UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

TESIS

EVALUACIÓN DEL RIESGO GEOLÓGICO ORIGINADO POR MOVIMIENTO EN MASA EN EL CENTRO POBLADO DE PALMA REAL, DISTRITO DE ECHARATI, ZONAL PALMA REAL, PROVINCIA LA CONVENCIÓN, DEPARTAMENTO CUSCO – 2025

PRESENTADO POR:
Br. ALVARO VIDAL PALOMINO MENDOZA
Br. HANS ANDERS MORENO SALAS

PARA OPTAR AL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO GEOLOGO

ASESOR:
Dra. JOSEFINA ESCALANTE GUTIERREZ

CUSCO – PERU
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** JOSEFINA ESCALANTE GUTIÉRREZ quien aplica el software de detección de similitud al trabajo de investigación/tesis titulada: EVALUACIÓN DEL RIESGO GEOLÓGICO ORIGINADO POR MOVIMIENTOS EN MASA EN EL CENTRO POBLADO DE PALMA REAL, DISTRITO DE ECHARATI, ZONAL PALMA REAL, PROVINCIA LA CONVENCIÓN, DEPARTAMENTO CUSCO - 2025

Presentado por: ALVARO VIDAL PALOMINO MENDOZA. DNI N° 74828636;

presentado por: HANS ANDERS MORENO SALAS DNI N°: 70581053

Para optar el título Profesional/Grado Académico de INGENIERO GEÓLOGO

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 3 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 10 **%.**

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.	X
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las subsanaciones.	
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.	

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, 02 de JUNIO de 2026

Firma

Post firma JOSEFINA ESCALANTE GUTIÉRREZ

Nro. de DNI 23809533

ORCID del Asesor 0000-0001-9359-0481

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema de Detección de Similitud: **oid:** 27259:596661267

Moreno- Palomino

Evaluación del Riesgo Geológico originado por Movimientos en Masa en el Centro Poblado de Palma Real

Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

Detalles del documento

Identificador de la entrega
trn:oid:::27259:596661267

Fecha de entrega
1 jun 2026, 10:37 p.m. GMT-5

Fecha de descarga
1 jun 2026, 10:43 p.m. GMT-5

Nombre del archivo
Tesis Moreno-Palomino(1).pdf

Tamaño del archivo
19.3 MB

233 páginas

56.996 palabras

321.064 caracteres

10% Similitud general

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

Filtrado desde el informe

- Coincidencias menores (menos de 12 palabras)
- Fuentes de Internet
- Base de datos de Crossref
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

Exclusiones

- N.º de coincidencia excluida

Fuentes principales

0% Fuentes de Internet
0% Publicaciones
10% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alerta de integridad para revisión

Texto oculto
5726 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

A mi madre, Victoria, mi mayor ejemplo de amor, fortaleza y entrega. Gracias por no soltar mi mano en los momentos más difíciles, por creer en mí cuando yo mismo dudé y por enseñarme, con tu vida, que la perseverancia, la fe y el sacrificio siempre dan frutos. Este logro también es tuyo, porque nace de cada esfuerzo silencioso y de cada palabra de aliento que me diste.

A mi padre, Porfirio, por tu insistencia, tus consejos firmes y tu carácter perseverante, que muchas veces fueron el empuje que necesitaba para no rendirme.

A mis hijos, Jaek y Valeska, mi razón de ser y mi mayor inspiración. Cada desvelo, cada sacrificio y cada meta alcanzada lleva su nombre y está pensado en su futuro. Ustedes son la fuerza que impulsa mis sueños, la luz que guía mis pasos y el motor que me motiva a seguir creciendo y superándome cada día.

A mi compañera de vida, por caminar a mi lado con amor, paciencia y comprensión. Gracias por creer en mí incluso cuando yo mismo dude, por sostenerme en silencio y por acompañarme incondicionalmente a lo largo de este proceso. Tu apoyo fue un pilar esencial para llegar hasta aquí.

A mis hermanos, por estar siempre presentes, por su respaldo sincero, su compañía constante y sus palabras de aliento en los momentos de duda. Su apoyo ha sido una fuente de fortaleza que me ayudó a seguir adelante.

AGRADECIMIENTOS

Mi más sincero agradecimiento a todas las personas que formaron parte de este camino académico y personal. A quienes, de una u otra manera, me brindaron su apoyo, confianza, tiempo y orientación. Cada gesto, cada consejo y cada palabra de ánimo fueron fundamentales para no desistir y lograr culminar este proyecto.

A mí compañero, este trabajo no es solo el resultado de un esfuerzo individual, sino la suma de dos voluntades, acompañamiento y confianza de quien creyo en mí y me alento a seguir adelante. A ti, gracias por ser parte de este logro que hoy se convierte en una meta alcanzada y en el inicio de nuevos sueños.

Hans Anders Moreno Salas

DEDICATORIA

A mis padres, Mercedes y Leandro, por brindarme su apoyo incondicional, sacrificio constante y confianza depositada en mí, los cuales han sido el pilar fundamental para alcanzar este objetivo profesional.

A mis hermanos, Marluve, Enrique, Judith, Danilo, Edu, Abigail que siempre me han estado acompañando con motivación y aliento permanente en los momentos de mayor esfuerzo.

A mi novia Yasmin, por motivarme a cumplir con mis metas propuestas y brindarme su apoyo en todo momento.

Gracias.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero agradecer a mis padres que siempre me brindaron su apoyo incondicional para cumplir mis metas profesionales; a todos mis hermanos que estuvieron ahí presente motivándome a seguir creciendo profesionalmente.

Agradezco a mi asesora Dra. Ing. Josefina Escalante Gutiérrez por todo su apoyo durante la elaboración de mi tesis, así mismo por todas sus enseñanzas en las aulas y culminar con mis estudios universitarios.

A mis amigos que de una forma u otra me han estado apoyando durante todo este proceso, gracias por todos los momentos compartidos durante nuestra etapa universitaria y por su amistad que hasta el día de hoy sigue perdurando.

Un agradecimiento especial a mi novia Yasmin, compañera de vida por su constante apoyo incondicional durante todo el desarrollo del trabajo.

Finalmente, a mi escuela profesional de Ingeniería Geológica y sus docentes que me brindaron conocimiento básico profesional.

Alvaro Vidal Palomino Mendoza

INDICE

DEDICATORIA 3
AGRADECIMIENTOS 3
Resumen 13
Abstract 14
Introducción 1
1. CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 3
1.1. Descripción del problema 3
1.2. Formulación del problema 4
1.2.1. Problema general 4
1.2.2. Problemas específicos 4
1.3. Justificación de la investigación 5
1.3.1. Justificación teórica 5
1.3.2. Justificación practica 5
1.3.3. Justificación social 5
1.4. Objetivos 6
1.4.1. Objetivo General 6
1.4.2. . Objetivo Especifico 6
1.5. Delimitación de la investigación 6
1.5.1. Ubicación política 6
1.5.2. Ubicación Geográfica 7
1.6. Accesibilidad 9
1.7. Clima 10
1.8. Precipitación 10
2. CAPITULO II: MARCO TEORICO CONCEPTUAL 12
2.1. Antecedentes de la investigación 12
b) Antecedentes regionales 15
d) Antecedentes internacionales 18
2.2. Marco Conceptual 19
2.2.1. Evaluación del riesgo geológico originado por movimientos en masa. 19
2.2.2. Movimientos en masa 20
2.3. Hipótesis 28
2.3.1. Hipótesis general 28

