo de limite plástico (LP)	Norma ASTM D-4318
	Ensayo de análisis granulométrico	Norma: ASTM D-422
Muestra de roca	Ensayo de carga puntual	Norma ASTM D5731-95

8.2. Recolección de muestras

En base a la litología presente en la zona se determinaron puntos representativos para la extracción de muestras tanto de suelos y de rocas para someterlas a los ensayos de laboratorio (ver figura 9). A continuación, se muestra el mapa litológico donde se tiene los puntos georreferenciados de las calicatas, puntos donde se hizo la valoración del macizo rocoso y las líneas donde se ejecutó la refracción sísmica:

Figura 49: Mapa de ubicación de las ventanas estructurales, calicatas, refracción sísmica y simulación de deslizamientos.



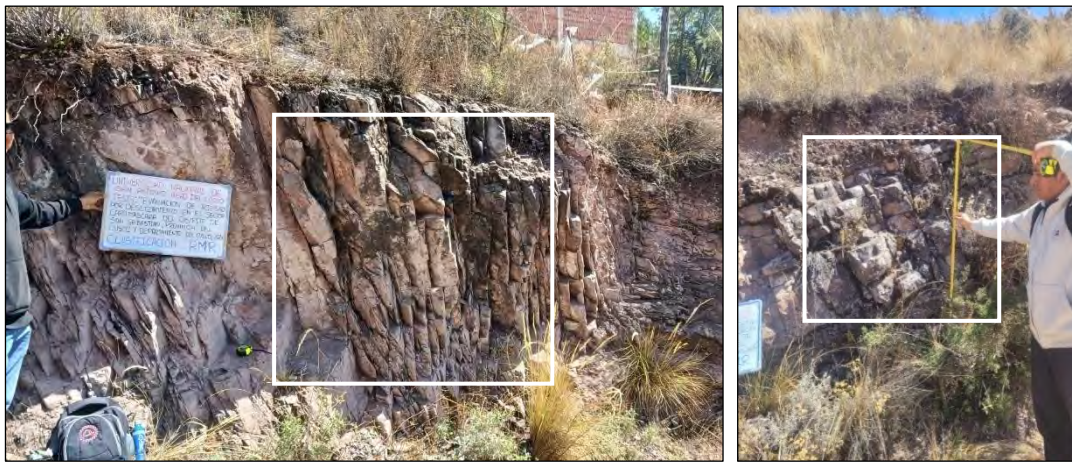
Nota. Imagen satelital adaptada de Google Earth

8.3. Mecánica de rocas

Se tomaron puntos representativos donde se proyectaron ventanas estructurales para la caracterización y valoración RMR del macizo rocoso para ello, se evaluó la condición y orientación de las discontinuidades (relleno, apertura, rugosidad, persistencia), y la condición favorable o desfavorable que estos representan para su aplicación en taludes.

Los resultados finales de este apartado sirvieron para hacer el análisis de estabilidad de taludes (software Slide 2.0) y con ellos conocer las zonas más susceptibles a deslizamientos.

Figura 50: Trazado de ventanas estructurales y caracterización del macizo rocoso



8.3.1. Análisis de discontinuidades del macizo rocoso

En el trazado de las ventanas estructurales se han evaluado las discontinuidades del macizo rocoso, para ello se ha tomado datos de rumbo y buzamiento de los planos de estratificación y diaclasas del macizo rocoso. Se hizo uso de la brújula, clinómetro y aplicativos móviles como el *CLINO* y *AVENZA*.

Los datos tomados nos permitirán conocer la tendencia y concentración de las discontinuidades y diaclasas en el macizo rocoso y con ello realizar un análisis cinemático de los tipos de fallas que se puedan producir (planar o en cuña) en el macizo rocoso por los cortes de ladera que se puedan realizar, de igual forma que las fallas locales, los datos tomados en el macizo rocoso fueron analizados mediante el software DIPS mediante el DIP y DIPDIRECTION.

8.3.1.1. Ventana estructural 1

En la ventana estructural 1 se ubicaron 3 familias de discontinuidades bien definidas, la dirección de estratificación presenta una tendencia de NE – SO con pendientes entre 22 y 25°.

Tabla 16: Datos de las familias de discontinuidades tomados en el punto 1

Punto 1					
Coordenadas UTM					
Este	184141.82 m E	Norte	8499202.41 m S		
Nº	Familia de discontinuidad	Rumbo	Azimut	Dip	Dipdirection
1	Primera	N 78° E	78°	23° SE	168°
2		N 75° E	75°	23° SE	165°
3		N 70° E	70°	22° SE	160°
4		N 68° E	68°	25° SE	158°
5		N 75° E	75°	25° SE	165°
6	Segunda	N 33° O	327°	85° NE	57°
7		N 24° O	334°	87° NE	64°
8		N 39° O	321°	90° NE	61°
9		N 46° O	314°	85° NE	44°
10		N 43° O	317°	87° NE	47°
11	Tercera	N 82° O	278°	69° SE	8°
12		S 86° O	266°	73° SE	356°
13		S 87° O	267°	74° SE	357°
14		S 81° O	261°	67° SE	351°
15		S 90° O	270°	63° S	360°

Figura 51: Familias de discontinuidades en el punto 1, los planos rojos representan a la familia 1 (principal), el color azul a la familia 2 y el color amarillo a la familia 3.



8.3.1.2. Ventana estructural 2

Esta ventana representa a la parte alta del ámbito de estudio y su principal familia presenta una dirección aproximada al E – O con pendientes entre 28 y 32°.

Tabla 17: Datos de las familias de discontinuidades tomados en el punto 2

Punto 2					
Coordenadas UTM					
Este	183631.63 m E	Norte	8499551.24 m S		
Nº	Familia de discontinuidad	Rumbo	Azimut	Dip	Dipdirection
1	Primera	N 80° E	80°	29 SE	170°
2		N 80° E	80°	28 SE	170°
3		N 85° E	82°	28 SE	172°
4		S 78° E	83°	32 SE	173°
5		S 80° E	78°	30 SE	168°
6	Segunda	N 87° O	273°	70 NE	3°
7		N 90° O	270°	68 NE	360°
8		S 88° O	268°	66 NE	358°
9		S 88° O	268°	68 NE	358°
10		N 90° O	270°	74 NE	360°
11	Tercera	S 32° E	148°	76 SO	238°
12		S 30° E	150°	72 SO	240°
13		S 32° E	148°	75 SO	238°
14		S 28° E	152°	72 SO	242°
15		S 30° E	150°	70 SO	240°

Figura 52: Familias de discontinuidades en el punto 2, los planos rojos representan a la familia 1 (principal), el color azul a la familia 2 y el color amarillo a la familia 3.



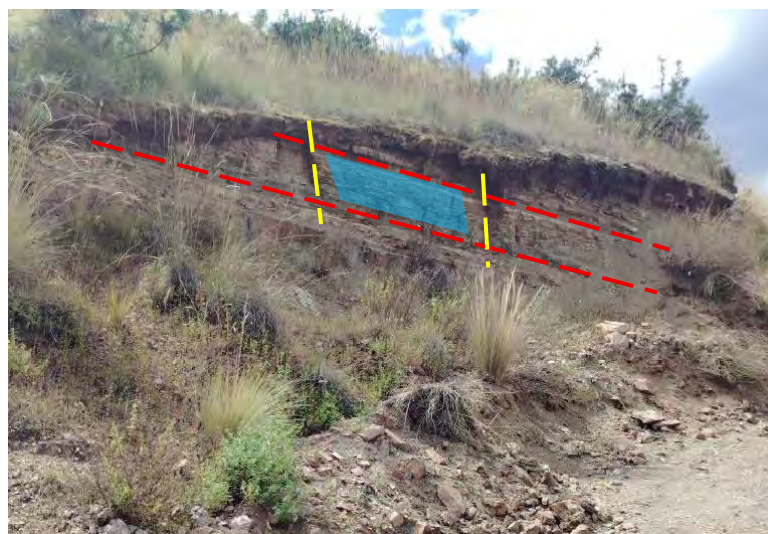
8.3.1.3. Ventana estructural 3

Esta ventana representa a la zona con menos viviendas de la zona, se ubicaron una intercalación de areniscas con lutitas con notable estratificación la que representa a la familia 1, esta tiene un rumbo aproximado al E – O y una pendiente entre 22 y 28°.

Tabla 18: Datos de las familias de discontinuidades tomados en el punto 3

Punto 3					
Coordenadas UTM					
Este	183949.24 m E	Norte	8499742.90 m S		
Nº	Familia de discontinuidad	Rumbo	Azimut	Dip	Dipdirection
1	Primera	N 80° E	80°	24 SE	170°
2		N 82° E	82°	24 SE	172°
3		N 80° E	80°	28 SE	170°
4		N 78° E	78°	22 SE	168°
5		N 82° E	82°	22 SE	172°
6	Segunda	N 81° O	81°	90 SE	171°
7		N 80° O	80°	88 SE	170°
8		N 85° O	85°	89 SE	175°
9		N 85° O	85°	90 SE	175°
10		N 81° O	81°	88 SE	171°
11	Tercera	S 11° E	169°	75 SO	259°
12		S 8° E	172°	72 SO	262°
13		S 10° E	170°	75 SO	260°
14		S 12° E	168°	70 SO	258°
15		S 12° E	168°	77 SO	258°

Figura 53: Familias de discontinuidades en el punto 3, los planos rojos representan a la familia 1 (principal), el color azul a la familia 2 y el color amarillo a la familia 3.



8.3.1.4. Ventana estructural 4

De igual forma se identificó 3 familias de discontinuidades, nótese en la figura 54 la intersección entre la familia 1 y 3 formando así una cuña en forma de V, la familia principal al igual que las otras ventanas presenta una dirección NE – SO, pero la pendiente en esta es mucho mayor, sobrepasando los 68°, esta ventana estructural representa a la APV Los Girasoles.

Tabla 19: Datos de las familias de discontinuidades tomados en el punto 4

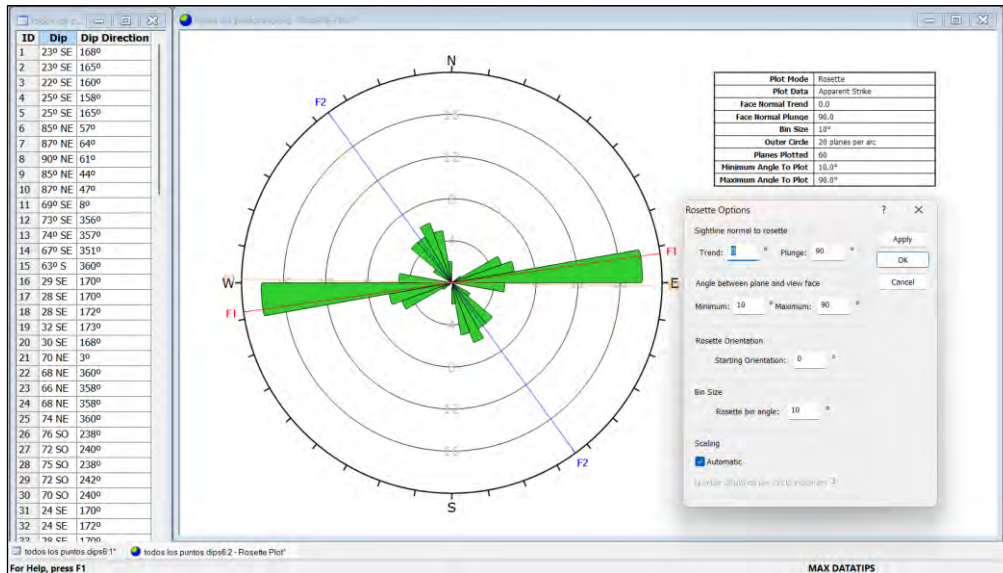
Punto 4					
Coordenadas UTM					
Este	184141.28 m E	Norte	8500077.85 m S		
Nº	Familia de discontinuidad	Rumbo	Azimut	Dip	Dipdirection
1	Primera	N 65° E	65°	68 SE	155°
2		N 63° E	63°	74 SE	153°
3		N 65° E	65°	74 SE	155°
4		N 62° E	62°	75 SE	152°
5		N 58° E	58°	69 SE	148°
6	Segunda	S 53° O	127°	48 SO	217°
7		S 46° O	132°	45 SO	224°
8		S 50° O	125°	45 SO	220°
9		S 48° O	128°	49 SO	222°
10		S 52° O	128°	46 SO	218°
11	Tercera	S 35° O	145°	43 SO	235°
12		S 17° O	163°	41 SO	253°
13		S 20° O	160°	42 SO	250°
14		S 22° O	158°	40 SO	248°
15		S 32° O	148°	40 SO	238°

Figura 54: Familias de discontinuidades en el punto 4, se observan los planos de la familia 1 (rojo), familia 2 (azul) y familia 3 (amarillo)



Todos los datos de rumbo y buzamiento de las familias de discontinuidades del macizo rocoso se convirtieron a DIP y DIPDIRECTION y con ayuda del software DIPS se tuvo una roseta de viento (ver figura 55)

Figura 55: Roseta de viento representativa de las familias de discontinuidades del macizo rocoso

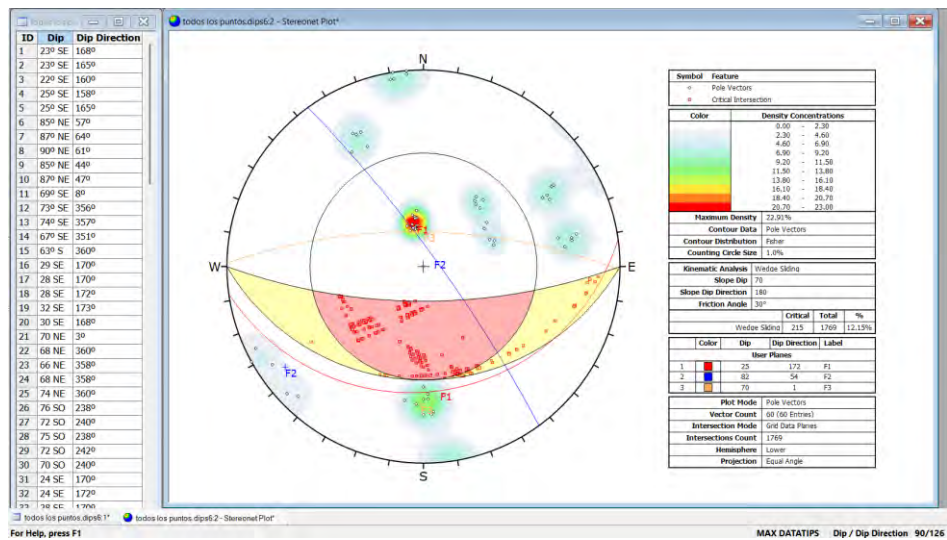
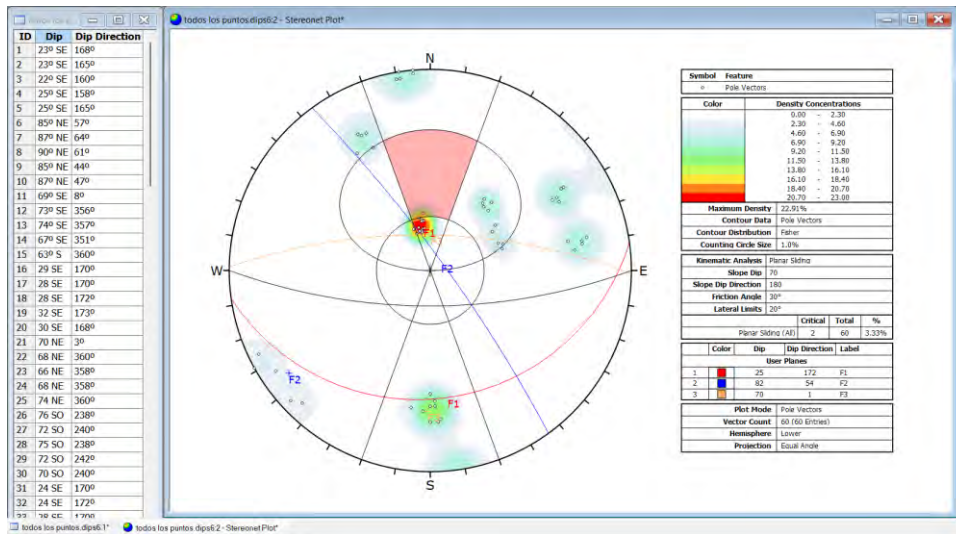


Las familias 1 y 3 presentan una tendencia de dirección cercana al E – O, pero con buzamientos contrarios, mientras que la familia 2 presenta una tendencia de dirección NO- SE.

Como se mencionó anteriormente estos datos son importantes ya que nos permiten realizar un análisis cinemático de las posibles fallas que pudiesen presentarse en la zona; mediante la herramienta “Kinematic Analysis” del software Slide 2D podemos observar que las fallas de tipo planar y de cuña son las de mayor probabilidad de ocurrencia. Ello se debe a que la estratificación del macizo rocoso en la mayor parte de la zona se encuentra a favor de la pendiente de la ladera en dirección E – O.

Los cortes de ladera favorecen la ocurrencia de deslizamientos, ya que se forman nuevos planos en forma de taludes a favor de la pendiente de la ladera, es decir, a mayores cortes en laderas de direcciones aproximadas al E – O se tendrán más planos críticos de deslizamiento planar o en cuña.

Figura 56: Análisis cinemático de fallas de tipo planar (a) y de cuña (b).



Como ya se tiene la tendencia de rumbo y buzamiento del macizo rocoso de la zona se utilizaron estos datos para realizar la valoración RMR.

8.3.2. Ensayos ejecutados

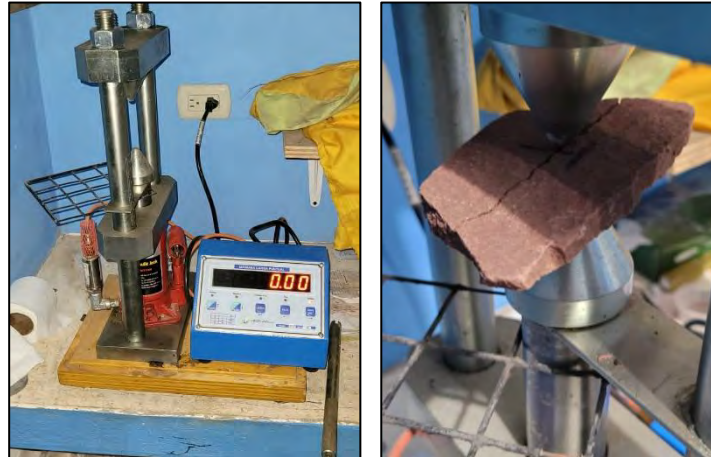
- **Ensayo de carga puntual – Norma ASTM D5731-95**

Según Broch, E. & Franklin, J. A. (1972), el ensayo de carga puntual es un método indirecto utilizado para estimar la resistencia mecánica de rocas, basado en la aplicación de una carga concentrada entre dos puntas opuestas hasta provocar la rotura del espécimen. Este valor se transforma en una aproximación de la UCS, en función del diámetro de la muestra. Entre

sus ventajas destacan la posibilidad de utilizar muestras de forma irregular sin necesidad de preparación previa y la portabilidad del equipo.

Para este ensayo se extrajo una muestra representativa de cada ventana estructural.

Figura 57: Equipo utilizado para el ensayo de carga puntual



- **Grado de fracturamiento (RQD)**

Este es uno de los parámetros evaluados para obtener la valoración RMR.

El índice RQD (Rock Quality Designation) fue desarrollado por Deere entre 1963 y 1967, se evalúan los testigos con una longitud mayor a 10 cm en su eje y se define con la siguiente formula:

$$RQD = \frac{\sum \text{Piezas de cores } > 10 \text{ cm}}{\text{Longitud total de la perforación}} \times 100$$

Para hallar este índice no se consideran a los testigos que presenten roturas frescas. El resultado de esta ecuación es expresado en porcentaje y a mayor sea este, mejor será la calidad de la roca (ver tabla 20).

Tabla 20: Evaluación de la calidad del macizo rocoso según su índice RQD

Índice de calidad RQD (%)	Calidad	Valoración
0 - 25	Muy mala	3
25 - 50	Mala	8
50 - 75	Regular	13
75 - 90	Buena	17
90 - 100	Excelente	20

Fuente: (Deere, 1963)

- **Peso específico – Norma ASTM D6473**

Este ensayo es necesario para considerarlo en el análisis de estabilidad de taludes (Slide 2.0) y para hallarlo primero es necesario conocer la densidad de la roca intacta a evaluar, la cual la conocemos con la siguiente formula:

$$\rho = \frac{W}{V \cdot g}$$

Donde:

W: Masa de la roca intacta

V: Volumen de la roca

g: Gravedad

Una vez conocida la densidad (ρ) se halla el peso específico (γ) de la roca con la siguiente formula:

$$\gamma = \rho \cdot g$$

Donde:

ρ : Densidad de la roca

g: Gravedad

8.3.3. Valoración RMR del macizo rocoso

Según (Bieniawski, 1989) “El sistema RMR de Bieniawski proporciona una evaluación cuantitativa de la calidad del macizo rocoso, basada en parámetros medibles en campo y laboratorio, con el fin de predecir su comportamiento y orientar el diseño de excavaciones subterráneas y taludes”. El propósito del RMR (Rock Mass Rating) es estimar la calidad del macizo rocoso “in situ” para aplicaciones de ingeniería: túneles, taludes, cimentaciones, minería, etc. El resultado es un índice RMR que varía de 0 a ~100, donde valores más altos indican mejor calidad del macizo rocoso.

Según Bieniawski (1989), el índice RMR se calcula sumando los valores asignados a seis parámetros principales:

1. Resistencia de la roca intacta (Uniaxial Compressive Strength, UCS).
2. RQD (Rock Quality Designation).
3. Espaciamiento de discontinuidades.
4. Condición de las discontinuidades (persistencia, apertura, rugosidad, relleno, alteración).
5. Condiciones de agua subterránea.
6. Orientación de discontinuidades respecto a la excavación (factor de ajuste).

La fórmula general del RMR se puede expresar como:

$$RMR = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_6$$

Donde:

- R_1 = puntuación asignada a la resistencia intacta de roca (UCS)
- R_2 = puntuación para RQD
- R_3 = puntuación para el espaciamiento de discontinuidades
- R_4 = puntuación para la condición de discontinuidades
- R_5 = puntuación por condiciones de agua
- R_6 = ajuste por orientación de discontinuidades.

El resultado obtenido será de 0 a 100 y de acuerdo con Bieniawski (1989, 1993) el valor indica la calidad del macizo rocoso como se muestra en la tabla 21.

Tabla 21: Calidad del macizo rocoso según puntuación de su RMR

RMR	Clase	Calidad del macizo
81 – 100	I	Muy buena roca
61 – 80	II	Buena roca
41 – 60	III	Roca regular
21 – 40	IV	Roca mala
0 – 20	V	Roca muy mala

Fuente: Bieniawski (1989, 1993)

Tabla 22: Formato utilizado para la valoración del macizo rocoso

VALORACIÓN DEL MACIZO ROCOSO (1989)								
CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA DE BIENIAWSKI - RMR								
Litología : Arenisca								
Proyecto: EVALUACIÓN DE RIESGO POR DESLIZAMIENTO EN EL SECTOR CARAMASCARA DEL DISTRITO DE SAN SEBASTIAN, PROVINCIA DEL CUSCO Y DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2024								
Ubicación: SAN SEBASTIAN - CUSCO - CUSCO								
Realizado: ACHIRCANO VELASQUEZ, ANGEL RODRIGO - CHALLCO HALANOCCA, JHON ROMARIO								
Fecha: 01-jun-25								
A. PARAMETROS DE CLASIFICACIÓN Y SUS VALORACIONES								
Parámetro		Rango de valores						
1	Resistencia de la roca intacta	Índice de carga puntual	> 10 Mpa	4 - 10 Mpa	2 - 4 Mpa	1 - 2 Mpa	Para valores menores, es preferible el ensayo de compresión uniaxial	
		Resistencia a la compresión uniaxial	> 250 Mpa	100 - 250 Mpa	50 - 100 Mpa	25 - 50 Mpa	5 - 25 Mpa 1 - 5 Mpa < 1 Mpa	
	Puntaje	15	12	7	4	2	1	
	Valoración:						1	
2	Calidad del testigo de perforación (RQD)	90 - 100 % Excelente	75 - 90 % Buena	50 - 75 % Regular	25 - 50 % Pobre	< 25 % Muy pobre		
		Puntaje	20	17	13	8	3	
Valoración:						3		
3	Espaciamiento de discontinuidades	> 2 m	0.6 - 2 m	0.2 - 0.6 m	0.06 - 0.2 m	< 0.06 m		
		Puntaje	20	15	10	8	5	
Valoración:						5		
4	Condición de las discontinuidades	Persistencia	< 1 m	1 - 3 m	3 - 10 m	10 - 20 m	> 20 m	
		Puntaje	6	4	2	1	0	
		Valoración:						6
		Apertura	Ninguno	< 0.1 mm	0.1 - 1.0 mm	1 - 5 mm	> 5 mm	
		Puntaje	6	5	4	1	0	
		Valoración:						6
		ESCOGER UNA RUGOSIDAD						
		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente rugosa	Lisa	Superficie pulida	
		Puntaje	VR	R	SR	S	SK	
		Valoración:						FALSO
		ESCOGER UN GRADO DE METEORIZACIÓN						
		Repleno	Ninguno	Duro < 5 mm	Duro > 5 mm	Blando < 5 mm	Blando > 5 mm	
Puntaje	6	4	2	2	0			
Valoración:						6		
Meteorización	No intemperizada	Ligeramente intemperizada	Moderadamente intemperizada	Altamente intemperizada	Completamente intemperizada			
Puntaje	UW	SW	MW	HW	CW			
Valoración:						FALSO		
ESCOGER UNA CONDICIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA								
5	Agua subterránea	Flujo por 10 m de longitud en túnel (l/m)	Ninguno	< 10	10 - 25	25 - 125	> 125	
		Presión de agua / esfuerzo principal máximo	0	< 0.1	0.1 - 0.2	0.2 - 0.5	> 0.5	
		Condición general	Completamente seca	Húmeda	Mojada	Goteo	Flujo	
		Puntaje	CD	DM	WT	DP	FW	
Valoración:						FALSO		
B. AJUSTE DE LA VALORACIÓN POR ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES								
Parámetro		Tipo de trabajo:				Orientación:		
		Muy favorable VF	Favorable FV	Regular FR	Desfavorable UF	Muy desfavorable VU		
Valoraciones	Túneles y minas (T)	0	-2	-5	-10	-12		
	Cimentaciones (F)	0	-2	-7	-15	-25		
	Taludes (S)	0	-5	-25	-50	-60		
ESCOGER UNA OPCIÓN EN CADA LISTA						Valoración: FALSO		
C. CLASE DE MASA ROCOSA DETERMINADAS POR LAS VALORACIONES TOTALES								
Valoración	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	< 21			
Número de clase	I	II	III	IV	V			
Descripción	Roca muy buena	Roca buena	Roca regular	Roca mala	Roca muy mala			
Número de clase: IV						Clase de macizo rocoso: Roca mala		
VALOR DE RMR								
RMR básico						: 27		
RMR ajustado						: 27		
RMRs (Condiciones secas y muy favorables)						: 42		
Cohesión (C)						: 135 Kpa		
Ángulo de fricción interna (°)						: 19°		

8.3.3.1. Correlación RMR con cohesión (C) y ángulo de fricción interna (°)

Luego de obtenidos los valores de RMR ajustados se hizo la correlación con cohesión (C) y ángulo de fricción interna (°), mismos que fueron necesarios para evaluar la estabilidad de taludes en el software Slide 2.0.

Bieniawski (1976, 1989) propuso que el RMR se puede usar para estimar propiedades mecánicas como la resistencia a compresión simple, el módulo de deformación y, en forma indirecta, los parámetros de corte. Bieniawski (1989) sugiere los siguientes valores de Cohesión (MPa) y Ángulo de fricción interna ϕ ($^{\circ}$) según el RMR:

Tabla 23: Parámetros de diseño y propiedades de ingeniería del macizo rocoso

RMR (ajustado)	Calidad del macizo	ϕ ($^{\circ}$) aproximado	Cohesión (MPa) aproximada
0–20	Muy mala	<15 $^{\circ}$	<0.1
21–40	Mala	15–25 $^{\circ}$	0.1–0.2
41–60	Regular	25–35 $^{\circ}$	0.2–0.3
61–80	Buena	35–45 $^{\circ}$	0.3–0.4
81–100	Muy buena	>45 $^{\circ}$	>0.4

Fuente: Bieniawski, 1989.

8.3.3.2. Resultados obtenidos de valoración RMR

Para la valoración del macizo rocoso se utilizó la tabla Excel antes mencionada, en ella se introdujeron el puntaje correspondiente para cada parámetro y de forma automática se obtuvo el RMR para cada roca (ver anexo 1),

Tabla 24: Resultados RMR del macizo rocoso

Ventana estructural	1	2	3	4
Carga puntual (Mpa)	25	40	58	60
RMR básico	58	66	59	68
RMR ajustado	33	41	34	43
RMR89 (Condiciones secas y muy favorables)	58	66	59	68
Número de clase	IV	III	IV	III
Clase de macizo rocoso	Roca mala	Roca regular	Roca mala	Roca regular
Cohesión (C)*	290 Kpa	330 Kpa	295 Kpa	340 Kpa
Ángulo de fricción interna ($^{\circ}$)*	22	26	22	27
Peso específico (γ) (kN/m ³)	23	25	23	25.5

Nota: Los valores de Cohesión y Ángulo de fricción interna ($^{\circ}$) fueron estimados a partir de correlaciones empíricas según (Bieniawski, 1989; Hoek & Brown, 1997)

8.4. Mecánica de suelos

Para la recolección de muestras de suelos se han realizado calicatas y se han aprovechado los cortes de ladera realizados por los pobladores de la zona (ver figura 58). Dichos cortes permitieron observar de mejor forma el material existente en su estado natural, además que a partir de estos se elaboraron los perfiles estratigráficos correspondientes.

Además los resultados finales de este apartado, al igual que en mecánica de rocas, sirvieron para realizar la simulación en el software Slide 2.0 y con ello obtener el factor de seguridad, mismo que es necesario para conocer las zonas más susceptibles a deslizamientos.

Figura 58: Extracción de muestras de suelo en calicatas y cortes de ladera



Para la ejecución de los ensayos en suelos se han extraído cuatro muestras alteradas de litologías diferentes (ver figura 49), estas se ubican en las siguientes coordenadas:

Tabla 25: Coordenadas UTM de muestras de suelo extraídas

Calicata / muestra	Coordenadas		
	Norte	Este	Altitud (m.s.n.m)
C - 1	8499118	184238	3336
C - 2	8499452	184278	3324
C - 3	8499909	184268	3382
C - 4	8499870	184317	3359

8.4.1. Equipos utilizados

Los equipos y materiales utilizados en los ensayos de mecánica de suelos fueron:

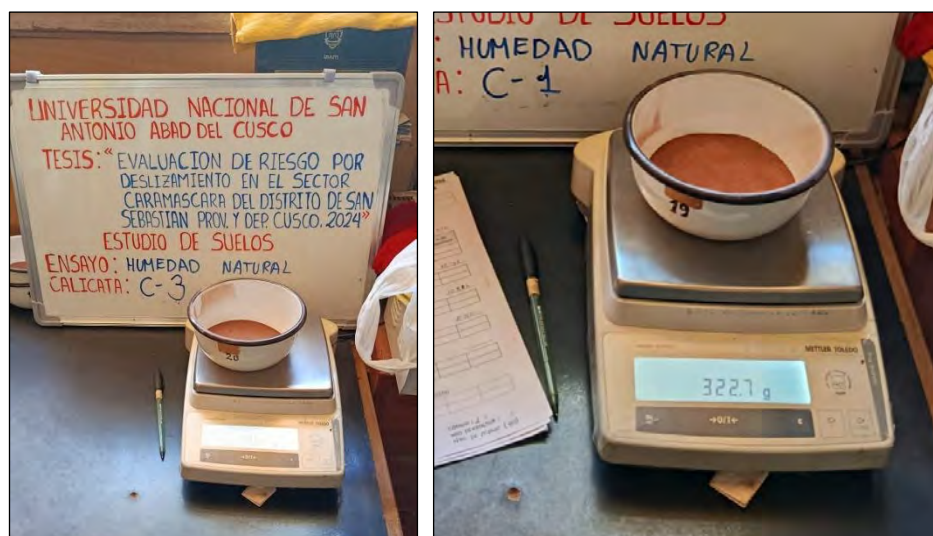
- Capsulas para recolección de muestras
- Balanza electrónica gramera
- Aparato de Casagrande
- Acalanador
- Vidrio esmerilado
- Juego de tamices (2, 1 ½, ¾, 3/8, 4, 8, 16, 30, 50, 100, 200)
- Malla 200 para lavado

8.4.2. Ensayos ejecutados

- **Ensayo de contenido de humedad - Norma ASTM D-2216**

Das (2010) menciona que el ensayo de contenido de humedad consiste en determinar la proporción de agua presente en un suelo o roca mediante la relación entre el peso del agua y el peso del material seco, siendo un parámetro fundamental para evaluar el comportamiento mecánico y volumétrico del suelo. El propósito es evaluar las variaciones de humedad en el terreno de cimentación y, además, identificar la posible presencia de napa freática.

Figura 59: Extracción de muestras de suelo en calicatas y cortes de ladera



- **Ensayo de limite liquido (LL) Norma: ASTM D-4318**

Casagrande (1932) define al límite líquido como la representación del contenido de humedad a partir del cual un suelo fino pasa del estado plástico al estado líquido, determinándose experimentalmente mediante el número de golpes necesarios para cerrar una ranura estándar en una muestra de suelo. Este ensayo al igual que el límite plástico se utiliza para clasificar los suelos mediante el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS)

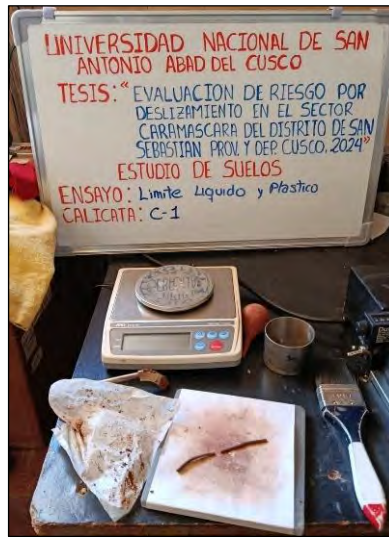
Figura 60: Cuchara de Casagrande y ensayo de limite liquido



- **Ensayo de limite plástico (LP) - Norma ASTM D-4318**

De acuerdo con Terzaghi y Peck (1967), el límite plástico corresponde al contenido de humedad mínimo en el cual un suelo puede ser deformado sin agrietarse, identificándose cuando los cilindros de suelo se fracturan al alcanzar un diámetro aproximado de 3 mm. El procedimiento consiste en colocar una pequeña muestra húmeda de suelo en un vidrio esmerilado y con ayuda de las manos se forma un cilindro de 3 mm similar a un “rollito” hasta que la muestra comienza a agrietarse.

Figura 61: Ensayo de límite plástico



▪ **Ensayo de análisis granulométrico - Norma: ASTM D-422**

Según Bowles (1996), el análisis granulométrico es un procedimiento de laboratorio que permite determinar la distribución del tamaño de partículas de un suelo, información esencial para su clasificación y para predecir su comportamiento ingenieril. Según la Norma: ASTM D-422 (2002), la muestra se somete a un proceso de tamizado utilizando una serie de mallas estandarizadas ordenadas de mayor a menor apertura. Previamente, el suelo debe ser hidratado y lavado a través del tamiz N° 200, para luego proceder a su secado antes del tamizado final.

Figura 62: Serie de tamices para el ensayo de granulometría



- **Ensayo de corte directo**

Según (Juárez Badillo & Rico Rodríguez, 1998) “El ensayo de corte directo consiste en someter una muestra de suelo a esfuerzos normales y tangenciales hasta producir la falla, con el fin de obtener sus parámetros de resistencia al corte: cohesión y ángulo de fricción interna.”

Este ensayo nos permite saber qué tanta resistencia ofrece un suelo cuando tratamos de cortarlo o deslizarlo. La muestra de suelo se coloca dentro de una caja que está dividida en dos mitades. Primero se aplica una carga vertical (normal) que simula el peso que tendría el suelo en el campo. Luego, una de las mitades de la caja se mueve horizontalmente, generando un esfuerzo cortante en la muestra.

Al aumentar poco a poco ese esfuerzo, llega un momento en que el suelo falla o se desliza, y ese punto nos da los valores necesarios para calcular sus parámetros de resistencia:

- **Cohesión (c)** → la parte de la resistencia que se debe a la unión entre las partículas.
- **Ángulo de fricción interna (ϕ)** → la parte de la resistencia que se debe al rozamiento entre las partículas.

Los valores del ángulo de fricción interna (ϕ) varían según la textura y densidad relativa del suelo. En general, las arenas y gravas bien compactadas presentan ϕ entre 35° y 45° , mientras que las arcillas plásticas y suelos orgánicos muestran valores menores a 25° (Terzaghi & Peck, 1967; NAVFAC DM-7.01, 1986).

Figura 63: Equipo de corte directo



8.4.3. Resultados obtenidos del estudio de mecánica de suelos

En el anexo 2 observamos las hojas de cálculo realizadas en el software Excel con los valores, gráficos y resultados obtenidos en cada ensayo ejecutado en las muestras de suelo.

8.4.3.1. C – 1

La calicata C – 1 representa a los suelos aluviales del ámbito de estudio, donde se han encontrado clastos angulosos y semiredondeados de areniscas en una matriz limo arcillosa de coloración marrón rojiza.

▪ Perfil estratigráfico

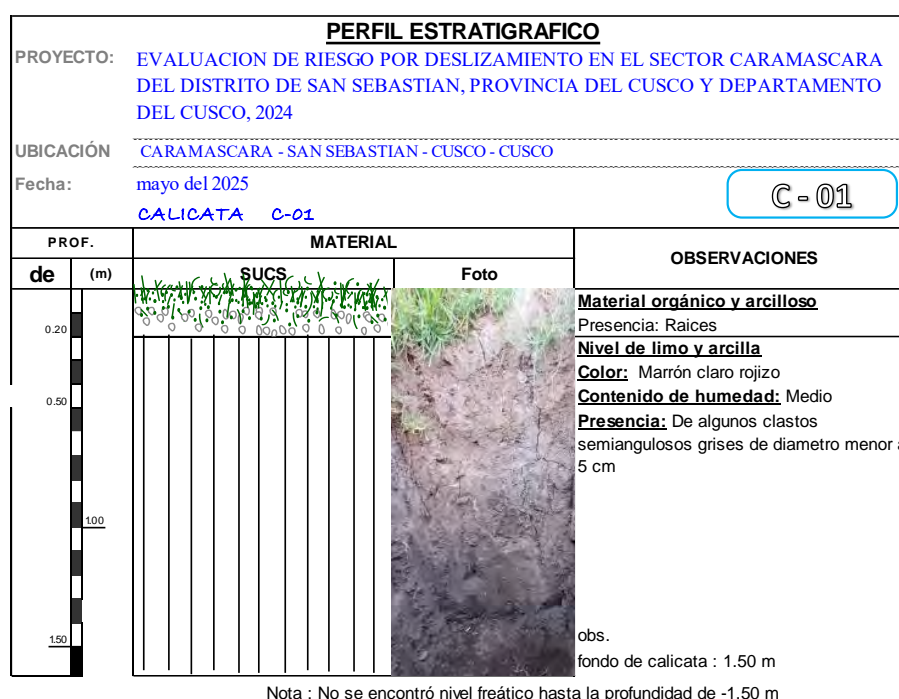


Tabla 26: Resultados de ensayo de laboratorio de la calicata C - 1

CALICATA C – 1		Muestra C - 1
		Profundidad: 1.5 m
Análisis granulométrico	Grava (%)	16.50
	Arena (%)	47.81
	Finos (%)	35.68
Límites de consistencia	Límite Líquido (LL)	22.00
	Límite Plástico (LP)	15.00
	Índice de plasticidad	7.00
Ensayos de estado	Humedad (%)	4.32 %
Clasificación	S.U.C.S.	SC – SM: Arena limosa arcillosa con grava
Parámetros específicos	Angulo de fricción	27° 21' 32"
	Cohesión	0.05 kg/cm ² (4.9 Kpa)
	Peso específico	1.57 gr/cm ³

8.4.3.2. C – 2

La calicata C – 2 representa a la formación San Sebastián, donde se tiene una intercalación de arenas, gravas y arcillas.

▪ Perfil estratigráfico

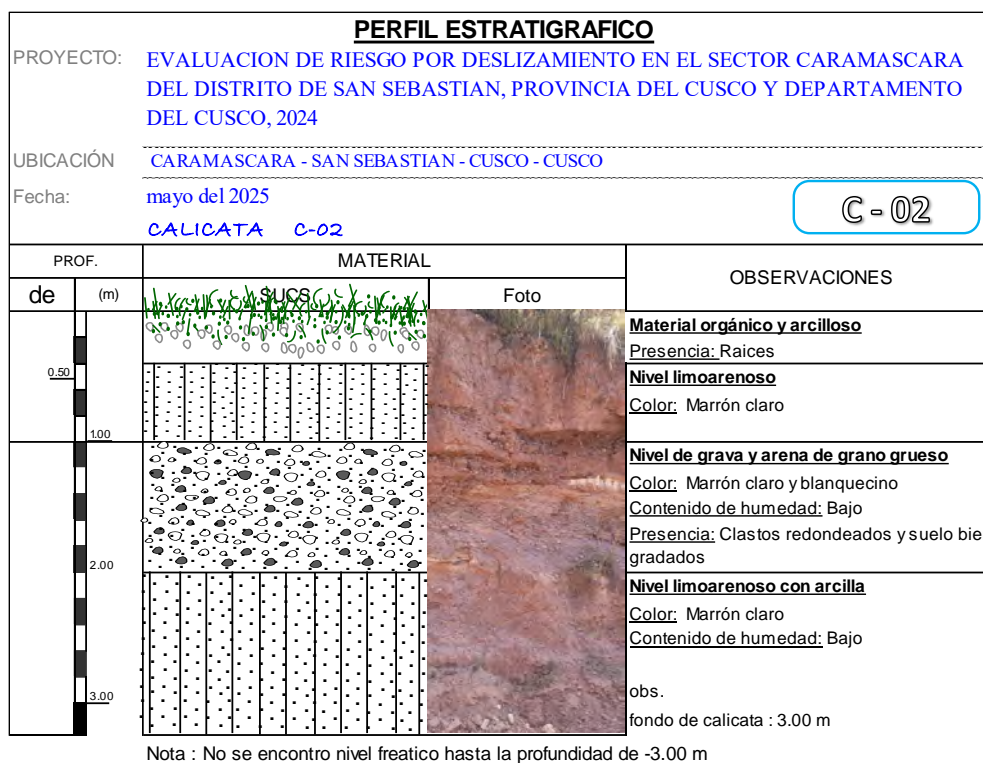


Tabla 27: Resultados de ensayo de laboratorio de la calicata C - 1

CALICATA C – 2		Muestra C - 2
		Profundidad: 3.0 m
Análisis granulométrico	Grava (%)	9.62
	Arena (%)	58.80
	Finos (%)	31.57
Límites de consistencia	Límite Líquido (LL)	41.00
	Límite Plástico (LP)	25.00
	Índice de plasticidad	16.00
Ensayos de estado	Humedad (%)	2.40 %
Clasificación	S.U.C.S.	SC Arena arcillosa
Parámetros específicos	Angulo de fricción	27° 02' 27"
	Cohesión	0.13 kg/cm ²
	Peso específico	1.85 gr/cm ³

8.4.3.3. C – 3

La calicata C – 3 representa a los depósitos coluviales del ámbito de estudio, donde se han ubicado fragmentos angulosos de areniscas de la Formación Kayra en una matriz arcillosa

▪ Perfil estratigráfico



Tabla 28: Resultados de ensayo de laboratorio de la calicata C - 3

CALICATA C – 3		Muestra C - 3
		Profundidad: 3.0 m
Análisis granulométrico	Grava (%)	56.46
	Arena (%)	26.41
	Finos (%)	17.13
Límites de consistencia	Límite Líquido (LL)	41.00
	Límite Plástico (LP)	18.00
	Índice de plasticidad	23.00
Ensayos de estado	Humedad (%)	2.20%
Clasificación	S.U.C.S.	GC
		Grava arcillosa con arena
Parámetros específicos	Angulo de fricción	35° 20' 06"
	Cohesión	0.02 kg/cm ²
	Peso específico	2.07 gr/cm ³

8.4.3.4. C – 4

La calicata C – 3 representa a los depósitos eluviales, estos corresponden a la parte más recientemente erosionada de la roca madre, dadas las condiciones de gravedad y precipitaciones este nivel se ubica en la parte baja de las montañas rocosas.