2.3.2. Hipótesis especifica 28
2.4. Variables e indicadores 29
2.4.1. Variables 29
2.4.2. Indicadores 30
3. CAPITULO III: METODOLOGIA 30
3.1. Enfoque de la investigación 30
3.2. Alcance de la investigación 30
3.3. Tipo y Diseño de la Investigación 31
3.4. Etapas de la investigación 31
3.5. Geomorfología 33
3.5.1. Geomorfología Regional 33
3.5.2. Geomorfología Local 38
3.6. Geología 46
3.6.1. Generalidades 46
3.6.2. Geología Regional 47
3.6.3. Geología Local 51
B) Depósitos Cuaternarios 54
iv) Depósitos coluviales recientes 57
3.7. Geología Estructural 59
3.7.1. Geología Estructural Regional 59
3.7.2. Geología Estructural Local 62
3.8. Hidrología 66
3.8.1. Hidromorfometría 66
3.8.2. HIDROLOGIA 70
3.9. Hidrogeología 79
3.9.1. Clasificación Hidrogeológica de las Unidades Geológicas 83
3.9.2. Efectos de la hidrogeología en los taludes evaluados 87
3.10. Geotecnia 89
3.10.1. Generalidades 89
3.10.2. Exploraciones de Campo 96
3.10.3. Ensayos de Laboratorio 98
3.11. Geodinámica 111
3.11.1. Geodinámica Interna 111

i) Placa de Nazca 113
3.11.2. Geodinámica Externa 124
3.11.3. Inventario de Movimientos de Ladera 126
3.12. Peligros Geológicos 139
3.12.1. Identificación del Área de Influencia 139
3.12.2. Evaluación del Peligro por Movimientos en Masa 140
3.12.3. Susceptibilidad en el centro poblado de Palma Real 143
3.12.4. Ponderación de los Factores Condicionantes 155
3.12.5. Factores Desencadenantes 161
3.12.6. Matriz de Determinación del Nivel de peligro 163
3.12.7. ESTRATIFICACIÓN DEL NIVEL DE PELIGROSIDAD 164
3.12.8. Análisis de la Vulnerabilidad 166
3.12.9. Ponderación de las Dimensiones de la Vulnerabilidad 169
3.12.10. Dimensión Económica 176
3.12.11. Dimensión Ambiental 184
3.13. Niveles de Vulnerabilidad 193
3.14. Cálculo del Riesgo 196
3.14.1. Metodología para el Cálculo del Riego 196
3.14.2. Matriz de Riesgos 197
3.14.3. Estratificación del nivel de riesgo 197
Tabla 129: Matriz de estratificación del nivel de riesgos 197
3.14.4. Control del Riesgo 201
3.15. Medidas de Prevención y Mitigación 204
CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSION 207
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 213
CONCLUSIONES 213
RECOMENDACIONES 214
REGERENCIAS BIBLIOGRAFICAS 215
Bibliografía 215
ANEXOS 217

Índice de figuras

Figura 1: Mapa de ubicación geográfica de la zona de evaluación 8

Figura 2: Accesibilidad a la zona de estudio 9
Figura 3: Tipos de movimientos en masa 21
Figura 4: Esquema de caída de rocas 22
Figura 5: Esquema de vuelco de bloques 23
Figura 6: Esquema de partes de un deslizamiento 23
Figura 7: esquema de un deslizamiento traslacional 24
Figura 8: esquema de un deslizamiento en cuña 24
Figura 9: esquema de un deslizamiento rotacional (vallejo, 2002) 25
Figura 10: esquema de un flujo de detritos, esquema de Pierson 26
Figura 11: Mapa Geomorfológico Regional, tomado de boletín A127 Quillabamba Machupicchu. 33
Figura 12: Relieve andino de la Cordillera Oriental y su vínculo con los valles y subcuencas hidrográficas. 34
Figura 13: Cordillera Oriental influenciada en la zona de estudio 36
Figura 14: Mapa de geomorfología local 40
Figura 15: vertiente o piedemonte aluvio-torrencial en el cauce del rio 41
Figura 16: Llanura de inundación 42
Figura 17: vista de montañas en rocas metamórficas 43
Figura 18: vertiente o piedemonte coluvio-deluvial en la zona de estudio 44
Figura 19: vertiente con depósitos de deslizamiento reciente en la zona de estudio 45
Figura 20: Columna estratigráfica regional de los cuadrángulos 26q y 27q 46
Figura 21: columna estratigráfica simplificada del Grupo Cabanillas en Quillabamba (26q) 48
Figura 22: Columna estratigráfica del grupo Mitu 50
Figura 23: Mapa de la Geología Local 52
Figura 24: afloramiento de pizarras perteneciente a la formación ananea. 53
Figura 25: Afloramiento de pizarras pertenecientes a la formación ananea 53
Figura 26: Afloramiento de pizarras pertenecientes a la Formación Ananea 54
Figura 27: Afloramiento de pizarras pertenecientes a la Formación Ananea 54
Figura 28: Deposito aluvial en la margen derecha del rio Palma Real 55
Figura 29: Deposito Coluvio-Deluvial en la parte baja del rio Palma Real. 56
Figura 30: Deposito fluvio aluvial en la parte baja del rio Palma Real 57
Figura 31: Deposito fluvio aluvial en la parte baja del rio Palma Real. 57
Figura 32: depósitos coluviales recientes 58
Figura 33: Mapa Estructural Regional 60
Figura 34 Mapa de Geología Estructural 64
Figura 35: Anticlinal asimétrico en pizarras de la Fm Ananea, con dirección NO-SE 65
Figura 36: Pliegue en la parte alta del centro poblado de Palma Real 65
Figura 37: Mapa Hidrológico 73
Figura 38: modelo de estación meteorológica 75
Figura 39: Acuífero confinado y no confinado 80
Figura 40: Gráfico comparativo de un acuícludo, que almacena, pero no transmite agua, con un acuífugo, mostrando ambos pozos secos. 80
Figura 41: Capa geológica semipermeable (marcada como "acuítardo") situada entre un acuífero superior y uno inferior. 81
Figura 42: Mapa Hidrogeológico 82

Figura 43: filtraciones en talud de la Quebrada Palma Real 84
Figura 44: Acuíferos porosos no consolidado en depósitos coluviales, fluvio-aluviales..... 84
Figura 45 Filtraciones por fracturas en afloramiento de roca metamórfica pizarra 86
Figura 46: *Filtraciones por fracturas en afloramiento de roca metamórfica pizarra* 86
Figura 47: Acuífero fisurado en afloramiento de roca metamórfica pizarra..... 86
Figura 48: Zona de selección para la estación geomecánica inicial 90
Figura 49: Estación geomecánica 01..... 90
Figura 50: determinación del valor de RMR de la estación geomecánica 01 91
Figura 51: Zona de selección para la estación geomecánica 02 92
Figura 52: Estación geomecánica 02..... 92
Figura 53: determinación del valor de RMR de la estación geomecánica 02 93
Figura 54: Zona de selección para la estación geomecánica 03 94
Figura 55: Estación geomecánica 03..... 94
Figura 56: determinación del valor de RMR en la estación geomecánica 03 95
Figura 57: excavación de calicata N° 01 96
Figura 58: registro de excavación de la calicata N°01 97
Figura 59: excavación de calicata N° 02 97
Figura 60: registro de excavación de la calicata N°02 98
Figura 61: Ensayo de Límite Liquido y plástico de la muestra 1 y 2. 99
Figura 62: Análisis Granulométrico por medio de tamizado 100
Figura 63: ensayo de corte directo muestra 1 y 2-M-3..... 101
Figura 64: ensayo de corte directo muestra 1 y 2-M-3..... 101
Figura 65: Registro de ensayos elaborados en laboratorio - C-01 102
Figura 66: Registro de ensayos elaborados en laboratorio - C-01 103
Figura 67: Registro de ensayos elaborados en laboratorio - C-01 104
Figura 69: Registro de ensayos elaborados en laboratorio - C-02 106
Figura 70: Registro de ensayos elaborados en laboratorio - C-02 107
Figura 71: Registro de ensayos elaborados en laboratorio - C-02 108
Figura 72: Registro de ensayos elaborados en laboratorio - C-02 109
Figura 73: Mapa Sísmico de la Región Cusco, Derecha Mapa de mayor concentración de sismos superficiales 118
Figura 74: Mapa de Ordenadas Espectrales 122
Figura 75: Mapa de Zonificación Sísmica. 123
Figura 76: MAPA DE GEODINAMICA EXTERNA 125
Figura 77: Esquema de circulación del agua en una ladera 127
Figura 78: Esquema de flujo de detritos, ya sean canalizados o no canalizados 128
Figura 79: Esquema de deslizamiento de suelo. 129
Figura 80: Inventario DR-01 deslizamiento del tipo rotacional en la zona de estudio 131
Figura 81: Inventario DR-02 deslizamiento rotacional en el centro poblado de Palma Real..... 132
Figura 82: Inventario DT-01 deslizamiento traslacional en el centro poblado de Palma Real 133
Figura 83: Inventario DT-02 deslizamiento traslacional en el centro poblado de Palma Real 134
Figura 84: Inventario DT-02 deslizamiento traslacional en el centro poblado de Palma Real..... 135
Figura 85: Inventario DT-03 deslizamiento traslacional en la en el centro poblado de Palma Real 136
Figura 86: Inventario DT-04 deslizamiento traslacional en el centro poblado de Palma Real..... 137

Figura 87: Diagrama de determinación del peligro 141
Figura 88: Mapa de pendientes 145
Figura 89: Mapa de cobertura vegetal 153
Figura 90: Mapa de peligros 165
Figura 91: Flujograma para determinación de la vulnerabilidad 167
Figura 92: ficha de aplicación para análisis de vulnerabilidad 168
Figura 93: Mapa de Vulnerabilidad 195
Figura 94: Mapa de riesgos 200
Figura 95: Imagen referencial de descolmatación de un rio 204
Figura 96: Imagen referencial de creación de muros al cauce de un rio 205
Figura 97: Mapa de propuestas estructurales 206

Índice de Tablas

Tabla 1: Ubicación Política. 6
Tabla 2: Ubicación geográfica del centro poblado de Palma Real 7
Tabla 3: Accesibilidad a la cuenca del río Palma Real 9
Tabla 4: Escala de velocidad según Cruden y Varnes (1996) 21
Tabla 5: tipos de movimientos en el centro poblado de Palma Real, Modificado cruden y varnes 1996. . 22
Tabla 6: Operacionalización de variables e indicadores 30
Tabla 7: Descriptores de la Geomorfología 39
Tabla 8: Estaciones Meteorológicas Utilizadas 74
Tabla 9: registro completado de precipitación acumulada mensual para la subcuenca Palma 76
Tabla 10: Histograma de Precipitación acumulada mensual desde 1996 - 2018 77
Tabla 11: registro completado de precipitación acumulada mensual para la subcuenca Palma Real 78
Tabla 12: Precipitaciones con periodos de retorno. 78
Tabla 13: tipo de acuíferos según porosidad, litología y presión de agua 81
Tabla 14: Ensayos in situ 96
Tabla 15: ensayos aplicados en laboratorio 98
Tabla 16: Lista del inventario de movimientos en masa 126
Tabla 17: ponderación del parámetro de evaluación MAGNITUD. 142
Tabla 18: parámetros a considerar en la evaluación de la susceptibilidad 143
Tabla 19: Factores condicionantes 144
Tabla 20: Descriptores de la Pendiente 146
Tabla 21: Descriptores de la Geomorfología 147
Tabla 22: Descriptores de la Litología 150
Tabla 23: Parámetros condicionantes 155
Tabla 24: Matrices de comparación de pares de los factores condicionantes 155
Tabla 25: Matriz de normalización de los factores condicionantes 156
Tabla 26: Resultado de normalización de factores condicionantes 156
Tabla 27: Hallando el vector de factores condicionantes 156
Tabla 28: Pesos asociados a las capas empleadas en el análisis de susceptibilidad por flujos de detritos en el área evaluada 156
Tabla 29: Ponderación de factor condicionante Geomorfología 157

Tabla 30: Matrices de comparación de pares del factor Geomorfología 157
Tabla 31: Matriz de normalización del factor condicionante Geomorfología 157
Tabla 32: Hallando vector del factor condicionante Geomorfología 157
Tabla 33: Ponderación de factor condicionante Pendiente 158
Tabla 34: Matrices de comparación de pares del factor Pendiente 158
Tabla 35: Matriz de normalización del factor condicionante Pendiente 158
Tabla 36: Hallando vector del factor condicionante Pendiente 158
Tabla 37: Ponderación de factor condicionante Litología 159
Tabla 38: Matrices de comparación de pares del factor Litología 159
Tabla 39: Matriz de normalización del factor condicionante Litología 159
Tabla 40: Hallando vector del factor condicionante litología 160
Tabla 41: Ponderación de factor condicionante cobertura vegetal 160
Tabla 42: Matrices de comparación de pares del factor cobertura vegetal 160
Tabla 43: Matriz de normalización del factor condicionante cobertura vegetal 160
Tabla 44: Hallando vector del factor condicionante cobertura vegetal 161
Tabla 45: Matriz comparación de pares 162
Tabla 46: Matriz de normalización 162
Tabla 47: Matriz de normalización 162
Tabla 48: Hallando vector del factor desencadenante 163
Tabla 49: Matriz de determinación de la Susceptibilidad 163
Tabla 50: Matriz de determinación de la Susceptibilidad 163
Tabla 51: Determinación del nivel de peligro 164
Tabla 52: Nivel de estratificación del nivel del Peligro 164
Tabla 53: Matriz de comparación de pares y normalización de las dimensiones social, económico y ambiental 169
Tabla 54: Matriz de comparación de pares y normalización de las dimensiones social, económico y ambiental 169
Tabla 55: Matriz de comparación de pares de los parámetros de dimensión social 170
Tabla 56: Matriz De normalización de los parámetros de dimensión social 170
Tabla 57: Índice y relación de consistencia de dimensión social 170
Tabla 58: Matriz de comparación de pares de los parámetros de grupo etario 171
Tabla 59: matriz de normalización de los parámetros de grupo etario 171
Tabla 60: Índice y relación de consistencia de grupo etario 171
Tabla 61: Matriz de comparación de pares de los parámetros de discapacidad 172
Tabla 62: Matriz de normalización de los parámetros de discapacidad 172
Tabla 63: Índice y relación de consistencia de discapacidad 172
Tabla 64: matriz de comparación de pares de los parámetros de servicios básicos 172
Tabla 65: Matriz de normalización de los parámetros de servicios básicos 173
Tabla 66: Índice y relación de consistencia de servicios básicos 173
Tabla 67: Matriz de comparación de pares de los parámetros de conocimientos en GRD 174
Tabla 68: Matriz de normalización de los parámetros de conocimiento en GRD 174
Tabla 69: Índice y relación de consistencia de conocimiento en GRD 174
Tabla 70: Matriz de comparación de pares de los parámetros de organización y participación social 175
Tabla 71: Matriz de normalización de los parámetros de organización y participación social 175