▪ Perfil estratigráfico

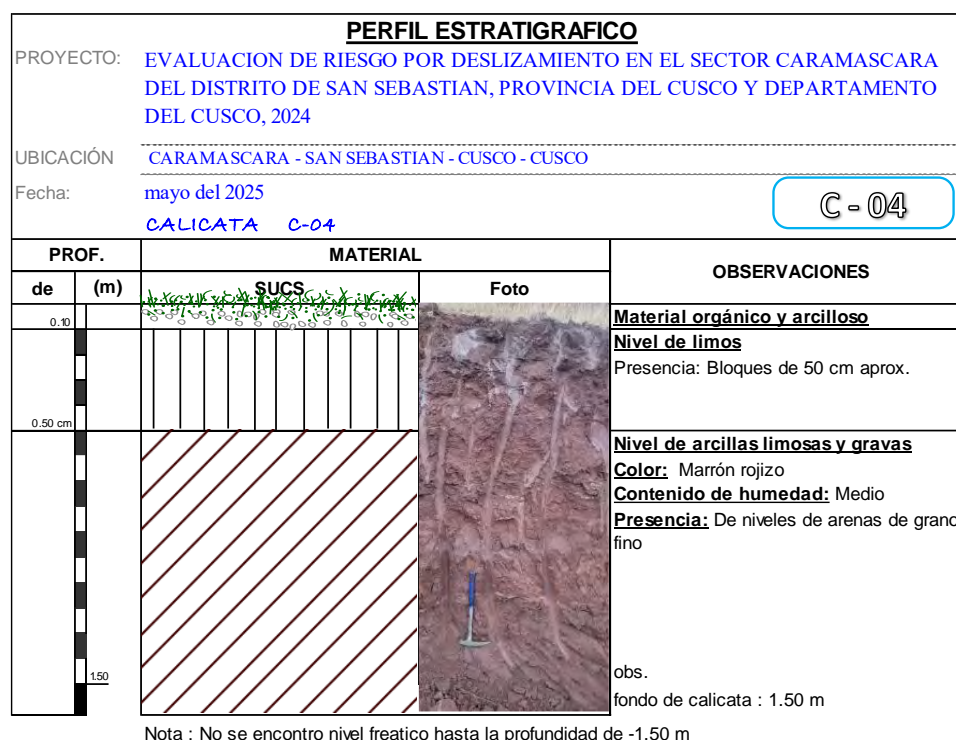


Tabla 29: Resultados de ensayo de laboratorio de la calicata C - 4

CALICATA C – 4		Muestra C - 4
		Profundidad: 1.5 m
Análisis granulométrico	Grava (%)	12.72
	Arena (%)	28.53
	Finos (%)	58.75
Límites de consistencia	Límite Líquido (LL)	19.00
	Límite Plástico (LP)	12.00
	Índice de plasticidad	7.00
Ensayos de estado	Humedad (%)	10.59%
Clasificación	S.U.C.S.	CL – ML Arcilla limosa de baja plasticidad con arena
Parámetros específicos	Angulo de fricción	21° 27' 39"
	Cohesión	0.10 kg/cm ²
	Peso específico	1.81 gr/cm ³

8.4.4. Factor de seguridad – Simulación software Slide 2D

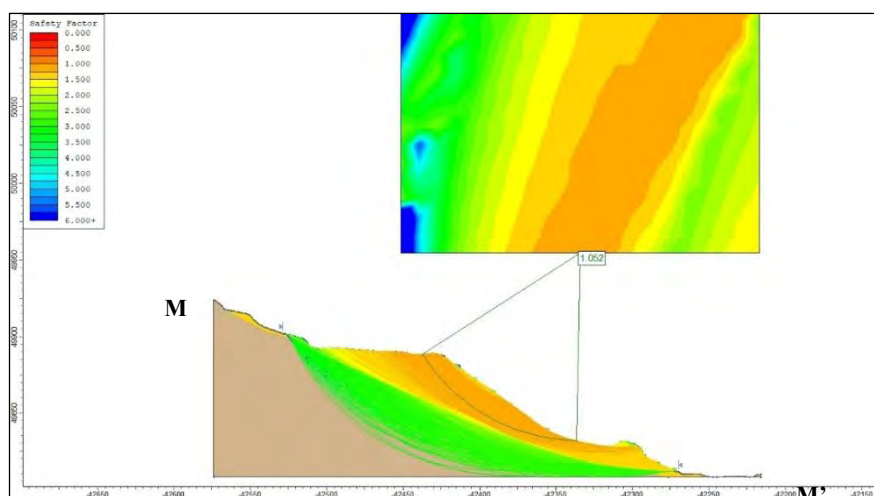
El factor de seguridad (FS) es un parámetro adimensional que expresa la relación entre las fuerzas o momentos resistentes al deslizamiento y las fuerzas o momentos que lo inducen. Su valor permite evaluar el grado de estabilidad de una ladera o talud: cuando $FS > 1$, la masa de suelo se considera estable; cuando $FS = 1$, se encuentra en equilibrio límite; y cuando $FS < 1$, se espera la falla del talud (Terzaghi et al., 1996; Duncan & Wright, 2005; Huang, 2014).

Para simular los deslizamientos y por ende hallar el factor de seguridad (FS) en los taludes más susceptibles a deslizamientos en el sector Caramascara se hizo uso del Slide 2D, este software obtiene el valor del FS reduciendo progresivamente los parámetros de resistencia al corte del suelo, cohesión (c) y ángulo de fricción interna (ϕ), hasta alcanzar el equilibrio límite (Rocscience Inc., 2022). Los valores de cohesión (c), ángulo de fricción interna (ϕ) y peso específico se obtuvieron mediante los ensayos de mecánica de rocas y mecánica de suelos.

Se plantearon tres simulaciones, de las cuales dos de ellas se realizaron en plataformas de relleno y la tercera en un suelo de litología eluvial sobre un coluvial. El método utilizado en el software es el de Bishop simplificado en condiciones estáticas. El criterio de rotura utilizado para suelos fue el de Mohr Coulomb, y para rocas el anisotrópico.

8.4.4.1. Escenario 1

Figura 64: Escenario 1 de simulación de deslizamiento en el software Slide 2D



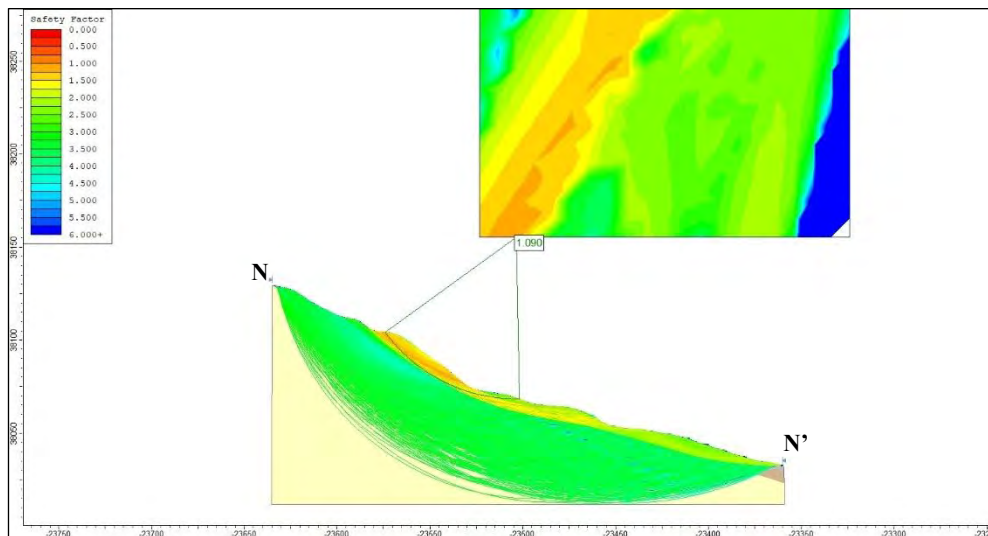
La primera simulación se realizó en un depósito de relleno ubicado entre la APV. Korikanto y APV. Virgen Asunta, esta arroja un factor de seguridad de 1.052, lo cual corresponde a un estado de equilibrio límite o estabilidad marginal.

La superficie crítica de falla se desarrolla en la zona media-baja del talud, con predominancia de colores anaranjados y amarillos, lo que confirma que el margen de seguridad es mínimo.

Este valor sugiere que pequeñas variaciones en la resistencia al corte (por humedad o pérdida de cohesión) podrían reducir rápidamente la estabilidad. Por tanto, el talud requiere medidas de estabilización o drenaje para incrementar su FS a valores superiores a 1.3, que se consideran seguros según recomendaciones de Duncan y Wright (2005).

8.4.4.2. Escenario 2

Figura 65: Escenario 2 de simulación de deslizamiento en el software Slide 2D

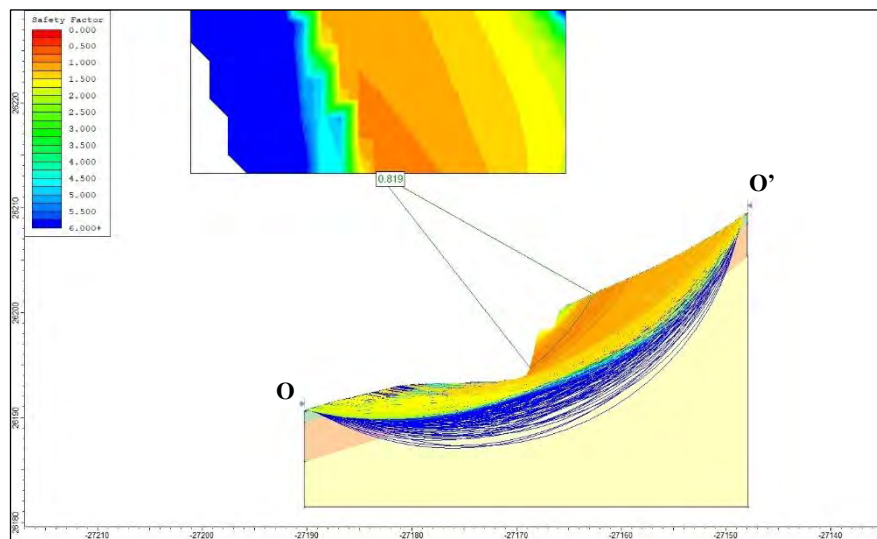


En el segundo escenario de igual forma se trazó el perfil en un depósito de relleno de menores proporciones donde se obtuvo un factor de seguridad de 1.090, valor ligeramente superior a la unidad, lo cual indica que el talud se encuentra en equilibrio límite. En este caso, las fuerzas resistentes y las fuerzas deslizantes son prácticamente equivalentes, por lo que el talud presenta una estabilidad marginal.

En el mapa de contornos se observan zonas amarillas y verdes, que representan una transición entre estabilidad e inestabilidad, especialmente hacia la parte central del talud. Este tipo de resultado sugiere que el talud podría mantenerse estable bajo condiciones estáticas, pero sería susceptible al colapso si se presentan lluvias intensas, sismos o saturación del terreno.

8.4.4.3. Escenario 3

Figura 66: Escenario 3 de simulación de deslizamiento en el software Slide 2D



En el tercer escenario se planteó un talud producto de un corte de ladera de aproximadamente 6 metros de altura como los que se realizarían para la cimentación de una vivienda, este se ubica sobre un depósito eluvial sobre coluviales muy característicos del sector Caramascara, en esta se obtuvo un factor de seguridad de 0.819, valor que se encuentra por debajo del umbral de estabilidad ($FS < 1.0$). Este resultado indica que el talud se encuentra en condición de falla o inestabilidad crítica, lo que significa que las fuerzas deslizantes superan a las fuerzas resistentes.

El contorno de colores muestra predominancia de tonos rojos y anaranjados en la superficie potencial de falla, evidenciando altas tensiones y desplazamientos probables en la parte media e inferior del talud. Esta condición sugiere la posibilidad de un deslizamiento activo o inminente, especialmente si existen factores externos como infiltración de agua o sobrecargas.

8.4.5. Geofísica

8.4.5.1. Refracción sísmica

Según (Telford et al., 1990) se describe la refracción sísmica como un método clásico para explorar estructuras geológicas mediante los primeros arribos de las ondas P, fruto de disparos controlados, para determinar velocidades y discontinuidades.

Este método geofísico consiste en generar ondas sísmicas artificiales (generalmente con martillos, explosivos u otras fuentes de impacto), registrar sus tiempos de llegada a través de geófonos situados en la superficie, y usar estos tiempos para determinar la estructura del subsuelo: las velocidades de propagación de las ondas P, la profundidad y geometría de los estratos, y las propiedades físicas (densidad, elasticidad) de las distintas formaciones.

Este método se basa en la ley de refracción de Snell en medios elásticos estratificados, aprovechando el hecho de que las velocidades sísmicas varían entre capas. Así, cuando una onda se propaga en una capa de menor velocidad hacia otra de mayor velocidad, parte de la onda se refracta en la interfaz y viaja por la capa más rápida antes de volver a la superficie, lo cual permite inferir la profundidad de esa interfaz.

Según diversos autores e instituciones se correlacionan la velocidad de ondas P a:

Tabla 30: Correlación de velocidad de ondas P y tipo de suelo

Descripción	Vp (m/s)
Arena suelta sobre manto freático	245 – 610
Suelo blando	< 300
Arena suelta bajo el manto freático	45 - 1220
Arenas y gravas	300 – 1000
Arena suelta mezclada con grava	455 – 1065
Rocas blandas, grava y arena	1000 – 2000
Grava suelta, húmeda	455 – 915
Roca compacta	2000 – 4000
Roca muy compacta	> 4000

Fuente: Martínez Vargas A. (1990)

Otras definiciones como la Norma ASTM D5777-95 clasifican las velocidades de Ondas P según los materiales y son mayores en el siguiente orden:

- Rocas más antiguas que rocas más jóvenes.
- Rocas ígneas que rocas sedimentarias.
- Rocas solidas que rocas con grietas o fracturadas.
- Rocas no meteorizadas que rocas meteorizadas.
- Sedimentos consolidados que sedimentos no consolidados.
- Sedimentos no consolidados saturados de agua que sedimentos no consolidados secos.
- Suelos húmedos que suelos secos.

Es así que la misma norma establece los siguientes valores para distintos tipos de suelos y rocas en base a la propagación de ondas P.

Tabla 31: Rango de velocidades de ondas de compresión en el suelo y roca

Descripción	Vp (m/s)
Suelo intemperizado	204 - 610
Grava o arena seca	460 - 915
Arena saturada	1220 - 1830
Arcilla saturada	910 a 2750
Agua	1430 a 1665
Agua de mar	1460 a 1525
Arenisca	1830 a 3960
Esquisto, arcillas esquistas	2750 a 4270
Tiza	1830 a 3960
Caliza	2134 a 6100
Granito	4575 a 5800
Roca metamórfica	3050 - 7000

Fuente: Norma ASTM D5777-95

8.4.5.2. MASW

De acuerdo con la Norma Técnica E.030 - Diseño Sismorresistente (2018), la clasificación de los perfiles de suelo se basa principalmente en la velocidad promedio de propagación de las ondas de corte (\bar{V}_s), parámetro obtenido mediante métodos geofísicos como MASW. De manera alternativa, cuando se trabaja con suelos granulares, puede emplearse el promedio ponderado del valor N_{60} procedente del ensayo de penetración estándar (SPT).

En el caso de suelos cohesivos, la norma permite utilizar el promedio ponderado de la resistencia al corte no drenado (\bar{S}_u). Estos criterios permiten caracterizar con mayor precisión el comportamiento dinámico del terreno, lo cual es esencial para estimar la respuesta sísmica local y para un adecuado diseño estructural.

Tabla 32: Valores típicos para los distintos tipos de perfiles de suelo

Tipo de suelo	\bar{V}_s	\bar{N}_{60} (SPT)	\bar{S}_u
S0, Roca dura	$V_s > 1500$	-	-
S1, Roca o suelo muy rígido	$500 < V_s < 1500$	> 50	> 100 kPa
S2, Suelos intermedios	$180 < V_s < 500$	15 a 50	50 kPa a 100 kPa
S3, Suelos blandos	$V_s < 180$	< 15	25 kPa a 50 kPa
S4, Condiciones excepcionales	Clasificación basada en el EMS		

Fuente: Norma técnica E.030 Diseño Sismorresistente

Para la estimación de la velocidad de onda cortante (V_s) a partir de los resultados de refracción sísmica, se utilizó la relación teórica entre las velocidades sísmicas compresionales (V_p) y cortantes (V_s) derivada de la teoría de elasticidad para medios isotrópicos y homogéneos. Según dicha teoría, las velocidades se expresan como funciones de los módulos elásticos y la densidad del medio:

$$V_p = \sqrt{(K + \frac{4}{3}G)/\rho} \quad \text{y} \quad V_s = \sqrt{G/\rho}$$

Donde:

K : Módulo volumétrico

G : Módulo de corte

ρ : Densidad del material.

De la relación entre estos parámetros se obtiene que:

$$\frac{V_p}{V_s} = \sqrt{\frac{2(1-\nu)}{1-2\nu}}$$

Donde ν representa el coeficiente de Poisson. Para valores típicos de $\nu = 0.25$, característicos de suelos parcialmente consolidados y rocas fracturadas, se obtiene una relación aproximada de $V_p/V_s = \sqrt{3}$, es decir:

$$V_s \approx V_p/1.732.$$

Este valor ha sido ampliamente utilizado en estudios de prospección sísmica y caracterización geotécnica de materiales superficiales (Richart, Hall, & Woods, 1970; Telford, Geldart, & Sheriff, 1990; Sheriff & Geldart, 1995).

8.4.5.3. Resultados obtenidos de refracción sísmica

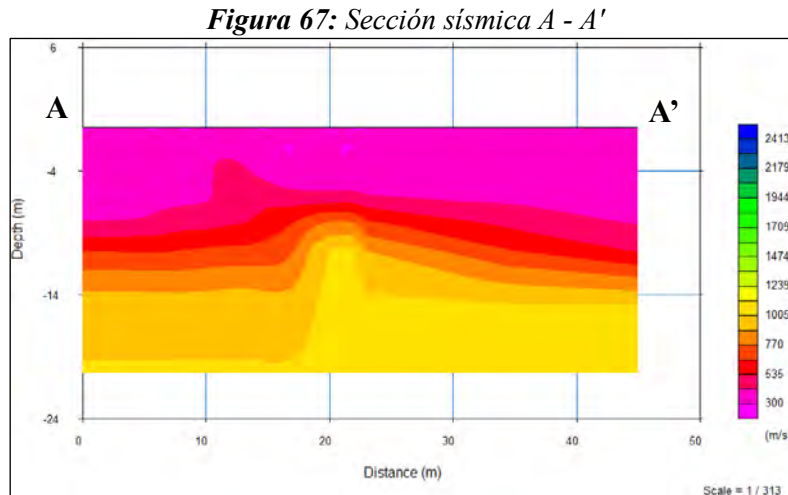
En el ámbito de estudio se trazaron cuatro líneas (ver figura 67) para la realización de refracción sísmica, dichas líneas se ubicaron sobre litologías diferentes para conocer la profundidad de los materiales y con ello evaluar el volumen estimado de material deslizable, estas tienen siguientes coordenadas:

Tabla 33: *Coordenadas UTM de las secciones de refracción sísmica*

Sección	Longitud (m)	Coordenadas			
		Punto inicial		Punto final	
A – A'	48.00	8499143 S	184211 E	8499187 S	184233 E
B – B'	48.00	8499357 S	184087 E	8499358 S	184152 E
C – C'	48.00	8499505 S	183745 E	8499560 S	183778 E
D – D'	48.00	8499557 S	184075 E	8499555 S	184114 E

- **Sección sísmica A – A'**

Esta sección se trazó a lo largo de la carretera de la APV. Villa Quebrada (ver figura 67) sobre la geoforma de un cono aluvial.



El primer estrato (color rosa) presenta valores de velocidad de propagación de ondas (V_p) de hasta 300 m/s, y tiene una profundidad aproximada de 5 metros. Estratigráficamente está conformado por suelos eluviales y depósitos recientes. El segundo estrato (color rojo) presenta valores de velocidad de propagación de ondas S (V_s) entre 500 m/s a 700 m/s, comprendiendo desde los 5 m hasta 8 m de profundidad considerando materiales coluviales más consolidados con fragmentos rocosos. Así mismo comprendiendo desde los 8 m hasta los 12 m (color naranja), valores de rocas fracturadas saturadas, y a partir de los 12 m (color amarillo) depósitos aluviales más consolidados.

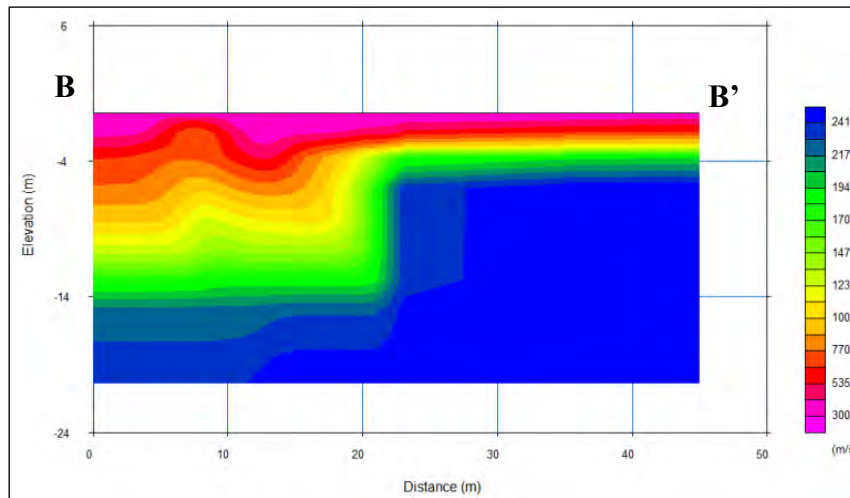
Tabla 34: Resumen de resultados obtenidos de la refracción sísmica en la sección A – A'

Material	A-1	A-2	A-3	
Rango V_p (m/s)	160-300	500-700	1000-1200	
V_s estimado (m/s) ($V_p/1.732$)	92.4 – 173.2	288.7 – 404.1	577.4 – 692.8	
Espesor aprox. (m)	0 – 5	5 – 8	8 - 12	>12
Densidad (Tn/m³)	1.5	1.7	1.9	2.2
SPT	10 – 30	30 – 50	-	-
Valor litológico	Depósitos recientes (posible relleno)	Depósitos de matriz fina con fragmentos rocosos (posible coluvial)	Depósitos de gravas, arenas y limos (aluviales)	Depósitos aluviales

- **Sección sísmica B – B'**

Esta sección se trazó a lo largo de una pendiente en la APV. Lucero de la Mañana (ver figura 68) y representa en primera instancia a los suelos eluviales de la zona.

Figura 68: Sección sísmica B -B'



El primer estrato (color rosa y rojo) presenta valores de velocidad de propagación de ondas (V_p) de valores comprendidos entre 300 m/s hasta 700 m/s, y tiene una profundidad aproximada hasta de 4 metros, este se conforma de suelos eluviales, depósitos recientes, sueltos y porosos.

El segundo estrato (color amarillo y verde claro) presenta valores de velocidad de propagación de ondas S (V_s) entre 1000 m/s a 1900 m/s, comprendido normalmente desde los 4 metros hasta 7 metros, llegando en la zona B hasta los 13 metros, este corresponde a depósitos coluviales con fragmentos rocosos y arenisca altamente fracturada.

Finalmente se tiene el tercer estrato (coloración azul) con valores de propagación de ondas (V_p) mayores a 2000 m/s que representan al macizo rocoso poco fracturado, en este caso arenisca.

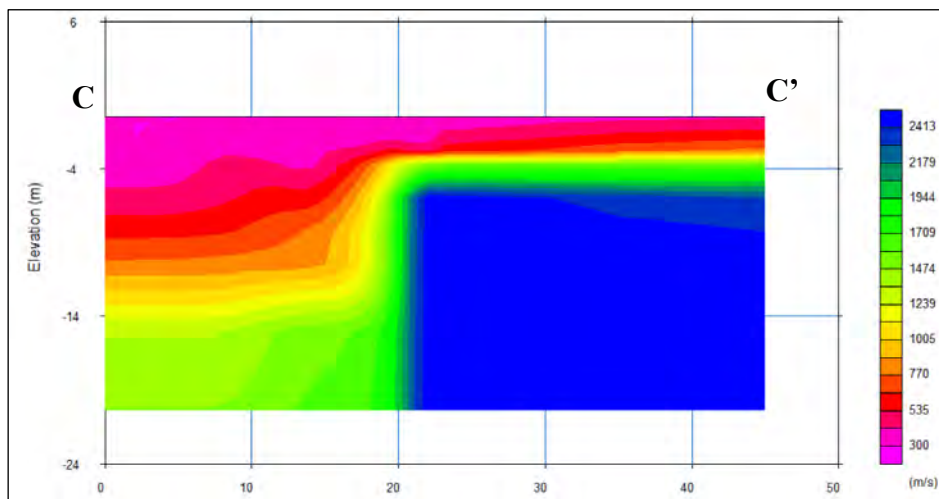
Tabla 35: Resumen de resultados obtenidos de la refracción sísmica en la sección B – B’

Material	A - 1	A - 2	A-3
Rango Vp (m/s)	300 – 700	1000 – 1900	>2000
Vs estimado (m/s) (Vp/1.732)	173 – 404	577 – 1098	>1155
Espesor aprox. (m)	0 – 4	4 – 7	7 – 20
Densidad (Tn/m3)	1.5	2.0	2.4
SPT	11 – 30	30 – 50	-
Valor litológico	Depósitos eluviales, recientes e intemperizados	Depósitos coluviales y rocas altamente fracturadas	Arenisca poco fracturada

▪ **Sección sísmica C – C’**

Esta Sección se trazó en la carretera de la APV. Villa Residencial San Antonio y representa a los suelos coluviales y el cambio de litología respecto al macizo rocoso de la zona.

Figura 69: Sección sísmica C – C’



El primer estrato (color rosa y rojo) presenta valores de velocidad de propagación de ondas (Vp) de valores comprendidos entre 200 m/s hasta 700 m/s, y tiene una profundidad progresiva desde los 0 metros hasta los 6 metros próximos al punto C de 4 metros, este se conforma de suelos eluviales y depósitos recientes.

El segundo estrato (color naranja y amarillo) presenta valores de velocidad de propagación de ondas S (Vs) entre 700 m/s a 1200 m/s profundizándose hasta los 14 metros, esta representa a los suelos coluviales con fragmentos rocosos siendo más voluminoso en el punto C.

El tercer estrato (coloración verde) se profundiza hasta los 6 metros en el punto C' y hasta 22 metros aproximadamente en el punto C, comprende valores de velocidad de propagación de ondas S (Vs) entre 1200 m/s a 1850 m/s, y representa a la arenisca altamente fracturadas.

Finalmente se tiene el cuarto estrato (coloración azul) con valores de propagación de ondas (Vp) mayores a 2000 m/s representando a la arenisca rocoso poco fracturada, la refracción muestra que se extiende desde los 7 metros en el punto C' sin poder apreciarla en el punto C.

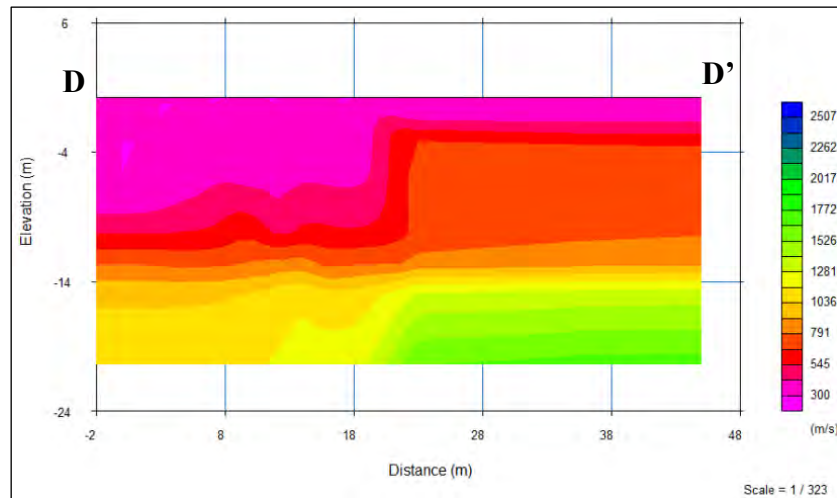
Tabla 36: Resumen de resultados obtenidos de la refracción sísmica en la sección C – C'

Material	A - 1	A - 2	A-3	A-4
Rango Vp (m/s)	200 – 700	700 – 1200	1200 – 1850	>2000
Vs estimado (m/s) (Vp/1.732)	115 – 404	404 – 693	693 – 1069	>1155
Espesor aprox. (m)	0 – 6	6 – 14	6 – 22	>7
Densidad (Tn/m3)	1.5	1.8	2.1	2.5
SPT	0 – 10	10 – 50	-	-
Valor litológico	Suelos eluviales y depósitos recientes	Suelos coluviales con fragmentos rocosos	Arenisca altamente fracturada	Arenisca poco fracturada

- **Sección sísmica D - D'**

Esta sección se trazó en la carretera de la APV. Virgen asunta, representa a los suelos con depósitos recientes y se ubica sobre una geoforma de plataforma de relleno.

Figura 70: Sección sísmica D – D'



El primer material identificado (color rosa) presenta valores de velocidad de propagación de ondas (V_p) menores a 350 m/s, y tiene una profundidad desde 1 metro hasta los 10 metros próximos al punto D, representa a los depósitos recientes (posible relleno).

El segundo estrato (coloración roja) presenta valores de velocidad de propagación de ondas S (V_s) entre 350 m/s a 800 m/s, este se profundiza hasta los 13 metros, esta representa a los eluviales y porosos.

El tercer estrato (coloración naranja y amarillo) se profundiza desde los 12 hasta los 16 metros en el punto D' y hasta 24 metros aproximadamente en el punto D, comprende valores de velocidad de propagación de ondas S (V_s) entre 900 m/s a 1200 m/s, y representa a los suelos coluviales.

Por último, se tiene el cuarto estrato (coloración verde) la cual se extiende desde los 16 metros a más, esta es únicamente visible en el punto próximo a D', con valores de propagación de ondas (V_p) alrededor de 1500 m/s representa a la arenisca altamente fracturada.

Tabla 37: Resumen de resultados obtenidos de la refracción sísmica en la sección D – D’

Material	A - 1	A - 2	A - 3	A-4
Rango Vp (m/s)	<350	350 – 800	900 – 1200	1500
Vs estimado (m/s) (Vp/1.732)	<202	202 – 462	520 – 693	≈ 866
Espesor aprox. (m)	0 – 10	5 – 13	12 – 16	>16
Densidad (Tn/m3)	1.4	1.7	1.9	2.1
SPT	10 – 30	10 - 30	30 – 50	-
Valor litológico	Depósito reciente (posible relleno)	Depósitos eluviales y porosos	Suelos coluviales	Arenisca altamente fracturada

8.4.5.4. Cálculo de volumen de material deslizable

Según (Cruden & Varnes, 1996) la estimación del volumen de un deslizamiento suele realizarse mediante la integración del área afectada por la profundidad media movilizada, pudiendo aplicarse tanto aproximaciones geométricas simples como técnicas digitales basadas en modelos de elevación del terreno. El cálculo del volumen de material deslizable (V) constituye un parámetro fundamental en la caracterización y evaluación de deslizamientos, ya que permite estimar la magnitud del evento y, por lo tanto, el peligro. Para la evaluación de riesgo por deslizamiento en el Sector Caramascara se tendrá en cuenta como parámetro general el volumen de material deslizable, este se calcula con la formula:

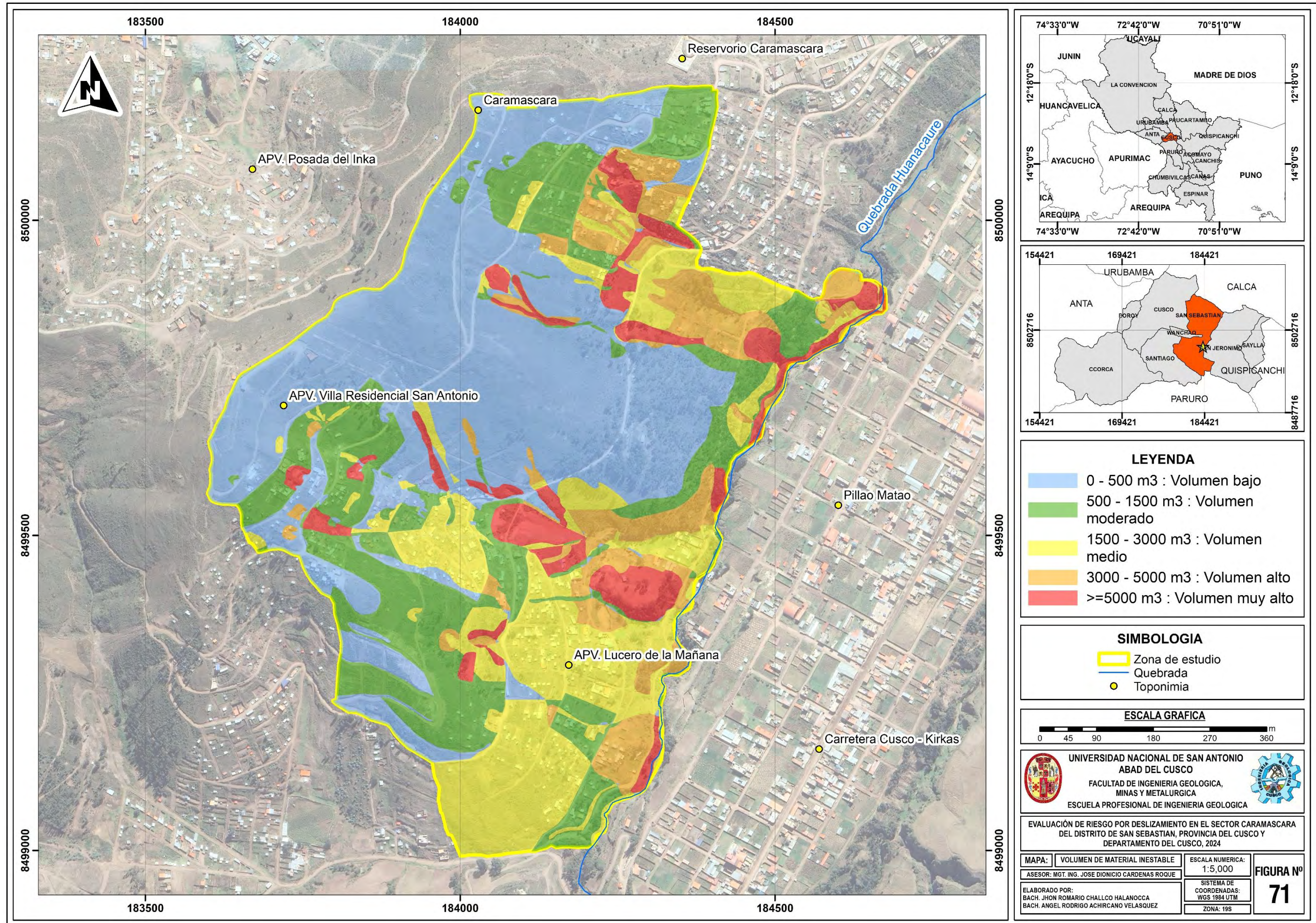
$$V=A \cdot H$$

Donde:

- *A* : área potencial de deslizamiento (m²)
- *H* : espesor medio o altura de la masa movilizada (m)

Para la delimitación del área se hizo uso de herramientas SIG y para el cálculo de espesor de los materiales se tomaron los resultados de refracción sísmica y simulación en el software Slide 2D.

Figura 71: Mapa de volúmenes de material inestable



Nota. Imagen satelital adaptada de Google Earth

CAPÍTULO IX: GEODINÁMICA

9.1. Generalidades

Los fenómenos geológicos más peligrosos, como terremotos, tsunamis y erupciones volcánicas, son producto de la dinámica interna de la Tierra. En el caso del departamento del Cusco, la actividad sísmica tiene un origen intraplaca dentro de la placa continental sudamericana, en una zona con intensa actividad tectónica. Esta región forma parte de la zona sismogénica superficial oriental del sur del Perú, caracterizada por sismos poco profundos asociados a fallas activas (Benavente Escóbar et al., 2014).

9.2. Geodinámica interna

Según (Benavente C. et al, 2013) “La compilación cartográfica y el inventario de las deformaciones cuaternarias y activas realizadas en la región del Cusco, resulta, en consecuencia, una tarea ineludible para cualquier acción referente al ordenamiento territorial, estudios de microzonificación sísmica o cualquier iniciativa de conocimiento y mitigación de la amenaza sísmica.”

Según analiza (Benavente C. et al, 2013) en el Boletín N° 55 Serie C - Neotectónica y peligro sísmico en la región Cusco, el peligro sísmico en la región y las magnitudes máximas que podrían generar, evaluó las fallas de Qoricocha, Paruro, Pachatusan, Amaru, y Tambomachay utilizando modelos empíricos (Wells y Coppersmith, 1994; Stirling, 2002) para estimar magnitudes máximas posibles, basándose en relaciones empíricas de magnitud, longitud, área y ancho de ruptura y desplazamiento máximo y promedio por evento.

Además, para generar escenarios de aceleración sísmica, se aplicó un modelo de atenuación incorporando datos del catálogo sísmico, características de las fallas y tipos de suelo, entre otros parámetros clave. Según el estudio antes mencionado se tienen las siguientes magnitudes máximas (Mw) posibles para las fallas más cercanas al sector Caramascara:

Tabla 38: *Magnitudes máximas de sismos capaces de generar las fallas regionales cercanas al Sector Caramascara.*

Nombre	Tipo	Magnitud (Mw)	Longitud de traza de falla a reactivarse (km)	Buzamiento
Tambomachay	Inversa	6.6	22	65SW
Qoricocha	Normal	6.1	7.5	70SW
Pachatusan	Normal	6.4	14.5	64SW

Nota: Adaptado de (Benavente C. et al, 2013)

9.2.1. Sistema de falla local.

En la zona de estudio se identificaron fallas geológicas locales del tipo normal que representan estructuras tectónicas activas. Estas fallas marcan zonas de debilidad donde se ha producido desplazamiento precisamente en un rumbo y buzamiento idéntico al de los planos de estratificación del macizo rocoso entre bloques de la formación Kayra.

La identificación de estas fallas es importante para comprender la dinámica tectónica local, evaluar el potencial sísmico del área y establecer medidas de prevención ante posibles eventos geodinámicos. En el Capítulo IV: Geología Estructural de la presente, se mencionan las estructuras locales del ámbito de estudio dentro del cual se muestran la ubicación y dirección de las fallas locales identificadas en la zona, adicional a ello en la figura 8 se muestra el trazado aproximado de estas fallas.

9.3. Geodinámica externa

La geodinámica externa se encarga de analizar los procesos naturales que ocurren en la superficie terrestre, los cuales transforman continuamente el paisaje y afectan tanto los recursos naturales como los posibles peligros asociados a ellos (Dávila, 2011).

En el caso específico del área de estudio, se identificaron fenómenos de geodinámica externa más importantes son los movimientos en masa, como los deslizamientos en las laderas, derrumbes y caída de rocas producidos naturalmente o por acción humana. Aunque estos

procesos comparten ciertas características, se distinguen principalmente por la cantidad de tierra que movilizan y el tiempo en que esto sucede.

Un factor determinante en los deslizamientos de la zona son los cortes de laderas para las construcciones de viviendas e infraestructura pública, sumado a que la zona presenta pendientes pronunciadas, lo que incrementa el riesgo de inestabilidad.

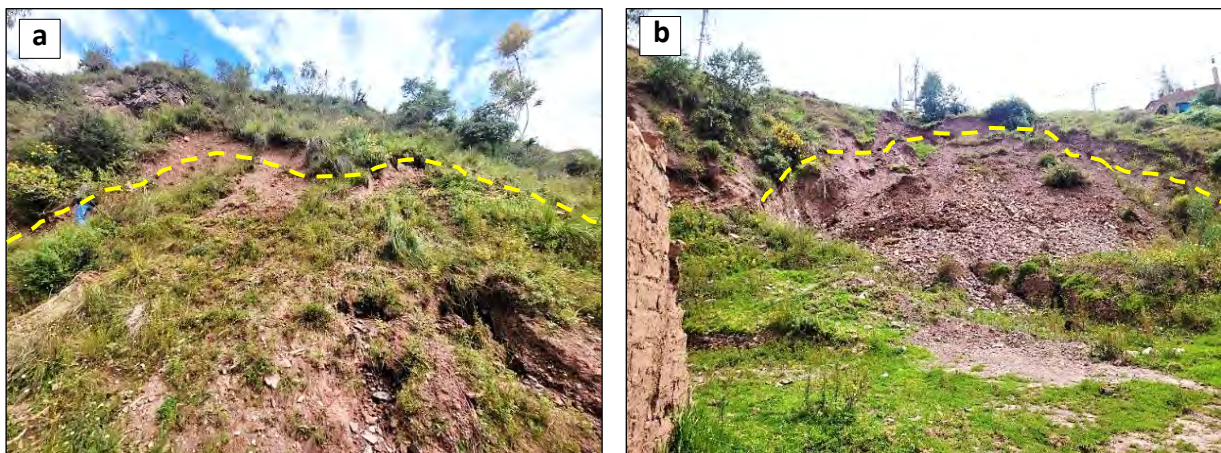
9.3.1. Procesos de geodinámica externa

9.3.1.1. Zonas de deslizamientos (Z-ds)

Esta zona se ubica en zonas de mayor pendiente y con mucha actividad humana, en donde se puede evidenciar deslizamientos de tiempo atrás hasta deslizamientos actuales, dentro de los cuales podemos describir los siguientes.