Tabla 72: Índice y relación de consistencia de organización y participación social 175
Tabla 73: Matriz de comparación de pares de los parámetros de seguro de salud..... 175
Tabla 74: Matriz de normalización de los parámetros de seguro de salud..... 176
Tabla 75: Índice y relación de consistencia de seguro de salud 176
Tabla 76: Matriz de comparación de pares de los parámetros de la dimensión económica 177
Tabla 77: Matriz de normalización de los parámetros de la dimensión económica 177
Tabla 78: Índice y relación de consistencia de la dimensión económica..... 177
Tabla 79: Matriz De comparación de pares de los parámetros de altura de talud existente..... 178
Tabla 80: Matriz De normalización de los parámetros de altura de talud existente..... 178
Tabla 81: Índice y relación de consistencia de altura de talud existente 178
Tabla 82: Matriz de normalización de los parámetros de cercanía a cortes de talud naturales o generados 178
Tabla 83: Matriz de normalización de los parámetros de cercanía a cortes de talud naturales o generados 179
Tabla 84: Índice y relación de consistencia de cercanía a cortes de talud naturales o generados..... 179
Tabla 85: Matriz de comparación de pares de los parámetros de material de construcción..... 180
Tabla 86: Matriz de normalización de los parámetros de material de construcción 180
Tabla 87: Índice y relación de consistencia de material de construcción 180
Tabla 88: Matriz de comparación de pares de los parámetros de estado de conservación de la vivienda 180
Tabla 89: Matriz de normalización de los parámetros de estado de conservación de la vivienda..... 180
Tabla 90: Índice y relación de consistencia de conservación de la vivienda 181
Tabla 91: Matriz de comparación de pares de los parámetros de niveles de construcción..... 181
Tabla 92: Matriz de normalización de los parámetros de niveles de construcción 181
Tabla 93: Índice y relación de consistencia de material de niveles de construcción..... 181
Tabla 94: Matriz De comparación de pares de los parámetros de conocimiento sobre ocupación de laderas o cercanas a estas..... 182
Tabla 95: Matriz de normalización de los parámetros de conocimiento sobre ocupación de laderas o cercanas a estas 182
Tabla 96: Índice y relación de consistencia de material de conocimiento sobre ocupación de laderas o cercanas a estas 182
Tabla 97: Matriz de comparación de pares de los parámetros de condición de la propiedad 183
Tabla 98: Matriz de normalización de los parámetros de condición de la propiedad 183
Tabla 99: Índice y relación de consistencia de condición de la propiedad..... 183
Tabla 100: Matriz De comparación de pares de los parámetros de proyección de mejorar su vivienda u obra de protección..... 183
Tabla 101: Matriz de normalización de los parámetros de proyección de mejorar su vivienda u obra de protección. 184
Tabla 102: Indice y relación de consistencia de proyección de mejorar su vivienda u obra de protección. 184
Tabla 103: Matriz de comparación de pares de los parámetros de la dimensión ambiental 185
Tabla 104: Matriz de normalización de los parámetros de la dimensión ambiental 185
Tabla 105: Índice y relación de consistencia de la dimensión ambiental 185
Tabla 106: matriz de comparación de pares de la dimensión de exposición ambiental 186
Tabla 107: matriz de normalización de la dimensión de exposición ambiental 186

Tabla 108: Índice y relación de consistencia de la dimensión de exposición ambiental 187
Tabla 109: Matriz de comparación de pares del parámetro de disposición de RRSS 187
Tabla 110: Matriz de normalización del parámetro de disposición de RRSS 187
Tabla 111: Índice y relación de consistencia del parámetro de disposición de RRSS 188
Tabla 112: matriz de comparación de pares del parámetro vertimiento de aguas residuales en laderas188
Tabla 113: Matriz de normalización del parámetro vertimiento de aguas residuales en laderas 188
Tabla 114: Índice y relación de consistencia del parámetro vertimiento de aguas residuales en laderas189
Tabla 115: Matriz de comparación de pares del parámetro Protección de áreas verdes 189
Tabla 116: Matriz de normalización del parámetro Protección de áreas verdes 190
Tabla 117: Índice y relación de consistencia del parámetro Protección de áreas verdes..... 190
Tabla 118: Matriz de comparación de pares del parámetro manejo de RRSS..... 190
Tabla 119: Matriz de normalización del parámetro manejo de RRSS..... 191
Tabla 120: Índice y relación de consistencia del parámetro manejo de RRSS 191
Tabla 121: Resumen de la ponderación de la Dimensión Económica..... 192
Tabla 122 Resumen de la ponderación de la Dimensión Social..... 192
Tabla 123: Resumen de la ponderación de la Dimensión Ambiental 192
Tabla 124: Determinación de los niveles de la Vulnerabilidad. 193
Tabla 125: Estatificación del nivel de vulnerabilidad 194
Tabla 126: Matriz de Riesgos 197
Tabla 127: Nivel de riesgos 197
Tabla 128: Nivel de riesgo 197
Tabla 129: Matriz de estratificación del nivel de riesgos 197
Tabla 130: Valoración de consecuencias..... 201
Tabla 131: Valoración de consecuencias..... 202
Tabla 132: Nivel de consecuencias y daños 202
Tabla 133: Aceptabilidad y/o tolerancia 203
Tabla 134: Prioridad de Intervención..... 204

Resumen

La presente investigación se realizó en el centro poblado de Palma Real, ubicado en la subcuenca del río Palma Real, distrito de Echarati, provincia de La Convención, departamento del Cusco. Esta zona forma parte de la cuenca del río Urubamba y presenta características geológicas y geomorfológicas que favorecen la ocurrencia de movimientos en masa, constituyendo una amenaza para la población y las infraestructuras.

El objetivo del estudio fue evaluar el riesgo geológico asociado a estos fenómenos, identificando los niveles de peligro y vulnerabilidad existentes, así como generar información técnica que contribuya a la gestión del riesgo y a la prevención de desastres. Para ello, se empleó una metodología de enfoque mixto, integrando información cuantitativa y cualitativa. La investigación fue de tipo descriptivo y correlacional, con un diseño no experimental y de corte transversal.

El trabajo se desarrolló en tres etapas: recopilación y revisión de información en gabinete, trabajo de campo para el reconocimiento geológico y geomorfológico y levantamiento de datos, y procesamiento de la información para la elaboración de mapas de peligrosidad, vulnerabilidad y riesgo.

Los resultados evidencian la existencia de sectores con alta susceptibilidad a movimientos en masa debido a factores como la pendiente del terreno, las características geológicas de los materiales, las precipitaciones y la ocupación de áreas vulnerables. Se concluye que es necesario implementar medidas de prevención, mitigación y planificación territorial para reducir los niveles de riesgo y proteger a la población frente a posibles desastres naturales.

Palabras clave: Riesgo Geológico, Movimientos en Masa, Peligro, Vulnerabilidad y Susceptibilidad.

Abstract

This research was conducted in the town of Palma Real, located in the Palma Real River sub-basin, Echarati district, La Convención province, Cusco department. This area is part of the Urubamba River basin and has geological and geomorphological characteristics that favor the occurrence of mass movements, posing a threat to the population and infrastructure.

The objective of the study was to evaluate the geological risk associated with these phenomena, identifying existing hazard and vulnerability levels, as well as generating technical information to contribute to risk management and disaster prevention. A mixed-methods approach was used, integrating quantitative and qualitative data. The research was descriptive and correlational, with a non-experimental, cross-sectional design.

The work was carried out in three stages: compilation and review of information in the office, fieldwork for geological and geomorphological reconnaissance and data collection, and data processing for the creation of hazard, vulnerability, and risk maps. The results show the existence of areas highly susceptible to landslides due to factors such as terrain slope, geological characteristics of the materials, precipitation, and occupation of vulnerable areas. It is concluded that it is necessary to implement prevention, mitigation, and land-use planning measures to reduce risk levels and protect the population from potential natural disasters.

Keywords: geological risk, landslides, hazard, vulnerability, susceptibility.

Introducción

El centro poblado de Palma Real se encuentra ubicado en la subcuenca del rio Palma Real, del distrito de Echarati, en la vertiente oriental de los andes. Se tiene por objetivo principal determinar el riesgo geológico originado por movimientos en masa en el centro poblado de Palma Real del distrito de Echarati que permitirá analizar el impacto del fenómeno sobre la zona de asentamientos a lo largo de la subcuenca y del centro poblado de Palma Real del distrito de Echarati, Zonal Palma Real, provincia La Convención, departamento del Cusco.

El rio palma real a lo largo de su curso, ha experimentado una intensa actividad geodinámica, la cual ha dado forma a un abanico coluvial-aluvial que sostiene asentamientos en el centro poblado de Palma Real. Este fenómeno geológico, además de influir en la geografía de la zona, también representa un riesgo significativo para sus habitantes y medios de vida, dado que la subcuenca mantiene activa en términos geodinámicos, presentando frecuentes movimientos en masa como (caídas de rocas, deslizamientos y flujo de detritos) a lo largo de su recorrido. Dichos movimientos en masa pueden desencadenarse de manera critica como resultados de intensas lluvias o eventos sísmicos, provocando represa temporal de las aguas de la quebrada. En caso de un desembalse violento, esto podría desencadenar nuevos eventos de flujo de detritos impactando directamente al centro poblado de Palma Real.

Esta investigación entenderá la peligrosidad como fenómeno de origen natural, cuya dinámica puede exceder sus límites más habituales de intensidad, magnitud y ubicación, pudiendo provocar daños a las personas y sus medios de vida.

La evaluación comprenderá en la identificación y evaluación de peligros geológicos originados por movimientos en masa en el centro poblado de Palma Real, los trabajos se realizarán en 3 etapas; en la primera etapa: fase de recopilación y evaluación de

información bibliográfica; segunda etapa: fase de campo; tercera etapa: gabinete II, donde se desarrollará el informe de la evaluación.

Toda información adquirida y generada de tipo cualitativo y cuantitativo, serán procesados con el uso de herramientas estadísticas y convertidas a diagramas mediante el uso de programas de software como el ArcGIS y Qgis, software de simulación FLO-2D que permitirá la construcción del escenario de riesgo y vulnerabilidad ante procesos de movimientos en masa.

1. CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del problema

El centro poblado de palma real se encuentra afectado por zonas de movimientos en masa, que son generados por procesos de geodinámica externa, destacándose entre ellos caídas de rocas, deslizamiento y flujo de detritos. Estos fenómenos naturales se convierten en una amenaza real y constante, especialmente en temporadas de intensas precipitaciones pluviales, que abarca desde noviembre hasta abril. Durante estos meses, las lluvias torrenciales impactan significativamente en el distrito de Echarati, exacerbando los riesgos asociados a estos eventos.

La situación se ve agravada por una planificación urbana deficiente, que ha permitido que numerosas viviendas se asienten sobre conos coluviales y depósitos aluviales de deyección, que son inherentes e inestables. Estas áreas, debido a sus condiciones geomorfológicas y geológicas particulares, junto con la pendiente pronunciada de la zona de investigación, genera un nivel de peligro, vulnerabilidad y riesgo que se clasifica como muy alto. Como resultado, tanto de las vidas humanas, medios de vida se exponen a un alto grado de riesgo ante la eventualidad de desastres naturales.

Como antecedente de la gravedad de esta situación, se puede mencionar el evento catastrófico que ocurrió el 19 de noviembre del 2023. En esta ocasión, un flujo de detritos de gran magnitud impacto en la región, causando daños significativos a infraestructura de transporte y servicios básicos, daños a viviendas y medios de vida, lo que representa una afectación considerable a la comunidad local (datos obtenidos del Sistema Nacional de Prevención y Atención de Desastres, SINPAD-MDE-OGRD), este evento es un claro ejemplo de la vulnerabilidad que enfrenta el centro poblado de Palma Real ante la amenaza de desastres naturales, lo que subraya la necesidad urgente de implementar medidas preventivas.

La prevención de desastres naturales, tales como movimientos en masa, es de suma importancia, ya que nos brinda la oportunidad de reducir significativamente la probabilidad de que las vidas humanas se vean afectadas. En este contexto, se utiliza la matriz Saatly, una herramienta que permite realizar ponderaciones y establecer descriptores de evaluación detallados. Esta metodología es esencial para analizar y comprender tantos factores condicionantes que contribuyan a la vulnerabilidad y factores desencadenantes que puedan dar origen a estos desastres. Asimismo, la matriz se aplica para evaluar las diferentes dimensiones del peligro, vulnerabilidad y el riesgo. Incorporando parámetros y descriptores que facilitan una comprensión más profunda de la situación actual.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál es el riesgo geológico originado por movimiento en masa que está expuesta el centro poblado de Palma Real, distrito de Echarati, provincia La Convención, departamento Cusco?

1.2.2. Problemas específicos

1. ¿Cuáles son las características geológicas y geomorfológicas que influyen en los niveles de peligrosidad originados por movimientos en masa en el centro poblado de Palma Real, distrito de Echarati, provincia La Convención, departamento Cusco?
2. ¿Cuáles son los niveles de vulnerabilidad originado por movimientos en masa en el centro poblado de Palma Real, distrito de Echarati, provincia La Convención, departamento Cusco?
3. ¿Cuáles son los niveles de riesgo geológico originado por movimiento en masa que se presenta en el centro poblado de Palma Real, distrito de Echarati, provincia La Convención, departamento Cusco?

4. ¿Cuáles son las medidas correctivas estructurales y no estructurales para la mitigación del riesgo geológico originados por movimientos en masa en el centro poblado de Palma Real, distrito de Echarati, provincia La Convención, departamento Cusco?

1.3. Justificación de la investigación

1.3.1. Justificación teórica

Esta investigación se ha realizado con el propósito de aportar conocimiento sobre la situación actual que se encuentra el centro poblado de Palma Real, usando metodología de CENEPRED (manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales – 2da versión), para estimar sus niveles de riesgo, cuyos resultados pueden ser incorporados como conocimiento a las entidades, lo cual se estaría demostrando que el centro poblado de Palma Real necesita ser atendido.

1.3.2. Justificación practica

Esta investigación se realiza porque existe la necesidad de concientizar sobre el nivel de peligro que se encuentra expuesto en el centro poblado de Palma Real; este estudio pueda constituir como base para que las autoridades puedan hacer uso de esta información y tomar acciones correspondientes para prevenir y/o mitigar el peligro.

1.3.3. Justificación social

El desarrollo del trabajo de investigación beneficiara a toda la población del centro poblado de Palma Real, la tesis de investigación proporcionara información sobre la situación actual.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Determinar el riesgo geológico originado por movimiento en masa en el centro poblado de Palma Real, distrito de Echarati, provincia La Convención, departamento Cusco.

1.4.2. . Objetivo Especifico

1. Identificar y analizar las características geológicas y geomorfológicas que influyen en los niveles de peligrosidad originados por movimientos en masa en el centro poblado de Palma Real, distrito de Echarati, provincia La Convención, departamento Cusco.
2. Evaluar los niveles de vulnerabilidad originado por movimientos en masa que se presenta en el centro poblado de Palma Real, distrito de Echarati, provincia La Convención, departamento Cusco.
3. Determinar los niveles de riesgo geológico originados por movimientos en masa y elaborar el mapa de riesgos en el centro poblado de Palma Real, distrito de Echarati, provincia La Convención, departamento Cusco.
4. Determinar las medidas correctivas estructurales y no estructurales más adecuadas para la mitigación del riesgo geológico originado por movimientos en masa en el centro poblado de Palma Real, distrito de Echarati, provincia La Convención, departamento Cusco.

1.5. Delimitación de la investigación

1.5.1. Ubicación política

El área de estudio tiene la siguiente ubicación política (ver tabla 1)

Tabla 1: Ubicación Política.