- **Deslizamientos activos:** Se encuentran actualmente en movimiento o con actividad reciente, visibles por grietas nuevas generalmente en meses de lluvia. Son parte de procesos retrógrados que pueden generar nuevos deslizamientos cuesta arriba. Se han identificado dos deslizamientos de este tipo (ver figura 72).

Figura 72: (a) y (b) deslizamientos activos en el ámbito de estudio



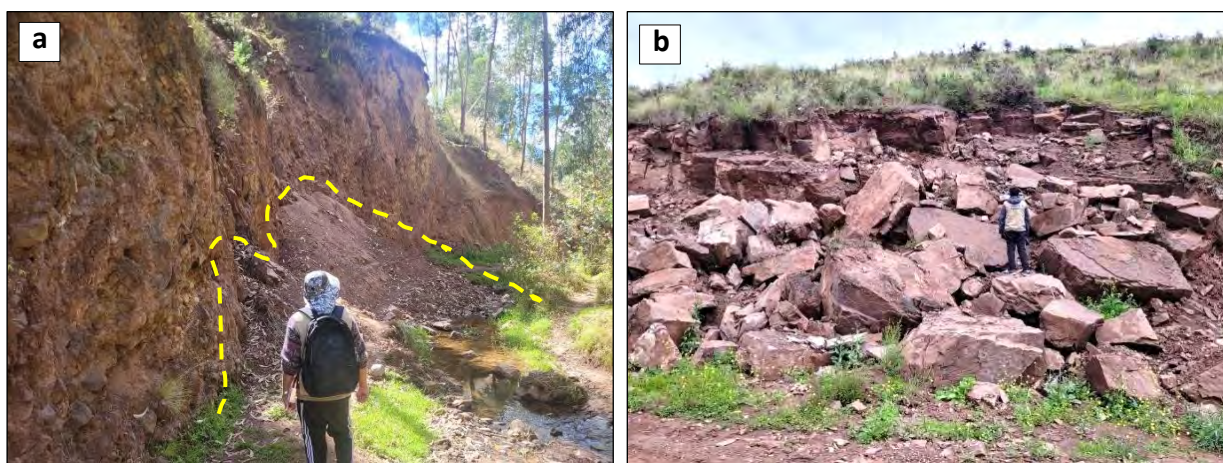
- **Deslizamientos inactivos:** No presentan signos recientes de movimiento y han alcanzado estabilidad. Su identificación es difícil, aunque muestran en algunos casos formas de terraplenes y sin grietas.

9.3.1.2. Derrumbes y caída de rocas:

El derrumbes y caídas de rocas consisten en el desplazamiento hacia abajo de suelo, rocas y restos orgánicos debido a la fuerza de la gravedad. Este fenómeno se origina con el desprendimiento del material en laderas empinadas, sin un desplazamiento previo notable, y el material desciende principalmente al caer, rebotar o rodar. La velocidad con que ocurre depende de la inclinación del terreno.

En el caso del área de estudio, este tipo de movimiento se produce por acción humana en los cortes para apertura de trochas carrozables y cimentación de viviendas, y de forma natural la acción erosiva del río en las laderas adyacentes. En la figura 73, se pueden observar zonas derrumbes de suelos con bloques angulosos, desplazamiento y caída de rocas, así como derrumbes de materiales frágiles en las márgenes del río Huanacaure.

Figura 73: (a) derrumbes con clastos angulosos, (b) caída de rocas



9.3.1.3. Erosión en las cárcavas

Las cárcavas son hundimientos que se forman en terrenos con pendientes fuertes, causados por la acción del agua de lluvia que genera erosión hacia arriba y crea zanjas en materiales blandos, principalmente cuando no hay suficiente vegetación para proteger el suelo. A través del análisis de imágenes satelitales, se detectaron once cárcavas en la zona estudiada, las cuales posteriormente fueron rellenadas con materiales externos que no fueron compactados adecuadamente, como se muestra en la figura 74.

Figura 74: erosión en cárcavas en la APV Los Girasoles



9.3.2. Zonas susceptibles a deslizamientos

En el sector Caramascara la susceptibilidad a un deslizamiento se produce por: Excavaciones y cortes de ladera para habilitación de carreteras o viviendas, relleno de cárcavas con materiales de otras zonas con fines de lotización o habilitación de carreteras.

Como se observa en la figura 76, se identificaron las zonas más susceptibles a deslizamientos para considerar las medidas de control y mitigación de riesgo de carácter estructural y no estructural, que deben ser aplicadas en la zona.

Figura 75: (a) grietas en una carretera habilitada, (b) excavación de ladera para construcción de vivienda.

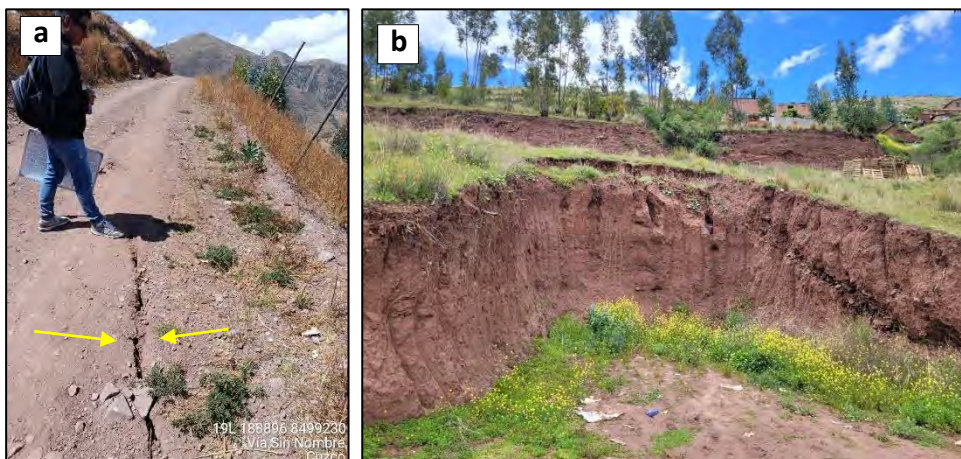
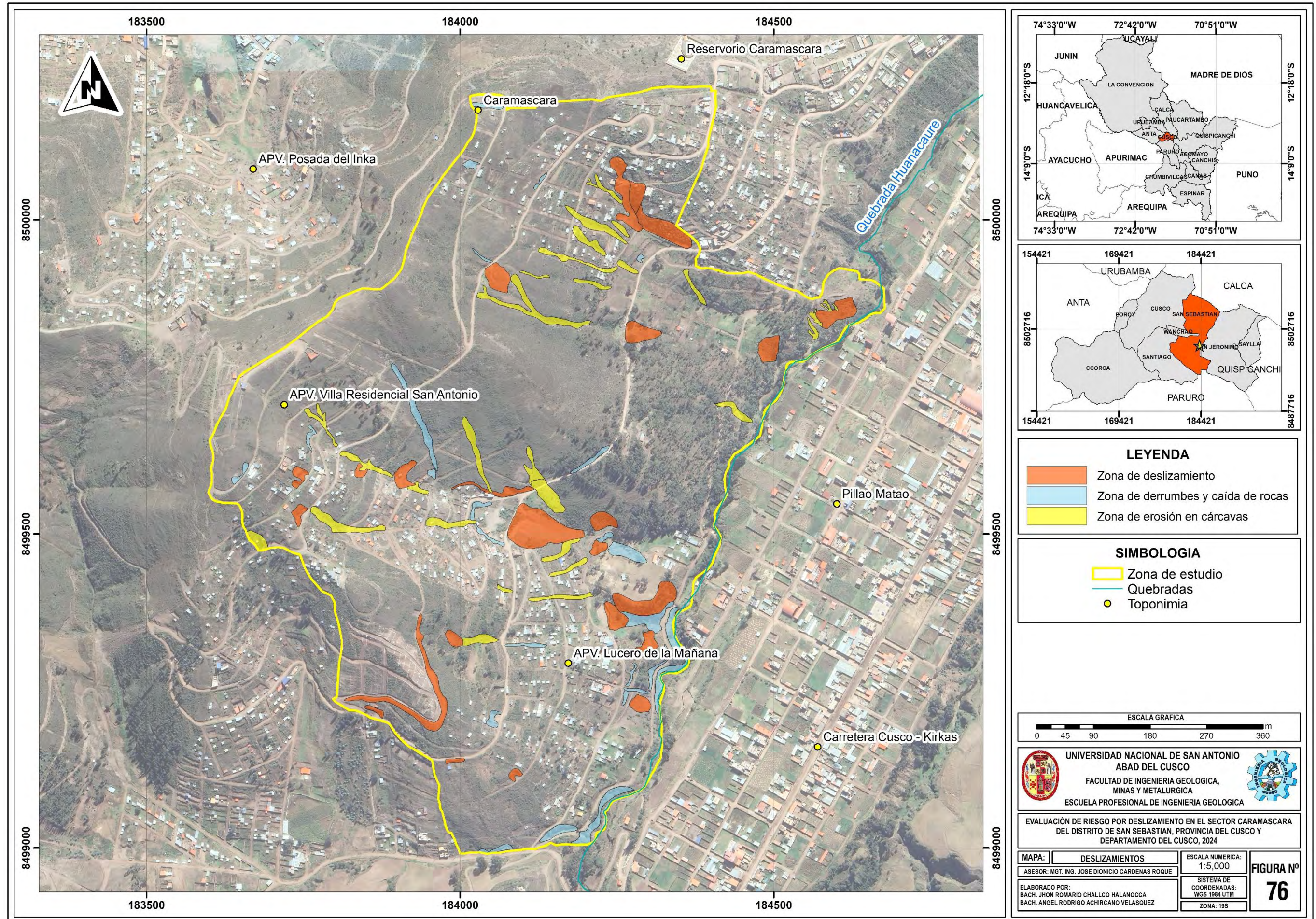


Figura 76: Mapa de deslizamientos



Nota. Imagen satelital adaptada de Google Earth

CAPÍTULO X: DETERMINACIÓN DE PELIGRO

10.1. Generalidades

La caracterización y representación de los deslizamientos consisten en establecer un escenario que refleje el comportamiento esperado en una zona específica. Para ello, se consideran como parámetros clave aquellos que permiten comprender el peligro que pueden presentar, tales como: ubicación, tamaño, velocidad, profundidad de las superficies de falla, espesor, y la deformación antes y después del deslizamiento. Además, es fundamental incorporar el análisis de la probabilidad de ocurrencia o frecuencia de estos eventos (PMA, 2007).

En el caso del análisis del nivel de peligrosidad generado por deslizamiento en el sector de Caramascara se tomaron en cuenta factores condicionantes como la geomorfología, geología, la cobertura vegetal y pendientes, así como factores desencadenantes, principalmente la intensidad de las precipitaciones y los cortes de taludes realizados por acción humana. Esto junto a el parámetro de evaluación de factor de seguridad nos representara el peligro.

La complejidad inherente a los sistemas naturales, junto con la diversidad de peligros, vulnerabilidades y riesgos presentes en nuestro país, hacen imprescindible la incorporación de criterios de prevención y reducción del riesgo en los procesos de planificación, ordenamiento territorial, gestión ambiental y en los programas de inversión. Esta integración debe realizarse en todos los niveles de gestión nacional, regional y local y considerar diferentes horizontes temporales, ya sean a corto, mediano o largo plazo (CENEPRED, 2014).

10.2. Metodología

En esta investigación, la determinación del nivel de peligrosidad asociado a los deslizamientos se realizó mediante la aplicación del método de análisis jerárquico (AHP), y basado también en el Manual para la Evaluación de Riesgos Originados por Fenómenos Naturales – 2da Versión publicado por el CENEPRED.

10.2.1. Método de procesos de análisis jerárquico (AHP)

El Método de Proceso Analítico Jerárquico (AHP) inicia con la construcción de una estructura jerárquica, en la cual el problema es descompuesto en niveles que agrupan elementos comparables entre sí y vinculados con los componentes del nivel superior. A cada factor se le asigna un valor numérico según su relevancia relativa, empleando la escala fundamental propuesta por Saaty (1998), donde las puntuaciones mayores representan mayor influencia en la decisión como se muestra en la tabla 39.

Tabla 39: Para ponderación de parámetros y descriptores desarrollada.

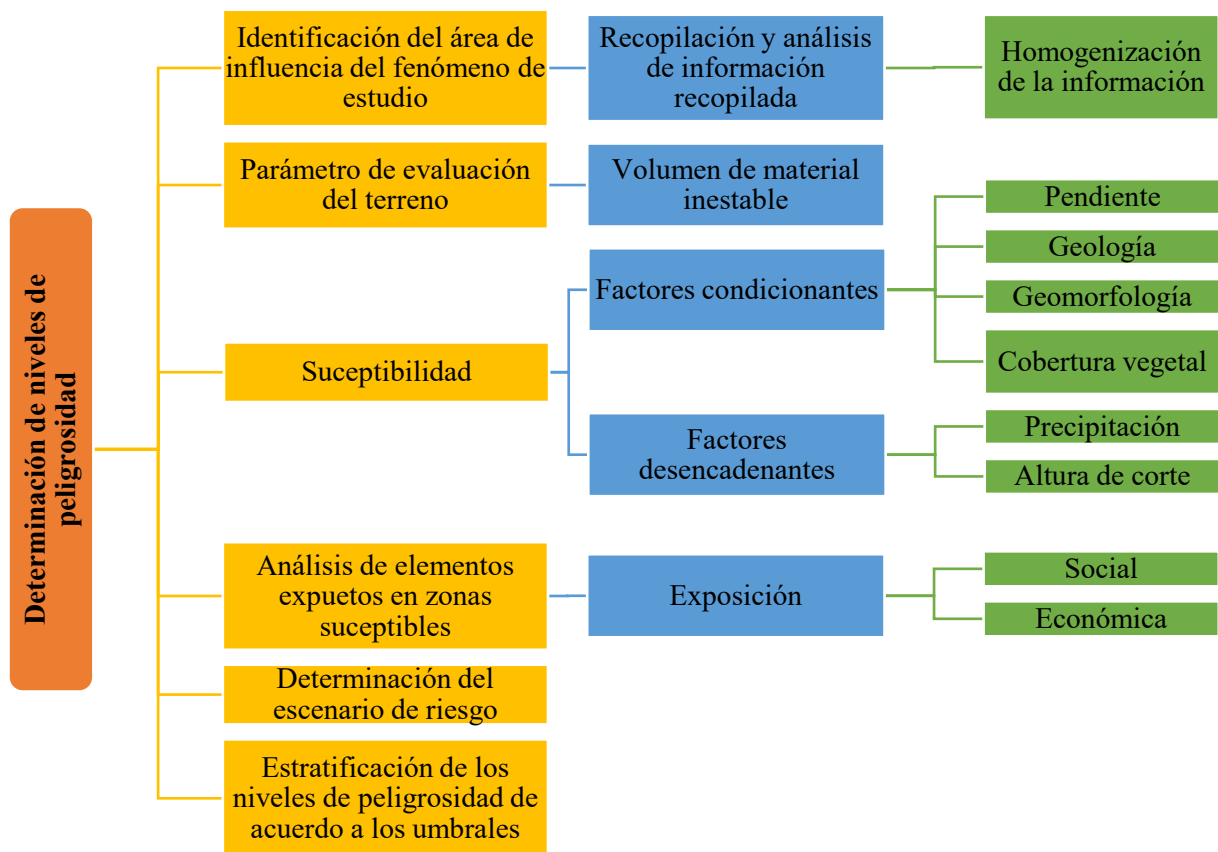
Escala numérica	Escala verbal	Explicación
9	Absolutamente o muchísimo más importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera absolutamente o muchísimo más importante que el segundo.
7	Mucho más importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con el otro,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

Fuente: Saaty (1998)

Posteriormente, se elabora la matriz de comparación por pares, seguida de su matriz normalizada, lo que permite obtener los pesos ponderados de cada criterio y el Índice de Consistencia (IC). Este procedimiento se replica para los descriptores asociados a cada parámetro, generando así valores jerarquizados para todos los niveles involucrados.

El propósito central del AHP es determinar la prioridad relativa de cada componente mediante una escala de razón, que expresa cuantitativamente su importancia dentro de la estructura jerárquica (Saaty, 1998). A partir de ello, se obtiene un vector de pesos para cada nivel, y luego se integran las prioridades globales mediante un esquema lineal aditivo, lo cual permite comparar alternativas y seleccionar la opción más conveniente. Finalmente, la evaluación del Índice de Razón de Consistencia (RC) garantiza que las comparaciones realizadas mantengan una lógica interna aceptable y sean coherentes con los juicios del evaluador.

Figura 77: *Flujograma de determinación de peligros para la zona de estudio*



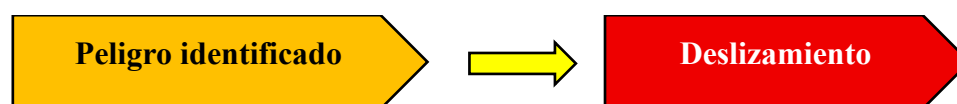
Nota: Adaptado de CENEPRED (2015)

10.2.2. Identificación de peligro principal

Dadas las condiciones topográficas, litológicas, estructurales, geomorfológicas y de cobertura vegetal, sumado a los cortes de ladera por los pobladores el peligro identificado de mayor ocurrencia son los deslizamientos de tipo compuesto, ya que se identifican dos tipos de movimientos: un deslizamiento traslacional en las zonas con presencia de suelos y un deslizamiento planar y de cuña para las zonas donde predomina el macizo rocoso. Ambos procesos ocurren de manera simultánea, pero en zonas diferenciadas del terreno, influenciados por condiciones geo-estructurales que controlan la dirección y el comportamiento del desplazamiento.

Esta investigación se centra particularmente en el análisis del deslizamiento traslacional, debido a que este afecta directamente el cauce de la población de todas las APV en el sector Caramascara

Figura 78: Flujograma de la identificación del peligro



10.2.3. Matriz de peligro

Según la Norma ISO 31010 (2019) “Una matriz de riesgo o matriz de peligros es una representación tabular que combina la probabilidad de ocurrencia de un evento con la severidad de sus consecuencias, permitiendo estimar y priorizar los niveles de riesgo de manera cualitativa o semicuantitativa.”

La matriz para evaluar el peligro (ver anexo 3) por deslizamiento en el Sector Caramascara combina el parámetro general del fenómeno evaluado (volumen de material inestable), los factores condicionantes (pendiente, litología, geomorfología, cobertura vegetal) y parámetros desencadenantes (precipitación máxima mensual, altura de corte), asignando valores y pesos ponderados en base a su relevancia en el área de estudio.

10.3. Caracterización de los parámetros de susceptibilidad

La ocurrencia de deslizamientos es común en los valles interandinos del Perú, incluso en áreas con escasa precipitación, especialmente en zonas con suelos expuestos o poca cobertura vegetal, como las laderas. La susceptibilidad indica qué tan propensa es una zona a la ocurrencia de deslizamientos, en función de diversos factores naturales. Para evaluarla, se analizan elementos como la pendiente, la geodinámica externa, las propiedades del suelo, la litología, la vegetación, la precipitación máxima mensual y la actividad humana. Para elaborar un mapa de susceptibilidad a movimientos en masa de tipo flujo rápido, se utiliza información satelital y documental procesada en un Sistema de Información Geográfica (SIG), incorporando diversas variables que permiten zonificar el nivel de peligro en áreas como la quebrada analizada. A partir del análisis de estos factores, se aplicó un método para calcular el Índice de Susceptibilidad (IS) a deslizamientos, combinando condiciones del terreno y registros de eventos pasados (Forgeo Perú, 2009).

Tabla 40: Nomenclatura de los factores condicionantes

Parámetros	Factores condicionantes
FC1	Pendientes
FC2	Unidades Litológicas
FC3	Unidades geomorfológicas
FC4	Cobertura vegetal

Tabla 41: Nomenclatura de los factores desencadenantes

Parámetros	Factores Desencadenante
FD1	Umbrales de precipitación
FD2	Altura de corte

La asignación de valores se llevó a cabo utilizando la plataforma ArcGIS 10.8, incorporando los valores ponderados de cada parámetro y descriptor a través de la tabla de atributos. Posteriormente, se integraron los factores condicionantes, desencadenantes y parámetro general utilizando la herramienta unión, para obtener el nivel de peligrosidad.

10.3.1. Análisis de factores condicionantes

10.3.1.1. Ponderación de factores condicionantes

- **Pendiente**

Los rangos de pendiente se consideraron el primer factor para la ocurrencia de deslizamientos, por encontrarse el sector de Caramascara en una ladera de montaña.

Tabla 42: Nomenclatura de pendientes

Descriptor	Pendientes	Descripción
P1	Mayores a 45°	Pendiente muy fuerte
P2	De 25° a 45°	Pendiente fuerte
P3	De 15° a 25°	Pendiente moderada
P4	De 8° a 15°	Pendiente suave a moderada
P5	De 0° a 8°	Terreno llamo o con inclinación suave

Tabla 43: Matriz de Comparación de pares de parámetros de Pendiente

Pendientes	P1	P2	P3	P4	P5
P1	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
P2	0.33	1.00	3.00	5.00	6.00
P3	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
P4	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
P5	0.11	0.17	0.20	0.33	1.00
SUMA	1.79	4.70	9.53	16.33	24.00
1/SUMA	0.56	0.21	0.10	0.06	0.04

Tabla 44: Matriz de normalización de pendiente

Pendientes	P1	P2	P3	P4	P5	Vector De Priorización
P1	0.560	0.638	0.524	0.429	0.375	0.505
P2	0.187	0.213	0.315	0.306	0.250	0.254
P3	0.112	0.071	0.105	0.184	0.208	0.136
P4	0.080	0.043	0.035	0.061	0.125	0.069
P5	0.062	0.035	0.021	0.020	0.042	0.036

Tabla 45: Índice y relación de consistencia de pendiente

IC	0.0637
RC	0.05713

▪ **Unidades litológicas**

La litología ocupa el segundo lugar en importancia dentro del área de estudio, ya que cada tipo de material (ya sea suelo o roca) responde de manera distinta ante la ocurrencia de deslizamientos. Para identificar la litología, se tomó como referencia la geología local existente y se obtuvo la siguiente tabla:

Tabla 46: Nomenclatura de unidades litológicas

Descriptor	Parámetro	Simbología	Descripción
LT1	Material excedente	Q-re	Material poco consolidado susceptible a deslizamiento
LT2	Deposito coluvial y eluvial	Q-co, Q-el	Materiales poco consolidados encontrados en lugares con pendientes altas generados por intemperización
LT3	Deposito aluvial y fluvial	Q-al, Q-fl	Materiales arrastrados por el arrastre de fuentes agua y poco consolidados
LT4	Formación San Sebastián	Q-sa	Depósitos lacustres constituidos por limos, arenas y algunas gravas junto a diatomitas
LT5	Areniscas poco fracturadas e intercalación de areniscas y lutitas	K-apf K-ial	Material consolidado poco susceptibles a deslizamientos y otros movimientos en masa

Tabla 47: Matriz de comparación de pares de parámetros de unidades litológicas.

Unidades Litológicas	LT1	LT2	LT3	LT4	LT5
LT1	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
LT2	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
LT3	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
LT4	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
LT5	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 48: Matriz de normalización de unidades litológicas

Unidades litológicas	LT1	LT2	LT3	LT4	LT5	Vector de priorización
LT1	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
LT2	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
LT3	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
LT4	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
LT5	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035

Tabla 49: Índice y relación de consistencia de unidades litológicas

IC	0.060652
RC	0.054396

▪ **Unidades geomorfológicas**

Las unidades litológicas se consideraron el tercer factor para la ocurrencia de deslizamientos, por encontrarse el sector de Caramascara en una ladera de montaña con algunas plataformas de relleno.

Tabla 50: Nomenclatura de unidades geomorfológicas

Descriptor	Parámetro	Simbología	Descripción
GM1	Plataforma de relleno y Escarpe	Pt-r, Es	Geoformas inestables con grandes pendientes y material suelto
GM 2	Cárcavas y cauce de río	Cv, C-r	Zonas con alto nivel de erosión.
GM 3	Ladera de montaña	L-m	Zonas con pendientes pronunciadas
GM 4	Cono aluvial	C-al	Zonas con poca pendiente y de acumulación de material
GM 5	Cima o cresta	C-c	Zonas planas ubicadas en lo alto de la montaña

Tabla 51: Matriz de comparación de pares de parámetros de unidades geomorfológicas

Unidades geomorfológicas	GM1	GM 2	GM 3	GM 4	GM 5
GM1	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
GM 2	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
GM 3	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
GM 4	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
GM 5	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 52: Matriz de normalización de unidades geomorfológicas

Unidades geomorfológicas	GM1	GM 2	GM 3	GM 4	GM 5	Vector de priorización
GM1	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
GM 2	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
GM 3	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
GM 4	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
GM 5	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035

Tabla 53: Índice y relación de consistencia de unidades geomorfológicas.

IC	0.060652
RC	0.054396

- **Cobertura vegetal**

La cobertura vegetal se consideraron el cuarto factor, pues influye en menor manera en la ocurrencia de deslizamientos. La vegetación proporciona más estabilidad, sobre todo a los suelos, siendo la ausencia o remoción de raíces por actividades humanas un factor que tiene relevancia en la zona de estudio.

Tabla 54: Nomenclatura de cobertura vegetal

Descriptor	Parámetro	Simbología	Descripción
CV1	Zonas con impacto provocado	Z-Ip	Geoformas inestables con grandes pendientes y material suelto
CV 2	Zona desértica	Z-D	Zonas con alto nivel de erosión.
CV 3	Pastizales	Pa	Zonas con pendientes pronunciadas
CV 4	Zona con moderada vegetación	Z-Mv	Zonas con poca pendiente y de acumulación de material
CV 5	Bosques y matorrales	B-Ma	Zonas planas ubicadas en lo alto de la montaña

Tabla 55: Matriz de comparación de pares de parámetros de cobertura vegetal.

Cobertura vegetal	CV1	CV 2	CV 3	CV 4	CV 5
CV1	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
CV 2	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
CV 3	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
CV 4	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
CV 5	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 56: Matriz de normalización de cobertura vegetal.

Cobertura vegetal	CV1	CV 2	CV 3	CV 4	CV 5	Vector de priorización
CV1	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
CV 2	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
CV 3	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
CV 4	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
CV 5	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035

Tabla 57: Índice y relación de consistencia de cobertura vegetal

IC	0.060652
RC	0.054396

10.3.2. Análisis de factores desencadenantes

En la zona de estudio, los factores desencadenantes considerados corresponden a la precipitación máxima diaria o al umbral de precipitación y la altura de corte. Ambos factores se consideraron igual de relevantes en la ocurrencia de un deslizamiento.

▪ Umbrales de precipitación

Son los rangos de precipitación acumulada que se producen en un día según la estación hidrometeorológica Kayra estimada con los registros anteriores. El aumento de precipitación produce inestabilidad en los suelos y rocas.

Tabla 58: Nomenclatura de umbrales de precipitación

Descriptor	Umbrales
UP1	Extremadamente lluvioso $RR > 26.7$
UP2	Muy lluvioso $16.5\text{mm} < RR \leq 26.7\text{mm}$
UP3	Lluvioso $12.5\text{mm} < RR \leq 16.5\text{mm}$
UP4	Moderadamente lluvioso $6.8\text{mm} < RR \leq 12.5\text{mm}$
UP5	Poca precipitación $RR \leq 6.8\text{mm}$

Tabla 59: Matriz de comparación de pares de parámetros de umbrales de precipitación.

Precipitación en 24 horas	UP1	UP2	UP3	UP4	UP5
UP1	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
UP2	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
UP3	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
UP4	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
UP5	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 60: Matriz de normalización de umbrales de precipitación.

Precipitación en 24 horas	UP1	UP2	UP3	UP4	UP5	Vector de Priorización
UP1	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
UP2	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
UP3	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
UP4	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
UP5	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035

Tabla 61: Índice y relación de consistencia de umbrales de precipitación

IC	0.060652
RC	0.054396

- **Altura de corte**

La altura de corte en taludes constituye un factor condicionante relevante, ya que interviene en la inestabilidad de áreas con pendientes superiores a 80°. La modificación del terreno para la edificación de viviendas u otras infraestructuras en estas condiciones incrementa significativamente la probabilidad de deslizamientos. En este parámetro se han considerado tanto a los cortes de ladera realizado por los pobladores, así como la altura de materiales de relleno (ver anexo 4)

Tabla 62: Nomenclatura de altura de corte

Descriptor	Umbrales
AC1	Mayor a 4 m
AC2	De 2.5 a 4 m
AC3	De 1.5 a 2.5 m
AC4	De 0.5 a 1.5 m
AC5	Menor a 0.5 m

Tabla 63: Matriz de comparación de pares de parámetros de altura de corte

Altura de corte	AC1	AC2	AC3	AC4	AC5
AC1	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
AC2	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
AC3	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
AC4	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
AC5	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 de altura de corte

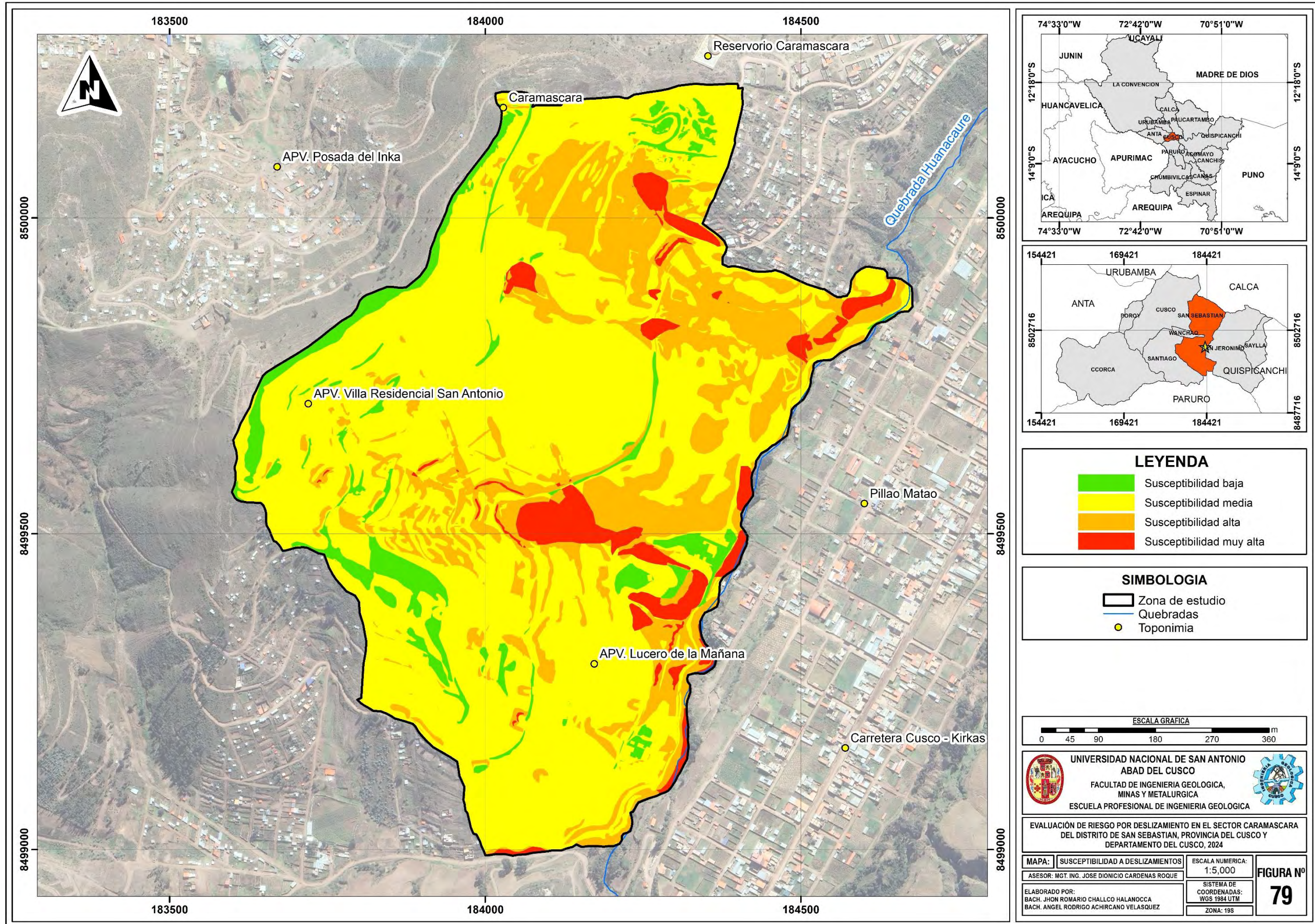
Altura de corte	AC1	AC2	AC3	AC4	AC5	Vector de Priorización
AC1	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
AC2	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
AC3	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
AC4	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
AC5	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035

Tabla 65: Índice y relación de consistencia de altura de corte

IC	0.060652
RC	0.054396

10.3.3. Mapa de susceptibilidad a deslizamientos

Figura 79: Mapa de susceptibilidad a deslizamientos



Nota. Imagen satelital adaptada de Google Earth

10.3.4. Caracterización del parámetro de evaluación del fenómeno

Este parámetro se expresa mediante un valor numérico, conforme a la escala definida para cada tipo de peligro. En el presente estudio, se utiliza como referencia el volumen de deslizamiento. Para la evaluación de riesgo por deslizamiento en el Sector Caramascara se tendrá en cuenta como parámetro general el volumen de material inestable. A continuación, se detalla los parámetros de volumen inestable:

Tabla 66: Nomenclatura del parámetro general

Parámetros	Descriptor	Descripción
PG1	Volumen muy alto	Mayor a 5,000m ³
PG2	Volumen alto	3,000m ³ a 5,000m ³
PG3	Volumen medio	1,500 a 3,000m ³
PG4	Volumen moderado	500 a 1,500m ³
PG5	Volumen bajo	Menor a 500 m ³

Tabla 67: Matriz de comparación de pares de parámetro general

Volumen de material inestable	PG1	PG2	PG3	PG4	PG5
PG1	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
PG2	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
PG3	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
PG4	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
PG5	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 68: Matriz de normalización de parámetro general

Volumen de material inestable	PG1	PG2	PG3	PG4	PG5	Vector de priorización
PG1	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
PG2	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
PG3	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
PG4	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
PG5	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035
SUMA	1	1	1	1	1	1

Tabla 69: Índice y relación de consistencia de parámetro general

IC	0.0637
RC	0.05713

10.4. Análisis de elementos expuestos

- **Elementos expuestos con susceptibilidad a nivel social**

En el área evaluada se ha identificado algunos elementos sociales como infraestructuras de centros comunales y complejos deportivos pequeños.

- **Elementos expuestos con susceptibilidad a nivel económico**

Respecto a elementos económicos expuestos, se identificó infraestructura privada como las viviendas, además se consideró a lotes delimitados en cada APV que aún no cuentan con una edificación (ver anexo 5).

10.5. Definición de escenarios

El escenario planteado se basa en una proyección futura de deslizamiento, originado por la acumulación de agua de lluvia en el área de estudio. Esta situación se vincula con un determinado nivel de intensidad del peligro.

A partir del análisis de los factores condicionantes y desencadenantes previamente identificados, el escenario seleccionado corresponde a un evento potencialmente posible. Se trata de un escenario de peligro muy alto, el cual considera la ocurrencia de precipitaciones diarias superando el promedio habitual de 26.7 mm por día. Este incremento representa un 40% más respecto a la media climática normal de la región.

Además, el peligro se ve agravado por la presencia de zonas alteradas por la intervención humana, como cortes en taludes, zanjas profundas y otras modificaciones significativas del terreno, que incrementan la susceptibilidad al deslizamiento.

10.6. Niveles de peligro geológico por deslizamientos

La integración de la susceptibilidad por Deslizamiento y el parámetro de evaluación de volumen posiblemente inestable nos da como resultado la siguiente fórmula de jerarquización para hallar el nivel de peligro

$$PDs = (VSDs)(0.70) + (VPev)(0.30)$$

Donde:

- PDs = Peligro por deslizamientos
- VSDs = Valor de susceptibilidad por deslizamientos
- VPev = Valor del parámetro de evaluación (Volumen inestable)

Con la fórmula anterior obtenemos los rangos límites, con lo cual construimos una clasificación del peligro por deslizamiento, como se muestra a continuación:

Tabla 70: Niveles del Peligro Geológico por Deslizamientos.

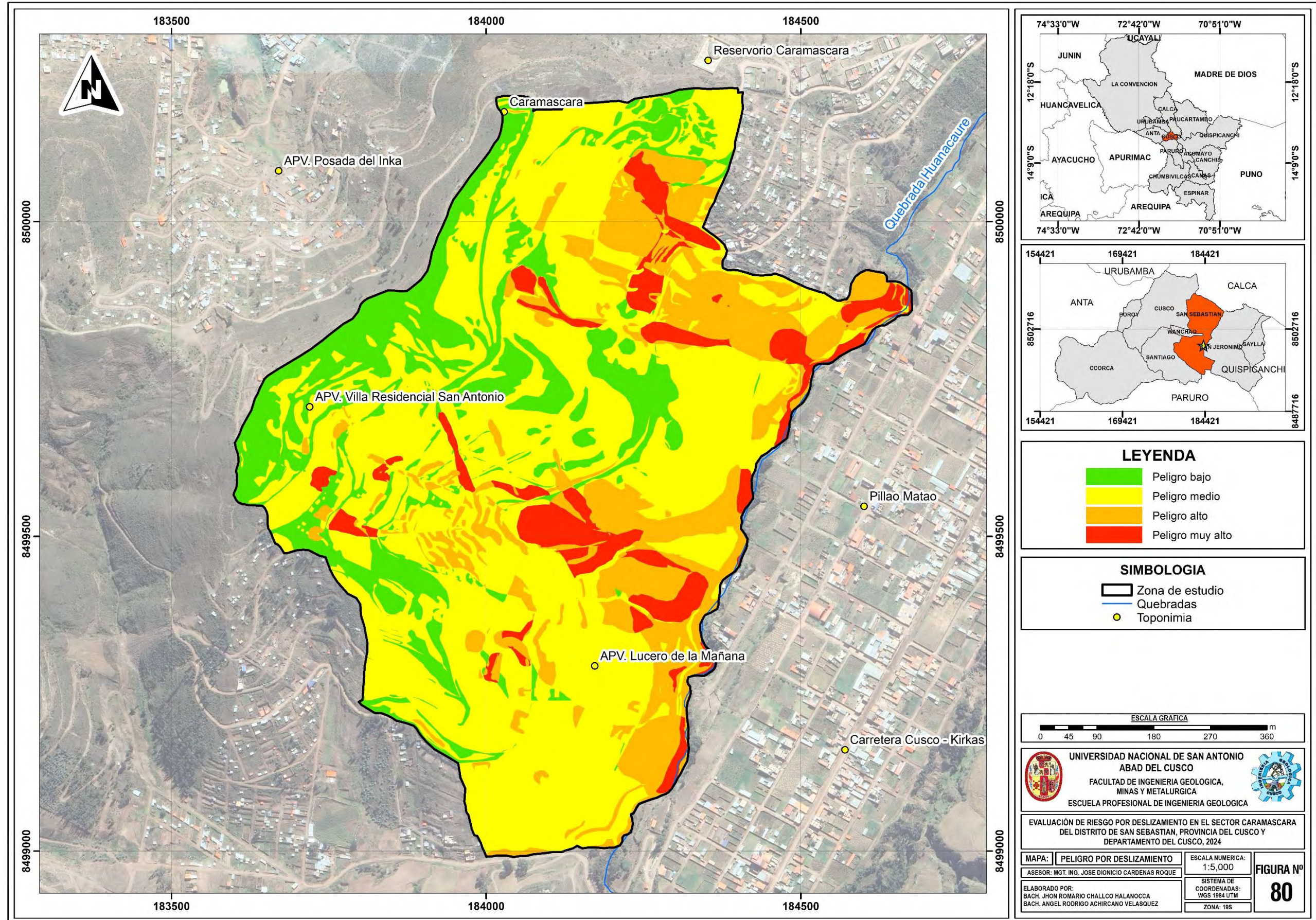
Nivel	Rango				
Muy alto	0.260	<	P	≤	0.503
Alto	0.134	<	P	≤	0.260
Medio	0.068	<	P	≤	0.134
Bajo	0.035	≤	P	≤	0.068

Tabla 71: Estratificación de peligro

Nivel de peligro	Descripción	Rango
Muy alto	Presenta un volumen mayor a 5,000 m ³ , con pendiente mayor a 45° dentro de la unidad litológica de material excedente (Q-re) o deposito coluvial (Q-co) y en una unidad geomorfológica de Plataforma de relleno (Pt-r) o Escarpe (Es) con una cobertura vegetal de zonas de impacto provocado. Presentando un evento precipitación extremadamente lluvioso de RR>26.7 mm por día y lugares con altura de corte mayor a 4 m.	0.260 < P ≤ 0.503
Alto	Presenta un volumen de 3000 a 5,000m ³ , con pendiente entre 25 a 45° dentro de la unidad litológica de depósito aluvial (Q-al) o Deposito eluvial (Q-el) y en una unidad geomorfológica de Cárcava (Cv) o Cauce de rio (C-r) con una cobertura vegetal de zona desértica. Presentando un evento de precipitación muy lluvioso 16.5mm<RR≤26.7mm por día y lugares con altura de corte de 2.5 a 4 m.	0.134 < P ≤ 0.260
Medio	Presenta un volumen 1500 a 3,000m ³ , con pendiente de 15 a 25° dentro de la unidad litológica de Deposito fluvial (Q-fl) o Formación San Sebastián (Q-sa) y en una unidad geomorfológica de Plataforma de Ladera de montaña (L-m) con una cobertura vegetal de zonas con poca vegetación, pastizales o Zonas con vegetación de moderada intensidad, pastizales mosaizados. Presentando un evento de un nivel de precipitación Lluvioso 12.5mm<RR≤16.5mm por día y lugares con altura de corte de 1.5 a 2.5 m.	0.068 < P ≤ 0.134
Bajo	Presenta un volumen menor a 1,500m ³ , con pendiente menor a 15° dentro de la unidad litológica de Areniscas poco fracturadas(K-apf) o intercalación de areniscas y lutitas (K-ial)) y en una unidad geomorfológica de Cono aluvial (C-al) o Cima o creta (C-c) con una cobertura vegetal de Bosques y matorrales. Presentando un evento de un nivel de precipitación Moderadamente a poco lluvioso RR≤12.5mm por día y lugares con altura de corte menor a 1.5 m.	0.035 ≤ P ≤ 0.068

10.7. Mapa de peligro

Figura 80: Mapa de peligro por deslizamiento



Nota. Imagen satelital adaptada de Google Earth

CAPÍTULO XI: ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD

11.1. Metodología para el análisis de la vulnerabilidad

La vulnerabilidad se entiende como una combinación de condiciones de naturaleza física, económica, social, política, técnica, cultural, educativa, ecológica e institucional, las cuales determinan qué tan propensa es una comunidad a ser afectada. La vulnerabilidad también da cuenta de la capacidad que poseen los individuos o colectivos para anticipar, resistir, responder y recuperarse ante la ocurrencia de un fenómeno peligroso en un momento determinado.