NIVEL	NOMBRE
Departamento	Cusco

Provincia	La Convención
Distrito	Echarati
Centro Poblado	Palma Real

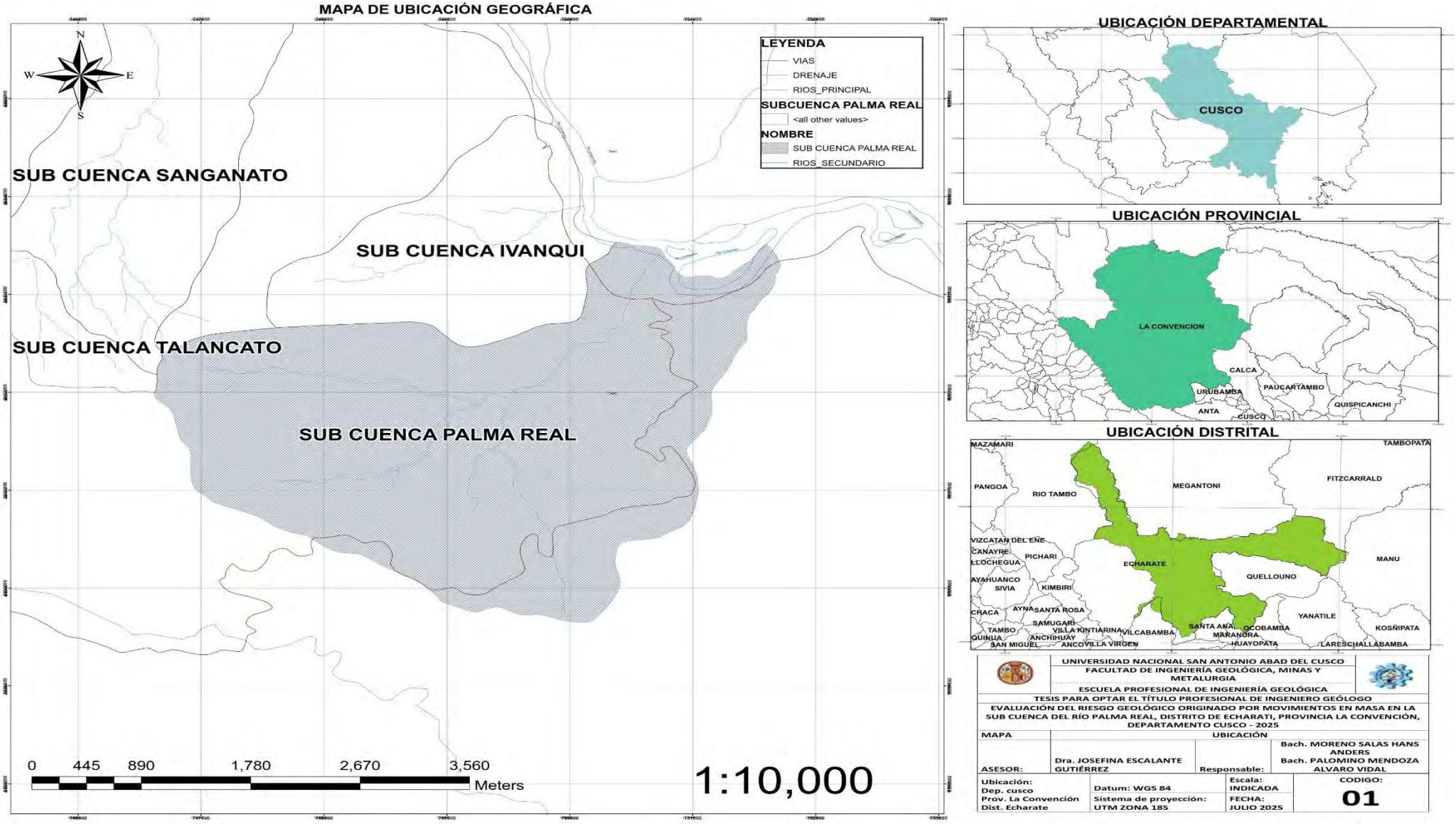
1.5.2. Ubicación Geográfica

El área de estudio se encuentra ubicado en la vertiente oriental de los andes, en la cuenca del río Urubamba cuyos afluentes forma parte del conjunto de ríos que desembocan en el atlántico (vertiente del río Amazonas), con las siguientes coordenadas Universal Transverse Mercator (UTM) (ver tabla 2, figura 1)

Tabla 2: Ubicación geográfica del centro poblado de Palma Real

COORDENADA GEOGRÁFICA		**COORDENADAS UTM ZONA 18S**		**ALT. MEDIA**	**ALT. MAX**	**ALT. MINIMA**
Latitud Sur	**Longitud Oeste**	**Este**	**Norte**	**Msnm**	**Msnm**	**msnm**
12º37"46.39"	72º42"39.44"	8602722.30	750465.41	1170	1638	1638

Figura 1: Mapa de ubicación geográfica de la zona de evaluación



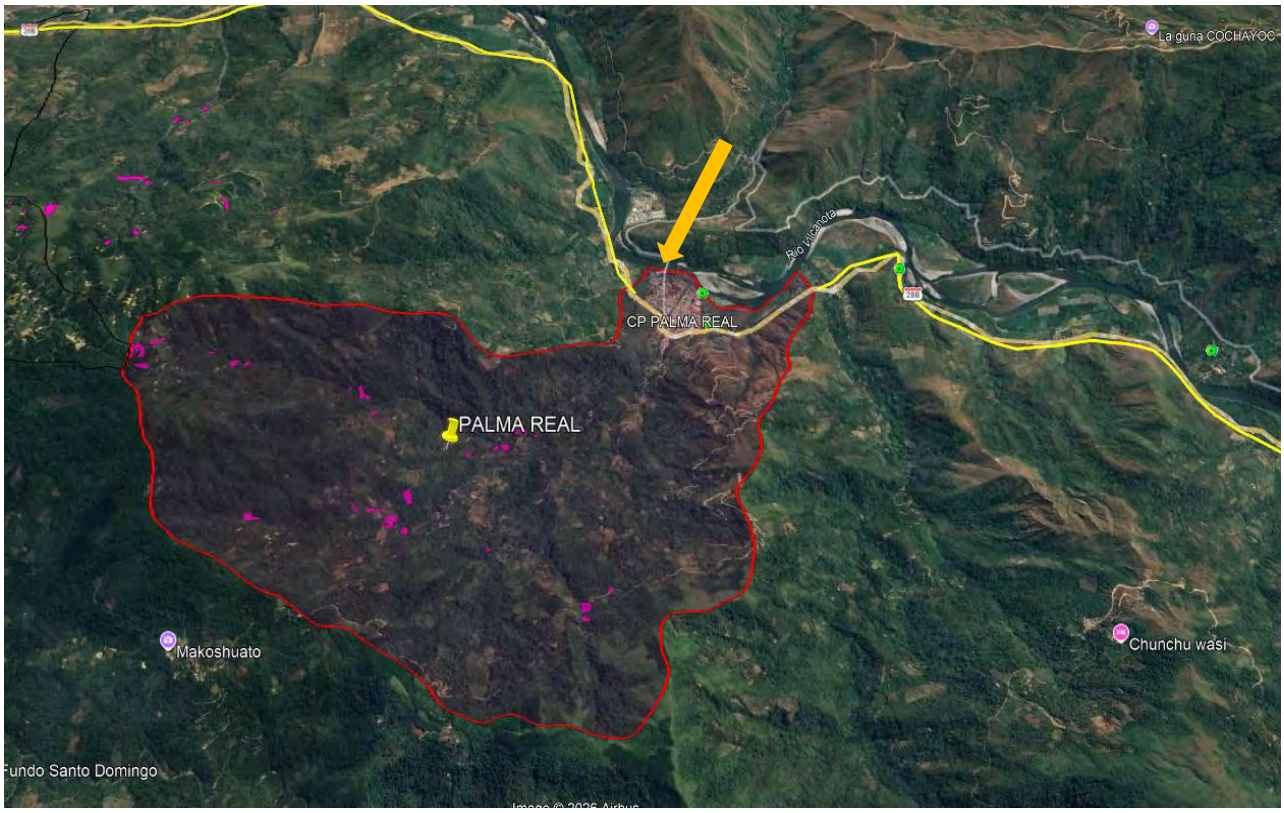
1.6. Accesibilidad

El ámbito de la zona de estudio, desde la ciudad de Cusco al centro poblado de Palma Real, Distrito de Echarati es de Aprox. 263 km, con un recorrido de 7 horas, vía terrestre por unidad de transporte publico/particular, a continuación, se muestra el cuadro de resumen de accesibilidad a la zona de evaluación. (Ver tabla 3, figura 2).

Tabla 3: Accesibilidad a la cuenca del río Palma Real

Tramo	Distancia (km)	Tiempo (Horas)	Tipo de vía	Estado
Cusco – Quillabamba	200	5	Asfaltado	Bueno
Quillabamba - Echarati	22	0.5	Asfaltado	Bueno
Echarati – Palma Real	43.1	1.5	Vía con asfalto bicapa	Regular

Figura 2: Accesibilidad a la zona de estudio



Fuente: Google Earth 2024

1.7. Clima

En Palma Real, los veranos son cálidos y secos; los inviernos son cortos, cómodos y mojados y está nublado durante todo el año. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 13 °C a 30 °C y rara vez baja a menos de 10 °C o sube a más de 34 °C.

Temperatura promedio en Palma Real

La temporada calurosa dura 3.4 meses, del 9 de agosto al 22 de noviembre, y la temperatura máxima promedio diaria es más de 30 °C. El mes más cálido del año en Palma Real es noviembre, con una temperatura máxima promedio de 30 °C y mínima de 19 °C. La temporada fresca dura 2.8 meses, del 31 de diciembre al 24 de marzo, y la temperatura máxima promedio diaria es menos de 28 °C. El mes más frío del año en Palma Real es Julio, con una temperatura mínima promedio de 13 °C y máxima de 29 °C.

Nubes

En Palma Real, el promedio del porcentaje del cielo cubierto con nubes varía extremadamente en el transcurso del año. La parte más despejada del año en Palma Real comienza aproximadamente el 2 de mayo; dura 4.4 meses y se termina aproximadamente el 15 de setiembre. El mes más despejado del año en Palma Real es Julio, durante el cual en promedio el cielo está despejado, mayormente despejado o parcialmente nublado el 56 % del tiempo. La parte más nublada del año comienza aproximadamente el 15 de setiembre; dura 7.6 meses y se termina aproximadamente el 2 de mayo. El mes más nublado del año en Palma Real es enero, durante el cual en promedio el cielo está nublado o mayormente nublado el 92 % del tiempo.

1.8. Precipitación

Un día mojado es un día con por lo menos 1 milímetro de líquido o precipitación equivalente a líquido. La probabilidad de días mojados en Palma Real varía muy

considerablemente durante el año. La temporada más mojada dura 4.5 meses, de 17 de noviembre a 1 de abril, con una probabilidad de más del 27 % de que cierto día será un día mojado. El mes con más días mojados en Palma Real es enero, con un promedio de 15.7 días con por lo menos 1 milímetro de precipitación. La temporada más seca dura 7.5 meses, del 1 de abril al 17 de noviembre. El mes con menos días mojados en Palma Real es junio, con un promedio de 0.8 días con por lo menos 1 milímetro de precipitación. Entre los días mojados, distinguimos entre los que tienen solamente lluvia, solamente nieve o una combinación de las dos. El mes con más días con solo lluvia en Palma Real es enero, con un promedio de 15.7 días. En base a esta categorización, el tipo más común de precipitación durante el año es solo lluvia, con una probabilidad máxima del 53 % el 25 de enero.

Lluvia

Palma Real tiene una variación considerable de lluvia mensual por estación. La temporada de lluvia dura 7.5 meses, del 14 de setiembre al 28 de abril, con un intervalo móvil de 31 días de lluvia de por lo menos 13 milímetros. El mes con más lluvia en Palma Real es enero, con un promedio de 101 milímetros de lluvia. El periodo del año sin lluvia dura 4.5 meses, del 28 de abril al 14 de setiembre. El mes con menos lluvia en Palma Real es junio, con un promedio de 3 milímetros de lluvia.

Sol

La duración del día en Palma Real no varía considerablemente durante el año, solamente varía 53 minutos de las 12 horas en todo el año. En 2025, el día más corto es el 20 de junio, con 11 horas y 22 minutos de luz natural; el día más largo es el 21 de diciembre, con 12 horas y 53 minutos de luz natural. La salida del sol más temprana es a las 05:14 el 20 de noviembre, y la salida del sol más tardía es 1 hora y 0 minutos más tarde a las 06:13 el 10 de julio. La puesta del sol más temprana es a las 17:31 el 30 de mayo, y la puesta del sol más tardía es 54 minutos más tarde a las 18:24 el 23 de enero.

2. CAPITULO II: MARCO TEORICO CONCEPTUAL

2.1. Antecedentes de la investigación

a) Antecedentes locales

1. (INDECI, 2023) Reporte de INDECI (2023) de ocurrencia por remisión de masa (flujo de detritos) de viviendas e infraestructura de transporte y de producción agrícola en el centro poblado de Palma Real. El objetivo del reporte es evaluar el impacto de las quebradas activadas en el centro poblado de Palma Real para determinar el alcance de los daños ocasionados por este fenómeno natural. Como resultado se obtuvo información a daños causados a viviendas, medios de comunicación, perdidas de saneamientos básicos y medios de vida.

2. El instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET, 2023), realizo una evaluación de los peligros geológicos y geohidrológicos de en los sectores de Ichiquiato Bajo, Coribeni, Talancato y Palma Real, ubicados en el distrito de Echarati, provincia La Convención, Departamento del Cusco, con el objetivo de identificar procesos geodinámicos activos y potenciales que pueden afectar a la población, infraestructura y actividades productivas.

   La metodología empleada comprendió en la revisión de información geológica y geomorfológica existente, análisis de imágenes satelitales y cartografiado temático. Asimismo, se evaluaron factores condicionantes y desencadenantes, tales como la litología, la pendiente, sistema de drenaje, precipitaciones y uso del suelo permitiendo una evolución cualitativa del peligro geológico conforme a los lineamientos técnicos del INGEMMET.

   Los resultados evidencian que en el sector de Palma Real predominan movimientos en masa como deslizamientos y flujo de detritos, asociados a

litologías sedimentarias altamente meteorizadas. Como consecuencia se identificaron niveles de peligro alto a muy alto principalmente áreas ocupadas por viviendas lo que incrementa la exposición y vulnerabilidad de la población (INGEMMET, EVALUACION DE PELIGROS GEOLOGICOS Y GEOHIDROLOGICOS EN LOS SECTORES DE ICHIQUIATO BAJO, CORIBENI, TALANCATO Y PALMA REAL, 2023).

El estudio concluye que las condiciones geológicas y geomorfológicas de la zona evaluada favorecen la ocurrencia recurrente de movimientos en masa, que es una amenaza permanente para asentamientos humanos.

El informe técnico constituye un aporte fundamental para el desarrollo de la presente tesis, por que proporciona un sustento técnico y científico que permite comprender los factores geológicos y geomorfológicos que condicionan la ocurrencia de dichos procesos.

3. El informe de Evaluación de riesgo por flujo de detritos en los sectores de Cocabambilla y Pan de Azúcar, elaborado en el distrito de Echarati, provincia de La convención, departamento del Cusco, constituye un antecedente relevante para la presente tesis, que tiene como objetivo analizar el riesgo geológico a partir de la identificación de la peligrosidad por flujo de detritos, la evaluación de la vulnerabilidad de la población e infraestructura expuesta y la determinación de los niveles de riesgo, aplicando la metodología establecida por del Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED). Los resultados evidencian niveles alto a muy alto asociados a pendientes pronunciadas, presencia de depósitos coluviales inconsolidados, geomorfología de pie de monte, precipitaciones intensas y ocupación de áreas próximas a causes activos, condiciones que son comparables

a las existentes en el centro poblado de Palma Real. En este sentido, dicho estudio aporta un sustento metodológico y técnico que permite validar el enfoque de la presente tesis, fortalecer el análisis de peligrosidad y vulnerabilidad y orientar la formulación de medidas correctivas estructurales y no estructurales para la mitigación del riesgo geológico por movimientos en masa. (CENEPRED, EVALUACION DE RIESGO POR FLUJO DE DETRITOS EN EL SECTOR DE COCABAMBILLA Y PAN DE AZUCAR, DISTRITO DE ECHARATI, PROVINCIA LA CONVENCION Y DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021)

4. El El Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET, Evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa en la cuenca del río Delicias–Huacayoc–Terevinto, distrito de Echarati, 2022) con el objetivo de identificar, tipificar y cartografiar deslizamientos, derrumbes y flujos de detritos, así como formular recomendaciones orientadas a la prevención y mitigación del riesgo. El estudio aplicó una metodología basada en la recopilación de información geológica y geomorfológica, trabajos de campo con levantamiento de datos mediante GPS, drones y registros fotográficos, y análisis de gabinete mediante fotointerpretación y elaboración de cartografía temática. Los resultados evidencian la presencia de rocas metasedimentarias (pizarras y metareniscas) y depósitos coluvio-deluviales y aluviales no consolidados, dispuestos sobre pendientes fuertes a muy fuertes, condiciones que, asociadas a precipitaciones intensas y prolongadas, favorecieron la ocurrencia de flujos de detritos de gran magnitud durante febrero de 2021, generando daños severos en infraestructura, áreas agrícolas y viviendas, por lo que la cuenca fue clasificada con niveles de peligro geológico muy alto. Este antecedente se relaciona directamente con la

presente tesis, debido a que el centro poblado de Palma Real presenta características geológicas y geomorfológicas similares, tales como litologías sedimentarias fracturadas, pendientes pronunciadas, depósitos superficiales inestables y una dinámica hidrometeorológica comparable, lo que permite utilizar el enfoque metodológico y los criterios de análisis del INGEMMET como base técnica para la evaluación del riesgo geológico por movimientos en masa en la zona de estudio.