Para el análisis de vulnerabilidad del ámbito de estudio se ha recolectado datos por medio de encuestas realizadas a los pobladores (figura 81), la encuesta elaborada (ver anexo 6) fue validada por el especialista en gestión de riesgos el ingeniero geólogo Fernando Chunqui Niño de Guzmán, evaluador de riesgos acreditado por el CENEPRED con Resolución Jefatural N° 117-2020-CENEPRED/J.

Figura 81: Entrevistas a los pobladores del ámbito de estudio.



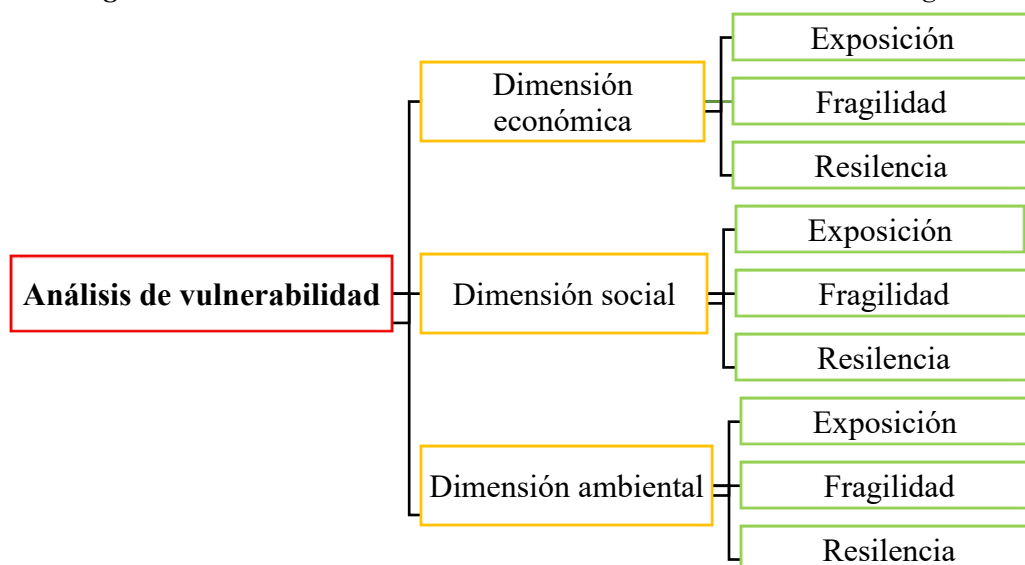
Se identificaron un total de 1023 lotes de los cuales solo presentan edificación 457, de estas solo fueron encuestadas 271 viviendas, ya que el restante se encuentra desocupadas. En base a la información brindada de jefes de familia de viviendas ocupadas se estimó una

población residente de 683 habitantes. Cabe resaltar que de los lotes vacíos y sin habitar solo se hizo una observación de sus características.

El método usado para la encuesta en el No Probabilístico, ya que la selección dependió del juicio de los investigadores y la facilidad del acceso, además se hizo un muestreo por Conveniencia, donde se seleccionaron individuos (jefes de familia) que estuvieron fácilmente disponibles para los investigadores.

La información recolectada abarca la exposición, fragilidad y resiliencia a deslizamientos en las diferentes dimensiones (figura 82).

Figura 82: Análisis de vulnerabilidad utilizado en la evaluación de riesgos.



Fuente: CENEPRED (2015)

Al igual que el análisis de susceptibilidad y peligrosidad se estableció la ponderación de los parámetros mediante el Proceso Analítico Jerárquico (AHP) propuesto por Saaty (1980).

11.2. Análisis de las dimensiones de vulnerabilidad

11.2.1. Análisis de la dimensión económica

La dimensión económica hace referencia a los aspectos materiales y financieros que determinan la capacidad de las familias y edificaciones para enfrentar, resistir y recuperarse de un deslizamiento.

En esta dimensión, la exposición se define por la ubicación de las edificaciones dentro o cerca de zonas clasificadas como de peligro muy alto. La fragilidad está determinada por factores estructurales como el material predominante de construcción, el número de niveles edificatorios, el estado de conservación de las viviendas y la posible afectación ante cortes de ladera. Finalmente, la resiliencia económica se relaciona con el conocimiento de los pobladores respecto al riesgo que implica ocupar zonas de ladera y con su ingreso familiar mensual.

11.2.1.1. Exposición económica

a. Localización de la edificación con respecto a zonas de peligro muy alto.

Tabla 72: Descripción de los parámetros de localización de la edificación con respecto a zonas de peligro muy alto

Descriptor	Parámetro	Cantidad de lotes
DEEA1	Muy próxima (Menor a 10 m)	51
DEEA2	Próxima (10 a 20m)	112
DEEA3	Regular (20 a 30 m)	353
DEEA4	Alejada (30 a 40 m)	419
DEEA5	Muy alejada (Mayor a 40 m)	88
TOTAL		1023

Tabla 73: Matriz de comparación de pares para los parámetros de localización de la edificación con respecto a zonas de peligro muy alto.

Localización de la edificación con respecto a zonas de peligro muy alto	Muy próxima (Menor a 10 m)	Próxima (10 a 20m)	Regular (20 a 30 m)	Alejada (30 a 40 m)	Muy alejada (Mayor a 40 m)
Muy próxima (Menor a 10 m)	1.00	3.00	5.00	5.00	8.00
Próxima (10 a 20m)	0.33	1.00	3.00	4.00	6.00
Regular (20 a 30 m)	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
Alejada (30 a 40 m)	0.20	0.25	0.33	1.00	3.00
Muy alejada (Mayor a 40 m)	0.13	0.17	0.20	0.33	1.00
SUMA	1.86	4.75	9.53	13.33	23.00
1/SUMA	0.54	0.21	0.10	0.08	0.04

Tabla 74: Matriz de normalización para los parámetros de localización de la edificación con respecto a zonas de peligro muy alto

Localización de la edificación con respecto a zonas de peligro muy alto	Muy próxima (Menor a 10 m)	Próxima (10 a 20m)	Regular (20 a 30 m)	Alejada (30 a 40 m)	Muy alejada (Mayor a 40 m)	Vector Priorización
Muy próxima (Menor a 10 m)	0.538	0.632	0.524	0.375	0.348	0.483
Próxima (10 a 20m)	0.179	0.211	0.315	0.300	0.261	0.253
Regular (20 a 30 m)	0.108	0.070	0.105	0.225	0.217	0.145
Alejada (30 a 40 m)	0.108	0.053	0.035	0.075	0.130	0.080
Muy alejada (Mayor a 40 m)	0.067	0.035	0.021	0.025	0.043	0.038

Tabla 75: Índice y relación de consistencia del parámetro de localización de la edificación con respecto a zonas de peligro muy alto.

IC	0.046
RC	0.042

11.2.1.2. Fragilidad económica

Se consideraron los siguientes parámetros:

- Impacto de corte de ladera
- Material de construcción
- Niveles edificatorios
- Estado de conservación de la vivienda

Tabla 76: Matriz de comparación de pares para los parámetros de fragilidad económica.

Parámetro Fragilidad Económica	Impacto de corte de ladera	Material de construcción	Niveles edificatorios	Estado de conservación de la vivienda
Impacto de corte de ladera	1.00	3.00	5.00	6.00
Material de construcción	0.33	1.00	3.00	5.00
Niveles edificatorios	0.20	0.33	1.00	3.00
Estado de conservación de la vivienda	0.17	0.20	0.33	1.00
SUMA	1.70	4.53	9.33	15.00
1/SUMA	0.59	0.22	0.11	0.07

Tabla 77: Matriz de normalización para los parámetros de fragilidad económica

Parámetro Fragilidad Económica	Impacto de corte de ladera	Material de construcción	Niveles edificatorios	Estado de conservación de la vivienda	Vector Priorización
Impacto de corte de ladera	0.588	0.662	0.536	0.400	0.546
Material de construcción	0.196	0.221	0.321	0.333	0.268
Niveles edificatorios	0.118	0.074	0.107	0.200	0.125
Estado de conservación de la vivienda	0.098	0.044	0.036	0.067	0.061

Tabla 78: Índice y relación de consistencia del parámetro de fragilidad económica.

IC	0.051
RC	0.046

a. Impacto de corte de ladera

Tabla 79: Descripción de los parámetros de impacto de corte de ladera

Descriptor	Parámetro	Cantidad de lotes
DEFA1	corte de ladera mayor a 4 metros, sin muro de contención	33
DEFA2	corte de ladera mayor a 4 metros, con muro de contención	2
DEFA3	corte de ladera de 3 metros sin muro de contención	50
DEFA4	corte de ladera tipo andenería	11
DEFA5	sin corte de ladera / corte tipo andenería con muro de contención	927
TOTAL		1023

Tabla 80: Matriz de comparación de pares para los parámetros de impacto de corte de ladera

Impacto de corte de ladera	corte de ladera mayor a 4 metros, sin muro de contención	corte de ladera mayor a 4 metros, con muro de contención	corte de ladera de 3 metros sin muro de contención	corte de ladera tipo andenería	sin corte de ladera / corte tipo andenería con muro de contención
corte de ladera mayor a 4 metros, sin muro de contención	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
corte de ladera mayor a 4 metros, con muro de contención	0.33	1.00	2.00	5.00	7.00
corte de ladera de 3 metros sin muro de contención	0.20	0.50	1.00	2.00	4.00
corte de ladera tipo andenería	0.14	0.20	0.50	1.00	2.00
sin corte de ladera / corte tipo andenería con muro de contención	0.11	0.14	0.25	0.50	1.00
SUMA	1.79	4.84	8.75	15.50	23.00
1/SUMA	0.56	0.21	0.11	0.06	0.04

Tabla 81: Matriz de normalización para los parámetros de impacto de corte de ladera

Impacto de corte de ladera	corte de ladera mayor a 4 metros, sin muro de contención	corte de ladera mayor a 4 metros, con muro de contención	corte de ladera de 3 metros sin muro de contención	corte de ladera tipo andenería	sin corte de ladera / corte tipo andenería con muro de contención	Vector Priorización
corte de ladera mayor a 4 metros, sin muro de contención	0.560	0.619	0.571	0.452	0.391	0.519
corte de ladera mayor a 4 metros, con muro de contención	0.187	0.206	0.229	0.323	0.304	0.250
corte de ladera de 3 metros sin muro de contención	0.112	0.103	0.114	0.129	0.174	0.126
corte de ladera tipo andenería	0.080	0.041	0.057	0.065	0.087	0.066
sin corte de ladera / corte tipo andenería con muro de contención	0.062	0.029	0.029	0.032	0.043	0.039

Tabla 82: Índice y relación de consistencia de impacto de corte de ladera

IC	0.025
RC	0.023

b. Material de construcción

Se han identificado viviendas con los siguientes materiales de construcción:

Figura 83: (a) Vivienda deshabitada de ladrillo con barro sin columnas en la APV Lucero de la Mañana, (b) vivienda habitada de palos y calamina en la APV Lucero de la Mañana, (c) vivienda de ladrillo en la APV Villa Quebrada, (d) vivienda de concreto armado en la APV Los Girasoles.



Tabla 83: Descripción de los parámetros de material de construcción

Descriptor	Parámetro	Cantidad de lotes
DEFB1	ladrillo con barro sin columnas	190
DEFB2	mixto precario, plástico, palos, calamina	72
DEFB3	adobe	30
DEFB4	ladrillo bloqueta	109
DEFB5	concreto armado	56
TOTAL		457

Tabla 84: Matriz de comparación de pares para los parámetros de material de construcción

Material de construcción	ladrillo con barro sin columnas	mixto precario, plástico, palos, calamina	adobe	ladrillo bloqueta	concreto armado
ladrillo con barro sin columnas	1.00	2.00	4.00	6.00	8.00
mixto precario, plástico, palos, calamina	0.50	1.00	3.00	5.00	7.00
adobe	0.25	0.33	1.00	3.00	5.00
ladrillo bloqueta	0.17	0.20	0.33	1.00	3.00
concreto armado	0.13	0.14	0.20	0.33	1.00
SUMA	2.04	3.68	8.53	15.33	24.00
1/SUMA	0.49	0.27	0.12	0.07	0.04

Tabla 85: Matriz de normalización para los parámetros de material de construcción

Material de construcción	ladrillo con barro sin columnas	mixto precario, plástico, palos, calamina	adobe	ladrillo bloqueta	concreto armado	Vector Priorización
ladrillo con barro sin columnas	0.490	0.544	0.469	0.391	0.333	0.445
mixto precario, plástico, palos, calamina	0.245	0.272	0.352	0.326	0.292	0.297
adobe	0.122	0.091	0.117	0.196	0.208	0.147
ladrillo bloqueta	0.082	0.054	0.039	0.065	0.125	0.073
concreto armado	0.061	0.039	0.023	0.022	0.042	0.037

Tabla 86: Índice y relación de consistencia de material de construcción

IC	0.047
RC	0.042

c. Niveles edificatorios

Se han identificado viviendas con los siguientes niveles edificatorios:

Figura 84: (a) Vivienda de adobe de 2 niveles en la APV Lucero de la Mañana, (b) vivienda de adobe de 1 nivel en la APV Villa Residencial San Antonio, (c) vivienda de concreto armado de 3 niveles en la APV Los Girasoles, (d) vivienda de concreto armado de 4 niveles en la APV Los Girasoles.



Tabla 87: Descripción de los parámetros de niveles edificatorios

Descriptor	Parámetro	Cantidad de lotes
DEFC1	5 a más niveles	2
DEFC2	4 niveles	3
DEFC3	3 niveles	9
DEFC4	2 niveles	132
DEFC5	1 nivel	311
TOTAL		457

Tabla 88: Matriz de comparación de pares para los parámetros de niveles de edificatorios

Niveles edificatorios	5 a más niveles	4 niveles	3 niveles	2 niveles	1 nivel
5 a más niveles	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
4 niveles	0.33	1.00	3.00	5.00	8.00
3 niveles	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
2 niveles	0.14	0.20	0.33	1.00	2.00
1 nivel	0.11	0.13	0.20	0.50	1.00
SUMA	1.79	4.66	9.53	16.50	25.00
1/SUMA	0.56	0.21	0.10	0.06	0.04

Tabla 89: Matriz de normalización para los parámetros de niveles edificatorios

Niveles edificatorios	5 a más niveles	4 niveles	3 niveles	2 niveles	1 nivel	Vector Priorización
5 a más niveles	0.560	0.644	0.524	0.424	0.360	0.502
4 niveles	0.187	0.215	0.315	0.303	0.320	0.268
3 niveles	0.112	0.072	0.105	0.182	0.200	0.134
2 niveles	0.080	0.043	0.035	0.061	0.080	0.060
1 nivel	0.062	0.027	0.021	0.030	0.040	0.036

Tabla 90: Índice y relación de consistencia de niveles edificatorios

IC	0.046
RC	0.042

d. Estado de conservación de la vivienda

Tabla 91: Descripción de los parámetros de estado de conservación de la vivienda

Descriptor	Parámetro	Cantidad de lotes
DEFD1	muy malo	17
DEFD2	malo	86
DEFD3	medio	291
DEFD4	bueno	53
DEFD5	conservado	10
TOTAL		457

Tabla 92: Matriz de comparación de pares para los parámetros de estado de conservación de la vivienda

Estado de conservación de la vivienda	muy malo	malo	medio	bueno	conservado
muy malo	1.00	2.00	5.00	7.00	8.00
malo	0.50	1.00	3.00	5.00	7.00
medio	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
bueno	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
conservado	0.13	0.14	0.20	0.33	1.00
SUMA	1.97	3.68	9.53	16.33	24.00
1/SUMA	0.51	0.27	0.10	0.06	0.04

Tabla 93: Matriz de normalización para los parámetros de estado de conservación de la vivienda

Estado de conservación de la vivienda	muy malo	malo	medio	bueno	conservado	Vector Priorización
muy malo	0.508	0.544	0.524	0.429	0.333	0.468
malo	0.254	0.272	0.315	0.306	0.292	0.288
medio	0.102	0.091	0.105	0.184	0.208	0.138
bueno	0.073	0.054	0.035	0.061	0.125	0.070
conservado	0.064	0.039	0.021	0.020	0.042	0.037

Tabla 94: Índice y relación de consistencia de estado de conservación de la vivienda

IC	0.054
RC	0.048

11.2.1.3. Resiliencia económica

Se consideraron los siguientes parámetros:

- Conocimiento sobre riesgo por ocupación en laderas
- Ingreso mensual familiar

a. Conocimiento sobre riesgo por ocupación en laderas

Tabla 95: Descripción de los parámetros de conocimiento sobre riesgo por ocupación en laderas

Descriptor	Parámetro	Cantidad de lotes
DERA1	sin conocimiento	37
DERA2	conocimiento básico	38
DERA3	con conocimiento	84
DERA4	conocimiento técnico aplicado	23
DERA5	conocimiento de acuerdo a la normativa en edificaciones	5
TOTAL		187

Tabla 96: Matriz de comparación de pares para los parámetros de conocimiento sobre riesgo por ocupación en laderas

Conocimiento sobre riesgo por ocupación en laderas	sin conocimiento	conocimiento básico	con conocimiento	conocimiento técnico aplicado	conocimiento de acuerdo a la normativa en edificaciones
sin conocimiento	1.00	2.00	4.00	6.00	8.00
conocimiento básico	0.50	1.00	2.00	4.00	6.00
con conocimiento	0.25	0.50	1.00	2.00	4.00
conocimiento técnico aplicado	0.17	0.25	0.50	1.00	2.00
conocimiento de acuerdo a la normativa en edificaciones	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 97: Matriz de normalización para los parámetros de conocimiento sobre riesgo por ocupación en laderas

Conocimiento sobre riesgo por ocupación en laderas	sin conocimiento	conocimiento básico	con conocimiento	conocimiento técnico aplicado	conocimiento de acuerdo a la normativa en edificaciones	Vector Priorización
sin conocimiento	0.502	0.544	0.522	0.391	0.348	0.461
conocimiento básico	0.251	0.272	0.313	0.326	0.304	0.293
con conocimiento	0.100	0.091	0.104	0.196	0.174	0.133
conocimiento técnico aplicado	0.084	0.054	0.035	0.065	0.130	0.074
conocimiento de acuerdo a la normativa en edificaciones	0.063	0.039	0.026	0.022	0.043	0.039

Tabla 98: Índice y relación de consistencia de conocimiento sobre riesgo por ocupación en laderas

IC	0.088
RC	0.079

b. Ingreso mensual familiar

Tabla 99: Descripción de los parámetros de ingreso mensual familiar

Descriptor	Parámetro	Cantidad de lotes
DERB1	menor a S/. 150.00	10
DERB2	S/. 151.00 - S/. 300.00	19
DERB3	S/. 301.00 - S/. 950.00	79
DERB4	S/. 951.00 - S/. 3000.00	72
DERB5	mayor a S/. 3001.00	7
TOTAL		187

Tabla 100: Matriz de comparación de pares para los parámetros de ingreso mensual familia

Ingreso mensual familiar	menor a S/. 150.00	S/. 151.00 - S/. 300.00	S/. 301.00 - S/. 950.00	S/. 951.00 - S/. 3000.00	mayor a S/. 3001.00
menor a S/. 150.00	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
S/. 151.00 – S/. 300.00	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
S/. 301.00 – S/. 950.00	0.20	0.33	1.00	3.00	4.00
S/. 951.00 – S/. 3000.00	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
mayor a S/. 3001.00	0.11	0.14	0.25	0.33	1.00
SUMA	1.79	4.68	9.58	16.33	24.00
1/SUMA	0.56	0.21	0.10	0.06	0.04

Tabla 101: Matriz de normalización para los parámetros de ingreso mensual familiar

Ingreso mensual familiar	menor a S/. 150.00	S/. 151.00 - S/. 300.00	S/. 301.00 - S/. 950.00	S/. 951.00 - S/. 3000.00	mayor a S/. 3001.00	Vector Priorización
menor a S/. 150.00	0.560	0.642	0.522	0.429	0.375	0.505
S/. 151.00 - S/. 300.00	0.187	0.214	0.313	0.306	0.292	0.262
S/. 301.00 - S/. 950.00	0.112	0.071	0.104	0.184	0.167	0.128
S/. 951.00 - S/. 3000.00	0.080	0.043	0.035	0.061	0.125	0.069
mayor a S/. 3001.00	0.062	0.031	0.026	0.020	0.042	0.036

Tabla 102: Índice y relación de consistencia de ingreso mensual familiar

IC	0.057
RC	0.051

➤ **Ponderación de parámetros de la dimensión económica**

Tabla 103: Matriz de comparación de pares para los parámetros de dimensión económica

Parámetros de dimensión económica	Exposición económica	Fragilidad económica	Resiliencia económica
Exposición económica	1.00	2.00	5.00
Fragilidad económica	0.50	1.00	3.00
Resiliencia económica	0.20	0.33	1.00
Suma	1.70	3.33	9.00
1/suma	0.59	0.30	0.11

Tabla 104: Matriz de normalización para los parámetros de dimensión económica

Parámetros de dimensión económica	Exposición económica	Fragilidad económica	Resiliencia económica	Vector priorización
Exposición económica	0.588	0.600	0.556	0.581
Fragilidad económica	0.294	0.300	0.333	0.309
Resiliencia económica	0.118	0.100	0.111	0.110

Tabla 105: Índice y relación de consistencia de dimensión económica

Índice de consistencia	IC	0.002
Relación de consistencia < 0.01 (*)	RC	0.004

11.2.2. Análisis de la dimensión social

La dimensión social abarca los aspectos demográficos, organizativos y de acceso a servicios que influyen en la vulnerabilidad de la población frente a los deslizamientos.

La exposición considera la actividad principal a la que se dedica la población, ya que las ocupaciones ligadas al trabajo doméstico, informal o dependiente del entorno físico pueden incrementar el tiempo de permanencia en áreas de riesgo.

La fragilidad se evalúa según la presencia de grupos etarios vulnerables (niños y adultos mayores), personas con discapacidad y las limitaciones en el acceso a servicios básicos como

agua potable, saneamiento o energía eléctrica, que reducen la capacidad de respuesta ante emergencias.

En cuanto a la resiliencia, esta se expresa a través del nivel de organización social, el grado de conocimiento de la población sobre la gestión del riesgo de desastres (GRD) y la tenencia de un seguro de salud, factores que contribuyen a una mayor preparación y capacidad de recuperación ante la ocurrencia de un evento adverso.

11.2.2.1. Exposición social

a. Actividad a la que se dedica la población

Tabla 106: Descripción de los parámetros de actividad a la que se dedica la población

Descriptor	Parámetro	Población
DSEA1	Desempleado	247
DSEA2	Construcción	112
DSEA3	Taxi	13
DSEA4	Trabajo independiente	100
DSEA5	Trabajo dependiente	211
TOTAL		683

Tabla 107: Matriz de comparación de pares para los parámetros de actividad a la que se dedica la población

Actividad a la que se dedica la población	Desempleado	Construcción	Taxi	Trabajo independiente	Trabajo dependiente
Desempleado	1.00	2.00	4.00	6.00	9.00
Construcción	0.50	1.00	3.00	5.00	7.00
Taxi	0.25	0.33	1.00	2.00	6.00
Trabajo independiente	0.17	0.20	0.50	1.00	3.00
Trabajo dependiente	0.11	0.14	0.17	0.33	1.00
Suma	2.03	3.68	8.67	14.33	26.00
1/suma	0.49	0.27	0.12	0.07	0.04

Tabla 108: Matriz de normalización para los parámetros de actividad a la que se dedica la población

Actividad a la que se dedica la población	Desempleado	Construcción	Taxi	Trabajo independiente	Trabajo dependiente	Vector Priorización
Desempleado	0.493	0.544	0.462	0.419	0.346	0.453
Construcción	0.247	0.272	0.346	0.349	0.269	0.297
Taxi	0.123	0.091	0.115	0.140	0.231	0.140
Trabajo independiente	0.082	0.054	0.058	0.070	0.115	0.076
Trabajo dependiente	0.055	0.039	0.019	0.023	0.038	0.035

Tabla 109: Índice y relación de consistencia de actividad a la que se dedica la población

IC	0.038
RC	0.034

11.2.2.2. Fragilidad social

Se consideraron los siguientes parámetros:

- Grupo etario
- Discapacidad
- Acceso a servicios básicos

a. Grupo etario

Tabla 110: Descripción de los parámetros de grupo etario

Descriptor	Parámetro	Población
DSFA1	De 0 a 5 y mayor a 65 años	45
DSFA2	De 5 a 12 y 60 a 65 años	86
DSFA3	De 12 a 15 y 50 a 60 años	76
DSFA4	De 15 a 30 años	112
DSFA5	De 30 a 50 años	364
TOTAL		683

Tabla 111: Matriz de comparación de pares para los parámetros de grupo etario

Grupo etario	De 0 a 5 y mayor a 65 años	De 5 a 12 y 60 a 65 años	De 12 a 15 y 50 a 60 años	De 15 a 30 años	De 30 a 50 años
De 0 a 5 y mayor a 65 años	1.00	2.00	5.00	6.00	9.00
De 5 a 12 y 60 a 65 años	0.50	1.00	3.00	5.00	6.00
De 12 a 15 y 50 a 60 años	0.20	0.33	1.00	3.00	4.00
De 15 a 30 años	0.17	0.20	0.33	1.00	3.00
De 30 a 50 años	0.11	0.17	0.25	0.33	1.00
Suma	1.98	3.70	9.58	15.33	23.00
1/suma	0.51	0.27	0.10	0.07	0.04

Tabla 112: Matriz de normalización para los parámetros de grupo etario

Grupo etario	De 0 a 5 y mayor a 65 años	De 5 a 12 y 60 a 65 años	De 12 a 15 y 50 a 60 años	De 15 a 30 años	De 30 a 50 años	Vector Priorización
De 0 a 5 y mayor a 65 años	0.506	0.541	0.522	0.391	0.391	0.470
De 5 a 12 y 60 a 65 años	0.253	0.270	0.313	0.326	0.261	0.285
De 12 a 15 y 50 a 60 años	0.101	0.090	0.104	0.196	0.174	0.133
De 15 a 30 años	0.084	0.054	0.035	0.065	0.130	0.074
De 30 a 50 años	0.056	0.045	0.026	0.022	0.043	0.039

Tabla 113: Índice y relación de consistencia de grupo etario

IC	0.049
RC	0.044

b. Discapacidad

Tabla 114: Descripción de los parámetros de discapacidad

Descriptor	Parámetro	Población
DSFB1	Múltiple	0
DSFB2	Física	29
DSFB3	Cognitiva	11
DSFB4	Sensorial	10
DSFB5	Ninguna	633
TOTAL		683

Tabla 115: Matriz de comparación de pares para los parámetros de discapacidad

Discapacidad	Múltiple	Física	Cognitiva	Sensorial	Ninguna
Múltiple	1.00	3.00	4.00	7.00	9.00
Física	0.33	1.00	3.00	5.00	6.00
Cognitiva	0.25	0.33	1.00	3.00	4.00
Sensorial	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
Ninguna	0.11	0.17	0.25	0.33	1.00
Suma	1.84	4.70	8.58	16.33	23.00
1/suma	0.54	0.21	0.12	0.06	0.04

Tabla 116: Matriz de normalización para los parámetros de discapacidad

Discapacidad	Múltiple	Física	Cognitiva	Sensorial	Ninguna	Vector Priorización
Múltiple	0.544	0.638	0.466	0.429	0.391	0.494
Física	0.181	0.213	0.350	0.306	0.261	0.262
Cognitiva	0.136	0.071	0.117	0.184	0.174	0.136
Sensorial	0.078	0.043	0.039	0.061	0.130	0.070
Ninguna	0.060	0.035	0.029	0.020	0.043	0.038

Tabla 117: Índice y relación de consistencia de discapacidad

IC	0.056
RC	0.050

c. Acceso a servicios básicos

Tabla 118: Descripción de los parámetros de acceso a servicios básicos

Descriptor	Parámetro	Cantidad de lotes
DSFC1	Agua no tratada	215
DSFC2	Luz eléctrica colectiva	123
DSFC3	Desagüe	51
DSFC4	Sistema de energía eléctrica	213
DSFC5	Agua potable	53

Tabla 119: Matriz de comparación de pares para los parámetros de acceso a servicios básicos

Acceso a servicios básicos	Agua no tratada	Luz eléctrica colectiva	Desagüe	Sistema de energía eléctrica	Agua potable
Agua no tratada	1.00	3.00	5.00	8.00	9.00
Luz eléctrica colectiva	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
Desagüe	0.20	0.33	1.00	3.00	4.00
Sistema de energía eléctrica	0.13	0.20	0.33	1.00	3.00
Agua potable	0.11	0.14	0.25	0.33	1.00
SUMA	1.77	4.68	9.58	17.33	24.00
1/SUMA	0.57	0.21	0.10	0.06	0.04

Tabla 120: Matriz de normalización para los parámetros de acceso a servicios básicos

Acceso a servicios básicos	agua no tratada	luz eléctrica colectiva	desagüe	sistema de energía eléctrica	agua potable	Vector Priorización
agua no tratada	0.565	0.642	0.522	0.462	0.375	0.513
luz eléctrica colectiva	0.188	0.214	0.313	0.288	0.292	0.259
desagüe	0.113	0.071	0.104	0.173	0.167	0.126
sistema de energía eléctrica	0.071	0.043	0.035	0.058	0.125	0.066
agua potable	0.063	0.031	0.026	0.019	0.042	0.036

Tabla 121: Índice y relación de consistencia de acceso a servicios básicos

IC	0.056
RC	0.050

➤ **Ponderación de fragilidad social**

Tabla 122: Matriz de comparación de pares para los parámetros de parámetro fragilidad social

Parámetro Fragilidad Social	Grupo etario	Discapacidad	Acceso a servicios básicos
Grupo etario	1.00	2.00	5.00
Discapacidad	0.50	1.00	3.00
Acceso a servicios básicos	0.20	0.33	1.00
SUMA	1.70	3.33	9.00
1/SUMA	0.59	0.30	0.11

Tabla 123: Matriz de normalización para los parámetros de fragilidad social

Parámetro Fragilidad Social	Grupo etario	Discapacidad	Acceso a servicios básicos	Vector Priorización
Grupo etario	0.588	0.600	0.556	0.581
Discapacidad	0.294	0.300	0.333	0.309
Acceso a servicios básicos	0.118	0.100	0.111	0.110

Tabla 124: Índice y relación de consistencia de fragilidad social

IC	0.002
RC	0.002

11.2.2.3. Resiliencia social

Se consideraron los siguientes parámetros:

- Organización social
- Conocimiento en temas de gestión de riesgos
- Seguro de salud

a. Organización social

Tabla 125: Descripción de los parámetros de organización social

Descriptor	Parámetro	Cantidad de lotes
DSRA1	No participa	286
DSRA2	Una vez al mes	275
DSRA3	Dos veces al mes	386
DSRA4	Tres veces al mes	201
DSRA5	Participa activamente	125
TOTAL		1023

Tabla 126: Matriz de comparación de pares para los parámetros de organización social

Organización social	No participa	Una vez al mes	Dos veces al mes	Tres veces al mes	Participa activamente
No participa	1.00	3.00	5.00	6.00	9.00
Una vez al mes	0.33	1.00	3.00	5.00	6.00
Dos veces al mes	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
Tres veces al mes	0.17	0.20	0.33	1.00	3.00
Participa activamente	0.11	0.17	0.20	0.33	1.00
Suma	1.81	4.70	9.53	15.33	24.00
1/suma	0.55	0.21	0.10	0.07	0.04

Tabla 127: Matriz de normalización para los parámetros de organización social

Organización social	No participa	Una vez al mes	Dos veces al mes	Tres veces al mes	Participa activamente	Vector Priorización
No participa	0.552	0.638	0.524	0.391	0.375	0.496
Una vez al mes	0.184	0.213	0.315	0.326	0.250	0.258
Dos veces al mes	0.110	0.071	0.105	0.196	0.208	0.138
Tres veces al mes	0.092	0.043	0.035	0.065	0.125	0.072
Participa activamente	0.061	0.035	0.021	0.022	0.042	0.036

Tabla 128: Índice y relación de consistencia de organización social

IC	0.066
RC	0.060

b. Conocimiento en temas de gestión de riesgos

Tabla 129: Descripción de los parámetros de conocimiento en temas de gestión de riesgos

Descriptor	Parámetro	Cantidad de lotes
DSRB1	Desconoce	199
DSRB2	Muy poco	277
DSRB3	Poco	80
DSRB4	Regular	92
DSRB5	Conoce	35
TOTAL		683

Tabla 130: Matriz de comparación de pares para los parámetros de conocimiento en temas de gestión de riesgos

Conocimiento en temas de gestión de riesgos	Desconoce	Muy poco	Poco	Regular	Conoce
Desconoce	1.00	2.00	7.00	8.00	9.00
Muy poco	0.50	1.00	3.00	5.00	6.00
Poco	0.14	0.33	1.00	3.00	5.00
Regular	0.13	0.20	0.33	1.00	3.00
Conoce	0.11	0.17	0.20	0.33	1.00
Suma	1.88	3.70	11.53	17.33	24.00
1/suma	0.53	0.27	0.09	0.06	0.04

Tabla 131: Matriz de normalización para los parámetros de conocimiento en temas de gestión de riesgos

Conocimiento en temas de gestión de riesgos	Desconoce	Muy poco	Poco	Regular	Conoce	Vector Priorización
Desconoce	0.532	0.541	0.607	0.462	0.375	0.503
Muy poco	0.266	0.270	0.260	0.288	0.250	0.267
Poco	0.076	0.090	0.087	0.173	0.208	0.127
Regular	0.067	0.054	0.029	0.058	0.125	0.066
Conoce	0.059	0.045	0.017	0.019	0.042	0.036

Tabla 132: Índice y relación de consistencia de conocimiento en temas de gestión de riesgos

IC	0.067
RC	0.060

c. Seguro de salud

Tabla 133: Descripción de los parámetros de seguro de salud

Descriptor	Parámetro	Población
DSRC1	Sin seguro	13
DSRC2	SIS	629
DSRC3	PNP-FFAA	3
DSRC4	ESSALUD	38
DSRC5	Privado	0
TOTAL		683

Tabla 134: Matriz de comparación de pares para los parámetros de seguro de salud

Seguro de salud	Sin seguro	SIS	PNP-FFAA	ESSALUD	Privado
Sin seguro	1.00	2.00	4.00	6.00	8.00
SIS	0.50	1.00	2.00	4.00	7.00
PNP-FFAA	0.25	0.50	1.00	3.00	4.00
ESSALUD	0.17	0.25	0.33	1.00	2.00
Privado	0.13	0.14	0.25	0.50	1.00
SUMA	2.04	3.89	7.58	14.50	22.00
1/SUMA	0.49	0.26	0.13	0.07	0.05

Tabla 135: Matriz de normalización para los parámetros de seguro de salud

Seguro de salud	Sin seguro	SIS	PNP-FFAA	ESSALUD	Privado	Vector Priorización
Sin seguro	0.490	0.514	0.527	0.414	0.364	0.462
SIS	0.245	0.257	0.264	0.276	0.318	0.272
PNP-FFAA	0.122	0.128	0.132	0.207	0.182	0.154
ESSALUD	0.082	0.064	0.044	0.069	0.091	0.070
Privado	0.061	0.037	0.033	0.034	0.045	0.042

Tabla 136: Índice y relación de consistencia de seguro de salud

IC	0.019
RC	0.017

➤ **Ponderación de resiliencia social**

Tabla 137: Matriz de comparación de pares para los parámetros de resiliencia social

Parámetro Resiliencia Social	Organización social	Conocimiento en temas de gestión de riesgos	Seguro de salud
Organización social	1.00	2.00	4.00
Conocimiento en temas de gestión de riesgos	0.50	1.00	2.00
Seguro de salud	0.25	0.50	1.00
SUMA	1.75	3.50	7.00
1/SUMA	0.57	0.29	0.14

Tabla 138: Matriz de normalización para los parámetros de resiliencia social

Parámetro Resiliencia Social	Organización social	Conocimiento en temas de gestión de riesgos	Seguro de salud	Vector Priorización
Organización social	0.571	0.571	0.571	0.571
Conocimiento en temas de gestión de riesgos	0.286	0.286	0.286	0.286
Seguro de salud	0.143	0.143	0.143	0.143

Tabla 139: Índice y relación de consistencia de resiliencia social

IC	0.000
RC	0.000

➤ **Ponderación de parámetros de dimensión social**

Tabla 140: Matriz de comparación de pares para los parámetros de dimensión social

Parametros	Exposición social	Fragilidad social	Resiliencia social
Exposición social	1.00	2.00	4.00
Fragilidad social	0.50	1.00	3.00
Resiliencia social	0.25	0.33	1.00
Suma	1.75	3.33	8.00
1/suma	0.57	0.30	0.13

Tabla 141: Matriz de normalización para los parámetros de dimensión social

Parámetros	Exposición social	Fragilidad social	Resiliencia social	Vector priorización
Exposición social	0.571	0.600	0.500	0.557
Fragilidad social	0.286	0.300	0.375	0.320
Resiliencia social	0.143	0.100	0.125	0.123

Tabla 142: Índice y relación de consistencia de dimensión social

IC	0.009
RC	0.017

11.2.3. Análisis de la dimensión ambiental

La dimensión ambiental se relaciona con las condiciones del entorno físico-natural y las intervenciones humanas que influyen en la estabilidad del terreno y en la magnitud del riesgo. La exposición se asocia a la proximidad de las edificaciones con respecto a quebradas o cauces naturales, zonas donde la susceptibilidad a deslizamientos es mayor debido a la erosión y la saturación del suelo.

La fragilidad ambiental se evidencia en la disposición inadecuada de residuos sólidos, el porcentaje elevado de área edificada sobre laderas inestables y el vertimiento de aguas residuales, prácticas que deterioran el suelo y aumentan la posibilidad de movimientos en masa.

Por último, la resiliencia ambiental está representada por las prácticas de forestación y reforestación en áreas verdes, las cuales contribuyen a la protección del terreno, la retención del suelo y la mitigación del impacto de los deslizamientos.

11.2.3.1. Exposición ambiental

a. Cercanía de la edificación a la quebrada

Tabla 143: Descripción de los parámetros de cercanía de la edificación a la quebrada

Descriptor	Parámetro	Cantidad de lotes
DAEA1	Muy cerca	15
DAEA2	Cerca	52
DAEA3	Medio	83
DAEA4	Lejos	135
DSRC5	Muy lejos	172
TOTAL		457

Tabla 144: Matriz de comparación de pares para los parámetros de cercanía de la edificación a la quebrada

Cercanía de la edificación a la quebrada	Muy cerca	Cerca	Medio	Lejos	Muy lejos
Muy cerca	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
Cerca	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
Medio	0.20	0.33	1.00	2.00	5.00
Lejos	0.14	0.20	0.50	1.00	3.00
Muy lejos	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00
SUMA	1.79	4.68	9.70	15.33	25.00
1/SUMA	0.56	0.21	0.10	0.07	0.04

Tabla 145: Matriz de normalización para los parámetros de cercanía de la edificación a la quebrada

Cercanía de la edificación a la quebrada	Muy cerca	Cerca	Medio	Lejos	Muy lejos	Vector Priorización
Muy cerca	0.560	0.642	0.515	0.457	0.360	0.507
Cerca	0.187	0.214	0.309	0.326	0.280	0.263
Medio	0.112	0.071	0.103	0.130	0.200	0.123
Lejos	0.080	0.043	0.052	0.065	0.120	0.072
Muy lejos	0.062	0.031	0.021	0.022	0.040	0.035

Tabla 146: Índice y relación de consistencia de cercanía de la edificación a la quebrada

IC	0.049
RC	0.044

11.2.3.2. Fragilidad ambiental

Se consideraron los siguientes parámetros:

- Disposición de RRSS
- Porcentaje de área edificada en laderas
- Vertimiento de aguas residuales en laderas

a. Disposición de RRSS

Tabla 147: Descripción de los parámetros de disposición de RRSS

Descriptor	Parámetro	Cantidad de lotes
DAFA1	Desechar en laderas	144
DAFA2	Quema de RRSS	21
DAFA3	Desechar en vías y calles	20
DAFA4	Desechar en botaderos	2
DSFC5	Carro recolector	0
TOTAL		187

Tabla 148: Matriz de comparación de pares para los parámetros de disposición de RRSS

Disposición de RRSS	Desechar en laderas	Quema de RRSS	Desechar en vías y calles	Desechar en botaderos	Carro recolector
Desechar en laderas	1.00	2.00	5.00	6.00	9.00
Quema de RRSS	0.50	1.00	2.00	5.00	8.00
Desechar en vías y calles	0.20	0.50	1.00	3.00	4.00
Desechar en botaderos	0.17	0.20	0.33	1.00	3.00
Carro recolector	0.11	0.13	0.25	0.33	1.00
SUMA	1.98	3.83	8.58	15.33	25.00
1/SUMA	0.51	0.26	0.12	0.07	0.04

Tabla 149: Matriz de normalización para los parámetros de disposición de RRSS

Disposición de RRSS	desechar en laderas	quema de RRSS	desechar en vías y calles	desechar en botaderos	carro recolector	Vector Priorización
desechar en laderas	0.506	0.523	0.583	0.391	0.360	0.472
quema de RRSS	0.253	0.261	0.233	0.326	0.320	0.279
desechar en vías y calles	0.101	0.131	0.117	0.196	0.160	0.141
desechar en botaderos	0.084	0.052	0.039	0.065	0.120	0.072
carro recolector	0.056	0.033	0.029	0.022	0.040	0.036

Tabla 150: Índice y relación de consistencia de disposición de RRSS

IC	0.038
RC	0.034

b. Porcentaje de área edificada en laderas

Tabla 151: Descripción de los parámetros de porcentaje de área edificada en laderas

Descriptor	Parámetro	Cantidad de lotes
DAFB1	100% de área edificada sin áreas libres	2
DAFB2	85% de área edificada con área libre	15
DAFB3	70% de área edificada con área libre	28
DAFB4	60% de área edificada con área libre	96
DSFB5	Menor a 50% de área edificada con áreas libres	316
TOTAL		457

Tabla 152: Matriz de comparación de pares para los parámetros de porcentaje de área edificada en laderas

Porcentaje de área edificada en laderas	100% de área edificada sin áreas libres	85% de área edificada con área libre	70% de área edificada con área libre	60% de área edificada con área libre	Menor a 50% de área edificada con áreas libres
100% de área edificada sin áreas libres	1.00	2.00	4.00	6.00	9.00
85% de área edificada con área libre	0.50	1.00	3.00	4.00	7.00
70% de área edificada con área libre	0.25	0.33	1.00	3.00	4.00
60% de área edificada con área libre	0.17	0.25	0.33	1.00	2.00
Menor a 50% de área edificada con áreas libres	0.11	0.14	0.25	0.50	1.00
SUMA	2.03	3.73	8.58	14.50	23.00
1/SUMA	0.49	0.27	0.12	0.07	0.04

Tabla 153: Matriz de normalización para los parámetros de porcentaje de área edificada en laderas

Porcentaje de área edificada en laderas	100% de área edificada sin áreas libres	85% de área edificada con área libre	70% de área edificada con área libre	60% de área edificada con área libre	menor a 50% de área edificada con áreas libres	Vector Priorización
100% de área edificada sin áreas libres	0.493	0.537	0.466	0.414	0.391	0.460
85% de área edificada con área libre	0.247	0.268	0.350	0.276	0.304	0.289
70% de área edificada con área libre	0.123	0.089	0.117	0.207	0.174	0.142
60% de área edificada con arena libre	0.082	0.067	0.039	0.069	0.087	0.069
menor a 50% de área edificada con áreas libres	0.055	0.038	0.029	0.034	0.043	0.040

Tabla 154: Índice y relación de consistencia de porcentaje de área edificada en laderas

IC	0.025
RC	0.023

c. Vertimiento de aguas residuales en laderas

Tabla 155: Descripción de los parámetros de vertimiento de aguas residuales en laderas

Descriptor	Parámetro	Cantidad de lotes
DAFC1	Vierte directamente al suelo	110
DAFC2	Vierte con entubado a la ladera	32
DAFC3	Vierte con entubado a una quebrada	0
DAFC4	Vierte a un sistema entubado	0
DSFC5	Con sistema de desagüe	45
TOTAL		187

Tabla 156: Matriz de comparación de pares para los parámetros de vertimiento de aguas residuales en laderas

Vertimiento de aguas residuales en laderas	Vierte directamente al suelo	Vierte con entubado a la ladera	Vierte con entubado a una quebrada	Vierte a un sistema entubado	Con sistema de desagüe
Vierte directamente al suelo	1.00	3.00	4.00	6.00	9.00
Vierte con entubado a la ladera	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
Vierte con entubado a una quebrada	0.25	0.33	1.00	3.00	4.00
Vierte a un sistema entubado	0.17	0.20	0.33	1.00	3.00
Con sistema de desagüe	0.11	0.14	0.25	0.33	1.00
SUMA	1.86	4.68	8.58	15.33	24.00
1/SUMA	0.54	0.21	0.12	0.07	0.04

Tabla 157: Matriz de normalización para los parámetros de vertimiento de aguas residuales en laderas

Vertimiento de aguas residuales en laderas	Vierte directamente al suelo	Vierte con entubado a la ladera	Vierte con entubado a una quebrada	Vierte a un sistema entubado	Con sistema de desagüe	Vector Priorización
Vierte directamente al suelo	0.537	0.642	0.466	0.391	0.375	0.482
Vierte con entubado a la ladera	0.179	0.214	0.350	0.326	0.292	0.272
Vierte con entubado a una quebrada	0.134	0.071	0.117	0.196	0.167	0.137
Vierte a un sistema entubado	0.090	0.043	0.039	0.065	0.125	0.072
Con sistema de desagüe	0.060	0.031	0.029	0.022	0.042	0.037

Tabla 158: Índice y relación de consistencia de vertimiento de aguas residuales en laderas

IC	0.059
RC	0.053

➤ **Ponderación de fragilidad ambiental**

Tabla 159: Matriz de comparación de pares para los parámetros de parámetro fragilidad ambiental

Parámetro Fragilidad Ambiental	Disposición de RRSS	Porcentaje de área edificada en laderas	Vertimiento de aguas residuales en laderas
Disposición de RRSS	1.00	3.00	4.00
Porcentaje de área edificada en laderas	0.33	1.00	3.00
Vertimiento de aguas residuales en laderas	0.25	0.33	1.00
SUMA	1.58	4.33	8.00
1/SUMA	0.63	0.23	0.13

Tabla 160: Matriz de normalización para los parámetros de fragilidad ambiental

Parámetro Fragilidad Ambiental	Disposición de RRSS	Porcentaje de área edificada en laderas	Vertimiento de aguas residuales en laderas	Vector Priorización
Disposición de RRSS	0.632	0.692	0.500	0.608
Porcentaje de área edificada en laderas	0.211	0.231	0.375	0.272
Vertimiento de aguas residuales en laderas	0.158	0.077	0.125	0.120

Tabla 161: Índice y relación de consistencia de fragilidad ambiental

IC	0.037
RC	0.033

11.2.3.3. Resiliencia ambiental

a. Prácticas de forestación y reforestación en áreas verdes

Tabla 162: Descripción de los parámetros de prácticas de forestación y reforestación en áreas verdes

Descriptor	Parámetro	Cantidad de lotes
DARA1	Sin prácticas	82
DARA2	Una sola vez	35
DARA3	Esporádicamente	12
DARA4	Por temporada (estaciones del año)	35
DSRA5	Prácticas permanentes de sus áreas verdes	23
TOTAL		187

Tabla 163: Matriz de comparación de pares para los parámetros de Parámetro Fragilidad Ambiental

Prácticas de forestación y reforestación en áreas verdes	Sin prácticas	Una sola vez	Esporádicamente	Por temporada (estaciones del año)	Prácticas permanentes de sus áreas verdes
Sin prácticas	1.00	3.00	4.00	6.00	8.00
Una sola vez	0.33	1.00	3.00	4.00	6.00
Esporádicamente	0.25	0.33	1.00	3.00	4.00
Por temporada (estaciones del año)	0.17	0.25	0.33	1.00	2.00
Prácticas permanentes de sus áreas verdes	0.13	0.17	0.25	0.50	1.00
SUMA	1.88	4.75	8.58	14.50	21.00
1/SUMA	0.53	0.21	0.12	0.07	0.05

Tabla 164: Matriz de normalización para los parámetros de Prácticas de forestación y reforestación en áreas verdes

Prácticas de forestación y reforestación en áreas verdes	Sin prácticas	Una sola vez	Esporádicamente	Por temporada (estaciones del año)	Prácticas permanentes de sus áreas verdes	Vector Priorización
Sin prácticas	0.533	0.632	0.466	0.414	0.381	0.485
Una sola vez	0.178	0.211	0.350	0.276	0.286	0.260
Esporádicamente	0.133	0.070	0.117	0.207	0.190	0.143
Por temporada (estaciones del año)	0.089	0.053	0.039	0.069	0.095	0.069
Prácticas permanentes de sus áreas verdes	0.067	0.035	0.029	0.034	0.048	0.043

Tabla 165: Índice y relación de consistencia de prácticas de forestación y reforestación en áreas verdes

IC	0.044
RC	0.040

11.3. Estratificación de los niveles de vulnerabilidad

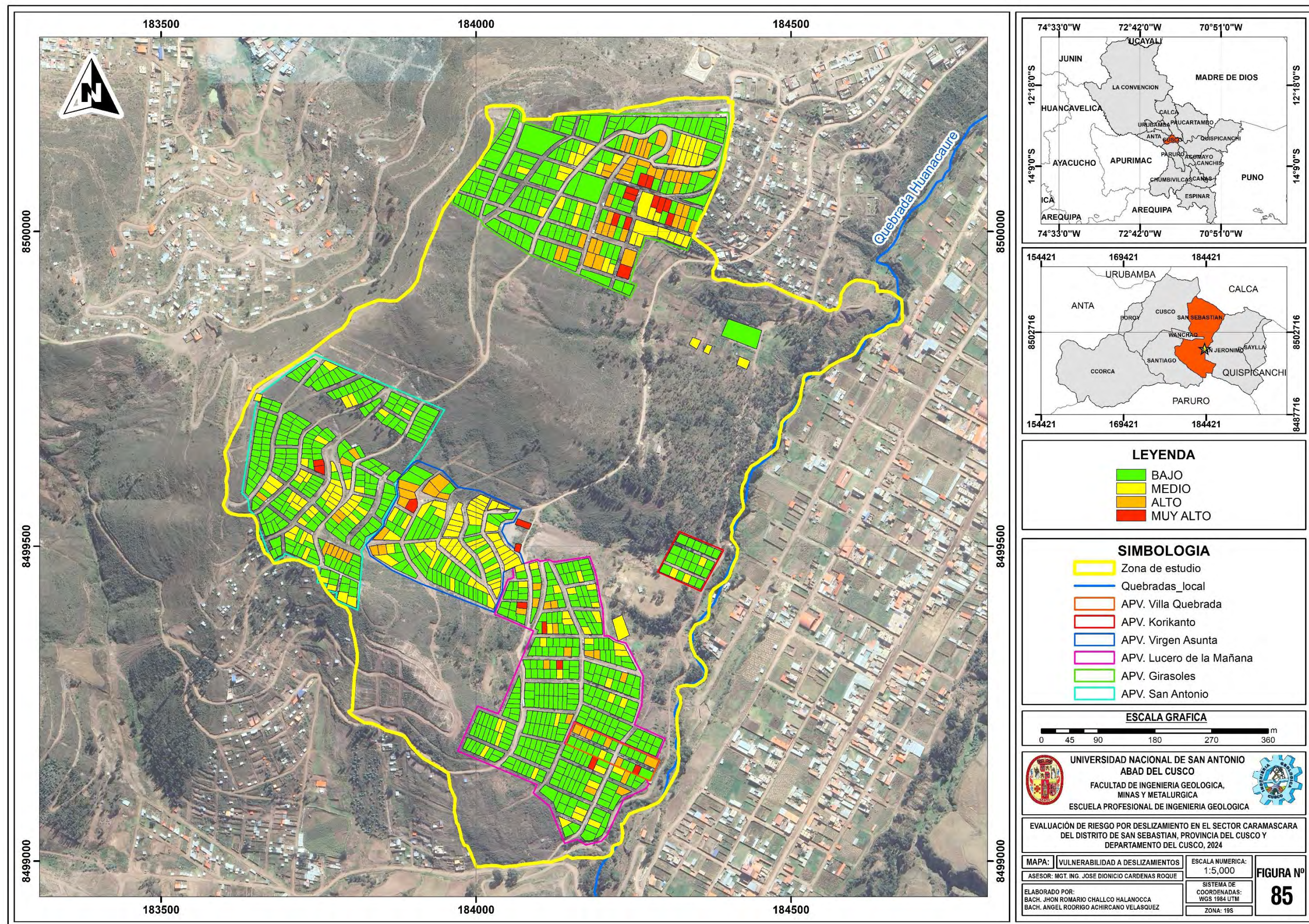
Tabla 166: Estratificación de los niveles de vulnerabilidad del ámbito de estudio

Nivel de vulnerabilidad	Descripción	Rango
Muy alto	<p>Actividad económica es desempleada o a la construcción, grupo etario mayoritario es de 0-12 y mayores de 60 años, con discapacidad física o múltiple de algunos miembros de familia, servicios básicos de agua no tratado o luz eléctrica colectiva, solo participa una vez o no lo hace en actividades sociales, nunca escuchó o desconoce temas de GRD, no cuenta con seguro de salud o SIS. La vivienda está muy próxima o próxima a las zonas de peligro muy alto, el terreno tiene un corte de ladera mayor a 4 metros con o sin muro de contención, la edificación es de ladrillo con barro sin vigas ni columnas o material precario, con 4 niveles a más, muy malo o mal estado de conservación de vivienda, no conoce o conoce lo básico sobre la ocupación de laderas y sus riesgos, el ingreso mensual familiar es menor a S/. 300.00. Además, la vivienda está muy cerca o cerca a la quebrada quebrada de muy cerca o cerca, desecha los RR. SS en la ladera o la quema, el porcentaje de área edificada es entre 85% o 100%, el entubado de sus aguas residuales es a la ladera o es con dirección al suelo, no practica o lo hace solo 1 vez al mes actividades de forestación ni reforestación.</p>	0.268 < P ≤ 0.482
Alto	<p>Actividad económica es construcción o servicio de taxi, el grupo etario mayoritario es 5-15 y de 50 a 65 años, con discapacidad física o cognitiva de algún miembro de familia, cuenta con luz eléctrica colectiva o desagüe, participa una o dos veces al mes en actividades sociales, nunca escuchó o poco escucho temas de GRD, con seguro de salud SIS o PNP-FFAA. Próxima o regular a zonas de peligro muy alto, presenta cortes mayores a 4m con muros de contención o corte de ladera de 3 metros sin muro de contención, vivienda de material precario o adobe, con 3 o 4 niveles de edificación, con malo o medio estado de conservación, conoce sobre ocupación de laderas de forma básica, el ingreso mensual familiar es entre S/. 151.00. a S/. 950.00. La vivienda está cerca o medio a la quebrada, sus RR.SS. quema o desecha en las vías o calles, el porcentaje de área edificada es entre 85% o 70%, el vertimiento de aguas residuales es entubado en la ladera o en la quebrada, practica solo una vez o esporádicamente actividades de forestación y reforestación.</p>	0.138 < P ≤ 0.268

<p>Medio</p>	<p>Actividad económica es servicio de taxi o trabajo independiente, el grupo etario mayoritario es de 12-30 y de 50 a 60 años, con algunos miembros con discapacidad cognitiva o sensorial, posee servicios básicos de desagüe o sistema de energía eléctrica, participa dos o tres veces al mes en actividades sociales, escucha poco o regular sobre temas de GRD, cuenta con seguro de salud PNP-FFAA o ESSALUD. La vivienda está alejada o regular con respecto a zonas de peligro muy alto y en cuanto al impacto de corte de ladera presenta un talud desestabilizado de 3 metros sin muro de contención o corte de tipo andenería, la vivienda es de adobe o ladrillo/bloqueta, posee 2 o 3 niveles, se encuentra de medio a buen estado de conservación, conoce técnicamente sobre la ocupación de laderas y sus riesgos, el ingreso mensual familiar es entre S/. 301.00. a S/. 3000.00. Además, la vivienda está lejos o medio a la quebrada, desecha sus RR.SS. en las vías o en botaderos, el porcentaje de área edificada es entre 70% o 60%, su sistema de aguas residuales tiene entubado a la ladera o quebrada, practica esporádicamente o por temporadas actividades de forestación y reforestación.</p>	<p>0.074 < P ≤ 0.138</p>
<p>Bajo</p>	<p>Actividad económica es trabajo independiente o dependiente, el grupo etario mayoritario es de 15 a 50 años, con miembros de familia con discapacidad sensorial o ninguna, servicios básicos de sistema de energía eléctrica o agua potable, con participación social tres veces al mes o participa activamente, temas de GRD escucho regular o siempre, con seguro de salud ESSALUD o privado. La cercanía de la edificación con respecto a zonas de peligro muy alto es alejada o muy alejada, en cuanto al impacto de corte de ladera, corte de tipo andenería o sin corte en ladera cuya vivienda es de ladrillo/bloqueta o concreto armado de 1 o 2 niveles, vivienda con buen estado de conservación, tiene conocimientos normados sobre ocupaciones de laderas y sus riesgos, el ingreso mensual familiar es mayor a S/. 951.00. Además, la vivienda se ubica lejos o muy lejos de la quebrada, desecha sus RR.SS. en botaderos o carro recolector, el porcentaje de área edificada es menor a 50%, vierte sus aguas residuales a través de un entubado conectado o conectado a la red de desagüe, práctica por temporada o permanentemente actividades de forestación y reforestación.</p>	<p>0.038 ≤ P ≤ 0.074</p>

11.4. Mapa de niveles de vulnerabilidad

Figura 85: Mapa de vulnerabilidad a deslizamientos



Nota. Imagen satelital adaptada de Google Earth

CAPÍTULO XII: CÁLCULO DE LOS NIVELES DE RIESGO

12.1. Metodología para el cálculo de riesgo

Una vez identificados y caracterizados los peligros que afectan el área de estudio, así como evaluado su nivel de susceptibilidad frente a deslizamientos, se procede a analizar los factores que determinan la vulnerabilidad. Esta última se concibe como la combinación de condiciones de fragilidad y resiliencia, junto con la identificación de los elementos expuestos y los posibles tipos y magnitudes de daño. Con base en esta información, se integran todos los componentes relevantes para estimar el nivel de riesgo en la zona evaluada.

El riesgo se entiende como el resultado de la interacción entre la peligrosidad del fenómeno y la vulnerabilidad de los elementos expuestos. Esta relación permite anticipar las potenciales repercusiones sociales, económicas y ambientales asociadas a la ocurrencia de un deslizamiento. Es importante resaltar que cualquier variación en uno o más de estos componentes modifica el nivel de riesgo, alterando así la magnitud de las pérdidas estimadas y los impactos en el territorio (Carreño et al., 2005).

La conceptualización del riesgo como función del peligro y la vulnerabilidad cuenta con amplio respaldo en la literatura especializada. Diversos autores han desarrollado este enfoque, entre ellos Cardona (1985), Fournier d'Albe (1985), Milutinovic y Petrovsky (1985b), y Coburn y Spence (1992). A nivel normativo nacional, esta perspectiva ha sido adoptada por la Ley N.º 29664, la cual establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres en el Perú y define el riesgo como la función $f(\text{peligro}, \text{vulnerabilidad})$.

$$\mathbf{Rie} |t=f(\mathbf{P_i}, \mathbf{V_e})| t$$

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

Para el análisis del peligro se consideran la identificación y caracterización de los eventos naturales mediante parámetros como intensidad, magnitud, frecuencia o periodo de retorno (aunque en el presente estudio se emplea un único parámetro), así como el nivel de susceptibilidad. De manera complementaria, la determinación de la vulnerabilidad requiere evaluar las dimensiones de fragilidad y resiliencia, además del inventario de elementos expuestos y los posibles niveles de daño.

12.2. Estratificación de los niveles de riesgo

De acuerdo con CENEPRED (2015), la estratificación de los niveles de riesgo consiste en clasificar un territorio en categorías jerarquizadas, mediante la integración del peligro, la vulnerabilidad y la exposición. Este proceso requiere la definición previa de la intensidad y probabilidad del peligro, así como del análisis de vulnerabilidad, a fin de asignar un nivel de riesgo acorde a las condiciones del área evaluada.

Tabla 167: Método simplificado de cálculo de riesgo utilizado en el proceso de jerarquización de riesgos

Método simplificado de cálculo de riesgo					
PMA	0.485	0.036	0.067	0.130	0.234
PA	0.261	0.019	0.036	0.070	0.126
PM	0.140	0.010	0.019	0.038	0.068
PB	0.074	0.006	0.010	0.020	0.036
		0.074	0.138	0.268	0.482
		VB	VM	VA	VMA

Tabla 168: Niveles de riesgo

Nivel de riesgo	Rango	$\leq r <$	Rango
Muy alto	0.070	$\leq r <$	0.234
Alto	0.019	$\leq r <$	0.070
Medio	0.006	$\leq r <$	0.019
Bajo	0.001	$\leq r <$	0.006

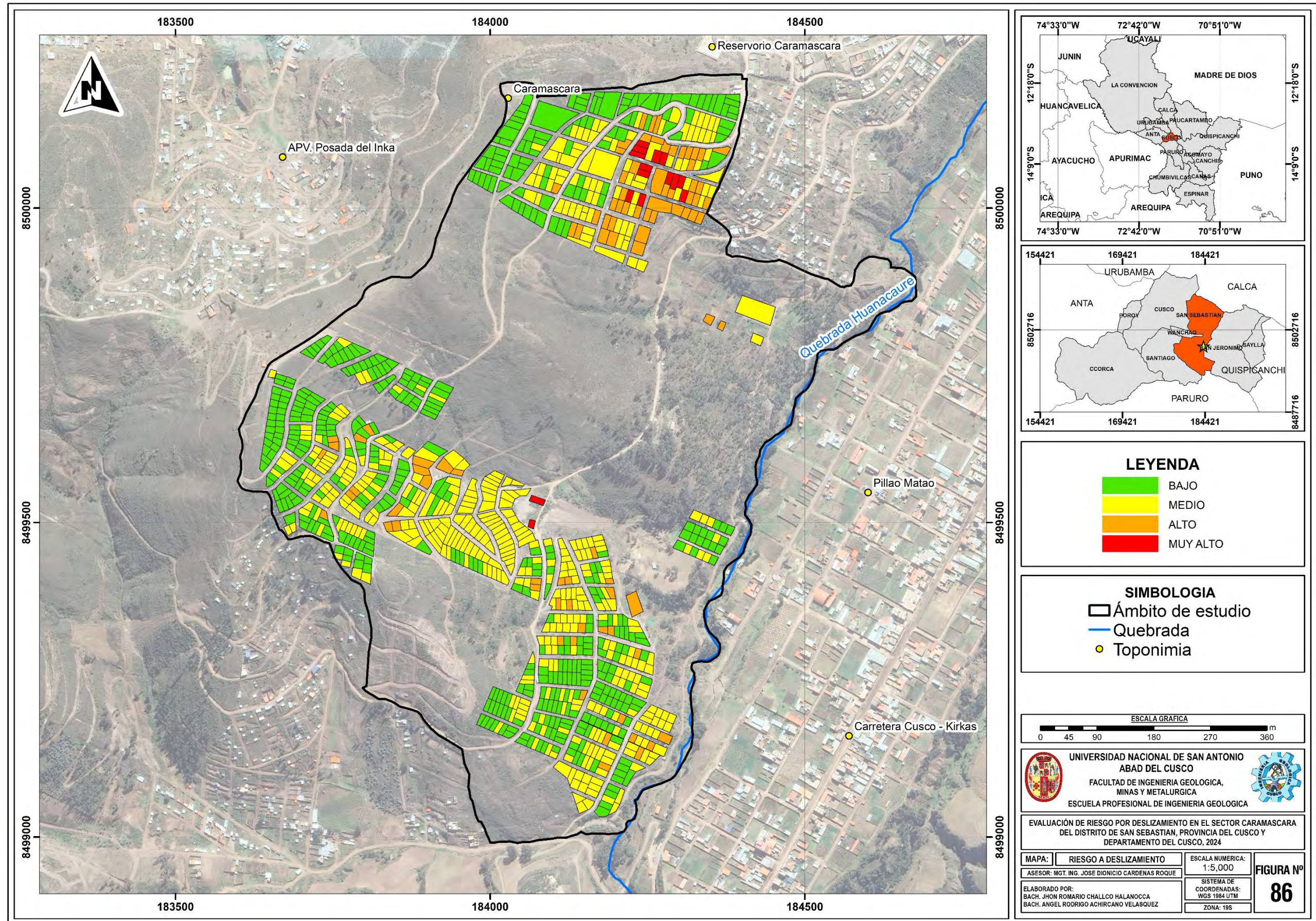
Tabla 169: Estratificación de los niveles de riesgo

Nivel de riesgo	Descripción	Rango
Muy alto	<p>Presenta un volumen mayor a 5,000 m³, con pendiente mayor a 45° dentro de la unidad litológica de material excedente (Q-re) o deposito coluvial (Q-co) y en una unidad geomorfológica de plataforma de relleno (Pt-r) o escarpe (Es) con una cobertura vegetal de zonas de impacto provocado. Presentando un evento precipitación extremadamente lluvioso de $rr > 26.7$ mm por día y lugares con altura de corte mayor a 4 m.</p> <p>Actividad económica es desempleada o a la construcción, grupo etario mayoritario es de 0-12 y mayores de 60 años, con discapacidad física o múltiple de algunos miembros de familia, servicios básicos de agua no tratado o luz eléctrica colectiva, solo participa una vez o no lo hace en actividades sociales, nunca escuchó o desconoce temas de GRD, no cuenta con seguro de salud o SIS. La vivienda está muy próxima o próxima a las zonas de peligro muy alto, el terreno tiene un corte de ladera mayor a 4 metros con o sin muro de contención, la edificación es de ladrillo con barro sin vigas ni columnas o material precario, con 4 niveles a más, muy malo o mal estado de conservación de vivienda, no conoce o conoce lo básico sobre la ocupación de laderas y sus riesgos, el ingreso mensual familiar es menor a S/. 300.00. Además, la vivienda está muy cerca o cerca a la quebrada quebrada de muy cerca o cerca, desecha los RR. SS en la ladera o la quema, el porcentaje de área edificada es entre 85% o 100%, el entubado de sus aguas residuales es a la ladera o es con dirección al suelo, no practica o lo hace solo 1 vez al mes actividades de forestación ni reforestación.</p>	$0.070 < r \leq 0.234$
Alto	<p>Presenta un volumen de 3000 a 5,000m³, con pendiente entre 25 a 45° dentro de la unidad litológica de depósito aluvial (q-al) o deposito eluvial (q-el) y en una unidad geomorfológica de cárcava (cv) o cauce de río (c-r) con una cobertura vegetal de zona desértica. Presentando un evento de precipitación muy lluvioso $16.5\text{mm} < rr \leq 26.7\text{mm}$ por día y lugares con altura de corte de 2.5 a 4 m.</p> <p>Actividad económica es construcción o servicio de taxi, el grupo etario mayoritario es 5-15 y de 50 a 65 años, con discapacidad física o cognitiva de algún miembro de familia, cuenta con luz eléctrica colectiva o desagüe, participa una o dos veces al mes en actividades sociales, nunca escuchó o poco escucho temas de GRD, con seguro de salud SIS o PNP-FFAA. Próxima o regular a zonas de peligro muy alto, presenta cortes mayores a 4m con muros de contención o corte de ladera de 3 metros sin muro de contención, vivienda de material precario o adobe, con 3 o 4 niveles de edificación, con malo o medio estado de conservación, conoce sobre ocupación de laderas de forma básica, el ingreso mensual familiar es entre S/. 151.00. a S/. 950.00. La vivienda está cerca o medio a la quebrada, sus RR.SS. quema o desecha en las vías o calles, el porcentaje de área edificada es entre 85% o 70%, el vertimiento de aguas residuales es entubado en la ladera o en la quebrada, practica solo una vez o esporádicamente actividades de forestación y reforestación.</p>	$0.019 < r \leq 0.070$

Medio	<p>Presenta un volumen 1500 a 3,000m³, con pendiente de 15 a 25° dentro de la unidad litológica de depósito fluvial (q-fl) o Formación San Sebastián (q-sa) y en una unidad geomorfológica de plataforma de ladera de montaña (l-m) con una cobertura vegetal de zonas con poca vegetación, pastizales o zonas con vegetación de moderada intensidad, pastizales mosaizados. Presentando un evento de un nivel de precipitación lluvioso 12.5mm<rr≤16.5mm por día y lugares con altura de corte de 1.5 a 2.5 m.</p> <p>Actividad económica es servicio de taxi o trabajo independiente, el grupo etario mayoritario es de 12-30 y de 50 a 60 años, con algunos miembros con discapacidad cognitiva o sensorial, posee servicios básicos de desagüe o sistema de energía eléctrica, participa dos o tres veces al mes en actividades sociales, escucha poco o regular sobre temas de GRD, cuenta con seguro de salud PNP-FFAA o ESSALUD. La vivienda está alejada o regular con respecto a zonas de peligro muy alto y en cuanto al impacto de corte de ladera presenta un talud desestabilizado de 3 metros sin muro de contención o corte de tipo andenería, la vivienda es de adobe o ladrillo/bloqueta, posee 2 o 3 niveles, se encuentra de medio a buen estado de conservación, conoce técnicamente sobre la ocupación de laderas y sus riesgos, el ingreso mensual familiar es entre S/. 301.00. a S/. 3000.00. Además, la vivienda está lejos o medio a la quebrada, desecha sus RR.SS. en las vías o en botaderos, el porcentaje de área edificada es entre 70% o 60%, su sistema de aguas residuales tiene entubado a la ladera o quebrada, practica esporádicamente o por temporadas actividades de forestación y reforestación.</p>	0.006 < r ≤ 0.019
Bajo	<p>Presenta un volumen menor a 1,500m³, con pendiente menor a 15° dentro de la unidad litológica de areniscas poco fracturadas(k-apf) o intercalación de areniscas y lutitas (k-ial) y en una unidad geomorfológica de cono aluvial (c-al) o cima o creta (c-c) con una cobertura vegetal de bosques y matorrales. Presentando un evento de un nivel de precipitación moderadamente a poco lluvioso rr≤12.5mm por día y lugares con altura de corte menor a 1.5 m.</p> <p>Actividad económica es trabajo independiente o dependiente, el grupo etario mayoritario es de 15 a 50 años, con miembros de familia con discapacidad sensorial o ninguna, servicios básicos de sistema de energía eléctrica o agua potable, con participación social tres veces al mes o participa activamente, temas de GRD escucho regular o siempre, con seguro de salud ESSALUD o privado. La cercanía de la edificación con respecto a zonas de peligro muy alto es alejada o muy alejada, en cuanto al impacto de corte de ladera, corte de tipo andenería o sin corte en ladera cuya vivienda es de ladrillo/bloqueta o concreto armado de 1 o 2 niveles, vivienda con buen estado de conservación, tiene conocimientos normados sobre ocupaciones de laderas y sus riesgos, el ingreso mensual familiar es mayor a S/. 951.00. Además, la vivienda se ubica lejos o mue lejos de la quebrada, desecha sus RR.SS. en botaderos o carro recolector, el porcentaje de área edificada es menor a 50%, vierte sus aguas residuales a través de un entubado conectado o conectado a la red de desagüe, práctica por temporada o permanentemente actividades de forestación y reforestación.</p>	0.001 ≤ r ≤ 0.006

12.3. Mapa de riesgos

Figura 86: Mapa de riesgo a deslizamientos



Nota. Imagen satelital adaptada de Google Earth

CAPÍTULO XIII: CONTROL Y MITIGACIÓN DE RIESGO

13.1. Control del riesgo

13.1.1. Aceptabilidad o tolerancia del riesgo

- Peligro por deslizamiento
- Tipo de Peligro: Movimiento en masa
- Tipo de Fenómeno: Deslizamiento
- Elementos Expuestos: Viviendas de las APVs Lucero de la mañana, Villa Quebrada, Koricanto, Villa residencial San Antonio y Virgen Asunta del Distrito de San Sebastián, Provincia de Cusco, Región Cusco.

13.1.2. Valoración de las consecuencias:

En base a la poca cantidad de lotes en riesgo alto o muy alto se valoró las consecuencias en un nivel medio (ver tabla 170).

Tabla 170: Valoración de consecuencias

Valor	Nivel	Descripción
4	Muy alta	Las consecuencias debido al impacto de un fenómeno natural son catastróficas.
3	Alta	Las consecuencias debido al impacto de un fenómeno natural pueden ser gestionadas con apoyo externo.
2	Media	Las consecuencias debido al impacto de un fenómeno natural pueden ser gestionadas con los recursos disponibles
1	Baja	Las consecuencias debido al impacto de un fenómeno natural pueden ser gestionadas sin dificultad

Fuente: CENEPRED (2015)

13.1.3. Valoración de frecuencia de recurrencia:

A partir de las características del fenómeno evaluado y los escenarios probables que pudiesen suscitarse se definió al sector Caramascara con una frecuencia media de ocurrencia (ver tabla 171).

Tabla 171: Valoración de frecuencia de recurrencia.

Valor	Nivel	Descripción
4	Muy alta	Puede ocurrir en la mayoría de las circunstancias.
3	Alta	Puede ocurrir en periodos de tiempo medianamente largos según las circunstancias.
2	Media	Puede ocurrir en periodos de tiempo largos según las circunstancias.
1	Baja	Puede ocurrir en circunstancias excepcionales.

Fuente: CENEPRED (2015)

13.1.4. Nivel de consecuencia y daño (matriz):

Este indicador se obtiene al interceptar consecuencia (media) y frecuencia (media). El resultado indica nivel medio (ver tabla 172).

Tabla 172: Nivel de Consecuencia y Daño

Consecuencias	Nivel	Zonas de consecuencias y daños			
Muy alta	4	Alta	Alta	Muy alta	Muy alta
Alta	3	Media	Alta	Alta	Muy alta
Media	2	Media	Media	Alta	Alta
Baja	1	Baja	Media	Media	Alta
	Nivel	1	2	3	4
	Frecuencia	Baja	Media	Alta	Muy alta

Fuente: CENEPRED (2015)

13.1.5. Aceptabilidad y/o tolerancia:

En base al nivel de consecuencia y daño se puede definir la aceptabilidad y/o tolerancia (ver tabla 173) y teniendo en cuenta las características de la población expuesta y su preparación para hacer frente a los desastres se obtiene que la aceptabilidad y tolerancia se encuentra en un nivel tolerable.

Tabla 173: Aceptabilidad y/o tolerancia

Valor	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

Fuente: CENEPRED (2015)

13.1.6. Matriz del nivel de aceptabilidad y/o tolerancia del riesgo:

Según la aceptabilidad y tolerancia se tiene un riesgo medio (tolerable).

Tabla 174: Matriz del nivel de aceptabilidad y/o tolerancia del riesgo.

Riesgo inaceptable	Riesgo inaceptable	Riesgo inadmisible	Riesgo inadmisible
Riesgo tolerable	Riesgo inaceptable	Riesgo inaceptable	Riesgo inadmisible
Riesgo tolerable	Riesgo tolerable	Riesgo inaceptable	Riesgo inaceptable
Riesgo aceptable	Riesgo tolerable	Riesgo tolerable	Riesgo inaceptable

Fuente: CENEPRED (2015)

13.1.7. Prioridad de Intervención:

Se definió un nivel de priorización III (tolerable), el cual requiere el monitoreo del fenómeno (deslizamiento) además de evitar el asentamiento de la población en zonas de muy alto riesgo.

Tabla 175: Prioridad de Intervención.

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

Fuente: CENEPRED (2015)

13.2. Medidas de prevención de riesgos de desastres

De acuerdo con la UNDRR (2019), la integración del riesgo en la planificación territorial constituye una de las principales estrategias para la reducción sostenible de desastres. En este marco, se proponen las siguientes acciones:

13.2.1. Disminución de la vulnerabilidad.

La disminución de la vulnerabilidad implica identificar zonas aptas para la edificación, promover el uso de materiales constructivos adecuados y asegurar el mantenimiento periódico de las edificaciones. Asimismo, se recomienda fortalecer las condiciones socioeconómicas de la población mediante la generación de empleo y la promoción de la educación ambiental, aspectos que contribuyen a reducir la vulnerabilidad social frente a los peligros geológicos (CENEPRED, 2015).

13.2.2. Prevención de riesgos futuros

La localización del crecimiento urbano en áreas seguras constituye una medida clave para evitar la generación de nuevos riesgos. Esta selección debe sustentarse en el uso de mapas de peligro geológico y en la restricción de edificaciones en zonas clasificadas con nivel de peligro alto o muy alto, especialmente en laderas con pendientes pronunciadas. En los casos donde el riesgo sea mitigable, se deberán aplicar medidas preventivas antes de autorizar la ocupación del suelo.

Asimismo, es indispensable contar con planes específicos actualizados de gestión del riesgo en el sector Caramascara como planes de contingencia, además de mantener coordinación con la Municipalidad Distrital de San Sebastián para incluir al sector Caramascara en las actividades y simulacros de sus planes de prevención, reducción, preparación, operaciones de emergencias y contingencias, conforme a lo establecido en el artículo 39 del Plan Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres, aprobado mediante la Ley N.º 29664.

13.2.3. Medidas de reducción de riesgos de desastres (riesgos existentes).

Las medidas de reducción del riesgo se orientan a controlar y mitigar los peligros geológicos ya identificados, mediante intervenciones técnicas como la estabilización de taludes, la recuperación de la cobertura vegetal y la implementación de sistemas de monitoreo y alerta temprana. Estas acciones permiten disminuir la probabilidad de ocurrencia de deslizamientos y reducir sus posibles consecuencias (Varnes, 1984).

13.2.3.1. De orden estructural

- a) **Muro de Contención:** Según Das (2016), estas estructuras transfieren las fuerzas horizontales del terreno hacia la cimentación, garantizando condiciones de equilibrio y seguridad. Asimismo, Bowles (1997) indica que los muros construidos en concreto armado o concreto ciclópeo son ampliamente utilizados en zonas urbanas con pendientes pronunciadas, ya que reducen el riesgo de fallas del talud y protegen infraestructuras asentadas en áreas con niveles de peligro alto o muy alto, siempre que su diseño se base en parámetros geotécnicos adecuados.

Figura 87: Diseño estándar de un muro de contención



Fuente: Extraído de <https://www.urbipedia.org/hoja/>

- b) **Modificación de la geometría del talud:** La modificación de la geometría del talud, mediante técnicas como el escalonamiento o banqueo, constituye una medida eficaz para mejorar la estabilidad de laderas inestables. Duncan y Wright (2005) señalan que la reducción de la pendiente y la redistribución de las cargas actuantes disminuyen los

esfuerzos cortantes dentro del macizo de suelo, incrementando el factor de seguridad del talud. De igual manera, Abramson et al. (2002) sostienen que esta técnica resulta especialmente efectiva en suelos poco consolidados o en zonas expuestas a lluvias intensas, ya que limita la propagación de superficies de falla y reduce la probabilidad de deslizamientos.

Figura 88: Estabilización de talud con banquetas



Fuente: Extraído de <https://topografiaterraceo.blogspot.com/2014/06/topografia-modificada-terraceo.html>

13.2.3.2. De orden no estructural

- a) **Reforestación:** Gray y Sotir (1996) destacan que los sistemas radiculares de la vegetación refuerzan mecánicamente el suelo y mejoran su resistencia al corte. Complementariamente, CENEPRED (2015) indica que un manejo adecuado del agua, es fundamental para evitar la sobresaturación del suelo.

Figura 89: Estabilización de talud con vegetación

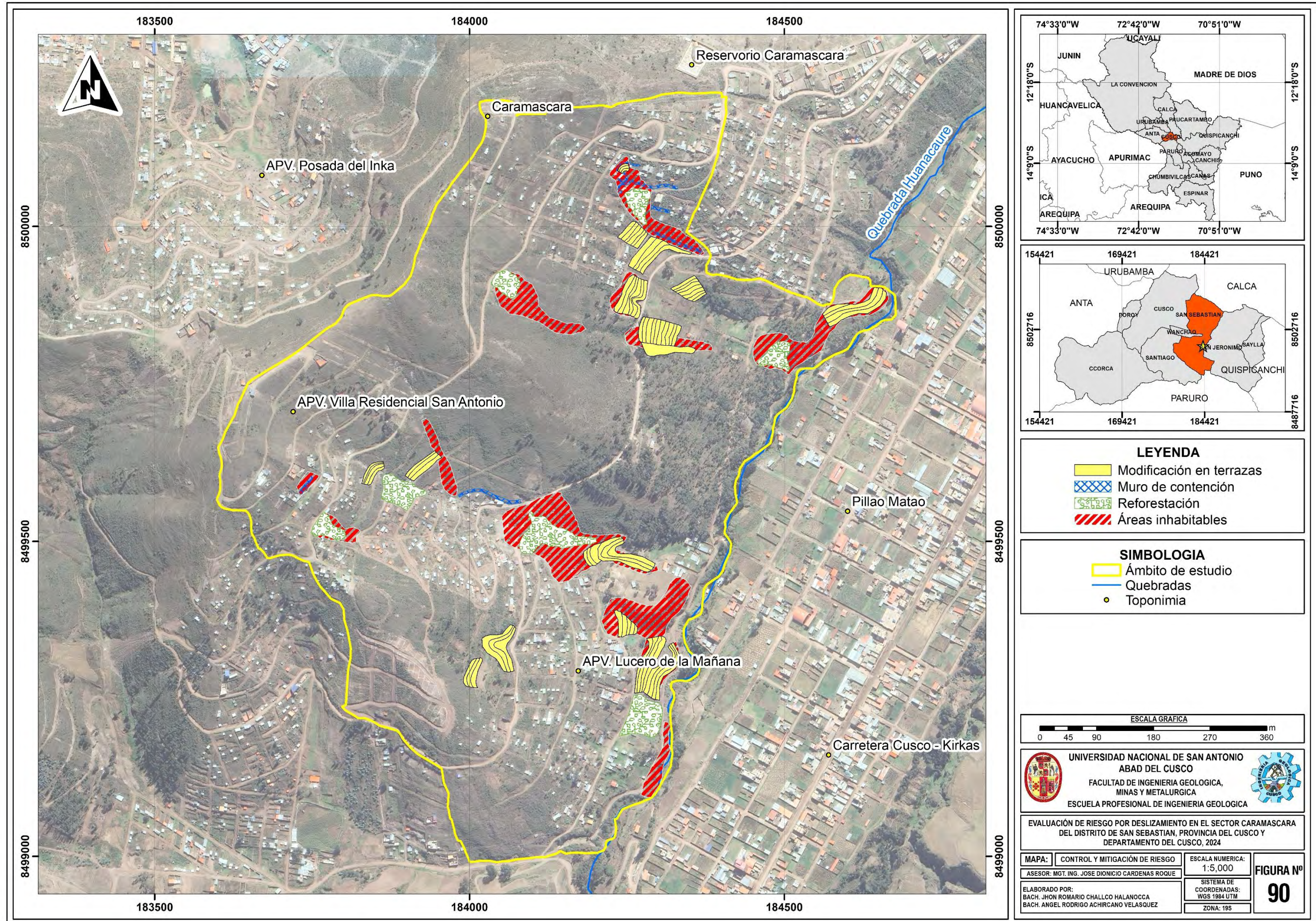


Fuente: Extraído de <https://www.agroperu.pe/barreras-naturales-contra-los-deslizamientos/>

b) **Monitoreo de deslizamientos activos:** El monitoreo de deslizamientos activos constituye una herramienta esencial para la gestión del riesgo en áreas inestables. Según Corominas et al. (2014), la instrumentación geotécnica mediante sensores de alta precisión permite detectar desplazamientos milimétricos y deformaciones progresivas en los taludes. Este tipo de monitoreo continuo facilita la identificación temprana de comportamientos inestables y la activación oportuna de medidas preventivas o de alerta temprana, reduciendo significativamente el riesgo para la población y la infraestructura expuesta.

A continuación, se muestra la figura 90 donde se tienen las ubicaciones de las zonas a ser consideradas para la implementación de medidas de reducción de riesgos de riesgos de desastres de carácter estructural:

Figura 90: Mapa de riesgo a deslizamientos



Nota. Imagen satelital adaptada de Google Earth

CONCLUSIONES

Conclusión general

1. A través del análisis de peligro y vulnerabilidad a deslizamiento se determinó los siguientes niveles de riesgo en el Sector Caramascara:

Nivel de riesgo	Cantidad de lotes	Porcentaje	Ubicación
Muy alto	15	1.5%	Al centro de la APV. Los Girasoles y al este de la APV. Virgen Asunta
Alto	89	8.7%	Mayor concentración en la APV. Los Girasoles y Lucero de la Manaña
Medio	448	43.8%	Dispersos en todo el sector Caramascara con mayor concentración en la APV. Virgen Asunta
Bajo	471	46.0%	Mayor concentración al oeste (cima del ámbito de estudio) y al sur
Total	1023	100%	-

Conclusiones específicas

1. En el sector Caramascara, se identificaron elementos expuestos como infraestructuras de uso privado y público, predominando las viviendas familiares de uno a dos niveles. Se identificaron también viviendas deshabitadas de un solo ambiente distribuidas a lo largo del sector, además de salones comunales, pequeños establecimientos comerciales y complejos deportivos de menor escala.
2. A partir del análisis de los factores condicionantes, desencadenantes y del parámetro general de evaluación, se determinó los siguientes niveles de peligro por deslizamientos en el sector Caramascara:

Nivel de peligro	Area (m²)	Porcentaje (%)
Muy alto	54,335	7.78%
Alto	128,225	18.36%
Medio	391,031	55.99%
Bajo	124,803	17.87%
Total	698,395	100%

Siendo las zonas de concurrencia de peligro alto y muy alto las zonas de relleno, zonas de modificación antrópica y zonas escarpadas. Las zonas de peligro bajo y medio por lo general se ubican en laderas rocosas y suelos cuaternarios con forestación considerable.

- Mediante la evaluación de los parámetros en las dimensiones social, económica y ambiental de los elementos expuestos, se determinó los siguientes niveles de vulnerabilidad:

Nivel de vulnerabilidad	Cantidad de lotes	Porcentaje (%)
Muy alto	21	2.05%
Alto	82	8.02%
Medio	172	16.81%
Bajo	748	73.12%
Total	1023	100%

- En base al análisis de riesgo por deslizamiento determinó como medidas de control y mitigación de carácter estructural a la modificación de taludes en forma de terrazas (banquetas) en pendientes con carga elevada, muros de contención donde se tengan cortes de talud para la protección de viviendas vulnerables; y como medidas de carácter no estructural, la reforestación con especies nativas en pendientes de materiales de relleno, así como declarar inhabitables a las zonas de relleno y escarpes.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda a los pobladores del sector Caramascara evitar la construcción de viviendas, edificaciones o infraestructuras habitables sobre depósitos de relleno, material suelto o excedente, debido a la baja cohesión, alta deformabilidad y limitada capacidad de soporte de estos materiales. Dichas condiciones los convierten en áreas susceptibles a procesos de deslizamiento y asentamientos diferenciales. En caso de requerirse la ocupación de estos terrenos, deberá realizarse una evaluación geotécnica específica que permita establecer las condiciones de estabilidad y las medidas correctivas o de mitigación necesarias.
2. Se recomienda implementar programas de reforestación y revegetación en las zonas carentes de cobertura vegetal, priorizando especies autóctonas y arbóreas con sistemas radiculares densos y profundos, que contribuyan a incrementar la cohesión del suelo, mejorar el drenaje superficial y disminuir la erosión. Estas acciones favorecen la estabilidad natural de los taludes, además de aportar beneficios ambientales y paisajísticos al área de estudio.
3. Los trabajos que involucren cortes o excavaciones en laderas para construcción de viviendas, vías u otras infraestructuras deberán ejecutarse bajo la dirección de un profesional especializado en geotecnia o ingeniería civil, quien establecerá el diseño de taludes, el tipo de sostenimiento, los drenajes y las medidas de estabilización necesarias. Se recomienda prohibir temporalmente las excavaciones o movimientos de tierra en zonas de riesgo alto y muy alto, hasta implementar obras de mitigación que garanticen la seguridad estructural y la integridad de la población.
4. Se recomienda a la Municipalidad Distrital de San Sebastián, a través de su área de Gestión del Riesgo de Desastres o la oficina competente, fortalecer las capacidades locales de prevención y respuesta mediante la ejecución de programas de capacitación,

talleres y simulacros comunitarios orientados a la prevención, reducción y preparación ante deslizamientos. Estas acciones deben desarrollarse conforme a lo dispuesto en el Artículo N.º 39 del Plan Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres, Ley N.º 29664, promoviendo la participación activa de la población y el desarrollo de una cultura de prevención y resiliencia en el distrito.

5. Se sugiere que la Municipalidad Provincial del Cusco considere los resultados de esta evaluación en su Plan de Desarrollo Urbano y en la zonificación de usos del suelo, estableciendo restricciones de ocupación en áreas de riesgo alto y muy alto, y promoviendo proyectos habitacionales en zonas seguras.
6. Se recomienda tomar en cuenta el presente trabajo de investigación para futuras evaluaciones de riesgo en zonas de expansión en la ciudad del Cusco, preferentemente en zonas de laderas empinadas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Benavente, C., Delgado, F., Taípe, E., Audin, L., & Pari, W. (2013). Neotectónica y peligro sísmico en la región del Cusco. INGEMMET. Boletín Serie C: Geología Ambiental y Riesgo Geológico, (55), 245 pp., 1 mapa.
- Benavente, C., Vargas, R., & Huamán, J. (2020). Neotectónica y geodinámica reciente en la región Cusco. Revista Geológica del Perú, 45(2), 55–72.
- Bieniawski, Z. T. (1976). Rock mass classifications in rock engineering. En Proceedings of the Symposium on Exploration for Rock Engineering. Johannesburg.
- Bieniawski, Z. T. (1989). Engineering rock mass classifications: A complete manual for engineers and geologists in mining, civil, and petroleum engineering. Wiley-Interscience.
- Bowles, J. E. (1996). Foundation analysis and design (5th ed.). McGraw-Hill.
- Broch, E., & Franklin, J. A. (1972). The point-load strength test. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, 9(6), 669–676. [https://doi.org/10.1016/0148-9062\(72\)90030-7](https://doi.org/10.1016/0148-9062(72)90030-7)
- Cabrera, J. (1988). Geodinámica cuaternaria en la región Cusco. Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – INGEMMET.
- Cardona, O. D. (1985). Sistema de indicadores para la evaluación de desastres. Universidad de los Andes.
- Cardona, O. D. (2003). La necesidad de repensar de manera holística los conceptos de vulnerabilidad y riesgo. Universidad de los Andes.
- Carlotto, V., Cárdenas, J., & Rodríguez, R. (1996). Geología de los cuadrángulos de Cusco y Oropesa. INGEMMET.
- Carlotto, V., Cárdenas, J., & Carlier, G. (2011). Geología del cuadrángulo de Cusco, hoja 28-S, escala 1:50,000. INGEMMET. Boletín Serie A: Carta Geológica Nacional, (138), 255 pp., 6 mapas.

- Carreño, M. L., Cardona, O. D., & Barbat, A. H. (2005). Evaluación holística del riesgo sísmico utilizando sistemas dinámicos complejos. Universidad Politécnica de Cataluña.
- Casagrande, A. (1932). Research on the Atterberg limits of soils. *Public Roads*, 13(8), 121–136.
- CENEPRED (2015). Manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales (2da versión). Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres. NEVA STUDIO SAC.
- CENEPRED (2024). Glosario de términos de gestión del riesgo de desastres. Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres.
- Coburn, A., & Spence, R. (1992). *Earthquake protection*. Wiley.
- Cruden, D. M., & Varnes, D. J. (1996). Landslide types and processes. En Turner & Schuster (Eds.), *Landslides: Investigation and mitigation* (pp. 36–75). Transportation Research Board.
- Das, B. M. (2010). *Principles of geotechnical engineering* (7th ed.). Cengage Learning.
- Duncan, J. M., & Wright, S. G. (2005). *Soil strength and slope stability*. John Wiley & Sons.
- Erickson, G. E., et al. (1954). The May 21, 1950 Cusco Earthquake. U.S. Geological Survey.
- FAO (2020). *Global Forest Resources Assessment 2020*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- FAO (2024). *AGROVOC Thesaurus – Grasslands / Pastizales*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- Fossen, H. (2016). *Structural geology* (2nd ed.). Cambridge University Press.
- Fournier d'Albe, E. (1985). *Objectives in risk analysis*. D. Reidel Publishing.
- Flórez Huanca, V. R., & Huamani Huanaco, M. A. (2022). Evaluación de riesgo originados por deslizamientos en la quebrada Yanamayo, distrito Urcos – Quispicanchis, Cusco, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.

- Head, K. H. (1994). Manual of soil laboratory testing. Volume 2: Permeability, shear strength and compressibility tests (2nd ed.). Pentech Press.
- Hoek, E., & Bray, J. (1981). Rock slope engineering. Institute of Mining and Metallurgy.
- INGEMMET. (2017). Informe técnico: Estudio paleosismológico del sector noroeste de la falla geológica activa Tambomachay, región Cusco.
- INGEMMET. (2019). Mapa geológico del cuadrángulo de Cusco 28-S. Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico.
- Juárez Badillo, E., & Rico Rodríguez, A. (1998). Mecánica de suelos. Tomo I: Fundamentos de la mecánica de suelos (8ª ed.). Limusa.
- Kayastha, P., Dhital, M. R. & De Smedt, F. (2013). Application of the Analytical Hierarchy Process (AHP) for landslide susceptibility mapping: A case study from the Tinau watershed, west Nepal. *Computers & Geosciences*, 52, 398–408.
- Lavell, A. (1999). Desastres y desarrollo: hacia un entendimiento de las formas de construcción social de un desastre. La RED.
- Ley N.º 29664. (2011). Ley que crea el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SINAGERD). Congreso de la República del Perú.
- Milutinovic, Z., & Petrovsky, M. (1985b). Seismic risk and vulnerability. European Centre for Disaster Studies.
- Oliva, A., & Gallardo, R. (2017). Evaluación del riesgo por deslizamiento de una ladera en la ciudad de Tijuana, México. Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Richart, F. E., Hall, J. R., & Woods, R. D. (1970). *Vibrations of soils and foundations*. Prentice-Hall.
- Rocscience Inc. (2022). Slide2 User Manual. Toronto, Canada.
- Sheriff, R. E., & Geldart, L. P. (1995). *Exploration seismology* (2nd ed.). Cambridge University Press.

- Sheriff, R. E., Geldart, L. P., & Telford, W. M. (1990). *Applied geophysics* (2nd ed.). Cambridge University Press.
- Sidle, R., & Ochiai, H. (2006). *Landslides: Processes, prediction, and land use*. American Geophysical Union.
- Silgado, E. (1978). *Sismicidad y sismotectónica del Perú*. Instituto Geofísico del Perú.
- Silva, P., & Chiste, P. (2017). Geomorfología y tectónica activa en los Andes Centrales. *Journal of Andean Geoscience*, 12(3), 201–219.
- Singh, B., & Goel, R. K. (1999). *Engineering rock mass classification: Tunneling, foundations, and landslides*. Wiley.
- Telford, W. M., Geldart, L. P., & Sheriff, R. E. (1990). *Applied geophysics* (2nd ed.). Cambridge University Press.
- Terzaghi, K., & Peck, R. B. (1967). *Soil mechanics in engineering practice* (2nd ed.). John Wiley & Sons.
- Villón Béjar, C. (2002). *Hidrología general y aplicada*. Editorial de la Universidad Nacional de Ingeniería.
- Wisner, B., Blaikie, P., Cannon, T., & Davis, I. (2004). *At Risk: Natural Hazards, People's Vulnerability and Disasters*. Routledge.
- Woldarsky, M. (2015). *Gestión del riesgo de desastres: conceptos fundamentales*. Editorial Universitaria.

ANEXOS

ANEXO 1: Valoración RMR del macizo rocoso en ventanas estructurales

- VMR - 1

VALORACIÓN DEL MACIZO ROCOSO (1989)								
CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA DE BIENIAWSKI - RMR								
Litología Arenisca								
Proyecto: EVALUACION DE RIESGO POR DESLIZAMIENTO EN EL SECTOR CARAMASCARA DEL DISTRITO DE SAN SEBASTIAN, PROVINCIA DEL CUSCO Y DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2024							Fecha: 01-jun-25	
Ubicación: SAN SEBASTIAN - CUSCO - CUSCO								
Realizado: ACHIRCANO VELASQUEZ, ANGEL RODRIGO - CHALLCO HALANOCCA, JHON ROMARIO								
A. PARAMETROS DE CLASIFICACION Y SUS VALORACIONES								
Parámetro		Rango de valores						
1	Resistencia de la roca intacta	Índice de carga puntual	> 10 Mpa	4 - 10 Mpa	2 - 4 Mpa	1 - 2 Mpa	Resistencia de la roca intacta = 25.0 Mpa	
		Resistencia a la compresión uniaxial	> 250 Mpa	100 - 250 Mpa	50 - 100 Mpa	25 - 50 Mpa	Para valores menores, es preferible el ensayo de compresión uniaxial	
	Puntaje	15	12	7	4	5 - 25 Mpa 1 - 5 Mpa < 1 Mpa	2 1 0	
						Valoración:	3	
2	Calidad del testigo de perforación (RQD)	90 - 100 % Excelente	75 - 90 % Buena	50 - 75 % Regular	25 - 50 % Pobre	< 25 % Muy pobre	RQD = 65 %	
		Puntaje	20	17	13	8	3	Valoración: 11
						Espaciamiento = 1.70 m		
3	Espaciamiento de discontinuidades	> 2 m	0.6 - 2 m	0.2 - 0.6 m	0.06 - 0.2 m	< 0.06 m		
		Puntaje	20	15	10	8	5	Valoración: 14
4	Condición de las discontinuidades	Persistencia	< 1 m	1 - 3 m	3 - 10 m	10 - 20 m	> 20 m	Persistencia = 0.2 m
		Puntaje	6	4	2	1	0	Valoración: 6
		Apertura (separación)	Ninguno	< 0.1 mm	0.1 - 1.0 mm	1 - 5 mm	> 5 mm	Apertura (separación) = 1.00 mm
		Puntaje	6	5	4	1	0	Valoración: 1
		Rugosidad (asperidad)	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente rugosa	Lisa	Superficie pulida	Rugosidad (asperidad) = SR
		Puntaje	VR	R	SR	S	SK	0
		Relleno: Blando	Ninguno	Duro < 5 mm	Duro > 5 mm	Blando < 5 mm	Blando > 5 mm	Apertura (separación) = 1 mm
		Puntaje	6	4	2	2	0	Valoración: 2
		Meteorización	No intemperizada	Ligeramente intemperizada	Moderadamente intemperizada	Altamente intemperizada	Completamente intemperizada	Meteorización = MW
		Puntaje	UW	SW	MW	HW	CW	0
						Valoración:	3	
						Condición agua subterránea = CD		
5	Agua subterránea	Flujo por 10 m de longitud en túnel (l/m)	Ninguno	< 10	10 - 25	25 - 125	> 125	
		Presión de agua / esfuerzo principal máximo	0	< 0.1	0.1 - 0.2	0.2 - 0.5	> 0.5	
		Condición general	Completamente seca	Húmeda	Mojada	Goteo	Flujo	
Puntaje	CD	DM	WT	DP	FW	0	Valoración: 15	
B. AJUSTE DE LA VALORACIÓN POR ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES								
Parámetro		Muy favorable VF	Favorable FV	Regular FR	Desfavorable UF	Muy desfavorable VU	Valoración	
Valoraciones	Túneles y minas (T)	0	-2	-5	-10	-12		
	Cimentaciones (F)	0	-2	-7	-15	-25		
	Taludes (S)	0	-5	-25	-50	-60		
						Valoración:	-25	
C. CLASE DE MASA ROCOSA DETERMINADAS POR LAS VALORACIONES TOTALES								
Valoración	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	< 21			
Número de clase	I	II	III	IV	V			
Descripción	Roca muy buena	Roca buena	Roca regular	Roca mala	Roca muy mala			
			Número de clase: IV	Clase de macizo rocoso: Roca mala				
VALOR DE RMR								
RMR básico							: 58	
RMR ajustado							: 33	
RMR _{es} (Condiciones secas y muy favorables)							: 58	
Cohesión (C)							: 290 Kpa	
Ángulo de fricción interna (°)							: 22 °	

• VMR - 2

**VALORACIÓN DEL MACIZO ROCOSO (1989)
CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA DE BIENIAWSKI - RMR**

Litología Arenisca

Proyecto: EVALUACION DE RIESGO POR DESLIZAMIENTO EN EL SECTOR CARAMASCARA DEL DISTRITO DE SAN SEBASTIAN, PROVINCIA DEL CUSCO Y DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2024
Ubicación: SAN SEBASTIAN - CUSCO - CUSCO
Realizado: ACIHIRCANO VELASQUEZ, ANGEL RODRIGO - CHALLCO HALANOCCA, JHON ROMARIO

Fecha: 01-jun-25

A. PARAMETROS DE CLASIFICACION Y SUS VALORACIONES								
Parámetro		Rango de valores						
1	Resistencia de la roca intacta	Índice de carga puntual	> 10 Mpa	4 - 10 Mpa	2 - 4 Mpa	1 - 2 Mpa	Resistencia de la roca intacta = 40.0 Mpa	
		Resistencia a la compresión uniaxial	> 250 Mpa	100 - 250 Mpa	50 - 100 Mpa	25 - 50 Mpa	5 - 25 Mpa, 1 - 5 Mpa, < 1 Mpa	
	Puntaje	15	12	7	4	2, 1, 0	Valoración: 4	
							RQD = 70 %	
2	Calidad del testigo de perforación (RQD)	90 - 100 % Excelente	75 - 90 % Buena	50 - 75 % Regular	25 - 50 % Pobre	< 25 % Muy pobre		
		Puntaje	20	17	13	8	3	Valoración: 12
							Espaciamiento = 1.50 m	
3	Espaciamiento de discontinuidades	> 2 m	0.6 - 2 m	0.2 - 0.6 m	0.06 - 0.2 m	< 0.06 m		
		Puntaje	20	15	10	8	5	Valoración: 13
4	Condición de las discontinuidades	Persistencia	< 1 m	1 - 3 m	3 - 10 m	10 - 20 m	> 20 m	Persistencia = 0.2 m
		Puntaje	6	4	2	1	0	Valoración: 6
		Apertura	Ninguno	< 0.1 mm	0.1 - 1.0 mm	1 - 5 mm	> 5 mm	Apertura (separación) = 0.10 mm
		Puntaje	6	5	4	1	0	Valoración: 4
		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente rugosa	Lisa	Superficie pulida	Rugosidad (asperidad) = R
		Puntaje	VR	R	SR	S	SK	Valoración: 5
		Relleno	Ninguno	Duro < 5 mm	Duro > 5 mm	Blando < 5 mm	Blando > 5 mm	Relleno: Blando, Apertura (separación) = 1 mm
		Puntaje	6	4	2	2	0	Valoración: 2
		Metereorización	No intemperizada	Ligeramente intemperizada	Moderadamente intemperizada	Altamente intemperizada	Completamente intemperizada	Metereorización = SW
		Puntaje	UW	SW	MW	HW	CW	Valoración: 5
							Condición agua subterránea = CD	
5	Agua subterránea	Flujo por 10 m de longitud en tunel (l/m)	Ninguno	< 10	10 - 25	25 - 125	> 125	
		Presión de agua / esfuerzo principal máximo	0	< 0.1	0.1 - 0.2	0.2 - 0.5	> 0.5	
		Condición general	Completamente seca	Húmeda	Mojada	Goteo	Flujo	
Puntaje	15	10	7	4	0	0	Valoración: 15	

B. AJUSTE DE LA VALORACIÓN POR ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES						
Parámetro	Muy favorable VF	Favorable FV	Tipo de trabajo: S		Orientación: FR	
			Regular FR	Desfavorable UF	Muy desfavorable VU	
Túneles y minas (T)	0	-2	-5	-10	-12	
Cimentaciones (F)	0	-2	-7	-15	-25	
Taludes (S)	0	-5	-25	-50	-60	
						Valoración: -25

C. CLASE DE MASA ROCOSA DETERMINADAS POR LAS VALORACIONES TOTALES					
Valoración	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	< 21
Número de clase	I	II	III	IV	V
Descripción	Roca muy buena	Roca buena	Roca regular	Roca mala	Roca muy mala
Número de clase: III Clase de macizo rocoso: Roca regular					

VALOR DE RMR	
RMR básico	: 66
RMR ajustado	: 41
RMR _{ss} (Condiciones secas y muy favorables)	: 66
Cohesión (C)	: 330 Kpa
Ángulo de fricción interna (°)	: 26 °

• VMR – 3

**VALORACIÓN DEL MACIZO ROCOSO (1989)
CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA DE BIENIAWSKI - RMR**

Litología Arenisca

Proyecto: EVALUACION DE RIESGO POR DESLIZAMIENTO EN EL SECTOR CARAMASCARA DEL DISTRITO DE SAN SEBASTIAN, PROVINCIA DEL CUSCO Y DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2024
Ubicación: SAN SEBASTIAN - CUSCO - CUSCO
Realizado: ACIHIRCANO VELASQUEZ, ANGEL RODRIGO - CHALLCO HALANOCCA, JHON ROMARIO

Fecha: 01-jun-25

A. PARAMETROS DE CLASIFICACION Y SUS VALORACIONES

Parámetro		Rango de valores					Resistencia de la roca intacta = 58.0 Mpa				
1	Resistencia de la roca intacta	Índice de carga puntual	> 10 Mpa	4 - 10 Mpa	2 - 4 Mpa	1 - 2 Mpa	Para valores menores, es preferible el ensayo de compresión uniaxial				
		Resistencia a la compresión uniaxial	> 250 Mpa	100 - 250 Mpa	50 - 100 Mpa	25 - 50 Mpa	5 - 25 Mpa	1 - 5 Mpa	< 1 Mpa		
	Puntaje	15	12	7	4	2	1	0			
							Valoración: 5				
2	Calidad del testigo de perforación (RQD)	90 - 100 % Excelente	75 - 90 % Buena	50 - 75 % Regular	25 - 50 % Pobre	RQD = 55 %					
		Puntaje	20	17	13	8	< 25 % Muy pobre				
							Valoración: 9				
3	Espaciamiento de discontinuidades	> 2 m	0.6 - 2 m	0.2 - 0.6 m	0.06 - 0.2 m	Espaciamiento = 0.60 m					
		Puntaje	20	15	10	8	< 0.06 m				
							Valoración: 10				
4	Condición de las discontinuidades	Persistencia	< 1 m	1 - 3 m	3 - 10 m	10 - 20 m	Persistencia = 0.3 m				
		Puntaje	6	4	2	1	> 20 m				
									Valoración: 6		
		Apertura	Ninguno	< 0.1 mm	0.1 - 1.0 mm	1 - 5 mm	Apertura (separación) = 0.20 mm				
		Puntaje	6	5	4	1	> 5 mm				
									Valoración: 4		
		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente rugosa	Lisa	Rugosidad (asperidad) = SR				
		Puntaje	VR	R	SR	S	Superficie pulida				
									Valoración: 3		
		Relleno	Ninguno	Duro < 5 mm	Duro > 5 mm	Blando < 5 mm	Apertura (separación) = 1 mm				
Puntaje	6	4	2	2	Blando > 5 mm						
							Valoración: 2				
Metereorización	No intemperizada	Ligeramente intemperizada	Moderadamente intemperizada	Altamente intemperizada	Metereorización = SW						
Puntaje	UW	SW	MW	HW	Completamente intemperizada						
							Valoración: 5				
							Valoración: 20				
5	Agua subterránea	Flujo por 10 m de longitud en tunel (l/m)	Ninguno	< 10	10 - 25	25 - 125	Condición agua subterránea = CD				
		Presión de agua / esfuerzo principal máximo	0	< 0.1	0.1 - 0.2	0.2 - 0.5	> 0.5				
		Condición general	Completamente seca	Húmeda	Mojada	Goteo	Flujo				
		Puntaje	15	10	7	4	FW				
							Valoración: 15				

B. AJUSTE DE LA VALORACIÓN POR ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES

Parámetro	Muy favorable VF	Favorable FV	Tipo de trabajo: S		Orientación: FR	
			Regular FR	Desfavorable UF	Muy desfavorable VU	
Túneles y minas (T)	0	-2	-5	-10	-12	
Cimentaciones (F)	0	-2	-7	-15	-25	
Taludes (S)	0	-5	-25	-50	-60	
						Valoración: -25

C. CLASE DE MASA ROCOSA DETERMINADAS POR LAS VALORACIONES TOTALES

Valoración	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	< 21
Número de clase	I	II	III	IV	V
Descripción	Roca muy buena	Roca buena	Roca regular	Roca mala	Roca muy mala
Número de clase: IV Clase de macizo rocoso: Roca mala					

VALOR DE RMR	
RMR básico	: 59
RMR ajustado	: 34
RMR ₈₉ (Condiciones secas y muy favorables)	: 59
Cohesión (C)	: 295 Kpa
Ángulo de fricción interna (°)	: 22°

• VMR – 4

**VALORACIÓN DEL MACIZO ROCOSO (1989)
CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA DE BIENIAWSKI - RMR**

Litología Arenisca

Proyecto: EVALUACION DE RIESGO POR DESLIZAMIENTO EN EL SECTOR CARAMASCARA DEL DISTRITO DE SAN SEBASTIAN, PROVINCIA DEL CUSCO Y DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2024
Ubicación: SAN SEBASTIAN - CUSCO - CUSCO
Realizado: ACIHIRCANO VELASQUEZ, ANGEL RODRIGO - CHALLCO HALANOCCA, JHON ROMARIO

Fecha: 01-jun-25

A. PARAMETROS DE CLASIFICACION Y SUS VALORACIONES

Parámetro		Rango de valores					Resistencia de la roca intacta = 60.0 Mpa			
1	Resistencia de la roca intacta	Índice de carga puntual	> 10 Mpa	4 - 10 Mpa	2 - 4 Mpa	1 - 2 Mpa	Para valores menores, es preferible el ensayo de compresión uniaxial			
		Resistencia a la compresión uniaxial	> 250 Mpa	100 - 250 Mpa	50 - 100 Mpa	25 - 50 Mpa	5 - 25 Mpa	1 - 5 Mpa	< 1 Mpa	
Puntaje		15	12	7	4	2	1	0		
						Valoración: 6				
						RQD = 55%				
2	Calidad del testigo de perforación (RQD)	90 - 100 % Excelente	75 - 90 % Buena	50 - 75 % Regular	25 - 50 % Pobre	< 25 % Muy pobre				
Puntaje		20	17	13	8	3				
						Valoración: 9				
						Espaciamiento = 0.55 m				
3	Espaciamiento de discontinuidades	> 2 m	0.6 - 2 m	0.2 - 0.6 m	0.06 - 0.2 m	< 0.06 m				
Puntaje		20	15	10	8	5				
						Valoración: 10				
4	Condición de las discontinuidades	Persistencia	< 1 m	1 - 3 m	3 - 10 m	10 - 20 m	> 20 m			
		Puntaje	6	4	2	1	0			
								Valoración: 6		
								Apertura (separación) = 0.00 mm		
		Apertura	Ninguno	< 0.1 mm	0.1 - 1.0 mm	1 - 5 mm	> 5 mm			
		Puntaje	6	5	4	1	0			
								Valoración: 6		
								Rugosidad (aspereza) = R		
		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente rugosa	Lisa	Superficie pulida			
		Puntaje	VR	R	SR	S	SK			
						Valoración: 5				
						Apertura (separación) = 0 mm				
Relleno	Ninguno	Duro < 5 mm	Duro > 5 mm	Blando < 5 mm	Blando > 5 mm					
Puntaje	6	4	2	2	0					
						Valoración: 6				
						Metereorización = SW				
Metereorización	No intemperizada	Ligeramente intemperizada	Moderadamente intemperizada	Altamente intemperizada	Completamente intemperizada					
Puntaje	UW	SW	MW	HW	CW					
						Valoración: 5				
						Valoración: 28				
						Condición agua subterránea = CD				
5	Agua subterránea	Flujo por 10 m de longitud en túnel (l/m)	Ninguno	< 10	10 - 25	25 - 125	> 125			
		Presión de agua / esfuerzo principal máximo	0	< 0.1	0.1 - 0.2	0.2 - 0.5	> 0.5			
		Condición general	Completamente seca	Húmeda	Mojada	Goteo	Flujo			
Puntaje		15	10	7	4	0				
						Valoración: 15				

B. AJUSTE DE LA VALORACIÓN POR ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES

Parámetro	Muy favorable VF	Favorable FV	Tipo de trabajo: S		Orientación: FR	
			Regular FR	Desfavorable UF	Muy desfavorable VU	
Túneles y minas (T)	0	-2	-5	-10	-12	
Cimentaciones (F)	0	-2	-7	-15	-25	
Taludes (S)	0	-5	-25	-50	-60	
						Valoración: -25



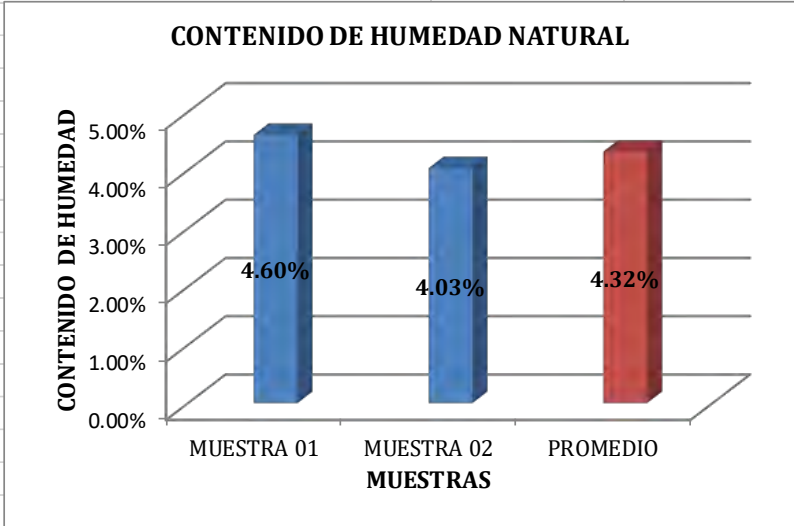
C. CLASE DE MASA ROCOSA DETERMINADAS POR LAS VALORACIONES TOTALES

Valoración	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	< 21
Número de clase	I	II	III	IV	V
Descripción	Roca muy buena	Roca buena	Roca regular	Roca mala	Roca muy mala
		Número de clase: III		Clase de macizo rocoso: Roca regular	

VALOR DE RMR	
RMR básico	: 68
RMR ajustado	: 43
RMR _{as} (Condiciones secas y muy favorables)	: 68
Cohesión (C)	: 340 Kpa
Ángulo de fricción interna (°)	: 27°

ANEXO 2: Ensayos en laboratorio de suelos

- Muestra C – 1

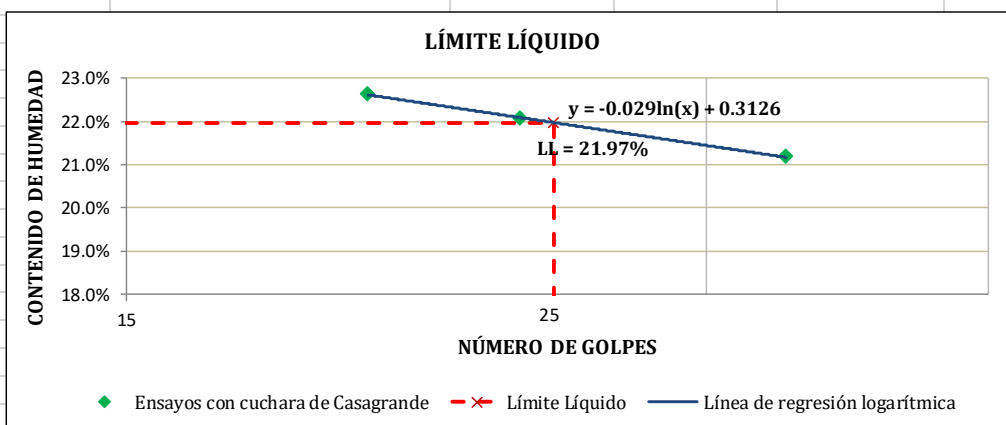
 UNSAAC <small>Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco</small>		UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO																								
EVALUACION DE RIESGO POR DESLIZAMIENTO EN EL SECTOR CARAMASCARA DEL DISTRITO DE SAN SEBASTIAN, PROVINCIA DEL CUSCO Y DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2024																										
CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL																										
Norma ASTM D-2216																										
Departamento:	Cusco	Provincia:	Cusco																							
Distrito:	San Sebastián	Sector:	Caramascara																							
Calicata:	C - 1	Profundidad:	1.5 m.																							
Nivel freático:	No presenta	Zona geográfica:	19 Sur																							
Este (m):	184,236.00	Norte (m):	8,499,116.00																							
Altitud (msnm):	3,336.00	Fecha:	Junio, 2025																							
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="background-color: #ADD8E6;">DESCRIPCIÓN</th> <th style="background-color: #ADD8E6;">MUESTRA 01</th> <th style="background-color: #ADD8E6;">MUESTRA 02</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso de Capsula (gr)</td> <td style="text-align: center;">204.40</td> <td style="text-align: center;">186.30</td> </tr> <tr> <td>Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr)</td> <td style="text-align: center;">645.30</td> <td style="text-align: center;">756.80</td> </tr> <tr> <td>Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)</td> <td style="text-align: center;">625.90</td> <td style="text-align: center;">734.70</td> </tr> <tr> <td>Peso del Agua (gr)</td> <td style="text-align: center;">19.40</td> <td style="text-align: center;">22.10</td> </tr> <tr> <td>Peso de la Muestra Seca (gr)</td> <td style="text-align: center;">421.50</td> <td style="text-align: center;">548.40</td> </tr> <tr> <td>Contenido de Humedad</td> <td style="text-align: center;">4.60%</td> <td style="text-align: center;">4.03%</td> </tr> </tbody> </table>						DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	Peso de Capsula (gr)	204.40	186.30	Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr)	645.30	756.80	Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)	625.90	734.70	Peso del Agua (gr)	19.40	22.10	Peso de la Muestra Seca (gr)	421.50	548.40	Contenido de Humedad	4.60%	4.03%
DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02																								
Peso de Capsula (gr)	204.40	186.30																								
Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr)	645.30	756.80																								
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)	625.90	734.70																								
Peso del Agua (gr)	19.40	22.10																								
Peso de la Muestra Seca (gr)	421.50	548.40																								
Contenido de Humedad	4.60%	4.03%																								
 <p style="text-align: center;">CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL</p>																										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL = 4.32%</td> </tr> </table>						CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL = 4.32%																				
CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL = 4.32%																										

LÍMITE LÍQUIDO

Norma ASTM D-4318

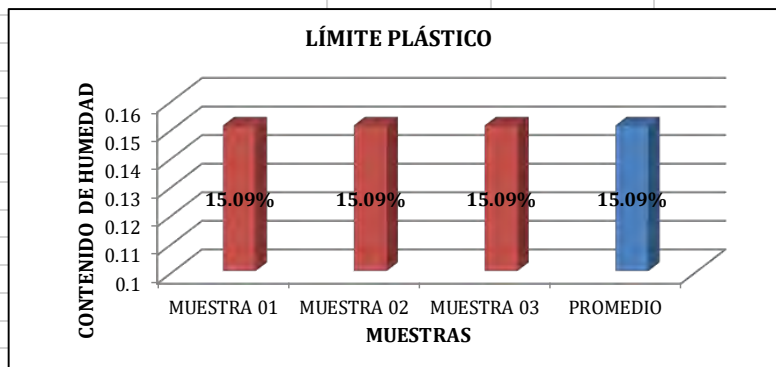
Departamento:	Cusco	Provincia:	Cusco		
Distritos:	San Sebastián	Subsistema:	Caramascara		
Calicata:	C - 1	Profundidad:	1.5 m.	Nivel freático:	No presenta
Este (m):	184,236.00	Norte (m):	8,499,116.00	Altitud (msnm):	3,336.00
Fecha:	Junio, 2025				

DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
Número de Golpes	24	33	20
Peso de Capsula (gr)	92.94	96.98	95.76
Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr)	113.24	109.57	109.96
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)	109.57	107.37	107.34
Peso del Agua (gr)	3.67	2.20	2.62
Peso de la Muestra Seca (gr)	16.63	10.39	11.58
Contenido de Humedad	22.07%	21.17%	22.63%


LÍMITE PLÁSTICO

Norma ASTM D-4318

DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
Peso de Capsula (gr)	94.55	94.55	94.55
Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr)	106.37	106.37	106.37
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)	104.82	104.82	104.82
Peso del Agua (gr)	1.55	1.55	1.55
Peso de la Muestra Seca (gr)	10.27	10.27	10.27
Contenido de Humedad	15.09%	15.09%	15.09%


LÍMITE LÍQUIDO = 22.00%
LÍMITE PLÁSTICO = 15.00%
ÍNDICE DE PLASTICIDAD = 7.00%

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

Basado en la Norma ASTM D-422

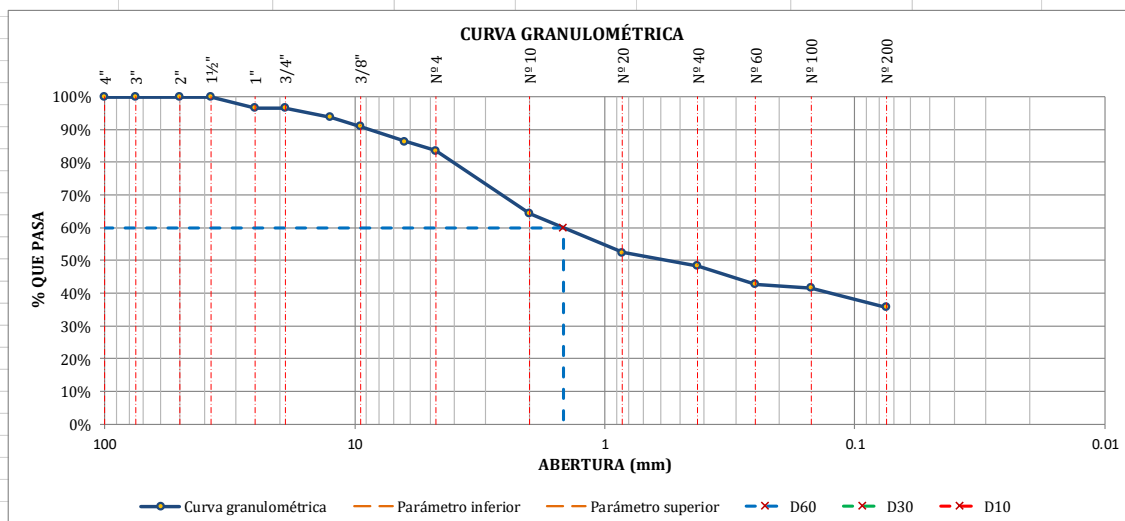
Elaborado por:	Laboratorio de mecánica de suelos y rocas del Plan MERISS INKA							
Departamento:	Cusco	Provincia:	Cusco	Distrito:	San Sebastián			
Calicata:	C - 1	Profundidad:	1.5 m.	Nivel freático:	No presenta			
Zona geográfica:	19 Sur	Este (m):	184,236.00	Norte (m):	8,499,116.00	Altitud (msnm):	3,336.00	
Fecha:	Junio, 2025							

MATERIAL NO LAVADO		FRACCIÓN DE MATERIAL LAVADO	
Peso total de la muestra =	863.20 gr	Peso de la fracción antes del lavado =	863.20 gr
Peso de la fracción no lavada =	0.00 gr	Peso de la fracción después de lavar =	602.20 gr
Peso de la fracción para lavado =	863.20 gr	% de la fracción lavada =	100.00%

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO EN FRACCIÓN LAVADA	CORRECCIÓN EN FRACCIÓN LAVADA	% RETENIDO CORREGIDO EN FRACCIÓN LAVADA	% RETENIDO CORREGIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
4"	100	0.00	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%
3"	75	0.00	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%
2"	50	0.00	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%
1½"	37.5	0.00	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%
1"	25	30.10	5.00%	0.00%	5.00%	3.49%	3.49%	96.51%
¾"	19	0.00	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	3.49%	96.51%
½"	12.5	23.20	3.85%	0.00%	3.85%	2.69%	6.18%	93.82%
⅜"	9.5	25.00	4.15%	0.00%	4.15%	2.90%	9.07%	90.93%
¼"	6.3	39.80	6.61%	0.00%	6.61%	4.61%	13.69%	86.31%
Nº 4	4.75	24.30	4.04%	0.00%	4.04%	2.82%	16.50%	83.50%
Nº 10	2	165.60	27.50%	0.01%	27.51%	19.19%	35.69%	64.31%
Nº 20	0.850	102.30	16.99%	0.01%	16.99%	11.86%	47.55%	52.45%
Nº 40	0.425	35.60	5.91%	0.00%	5.91%	4.13%	51.67%	48.33%
Nº 60	0.250	47.60	7.90%	0.00%	7.91%	5.52%	57.19%	42.81%
Nº 100	0.150	9.70	1.61%	0.00%	1.61%	1.12%	58.31%	41.69%
Nº 200	0.075	51.80	8.60%	0.00%	8.60%	6.00%	64.32%	35.68%
Cazuela	-	47.00	7.80%	0.00%	7.81%	5.45%	69.76%	-
Lavado	-	261.00	-	-	-	30.24%	100.00%	-
Fracción Retenida en Lavado		602.00	99.97%	0.03%	100.00%	69.76%		
Total		863.00		%Error = 0.03% Ok!	-	100.00%		

Fracciones de Grava, Arena y Finos de la Muestra	
% de grava (Retiene Tamiz Nº 4) =	16.50%
% de arena (Pasa Nº 4 y Ret. Nº 200) =	47.81%
% de finos (Pasa Tamiz Nº 200) =	35.68%
Total:	100.00%

Fracción Gruesa	
% de grava =	25.66%
% de arena =	74.34%
Total =	100.00%


Tamaño Máximo Absoluto = 1½"
Tamaño Máximo Nominal = 1/2"
D60 = 1.47 mm
Cu = -
D30 = -
Cc = -
D10 = -

SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SUCS)

Norma ASTM D-2487

Elaborado por: Laboratorio de mecánica de suelos y rocas del Plan MERISS INKA

Departamento: Cusco	Provincia: Cusco	Districtos: San Sebastián	Subsistema: Caramascara
Calicata: C-1	Profundidad: 1.5 m.	Nivel freático: No presenta	Zona geográfica: I-9 Sur
Este (m): 184,236.00	Norte (m): 8,499,116.00	Altitud (msnm): 3,336.00	Fecha: Junio, 2025

DATOS PARA CLASIFICACIÓN

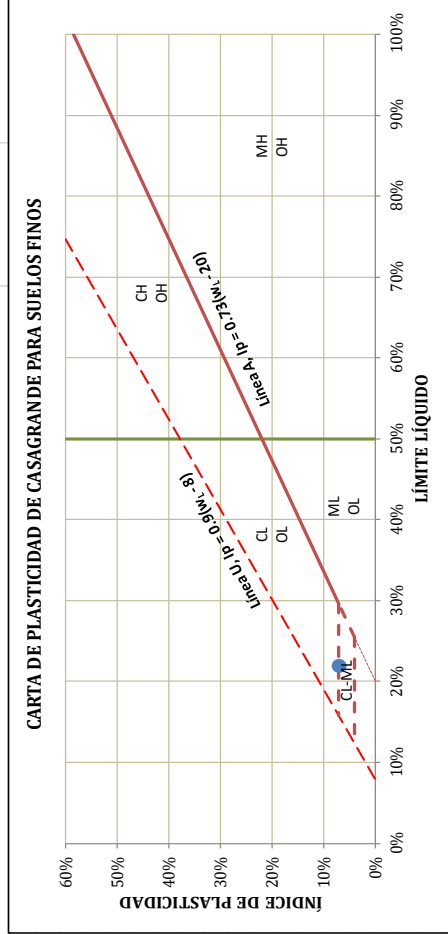
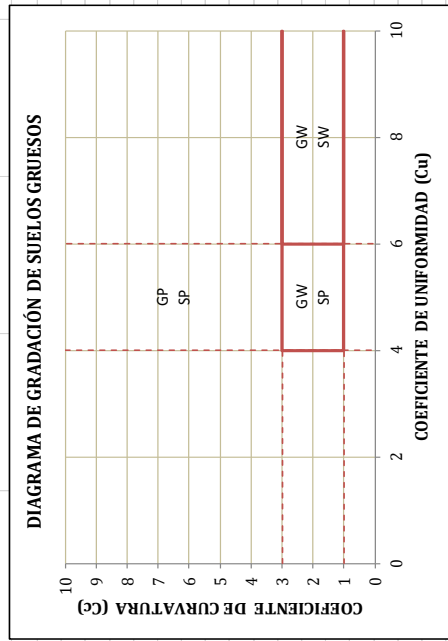
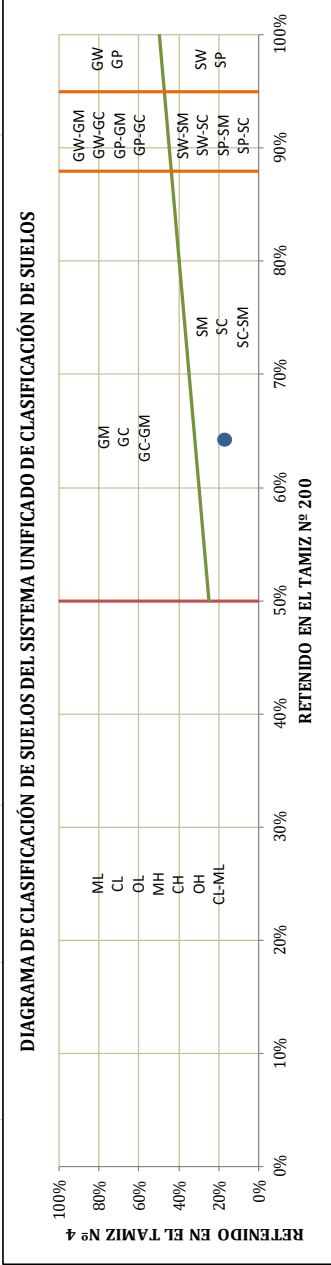
De Granulometría
% de Gruesos = 64.32%
% de Finos = 35.68%
Total = 100.00%
% de Grava = 16.50%
% de Arena = 47.81%
Total = 64.32%
Fración Gruesa
% de Grava = 25.66%
% de Arena = 74.34%
Total = 100.00%
Coefficientes
Cu = -
Cc = -

De Límites de Consistencia

LL = 22.00%
LP = 15.00%
IP = 7.00%

Otros Datos

Tipo = Inorgánico



SC - SM = Arena limosa arcillosa con grava

CORTE DIRECTO

Basado en la Norma ASTM D-3080 y AASHTO T-236

Proyecto: "EVALUACION DE RIESGO POR DESLIZAMIENTO EN EL SECTOR CARAMASCARA DEL DISTRITO DE SAN SEBASTIAN, PROVINCIA DEL CUSCO Y DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2024"

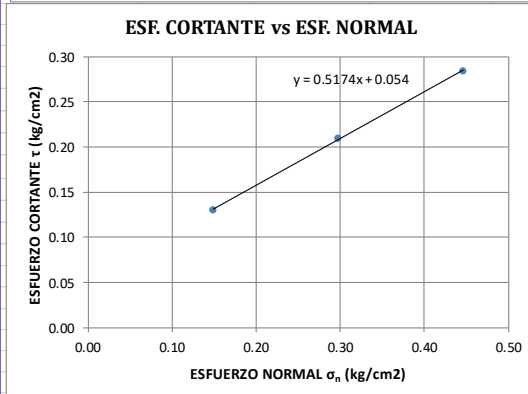
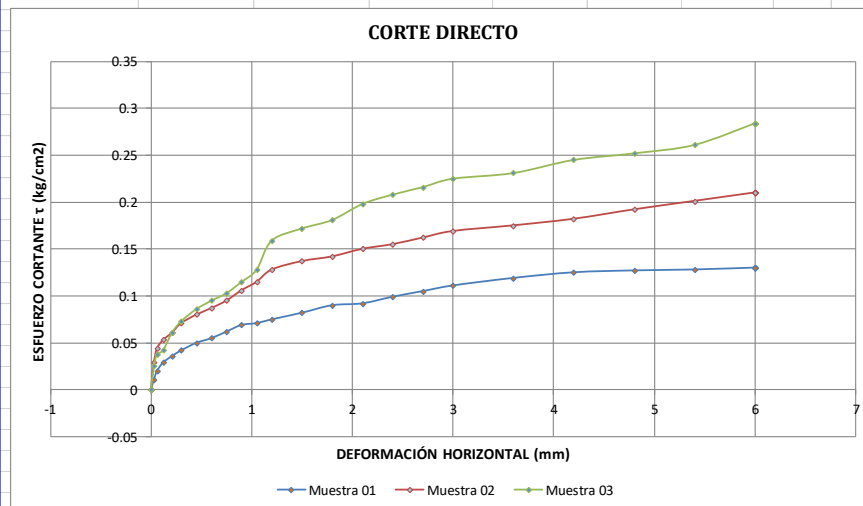
Fecha: Junio, 2025

Calicata: C - 1

DIMENSIONES DE LA MUESTRA		DENSIDAD DE LA MUESTRA	
Lado =	60.00 mm	Peso =	169.06 gr
Altura L_0 =	30.00 mm	Peso Unitario húmedo =	1.57 gr/cm ³
Área =	36.00 cm ²	Contenido de Humedad =	4.32%
Volumen =	108.00 cm ³	Peso Unitario seco =	1.50 gr/cm ³

Velocidad de Deformación Horizontal : 0.50 mm/min

DEFORMÍMETRO DE LONGITUD DE CORTE mm	LECTURA DE CARGA HORIZONTAL			FUERZA DE CORTE HORIZONTAL		ÁREA CORREGIDA cm ²	ESFUERZO CORTANTE τ		
	M-01	M-02	M-03	M-02	M-03		M-01	M-02	M-03
	N			kg			kg/cm ²		
0.00	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	36.00	0.000	0.000	0.000
0.03	0.4	1.0	0.9	1.04	0.90	35.99	0.011	0.029	0.025
0.06	0.7	1.6	1.4	1.58	1.37	35.98	0.020	0.044	0.038
0.12	1.0	1.9	1.5	1.91	1.51	35.95	0.029	0.053	0.042
0.21	1.3	2.2	2.2	2.20	2.20	35.92	0.036	0.061	0.061
0.30	1.5	2.6	2.6	2.56	2.63	35.88	0.042	0.071	0.073
0.45	1.8	2.9	3.1	2.88	3.10	35.82	0.050	0.080	0.086
0.60	2.0	3.1	3.4	3.13	3.42	35.76	0.055	0.087	0.095
0.75	2.2	3.4	3.7	3.42	3.71	35.70	0.062	0.095	0.103
0.90	2.5	3.8	4.1	3.82	4.14	35.64	0.069	0.106	0.115
1.05	2.6	4.1	4.6	4.14	4.61	35.58	0.071	0.115	0.128
1.20	2.7	4.6	5.7	4.61	5.72	35.52	0.075	0.128	0.159
1.50	3.0	4.9	6.2	4.93	6.19	35.40	0.082	0.137	0.172
1.80	3.2	5.1	6.5	5.11	6.52	35.28	0.090	0.142	0.181
2.10	3.3	5.4	7.1	5.40	7.13	35.16	0.092	0.150	0.198
2.40	3.6	5.6	7.5	5.58	7.49	35.04	0.099	0.155	0.208
2.70	3.8	5.8	7.8	5.83	7.78	34.92	0.105	0.162	0.216
3.00	4.0	6.1	8.1	6.08	8.10	34.80	0.111	0.169	0.225
3.60	4.3	6.3	8.3	6.30	8.32	34.56	0.119	0.175	0.231
4.20	4.5	6.6	8.8	6.55	8.82	34.32	0.125	0.182	0.245
4.80	4.6	6.9	9.1	6.91	9.07	34.08	0.127	0.192	0.252
5.40	4.6	7.2	9.4	7.24	9.40	33.84	0.128	0.201	0.261
6.00	4.7	7.6	10.2	7.56	10.22	33.60	0.130	0.210	0.284



Muestras	M-01	M-02	M-03
Carga Vertical (kg)	5.00	10.00	15.00
Área en Corte (cm ²)	33.60	33.60	33.60
σ_n (kg/cm ²)	0.15	0.30	0.45
τ (kg/cm ²)	0.13	0.21	0.28

PARAMETROS EFECTIVOS O NO DRENADOS	
Cohesión = 0.05 kg/cm ²	
Ángulo de fricción interna = 27° 21' 32"	

• Muestra C – 2



UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO



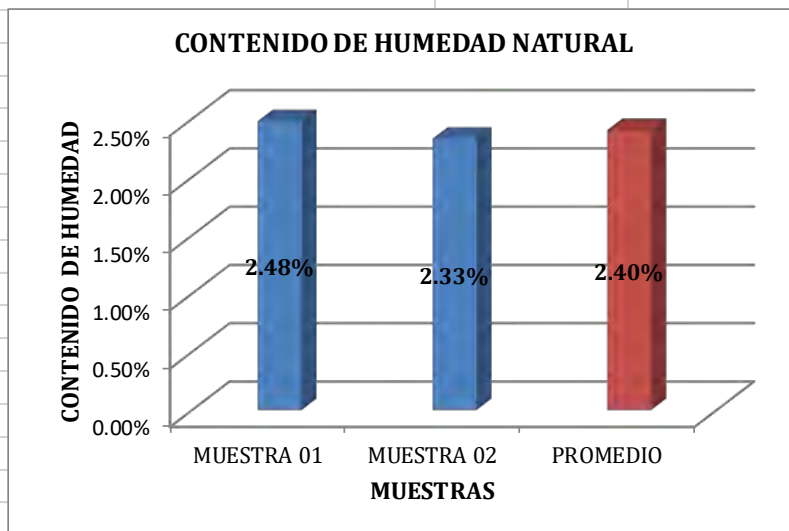
EVALUACION DE RIESGO POR DESLIZAMIENTO EN EL SECTOR CARAMASCARA DEL DISTRITO DE SAN SEBASTIAN, PROVINCIA DEL CUSCO Y DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2024

CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL

Basado en la Norma ASTM D-2216

Departamento:	Cusco	Provincia:	Cusco
Distrito:	San Sebastián	Sector:	Caramascara
Calicata:	C - 2	Profundidad:	3 m.
Nivel freático:	No presenta	Zona geográfica:	19 Sur
Este (m):	184,279.00	Norte (m):	8,499,449.00
Altitud (msnm):	3,324.00	Fecha:	Junio, 2025

DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02
Peso de Capsula (gr)	204.40	186.30
Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr)	795.60	845.60
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)	781.30	830.60
Peso del Agua (gr)	14.30	15.00
Peso de la Muestra Seca (gr)	576.90	644.30
Contenido de Humedad	2.48%	2.33%



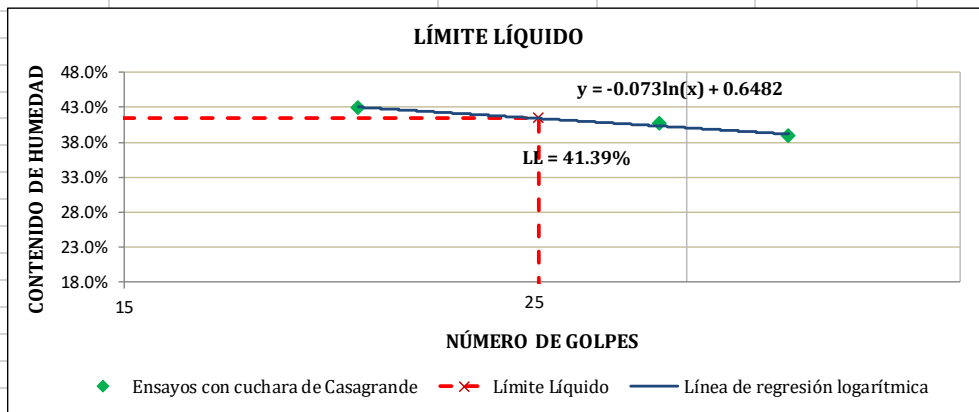
CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL = 2.40%

EVALUACION DE RIESGO POR DESLIZAMIENTO EN EL SECTOR CARAMASCARA DEL DISTRITO DE SAN SEBASTIAN, PROVINCIA DEL CUSCO Y DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2024
LÍMITE LÍQUIDO

Basado en la Norma ASTM D-4318

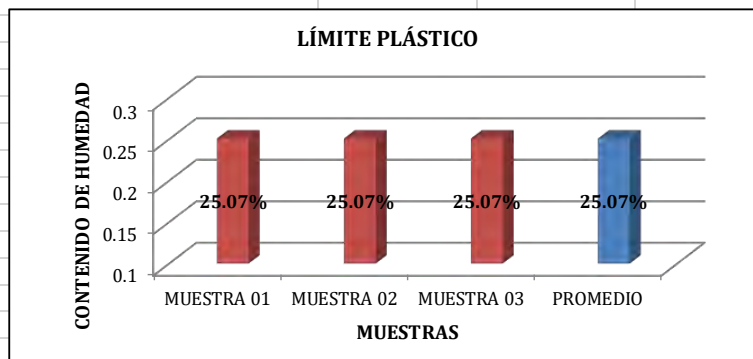
Departamento:	Cusco	Provincia:	Cusco		
Distrito:	San Sebastián	Sector:	Caramascara		
Calicata:	C - 2	Profundidad:	3 m.	Nivel freático:	No presenta
Este (m):	184,279.00	Norte (m):	8,499,449.00	Altitud (msnm):	3,324.00
Fecha:	Junio, 2025				

DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
Número de Golpes	20	29	34
Peso de Capsula (gr)	94.56	92.94	95.23
Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr)	109.41	109.70	114.21
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)	104.95	104.86	108.89
Peso del Agua (gr)	4.46	4.84	5.32
Peso de la Muestra Seca (gr)	10.39	11.92	13.66
Contenido de Humedad	42.93%	40.60%	38.95%


LÍMITE PLÁSTICO

MTC E 111, Basado en la Norma ASTM D-4318 y AASHTO T-90

DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
Peso de Capsula (gr)	95.18	95.18	95.18
Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr)	104.51	104.51	104.51
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)	102.64	102.64	102.64
Peso del Agua (gr)	1.87	1.87	1.87
Peso de la Muestra Seca (gr)	7.46	7.46	7.46
Contenido de Humedad	25.07%	25.07%	25.07%



LÍMITE LÍQUIDO = 41.00%
LÍMITE PLÁSTICO = 25.00%
ÍNDICE DE PLASTICIDAD = 16.00%

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

Basado en la Norma ASTM D-422

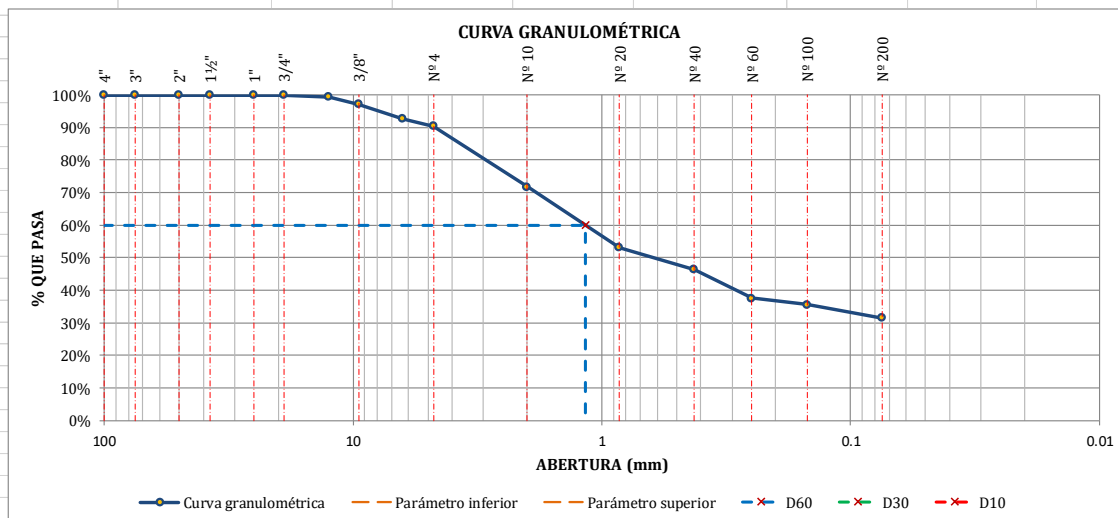
Departamento:	Cusco	Provincia:	Cusco	Distrito:	San Sebastián
Calicata:	C - 2	Profundidad:	3 m.	Nivel freático:	No presenta
Zona geográfica:	19 Sur	Este (m):	184,279.00	Norte (m):	8,499,449.00
Fecha:	Junio, 2025	Altitud (msnm):	3,324.00		

MATERIAL NO LAVADO	FRACCIÓN DE MATERIAL LAVADO
Peso total de la muestra = 853.60 gr	Peso de la fracción antes del lavado = 853.60 gr
Peso de la fracción no lavada = 0.00 gr	Peso de la fracción después de lavar = 590.00 gr
Peso de la fracción para lavado = 853.60 gr	% de la fracción lavada = 100.00%

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO EN FRACCIÓN LAVADA	CORRECCIÓN EN FRACCIÓN LAVADA	% RETENIDO CORREGIDO EN FRACCIÓN LAVADA	% RETENIDO CORREGIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
4"	100	0.00	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%
3"	75	0.00	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%
2"	50	0.00	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%
1½"	37.5	0.00	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%
1"	25	0.00	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%
¾"	19	0.00	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%
½"	12.5	5.00	0.85%	0.00%	0.85%	0.59%	0.59%	99.41%
3/8"	9.5	19.70	3.34%	0.00%	3.34%	2.31%	2.90%	97.10%
¼"	6.3	37.80	6.41%	0.00%	6.41%	4.43%	7.33%	92.67%
Nº 4	4.75	19.60	3.32%	0.00%	3.32%	2.30%	9.62%	90.38%
Nº 10	2	159.00	26.95%	0.01%	26.96%	18.64%	28.26%	71.74%
Nº 20	0.850	158.30	26.83%	0.01%	26.84%	18.55%	46.81%	53.19%
Nº 40	0.425	58.30	9.88%	0.01%	9.89%	6.83%	53.65%	46.35%
Nº 60	0.250	74.80	12.68%	0.01%	12.68%	8.77%	62.41%	37.59%
Nº 100	0.150	17.20	2.92%	0.00%	2.92%	2.02%	64.43%	35.57%
Nº 200	0.075	34.10	5.78%	0.00%	5.78%	4.00%	68.43%	31.57%
Cazuela	-	5.90	1.00%	0.00%	1.00%	0.69%	69.12%	-
Lavado	-	263.60	-	-	-	30.88%	100.00%	-
Fracción Retenida en Lavado		589.70	99.95%	0.05%	100.00%	69.12%		
Total		853.30	%Error = 0.05% Ok!			100.00%		

Fracciones de Grava, Arena y Finos de la Muestra	
% de grava (Retiene Tamiz Nº 4) =	9.62%
% de arena (Pasa Nº 4 y Ret. Nº 200) =	58.80%
% de finos (Pasa Tamiz Nº 200) =	31.57%
Total:	100.00%

Fracción Gruesa	
% de grava =	14.06%
% de arena =	85.94%
Total =	100.00%



Tamaño Máximo Absoluto = ¾"
D60 = 1.16 mm
D30 = -
D10 = -

Tamaño Máximo Nominal = ¼"
Cu = -
Cc = -



SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SUCS)

Norma ASTM D-2487

Departamento:	Cusco	Provincia:	Cusco	Distrito:	San Sebastián	Sector:	Caramascara
Calicata:	C - 2	Profundidad:	3 m.	Nivel freático:	No presenta	Zona geográfica:	19 Sur
Este (m):	184,279.00	Norte (m):	8,499,449.00	Altitud (msnm):	3,324.00	Fecha:	Junio, 2025

DATOS PARA CLASIFICACIÓN

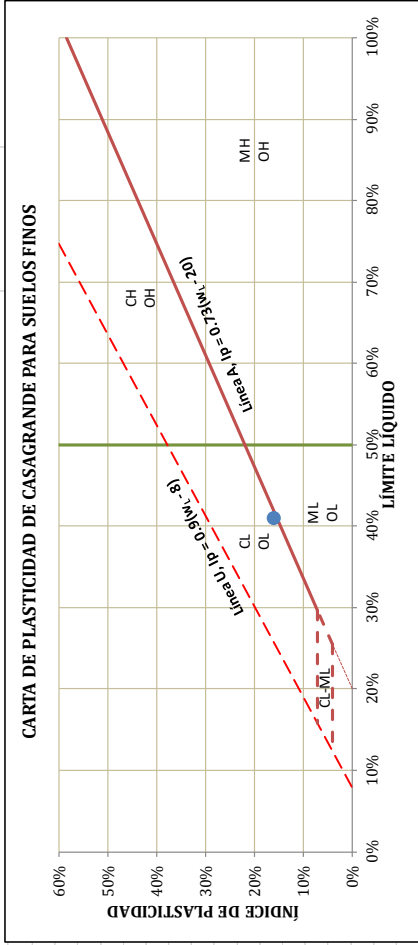
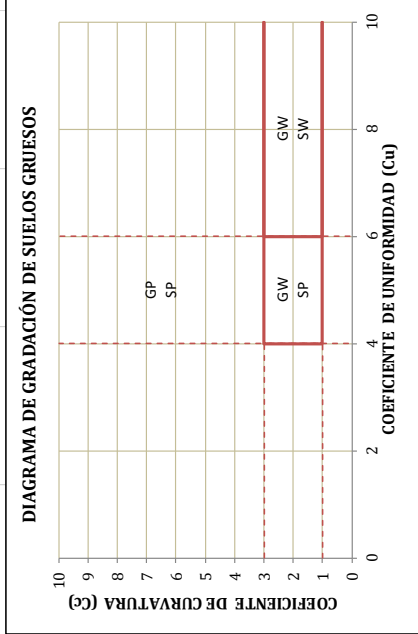
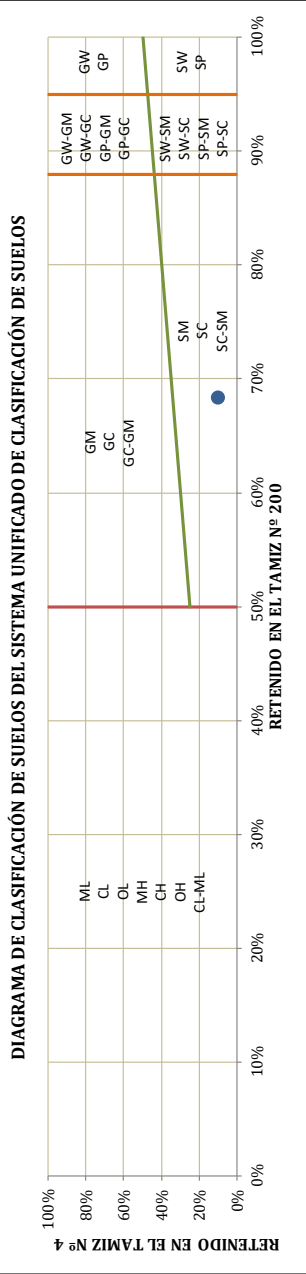
De Granulometría
% de Gruesos = 68.43%
% de Finos = 31.57%
Total = 100.00%
% de Grava = 9.62%
% de Arena = 58.80%
Total = 68.43%
Fración Gruesa
% de Grava = 14.06%
% de Arena = 85.94%
Total = 100.00%
Coefficientes
Cu = -
Cc = -

De Límites de Consistencia

LL = 41.00%
LP = 25.00%
IP = 16.00%

Otros Datos

Tipo = Inorgánico



SC = Arena arcillosa

CORTE DIRECTO

Basado en la Norma ASTM D-3080 y AASHTO T-236

Proyecto: "EVALUACION DE RIESGO POR DESLIZAMIENTO EN EL SECTOR CARAMASCARA DEL DISTRITO DE SAN SEBASTIAN, PROVINCIA DEL CUSCO Y DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2024"

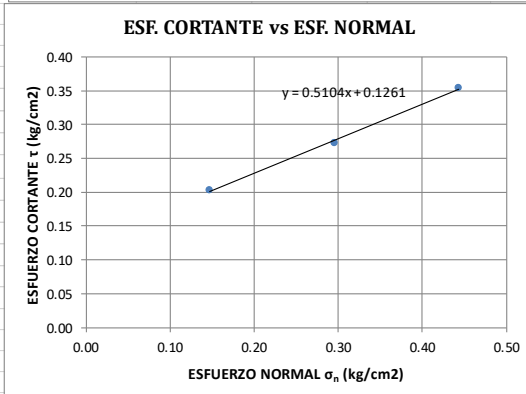
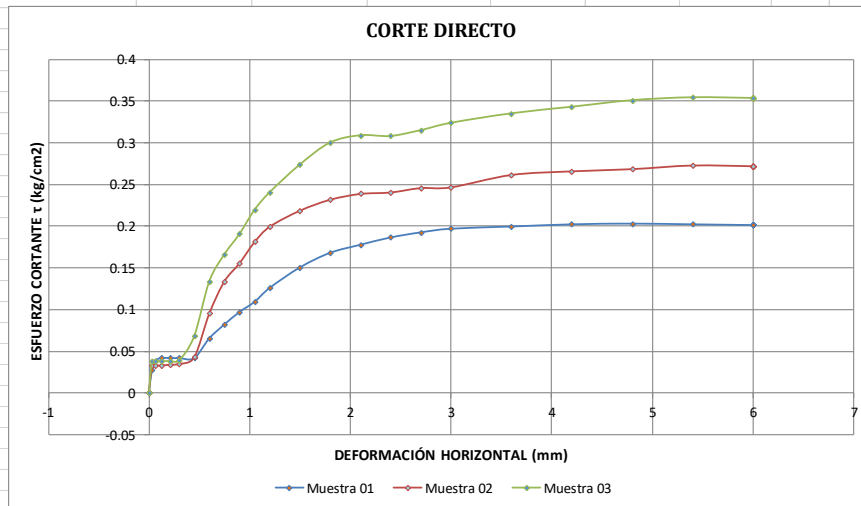
Fecha: Junio, 2025

Calicata: C - 2

DIMENSIONES DE LA MUESTRA		DENSIDAD DE LA MUESTRA	
Lado =	60.00 mm	Peso =	199.94 gr
Altura L_0 =	30.00 mm	Peso Unitario húmedo =	1.85 gr/cm ³
Área =	36.00 cm ²	Contenido de Humedad =	2.40%
Volumen =	108.00 cm ³	Peso Unitario seco =	1.81 gr/cm ³

Velocidad de Deformación Horizontal : 0.50 mm/min



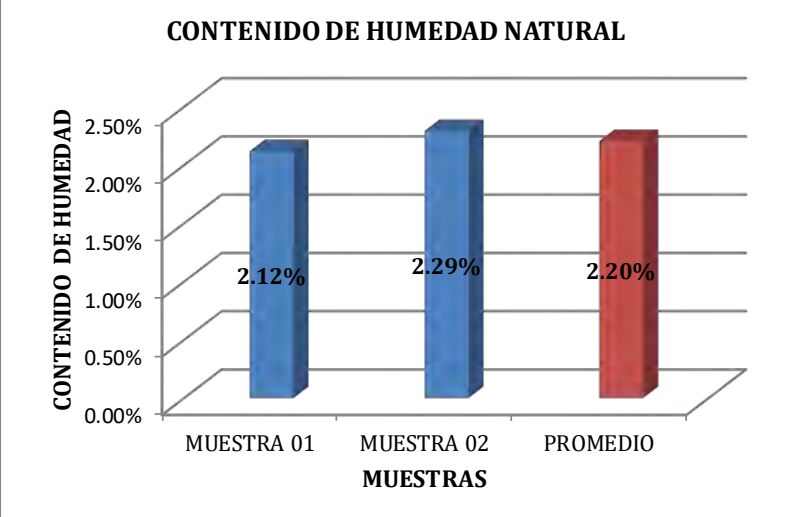
DEFORMÍMETRO DE LONGITUD DE CORTE mm	LECTURA DE CARGA HORIZONTAL			FUERZA DE CORTE HORIZONTAL		ÁREA CORREGIDA cm ²	ESFUERZO CORTANTE τ		
	M-01	M-02	M-03	M-02	M-03		M-01	M-02	M-03
	N			kg			kg/cm ²		
0.00	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	36.00	0.000	0.000	0.000
0.03	1.0	1.2	1.4	1.17	1.39	35.99	0.028	0.032	0.039
0.06	1.4	1.2	1.4	1.20	1.39	35.98	0.039	0.033	0.039
0.12	1.5	1.2	1.4	1.20	1.39	35.95	0.042	0.033	0.039
0.21	1.5	1.2	1.4	1.23	1.39	35.92	0.042	0.034	0.039
0.30	1.5	1.3	1.4	1.26	1.42	35.88	0.042	0.035	0.039
0.45	1.5	1.5	2.5	1.54	2.46	35.82	0.042	0.043	0.068
0.60	2.4	3.4	4.8	3.43	4.82	35.76	0.066	0.095	0.134
0.75	3.0	4.8	6.0	4.82	5.99	35.70	0.082	0.134	0.166
0.90	3.5	5.6	6.9	5.61	6.87	35.64	0.097	0.156	0.191
1.05	3.9	6.5	7.9	6.52	7.91	35.58	0.109	0.181	0.220
1.20	4.5	7.2	8.7	7.18	8.66	35.52	0.126	0.200	0.241
1.50	5.4	7.9	9.9	7.88	9.86	35.40	0.151	0.219	0.274
1.80	6.0	8.3	10.8	8.35	10.80	35.28	0.168	0.232	0.300
2.10	6.4	8.6	11.1	8.60	11.12	35.16	0.178	0.239	0.309
2.40	6.7	8.7	11.1	8.66	11.09	35.04	0.186	0.241	0.308
2.70	6.9	8.9	11.3	8.85	11.34	34.92	0.193	0.246	0.315
3.00	7.1	8.9	11.7	8.88	11.66	34.80	0.197	0.247	0.324
3.60	7.2	9.4	12.1	9.42	12.06	34.56	0.200	0.262	0.335
4.20	7.3	9.6	12.3	9.58	12.35	34.32	0.202	0.266	0.343
4.80	7.3	9.7	12.6	9.67	12.63	34.08	0.203	0.269	0.351
5.40	7.3	9.8	12.8	9.83	12.76	33.84	0.202	0.273	0.354
6.00	7.2	9.8	12.7	9.80	12.73	33.60	0.201	0.272	0.354



Muestras	M-01	M-02	M-03
Carga Vertical (kg)	5.00	10.00	15.00
Área en Corte (cm ²)	34.08	33.84	33.84
σ_n (kg/cm ²)	0.15	0.30	0.44
τ (kg/cm ²)	0.20	0.27	0.35

PARAMETROS EFECTIVOS O NO DRENADOS	
Cohesión = 0.13 kg/cm ²	
Ángulo de fricción interna = 27° 02' 27"	

• Muestra C – 3

 UNSAAC Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO																							
EVALUACION DE RIESGO POR DESLIZAMIENTO EN EL SECTOR CARAMASCARA DEL DISTRITO DE SAN SEBASTIAN, PROVINCIA DEL CUSCO Y DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2024																								
CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL																								
Basado en la Norma ASTM D-2216																								
Departamento:	Cusco	Provincia:	Cusco																					
Distrito:	San Sebastián	Sector:	Caramascara																					
Calicata:	C - 3	Profundidad:	3.0 m.																					
Nivel freático:	No presenta	Zona geográfica:	19 Sur																					
Este (m):	184,270.00	Norte (m):	8,499,920.00																					
Altitud (msnm):	3,384.00	Fecha:	Junio, 2025																					
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="background-color: #ADD8E6;">DESCRIPCIÓN</th> <th style="background-color: #ADD8E6;">MUESTRA 01</th> <th style="background-color: #ADD8E6;">MUESTRA 02</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso de Capsula (gr)</td> <td style="text-align: center;">187.90</td> <td style="text-align: center;">188.10</td> </tr> <tr> <td>Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr)</td> <td style="text-align: center;">954.30</td> <td style="text-align: center;">750.60</td> </tr> <tr> <td>Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)</td> <td style="text-align: center;">938.40</td> <td style="text-align: center;">738.00</td> </tr> <tr> <td>Peso del Agua (gr)</td> <td style="text-align: center;">15.90</td> <td style="text-align: center;">12.60</td> </tr> <tr> <td>Peso de la Muestra Seca (gr)</td> <td style="text-align: center;">750.50</td> <td style="text-align: center;">549.90</td> </tr> <tr> <td>Contenido de Humedad</td> <td style="text-align: center;">2.12%</td> <td style="text-align: center;">2.29%</td> </tr> </tbody> </table>				DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	Peso de Capsula (gr)	187.90	188.10	Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr)	954.30	750.60	Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)	938.40	738.00	Peso del Agua (gr)	15.90	12.60	Peso de la Muestra Seca (gr)	750.50	549.90	Contenido de Humedad	2.12%	2.29%
DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02																						
Peso de Capsula (gr)	187.90	188.10																						
Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr)	954.30	750.60																						
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)	938.40	738.00																						
Peso del Agua (gr)	15.90	12.60																						
Peso de la Muestra Seca (gr)	750.50	549.90																						
Contenido de Humedad	2.12%	2.29%																						
 <p style="text-align: center;">CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL</p>																								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 5px;">CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL = 2.20%</td> </tr> </table>				CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL = 2.20%																				
CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL = 2.20%																								

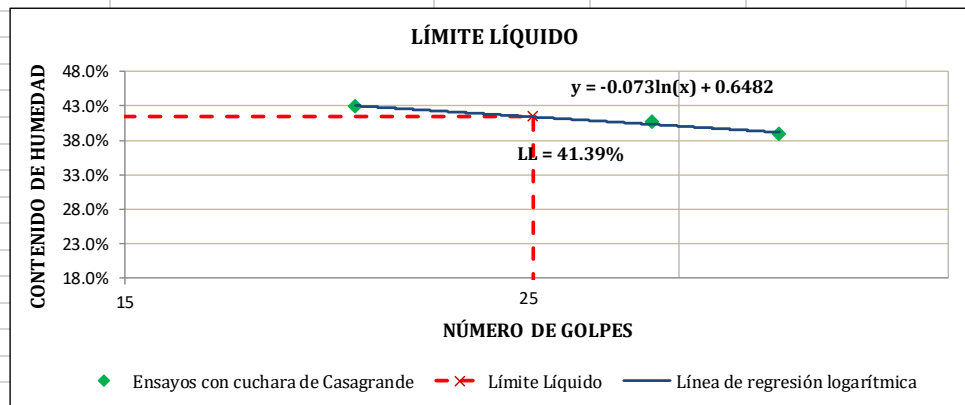
EVALUACION DE RIESGO POR DESLIZAMIENTO EN EL SECTOR CARAMASCARA DEL DISTRITO DE SAN SEBASTIAN, PROVINCIA DEL CUSCO Y DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2024

LÍMITE LÍQUIDO

Basado en la Norma ASTM D-4318

Departamento:	Cusco	Provincia:	Cusco		
Distrito:	San Sebastián	Sector:	Caramascara		
Calicata:	C - 3	Profundidad:	3.0 m.	Nivel freático:	No presenta
Este (m):	184,270.00	Norte (m):	8,499,920.00	Altitud (msnm):	3,384.00
Fecha:	Junio, 2025				

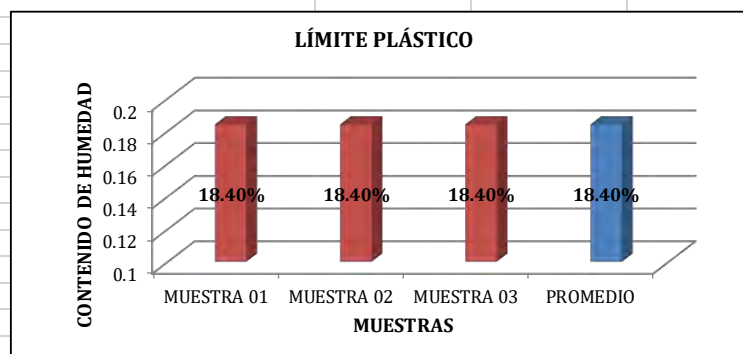
DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
Número de Golpes	20	29	34
Peso de Capsula (gr)	94.56	92.94	95.23
Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr)	109.41	109.70	114.21
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)	104.95	104.86	108.89
Peso del Agua (gr)	4.46	4.84	5.32
Peso de la Muestra Seca (gr)	10.39	11.92	13.66
Contenido de Humedad	42.93%	40.60%	38.95%



LÍMITE PLÁSTICO

MTC E 111, Basado en la Norma ASTM D-4318 y AASHTO T-90

DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
Peso de Capsula (gr)	96.20	96.20	96.20
Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr)	105.98	105.98	105.98
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)	104.46	104.46	104.46
Peso del Agua (gr)	1.52	1.52	1.52
Peso de la Muestra Seca (gr)	8.26	8.26	8.26
Contenido de Humedad	18.40%	18.40%	18.40%



LÍMITE LÍQUIDO = 41.00%
LÍMITE PLÁSTICO = 18.00%
ÍNDICE DE PLASTICIDAD = 23.00%

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

Basado en la Norma ASTM D-422

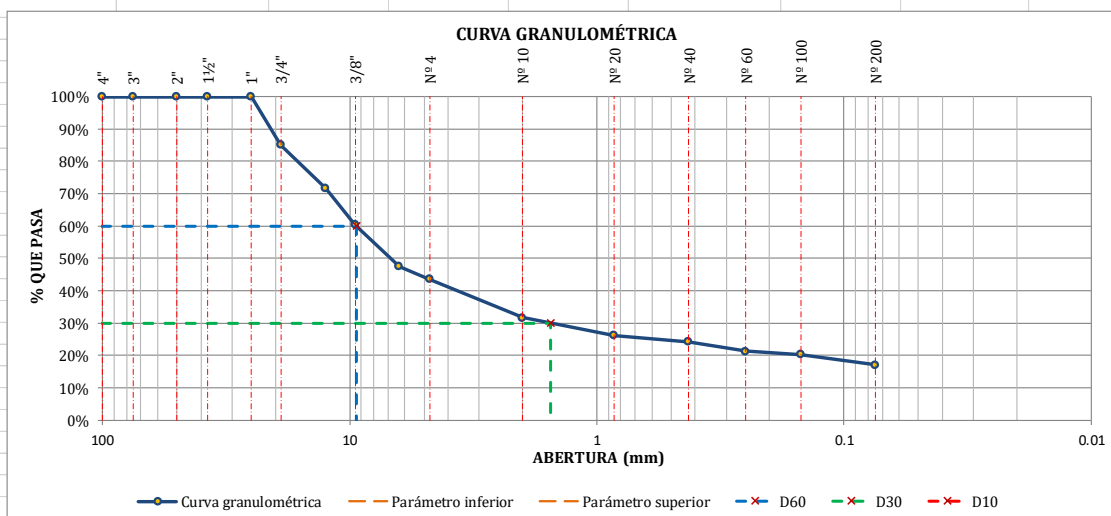
Departamento:	Cusco	Provincia:	Cusco	Distrito:	San Sebastián
Calicata:	C - 3	Profundidad:	3.0 m.	Nivel freático:	No presenta
Zona geográfica:	19 Sur	Este (m):	184,270.00	Norte (m):	8,499,920.00
Fecha:	Junio, 2025	Altitud (msnm):	3,384.00		

MATERIAL NO LAVADO		FRACCIÓN DE MATERIAL LAVADO	
Peso total de la muestra =	1,041.00 gr	Peso de la fracción antes del lavado =	1041.00 gr
Peso de la fracción no lavada =	0.00 gr	Peso de la fracción después de lavar =	873.80 gr
Peso de la fracción para lavado =	1041.00 gr	% de la fracción lavada =	100.00%

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO EN FRACCIÓN LAVADA	CORRECCIÓN EN FRACCIÓN LAVADA	% RETENIDO CORREGIDO EN FRACCIÓN LAVADA	% RETENIDO CORREGIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
4"	100	0.00	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%
3"	75	0.00	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%
2"	50	0.00	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%
1½"	37.5	0.00	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%
1"	25	0.00	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%
¾"	19	155.50	17.80%	0.00%	17.80%	14.94%	14.94%	85.06%
½"	12.5	140.10	16.03%	0.00%	16.03%	13.46%	28.40%	71.60%
⅜"	9.5	116.50	13.33%	0.00%	13.33%	11.19%	39.59%	60.41%
¼"	6.3	133.90	15.32%	0.00%	15.32%	12.86%	52.45%	47.55%
Nº 4	4.75	41.80	4.78%	0.00%	4.78%	4.02%	56.46%	43.54%
Nº 10	2	123.70	14.16%	0.00%	14.16%	11.88%	68.35%	31.65%
Nº 20	0.850	56.30	6.44%	0.00%	6.44%	5.41%	73.76%	26.24%
Nº 40	0.425	20.80	2.38%	0.00%	2.38%	2.00%	75.75%	24.25%
Nº 60	0.250	30.50	3.49%	0.00%	3.49%	2.93%	78.68%	21.32%
Nº 100	0.150	9.60	1.10%	0.00%	1.10%	0.92%	79.61%	20.39%
Nº 200	0.075	34.00	3.89%	0.00%	3.89%	3.27%	82.87%	17.13%
Cazuela	-	11.10	1.27%	0.00%	1.27%	1.07%	83.94%	-
Lavado	-	167.20	-	-	-	16.06%	100.00%	-
Fracción Retenida en Lavado		873.80	100.00%	0.00%	100.00%	83.94%		
Total		1041.00	%Error = 0% Ok!			100.00%		

Fracciones de Grava, Arena y Finos de la Muestra	
% de grava (Retiene Tamiz Nº 4) =	56.46%
% de arena (Pasa Nº 4 y Ret. Nº 200) =	26.41%
% de finos (Pasa Tamiz Nº 200) =	17.13%
Total:	100.00%

Fracción Gruesa	
% de grava =	68.13%
% de arena =	31.87%
Total =	100.00%



Tamaño Máximo Absoluto = 1"
D60 = 9.38 mm
D30 = 1.54 mm
D10 = -

Tamaño Máximo Nominal = ¾"
Cu = -
Cc = -

EVALUACION DE RIESGO POR DESLIZAMIENTO EN EL SECTOR CARAMASCARA DEL DISTRITO DE SAN SEBASTIAN, PROVINCIA DEL CUSCO Y DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2024

SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION DE SUELOS (SUCS)

Norma ASTM D-2487

Elaborado por: Laboratorio de mecánica de suelos y rocas del Plan MERISS INKA		Subsistema: Caramascara	
Departamento: Cusco	Provincia: Cusco	Districtos: San Sebastián	
Calicata: 0.00	Profundidad: 3.0 m.	Nivel freático: No presenta	Zona geográfica: 19 Sur
Este (m): 184.270.00	Norte (m): 8,499,920.00	Altitud (msnm): 3,384.00	Fecha: Junio, 2025

DATOS PARA CLASIFICACIÓN

De Granulometría	
% de Gruesos = 82.87%	
% de Finos = 17.13%	
Total = 100.00%	
% de Grava = 56.46%	
% de Arena = 26.41%	
Total = 82.87%	
Fracción Gruesa	
% de Grava = 68.13%	
% de Arena = 31.87%	
Total = 100.00%	

Coefficientes

Cu = -

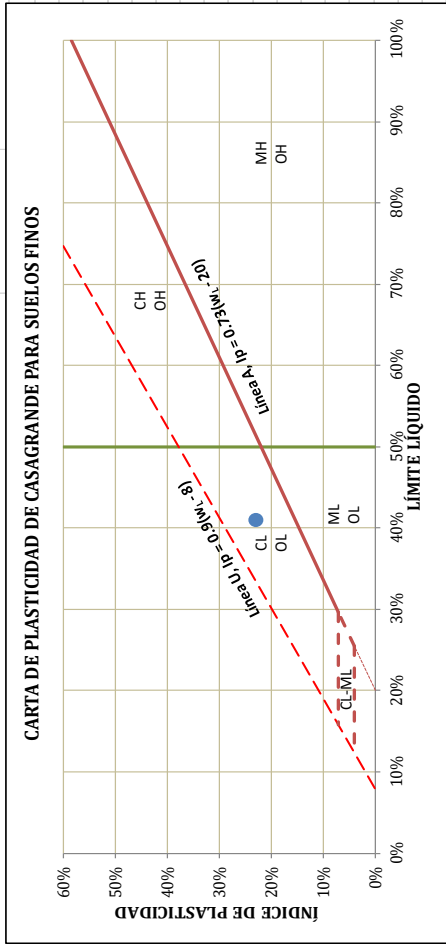
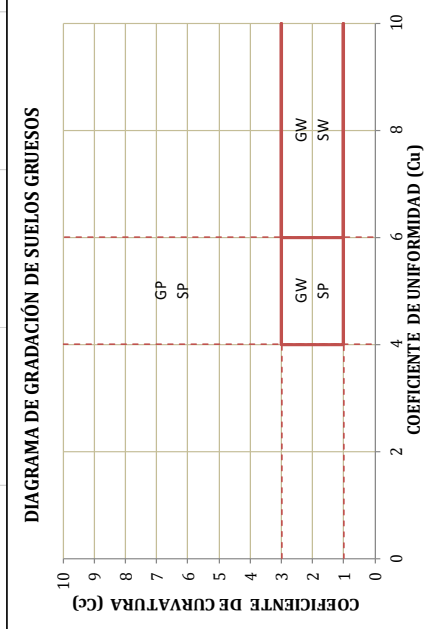
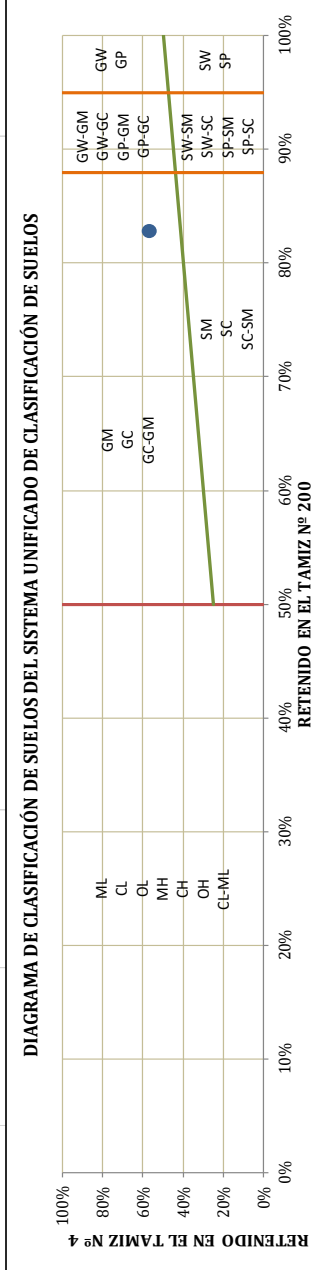
Cc = -

De Límites de Consistencia

LL = 41.00%
LP = 18.00%
IP = 23.00%

Otros Datos

Tipo = Inorgánico



GC = Grava arcillosa con arena

CORTE DIRECTO

Basado en la Norma ASTM D-3080 y AASHTO T-236

Proyecto: "EVALUACION DE RIESGO POR DESLIZAMIENTO EN EL SECTOR CARAMASCARA DEL DISTRITO DE SAN SEBASTIAN, PROVINCIA DEL CUSCO Y DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2024"

Fecha: Junio, 2025

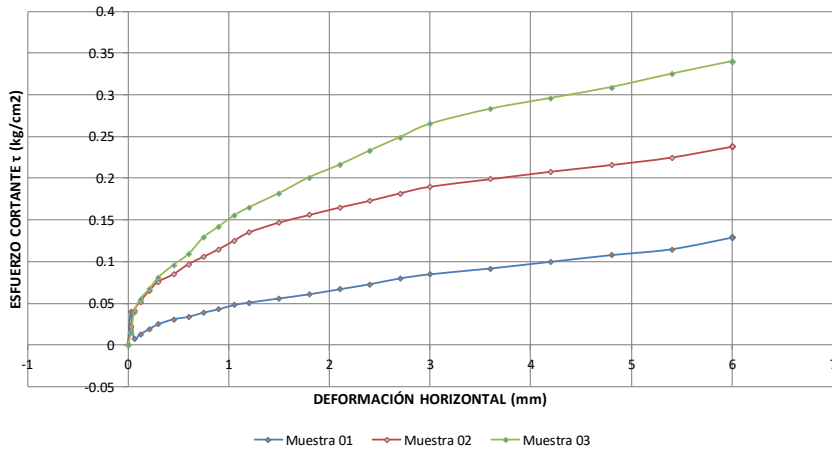
Calicata: C - 3

DIMENSIONES DE LA MUESTRA		DENSIDAD DE LA MUESTRA	
Lado =	60.00 mm	Peso =	223.50 gr
Altura L_0 =	30.00 mm	Peso Unitario húmedo =	2.07 gr/cm ³
Área =	36.00 cm ²	Contenido de Humedad =	2.20%
Volumen =	108.00 cm ³	Peso Unitario seco =	2.02 gr/cm ³

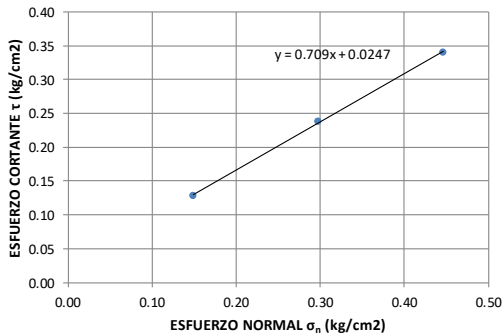
Velocidad de Deformación Horizontal : 0.50 mm/min

DEFORMÍMETRO DE LONGITUD DE CORTE mm	LECTURA DE CARGA HORIZONTAL			FUERZA DE CORTE HORIZONTAL		ÁREA CORREGIDA cm ²	ESFUERZO CORTANTE τ		
	M-01	M-02	M-03	M-02	M-03		M-01	M-02	M-03
	N			kg			kg/cm ²		
0.00	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	36.00	0.000	0.000	0.000
0.03	1.4	0.8	0.5	0.79	0.54	35.99	0.040	0.022	0.015
0.06	0.3	1.5	1.4	1.48	1.40	35.98	0.008	0.041	0.039
0.12	0.5	1.9	2.0	1.87	1.98	35.95	0.013	0.052	0.055
0.21	0.7	2.3	2.4	2.34	2.41	35.92	0.019	0.065	0.067
0.30	0.9	2.7	2.9	2.74	2.92	35.88	0.025	0.076	0.081
0.45	1.1	3.1	3.5	3.06	3.46	35.82	0.031	0.085	0.096
0.60	1.2	3.5	3.9	3.49	3.92	35.76	0.034	0.097	0.109
0.75	1.4	3.8	4.6	3.82	4.64	35.70	0.039	0.106	0.129
0.90	1.5	4.1	5.1	4.14	5.11	35.64	0.043	0.115	0.142
1.05	1.7	4.5	5.6	4.50	5.58	35.58	0.048	0.125	0.155
1.20	1.8	4.9	5.9	4.86	5.94	35.52	0.051	0.135	0.165
1.50	2.0	5.3	6.6	5.29	6.55	35.40	0.056	0.147	0.182
1.80	2.2	5.6	7.2	5.62	7.24	35.28	0.061	0.156	0.201
2.10	2.4	5.9	7.8	5.94	7.78	35.16	0.067	0.165	0.216
2.40	2.6	6.2	8.4	6.23	8.39	35.04	0.073	0.173	0.233
2.70	2.9	6.6	9.0	6.55	8.96	34.92	0.080	0.182	0.249
3.00	3.1	6.8	9.5	6.84	9.54	34.80	0.085	0.190	0.265
3.60	3.3	7.2	10.2	7.16	10.19	34.56	0.092	0.199	0.283
4.20	3.6	7.5	10.7	7.49	10.66	34.32	0.100	0.208	0.296
4.80	3.9	7.8	11.1	7.78	11.12	34.08	0.108	0.216	0.309
5.40	4.1	8.1	11.7	8.10	11.70	33.84	0.115	0.225	0.325
6.00	4.6	8.6	12.2	8.57	12.24	33.60	0.129	0.238	0.340

CORTE DIRECTO



ESF. CORTANTE vs ESF. NORMAL



Muestras	M-01	M-02	M-03
Carga Vertical (kg)	5.00	10.00	15.00
Área en Corte (cm ²)	33.60	33.60	33.60
σ_n (kg/cm ²)	0.15	0.30	0.45
τ (kg/cm ²)	0.13	0.24	0.34

PARAMETROS EFECTIVOS O NO DRENADOS	
Cohesión = 0.02 kg/cm ²	
Ángulo de fricción interna = 35° 20' 06"	

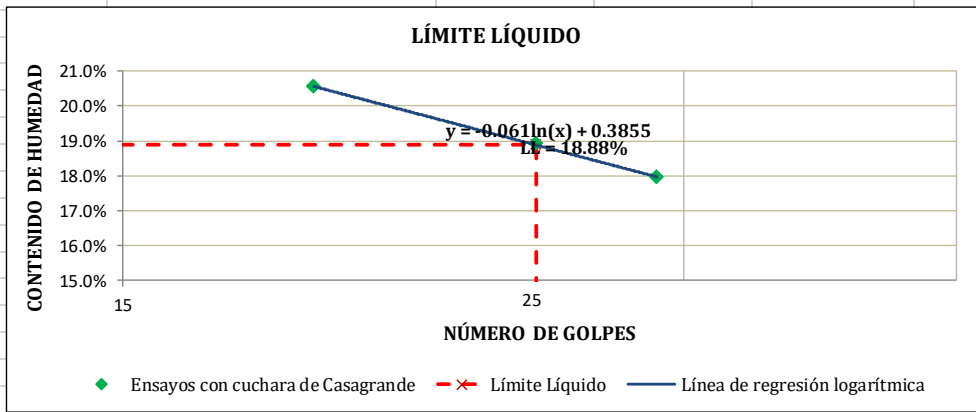
EVALUACION DE RIESGO POR DESLIZAMIENTO EN EL SECTOR CARAMASCARA DEL DISTRITO DE SAN SEBASTIAN, PROVINCIA DEL CUSCO Y DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2024

LÍMITE LÍQUIDO

Basado en la Norma ASTM D-4318

Departamento:	Cusco	Provincia:	Cusco		
Distritos:	San Sebastián	Sector:	Caramascara		
Calicata:	C-4	Profundidad:	1.5 m.	Nivel freático:	No presenta
Este (m):	184,305.00	Norte (m):	8,499,877.00	Altitud (msnm):	3,364.00
Fecha:	Junio, 2025				

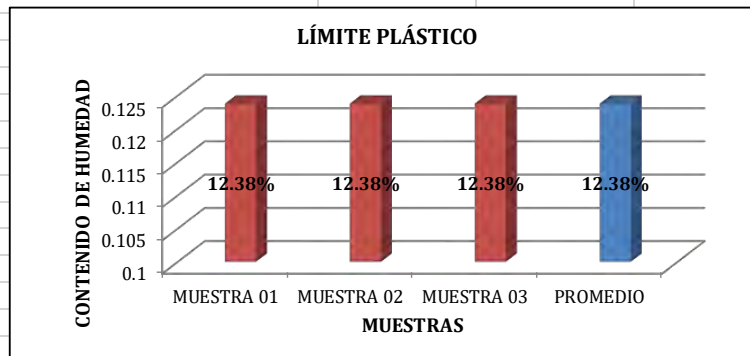
DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
Número de Golpes	25	19	29
Peso de Capsula (gr)	94.41	96.91	97.49
Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr)	114.60	116.86	112.80
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)	111.39	113.46	110.47
Peso del Agua (gr)	3.21	3.40	2.33
Peso de la Muestra Seca (gr)	16.98	16.55	12.98
Contenido de Humedad	18.90%	20.54%	17.95%



LÍMITE PLÁSTICO

MTC E 111, Basado en la Norma ASTM D-4318 y AASHTO T-90

DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
Peso de Capsula (gr)	97.79	97.79	97.79
Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr)	112.41	112.41	112.41
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)	110.80	110.80	110.80
Peso del Agua (gr)	1.61	1.61	1.61
Peso de la Muestra Seca (gr)	13.01	13.01	13.01
Contenido de Humedad	12.38%	12.38%	12.38%



LÍMITE LÍQUIDO = 19.00%
LÍMITE PLÁSTICO = 12.00%
ÍNDICE DE PLASTICIDAD = 7.00%

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

Basado en la Norma ASTM D-422

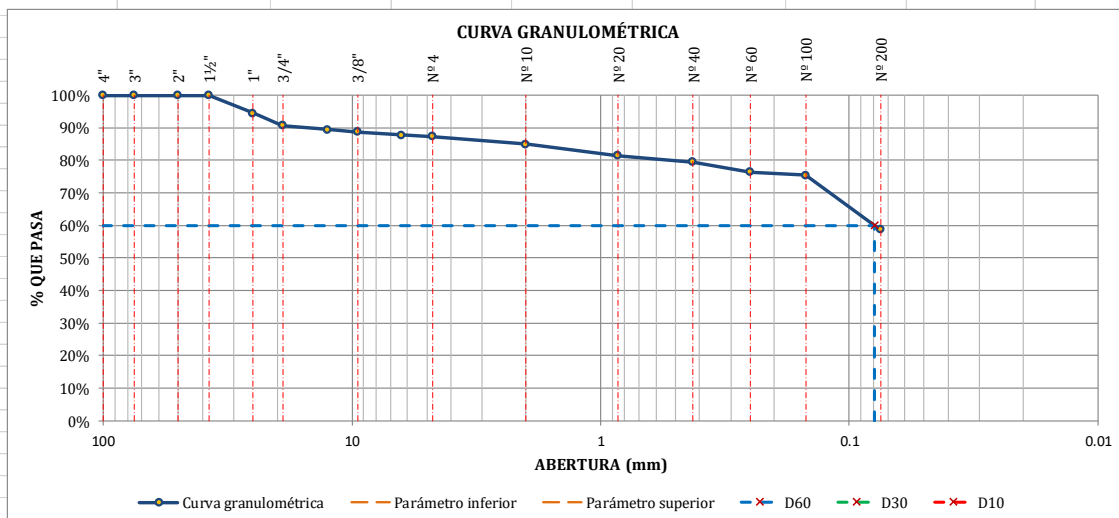
Departamento:	Cusco	Provincia:	Cusco	Districtos:	San Sebastián
Calicata:	C-4	Profundidad:	1.5 m.	Nivel freático:	No presenta
Zona geográfica:	19 Sur	Este (m):	184.305.00	Norte (m):	8,499,877.00
Fecha:	Junio, 2025	Altitud (msnm):	3,364.00		

MATERIAL NO LAVADO	FRACCIÓN DE MATERIAL LAVADO
Peso total de la muestra = 860.00 gr	Peso de la fracción antes del lavado = 860.00 gr
Peso de la fracción no lavada = 0.00 gr	Peso de la fracción después de lavar = 429.50 gr
Peso de la fracción para lavado = 860.00 gr	% de la fracción lavada = 100.00%

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO EN FRACCIÓN LAVADA	CORRECCIÓN EN FRACCIÓN LAVADA	% RETENIDO CORREGIDO EN FRACCIÓN LAVADA	% RETENIDO CORREGIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
4"	100	0.00	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%
3"	75	0.00	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%
2"	50	0.00	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%
1½"	37.5	0.00	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%
1"	25	47.00	10.94%	0.01%	10.95%	5.47%	5.47%	94.53%
¾"	19	33.40	7.78%	0.01%	7.78%	3.89%	9.36%	90.64%
½"	12.5	10.60	2.47%	0.00%	2.47%	1.23%	10.59%	89.41%
3/8"	9.5	5.30	1.23%	0.00%	1.24%	0.62%	11.21%	88.79%
¼"	6.3	8.50	1.98%	0.00%	1.98%	0.99%	12.20%	87.80%
Nº 4	4.75	4.50	1.05%	0.00%	1.05%	0.52%	12.72%	87.28%
Nº 10	2	19.60	4.56%	0.00%	4.57%	2.28%	15.00%	85.00%
Nº 20	0.850	30.20	7.03%	0.01%	7.04%	3.51%	18.52%	81.48%
Nº 40	0.425	17.50	4.07%	0.00%	4.08%	2.04%	20.55%	79.45%
Nº 60	0.250	26.00	6.05%	0.01%	6.06%	3.03%	23.58%	76.42%
Nº 100	0.150	9.20	2.14%	0.00%	2.14%	1.07%	24.65%	75.35%
Nº 200	0.075	142.60	33.20%	0.03%	33.23%	16.60%	41.25%	58.75%
Cazuela	-	74.70	17.39%	0.02%	17.41%	8.69%	49.94%	-
Lavado	-	430.50	-	-	-	50.06%	100.00%	-
Fracción Retenida en Lavado		429.10	99.91%	0.09%	100.00%	49.94%		
Total		859.60	%Error = 0.09% Ok!			100.00%		

Fracciones de Grava, Arena y Finos de la Muestra	
% de grava (Retiene Tamiz Nº 4) =	12.72%
% de arena (Pasa Nº 4 y Ret. Nº 200) =	28.53%
% de finos (Pasa Tamiz Nº 200) =	58.75%
Total:	100.00%

Fracción Gruesa	
% de grava =	30.84%
% de arena =	69.16%
Total =	100.00%



Tamaño Máximo Absoluto = 1½"
D60 = 0.08 mm
D30 = -
D10 = -

Tamaño Máximo Nominal = 1"
Cu = -
Cc = -

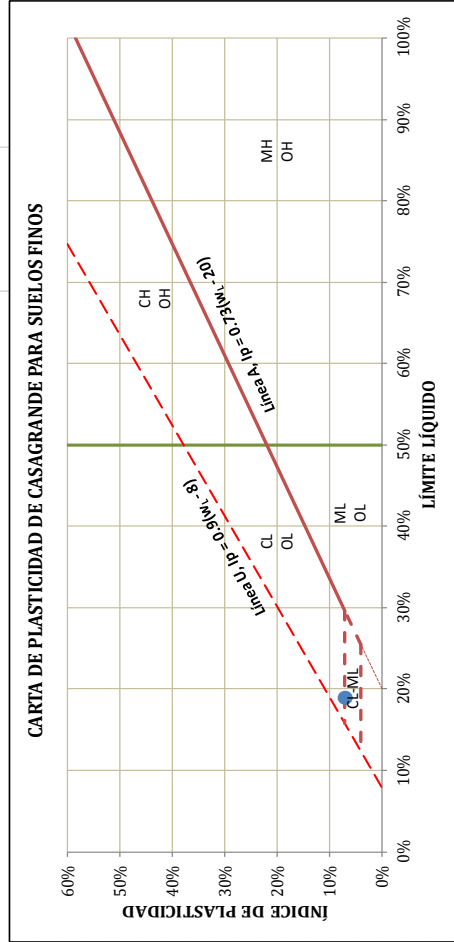
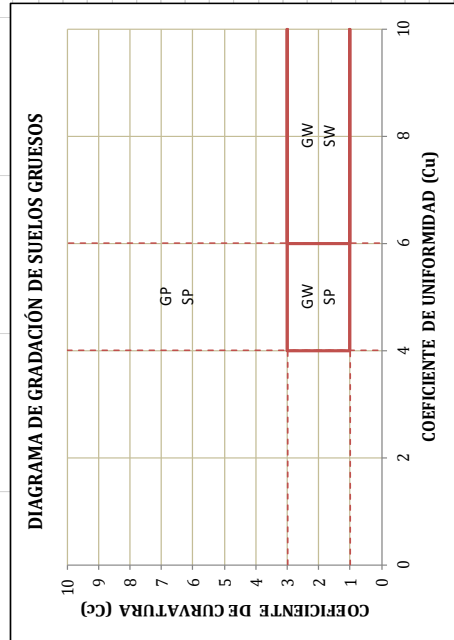
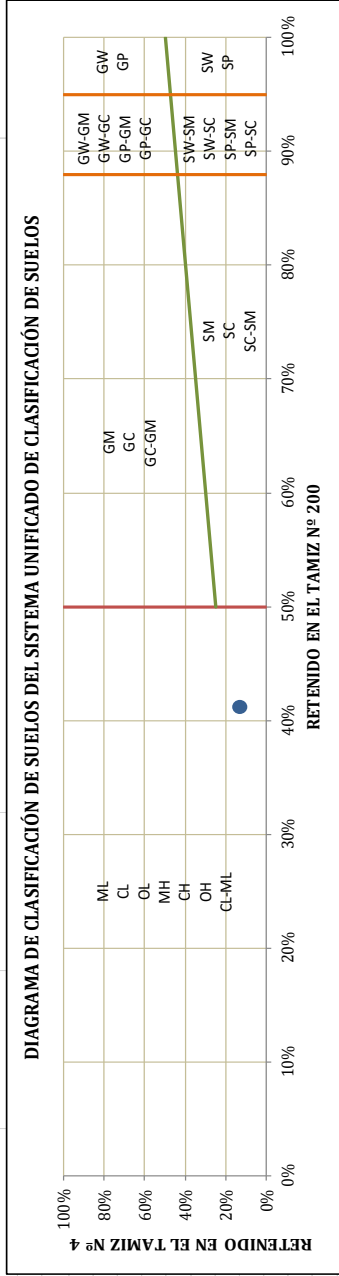


SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SUCS)

Norma ASTM D-2487

Departamento:	Cusco	Provincia:	Cusco	Districto:	San Sebastián	Subsistema:	Caramascara
Calicata:	C - 4	Profundidad:	1.5 m.	Nivel freático:	No presenta	Zona geográfica:	19 Sur
Este (m):	184,305.00	Norte (m):	8,499,877.00	Altitud (msnm):	3,364.00	Fecha:	Junio, 2025

DATOS PARA CLASIFICACIÓN	
De Granulometría	
% de Gruesos =	41.25%
% de Finos =	58.75%
Total =	100.00%
% de Grava =	12.72%
% de Arena =	28.53%
Total =	41.25%
Fracción Gruesa	
% de Grava =	30.84%
% de Arena =	69.16%
Total =	100.00%
Coefficientes	
Cu =	-
Cc =	-
De Límites de Consistencia	
LL =	19.00%
LP =	12.00%
IP =	7.00%
Otros Datos	
Tipo =	Inorgánico



CL - ML = Arcilla limosa de baja plasticidad con arena

CORTE DIRECTO

Basado en la Norma ASTM D-3080 y AASHTO T-236

Proyecto: "EVALUACION DE RIESGO POR DESLIZAMIENTO EN EL SECTOR CARAMASCARA DEL DISTRITO DE SAN SEBASTIAN, PROVINCIA DEL CUSCO Y DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2024"

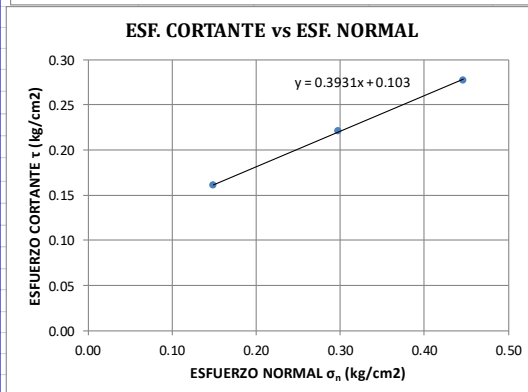
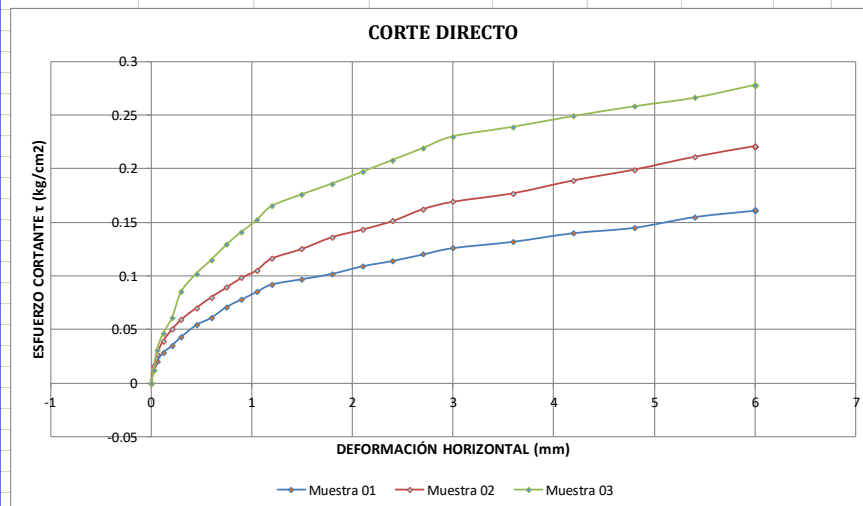
Fecha: Junio, 2025

Calicata: C - 4

DIMENSIONES DE LA MUESTRA		DENSIDAD DE LA MUESTRA	
Lado =	60.00 mm	Peso =	195.50 gr
Altura L_0 =	30.00 mm	Peso Unitario húmedo =	1.81 gr/cm ³
Área =	36.00 cm ²	Contenido de Humedad =	10.59%
Volumen =	108.00 cm ³	Peso Unitario seco =	1.64 gr/cm ³

Velocidad de Deformación Horizontal : 0.50 mm/min

DEFORMÍMETRO DE LONGITUD DE CORTE mm	LECTURA DE CARGA HORIZONTAL			FUERZA DE CORTE HORIZONTAL		ÁREA CORREGIDA cm ²	ESFUERZO CORTANTE τ		
	M-01	M-02	M-03	M-02	M-03		M-01	M-02	M-03
	N			kg			kg/cm ²		
0.00	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	36.00	0.000	0.000	0.000
0.03	0.4	0.6	0.4	0.58	0.43	35.99	0.012	0.016	0.012
0.06	0.7	1.0	1.1	0.97	1.12	35.98	0.020	0.027	0.031
0.12	1.0	1.4	1.7	1.40	1.66	35.95	0.028	0.039	0.046
0.21	1.3	1.8	2.2	1.80	2.20	35.92	0.035	0.050	0.061
0.30	1.5	2.1	3.1	2.12	3.06	35.88	0.043	0.059	0.085
0.45	1.9	2.5	3.7	2.52	3.67	35.82	0.054	0.070	0.102
0.60	2.2	2.9	4.1	2.88	4.14	35.76	0.061	0.080	0.115
0.75	2.6	3.2	4.6	3.20	4.64	35.70	0.071	0.089	0.129
0.90	2.8	3.5	5.1	3.53	5.08	35.64	0.078	0.098	0.141
1.05	3.1	3.8	5.5	3.78	5.47	35.58	0.085	0.105	0.152
1.20	3.3	4.2	5.9	4.18	5.94	35.52	0.092	0.116	0.165
1.50	3.5	4.5	6.3	4.50	6.34	35.40	0.097	0.125	0.176
1.80	3.7	4.9	6.7	4.90	6.70	35.28	0.102	0.136	0.186
2.10	3.9	5.1	7.1	5.15	7.09	35.16	0.109	0.143	0.197
2.40	4.1	5.4	7.5	5.44	7.49	35.04	0.114	0.151	0.208
2.70	4.3	5.8	7.9	5.83	7.88	34.92	0.120	0.162	0.219
3.00	4.5	6.1	8.3	6.08	8.28	34.80	0.126	0.169	0.230
3.60	4.8	6.4	8.6	6.37	8.60	34.56	0.132	0.177	0.239
4.20	5.0	6.8	9.0	6.80	8.96	34.32	0.140	0.189	0.249
4.80	5.2	7.2	9.3	7.16	9.29	34.08	0.145	0.199	0.258
5.40	5.6	7.6	9.6	7.60	9.58	33.84	0.155	0.211	0.266
6.00	5.8	8.0	10.0	7.96	10.01	33.60	0.161	0.221	0.278



Muestras	M-01	M-02	M-03
Carga Vertical (kg)	5.00	10.00	15.00
Área en Corte (cm ²)	33.60	33.60	33.60
σ_n (kg/cm ²)	0.15	0.30	0.45
τ (kg/cm ²)	0.16	0.22	0.28

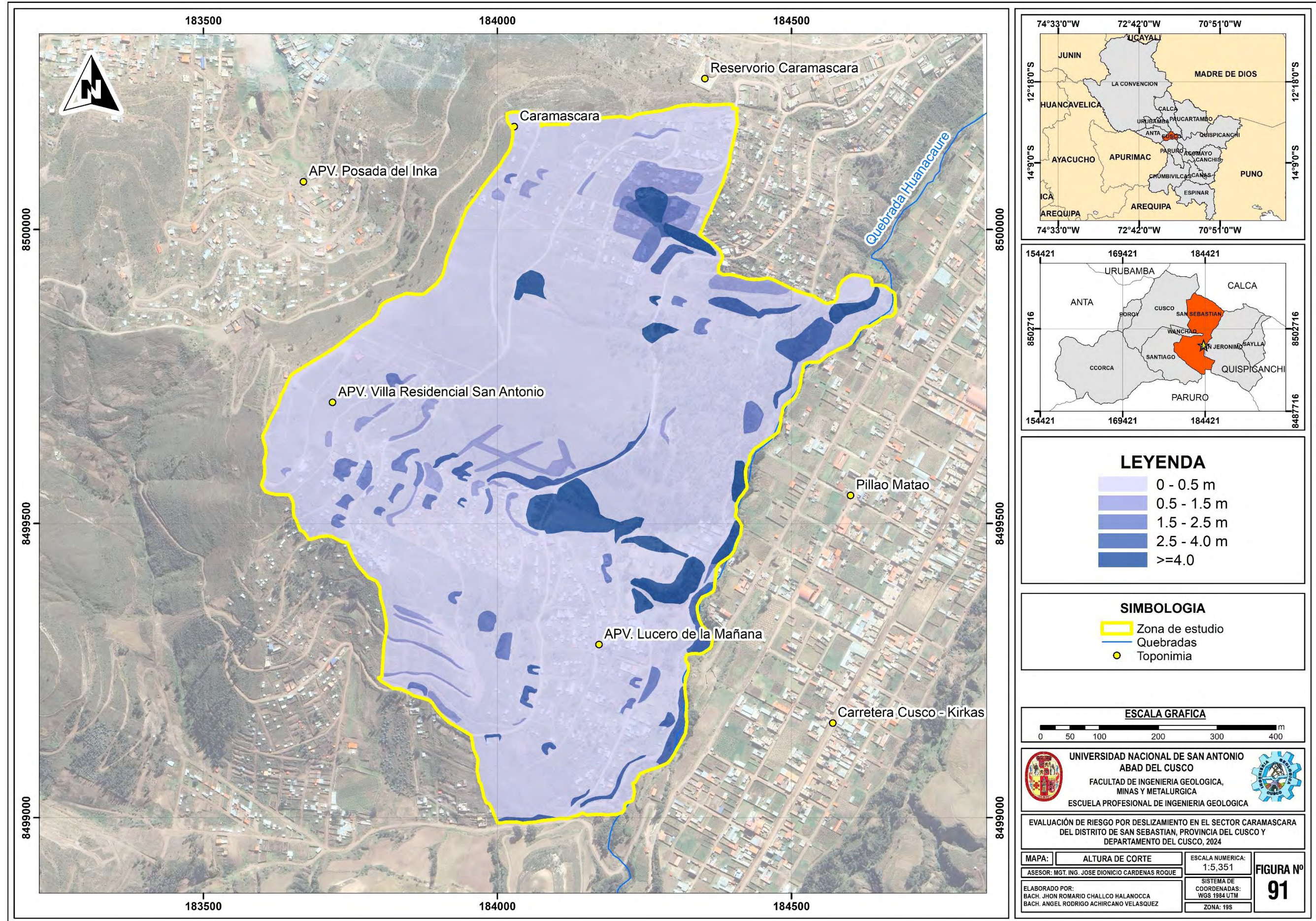
PARAMETROS EFECTIVOS O NO DRENADOS	
Cohesión = 0.10 kg/cm ²	
Ángulo de fricción interna = 21° 27' 39"	

ANEXO 3: Matriz de peligro

Matriz de peligro																				
Parámetros generales		Factores condicionantes										Parámetro desencadenante						Valor del peligro		
Volumen de material inestable	Peso Par. General	Pendiente		Litología		Geomorfología		Cobertura vegetal		Valor CONDICIONANTE	Peso CONDICIONANTE	Valor PRECIPITACIÓN		ALTURA DE CORTE		Valor DESCENDANTE	Peso DESCENDANTE		Valor susceptibilidad	Peso susceptibilidad
		Ppar (1)	Pdesc	Ppar (2)	Pdesc	Ppar (3)	Pdesc	Ppar (4)	Pdesc			Ppar	Pdesc	Ppar	Pdesc					
0.40	0.503	0.558	0.503	0.263	0.503	0.122	0.503	0.057	0.503	0.503	0.60	0.50	0.503	0.50	0.503	0.503	0.40	0.503	0.60	0.503
0.40	0.260	0.558	0.260	0.263	0.260	0.122	0.260	0.057	0.260	0.260	0.60	0.50	0.260	0.50	0.260	0.260	0.40	0.260	0.60	0.260
0.40	0.134	0.558	0.134	0.263	0.134	0.122	0.134	0.057	0.134	0.134	0.60	0.50	0.134	0.50	0.134	0.134	0.40	0.134	0.60	0.134
0.40	0.068	0.558	0.068	0.263	0.068	0.122	0.068	0.057	0.068	0.068	0.60	0.50	0.068	0.50	0.068	0.068	0.40	0.068	0.60	0.068
0.40	0.035	0.558	0.035	0.263	0.035	0.122	0.035	0.057	0.035	0.035	0.60	0.50	0.035	0.50	0.035	0.035	0.40	0.035	0.60	0.035
	1.000		1.000		1.000		1.000		1.000		1.000		1.000					1.000		1.000

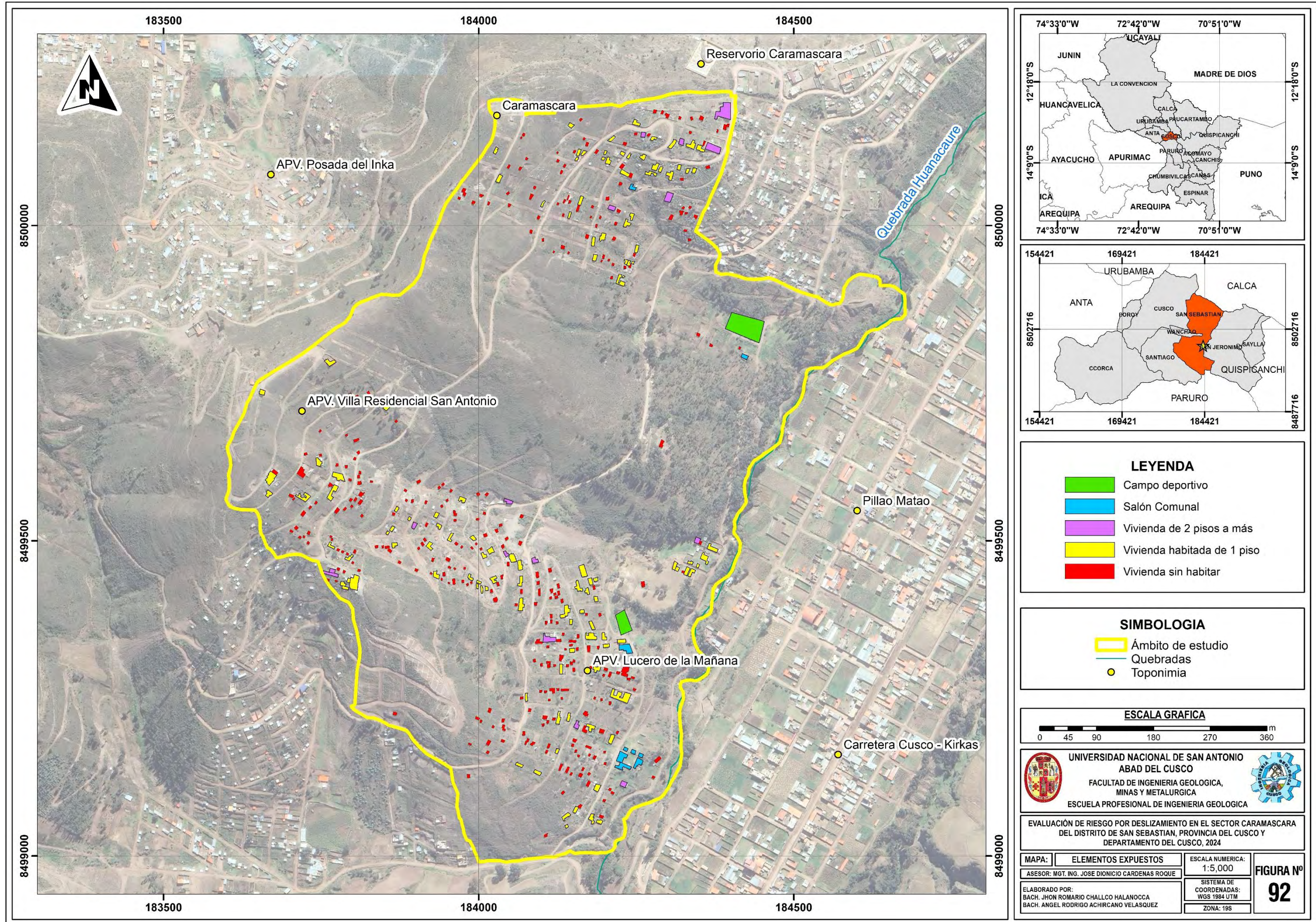
Nivel	Rango		
Muy alto	0.260	< P ≤	0.503
Alto	0.134	< P ≤	0.260
Medio	0.068	< P ≤	0.134
Bajo	0.035	≤ P ≤	0.068

Figura 91: Mapa de altura de corte





Nota. Imagen satelital adaptada de Google Earth

Figura 92: Mapa de elementos expuestos



Nota. Imagen satelital adaptada de Google Earth

ANEXO 6: Encuesta de vulnerabilidad

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA						
Tesis: "Evaluación de riesgo por deslizamiento en el sector Caramascara del distrito de San Sebastián, provincia del cusco y departamento del cusco, 2024"						
Encuesta para el análisis de vulnerabilidad, sector Caramascara, distrito de San Sebastián.						
Responsables: Bach. Ángel Rodrigo Achircano Velásquez, Bach. Jhon Romario Challco Halanocca						
Nombre y apellidos del propietario:						
APV:		Manzana:		Lote:		
DIMENSIÓN SOCIAL						
Exposición	Actividad a la que se dedica la población beneficiaria	Desempleado	Construcción	Taxi	Trabajo independiente	Trabajo dependiente
	Grupo etario	De 0 a 5 y mayor a 65	De 5 a 12 y 60 a 65	De 12 a 15 y 50 a 60	De 15 a 30	De 30 a 50
Fragilidad	Discapacidad	Múltiple	Física	Cognitiva	Sensorial	Ninguna
	Acceso a servicios básicos	Sin servicios básicos	Eléctrica colectiva, sin agua potable ni desagüe	Eléctrica colectiva, con agua provisional sin desagüe	Sistema de energía eléctrica	Con servicios básicos
Resiliencia	Organización social	No participa	Una vez al mes	Dos veces al mes	Tres veces al mes	Participa activamente
	Conocimientos en temas GRD	Desconoce	Muy poco	Poco	Regular	Conoce
	Tipo de seguro	Sin seguro	SIS	PNP - FFAA	ESSALUD	Privado
DIMENSIÓN ECONÓMICA						
Exposición	Localización de la edificación con respecto a zonas de peligro muy alto	Muy próxima (Menor a 10 m)	Próxima (10 a 20m)	Regular (20 a 30 m)	Alejada (30 a 40 m)	Muy alejada (Mayor a 40 m)
Fragilidad	Impacto de corte de ladera	Corte de ladera mayor a 4 metros, sin muro de contención	Corte de ladera mayor a 4 metros, con muro de contención	Corte de ladera de 3 metros sin muro de contención	Corte de ladera tipo andenería	Sin corte de ladera / corte tipo andenería con muro de contención
	Material predominante de construcción	Ladrillo con barro sin columnas	Mixto precario, plástico, palos, calamina	Adobe	Ladrillo bloqueta	Concreto armado
	Niveles edificatorios	5 a más niveles	4 niveles	3 niveles	2 niveles	1 nivel
	Estado de conservación de la vivienda	Muy malo	Malo	Regular	Bueno	Conservado
Resiliencia	Ingreso Mensual Familiar	Menor a S/. 150.00	S/. 151.00 - S/. 300.00	S/. 301.00 - S/. 1500.00	S/. 1501.00 - S/. 3,000.00	Mayor a S/. 3,001.00
	Conocimiento sobre ocupación en laderas	Sin Conocimiento	Conocimiento Mínimo	Conocimiento Básico	Conocimiento Técnico Aplicado	Conocimiento de acuerdo a la normativa en edificaciones

DIMENSIÓN AMBIENTAL										
Exposición	Cercanía de la edificación a la quebrada	Muy cercana		Cercana		Medio		Lejos		Muy lejana
	Disposición de RRSS	Desechar en ladera		Quema de RRSS		Desechar en vías y calles		Desechar en botaderos		Carro recolector
Fragilidad	Porcentaje de área edificada en laderas	100% de área edificada sin áreas libres		85% de área edificada con área libre		70% de área edificada con área libre		60% de área edificada con área libre		Menor a 50% de área edificada con área libre
	Vertimiento de aguas residuales en laderas	Vierte directamente al suelo		Vierte con entubado a la ladera		Vierte en entubado a una quebrada		Vierten a un sistema entubado		Con sistema de desagüe.
Resiliencia	Prácticas de forestación y reforestación en áreas verdes	Sin practicas		Una sola vez		Esporádicamente		Por temporada (estaciones del año)		Practicas permanentes de sus áreas verdes
	Conservación y protección de suelo por lote	Uso residencial al 100%		Conserva el suelo en áreas libres		Huerto		Jardinería		Plantación de especies nativas
	Manejo de RRSS	Sin manejo		Deposita en envase		Selecciona orgánico e inorgánico		Reúso y compostaje		Clasificación por material




FERNANDO CHUNCHUNINO DE GUZMÁN
 EVALUADOR DE RIESGOS
 R/J N° 117-2020 - CENEPRED/J
 INGENIERO GEÓLOGO
 CIP. 155253