b) Antecedentes regionales

5. El Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED, Evaluación de riesgos por movimientos en masa (deslizamientos) del anexo Callacunca, C.C. Patasachac y Llactasachac, distrito de Quiquijana, 2022) con la finalidad de determinar los niveles de riesgo geológico mediante el análisis integrado de la peligrosidad, la vulnerabilidad y la exposición de la población e infraestructura. La metodología aplicada se basó en el Manual para la Evaluación de Riesgos Originados por Fenómenos Naturales, considerando factores condicionantes como la geología, geomorfología, pendientes pronunciadas y cobertura del suelo, así como factores detonantes asociados a precipitaciones pluviales intensas, complementados con trabajos de campo, análisis mediante sistemas de información geográfica y elaboración de cartografía temática. Los resultados evidenciaron niveles de peligro geológico medio a alto por deslizamientos, asociados a litologías sedimentarias fracturadas, depósitos coluviales poco consolidados y laderas inestables, además de una alta vulnerabilidad de la población debido a la ocupación de áreas inestables y a limitadas capacidades de respuesta, lo que determinó niveles de riesgo alto en sectores específicos.

Este antecedente se vincula directamente con la presente tesis, ya que el centro poblado de Palma Real presenta condiciones geológicas y geomorfológicas similares, caracterizadas por pendientes moderadas a fuertes, presencia de depósitos coluviales y aluviales inestables, litologías sedimentarias meteorizadas y una marcada influencia de precipitaciones intensas estacionales, por lo que el enfoque metodológico y los criterios de evaluación utilizados por CENEPRED constituyen un sustento técnico válido para el análisis del riesgo geológico por movimientos en masa y la formulación de medidas correctivas orientadas a la mitigación del riesgo en la zona de estudio (CENEPRED, 2022).

6. El Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED, 2023) desarrolló la Evaluación de riesgo originado por deslizamiento en el cerro El Calvario, Central Hidroeléctrica de Machupicchu – Subestación 138 kV, con el objetivo de determinar los niveles de riesgo por deslizamientos de rocas y suelos que afectan infraestructura crítica ubicada en laderas de fuerte pendiente. La metodología aplicada se basó en el Manual para la Evaluación de Riesgos Originados por Fenómenos Naturales del SINAGERD, e incluyó la caracterización geológica y geomorfológica, el análisis de factores condicionantes (pendiente, litología, humedad del suelo y unidades geomorfológicas), la identificación del peligro, la evaluación de la vulnerabilidad en sus dimensiones social, económica y ambiental, y el cálculo del riesgo mediante matrices de peligrosidad y vulnerabilidad, complementado con estudios geofísicos (tomografía eléctrica resistiva y sísmica). Los resultados evidenciaron que los materiales potencialmente inestables corresponden a depósitos coluviales y rocas fracturadas superficiales, con niveles de peligro medio a alto; no obstante, debido a la baja vulnerabilidad de la infraestructura

evaluada, el nivel de riesgo resultante fue clasificado como medio y tolerable, recomendándose la implementación de medidas estructurales y no estructurales para la reducción del riesgo. Se concluye que los deslizamientos en laderas con litología fracturada, pendientes pronunciadas y presencia de humedad constituyen un factor determinante del riesgo geológico, situación comparable al centro poblado de Palma Real, donde predominan condiciones geológicas y geomorfológicas similares, lo que respalda la pertinencia de aplicar una metodología análoga para la evaluación del riesgo por movimientos en masa en dicha centro poblado.

c) Antecedentes Nacionales

7. El Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED, INFORME DE EVALUACION DEL RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA DE LA CIUDAD DE SANTA ROSA, DISTRITO DE SANTA ROSA-PROVINCIA DE JAEN-DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA, 2023) elaboró el Informe con el objetivo de determinar los niveles de riesgo geológico mediante la identificación de la peligrosidad, el análisis de la vulnerabilidad de la población e infraestructura expuesta y la estimación del riesgo, aplicando la metodología establecida en el Manual para la Evaluación de Riesgos Originados por Fenómenos Naturales. El estudio consideró factores condicionantes como la geología, geomorfología, pendientes, uso del suelo y la presencia de depósitos coluviales poco consolidados, así como factores detonantes asociados a precipitaciones intensas, apoyándose en trabajos de campo, análisis mediante sistemas de información geográfica y elaboración de cartografía temática. Los resultados evidenciaron niveles de peligro geológico medio a alto por movimientos en

masa, principalmente deslizamientos, y una vulnerabilidad alta asociada a la ocupación urbana en laderas inestables y a deficiencias constructivas, lo que determinó niveles de riesgo alto en sectores específicos de la ciudad. Este antecedente se alinea directamente con la presente tesis, debido a que el centro poblado de Palma Real presenta condiciones geológicas y geomorfológicas similares, tales como pendientes moderadas a fuertes, litologías sedimentarias meteorizadas, depósitos coluviales y aluviales inestables y una marcada influencia de precipitaciones intensas estacionales, por lo que el enfoque metodológico y los criterios de evaluación empleados constituyen un referente técnico válido para el análisis del riesgo geológico por movimientos en masa y la formulación de medidas correctivas orientadas a su mitigación en la zona de estudio (CENEPRED, 2022).

d) Antecedentes internacionales

8. (PATIÑO FRANCO & RODRIGUEZ PINEDA, 2016) desarrollaron una investigación cuyo **objetivo** fue proponer una metodología integral para la evaluación del riesgo por flujos de detritos detonados por lluvia en el municipio de Útica, Cundinamarca (Colombia), considerando de manera conjunta la susceptibilidad, amenaza, vulnerabilidad y riesgo económico. El **método** se basó en el uso de Sistemas de Información Geográfica y el método estadístico bivariado de relación de frecuencias para la zonificación de la susceptibilidad, incorporando factores condicionantes como litología, pendiente, curvatura, cobertura y espesor del estrato superficial; la amenaza se evaluó mediante umbrales de precipitación detonante integrados con simulaciones hidrodinámicas realizadas con el modelo FLO-2D, mientras que la vulnerabilidad se determinó a partir de índices de exposición y resistencia de

las edificaciones, permitiendo cuantificar el riesgo como función de la amenaza, vulnerabilidad y costo del elemento expuesto. Los **resultados** evidenciaron una alta correspondencia entre las zonas de susceptibilidad alta y la ocurrencia histórica de flujos de detritos, con un 83,3 % de validación espacial, así como niveles de amenaza y riesgo elevados en sectores próximos a los cauces principales, donde predominan materiales sedimentarios altamente deleznables, pendientes pronunciadas y ocupación urbana no planificada. En las **conclusiones**, los autores señalan que la integración de factores geomorfológicos, geológicos y pluviométricos, junto con la modelación numérica, constituye una herramienta eficaz para la gestión del riesgo y la planificación territorial, aportando un marco metodológico plenamente aplicable al centro poblado de Palma Real, donde se presentan condiciones similares de litología inestable, pendientes abruptas, precipitaciones intensas y asentamientos humanos en zonas coluviales-aluviales expuestas a movimientos en masa (Sepúlveda et al., 2016).

2.2. Marco Conceptual

2.2.1. Evaluación del riesgo geológico originado por movimientos en masa.

La evaluación del riesgo geológico originado por movimientos en masa consiste en el análisis sistemático de la probabilidad de ocurrencia de deslizamientos, derrumbes y otros procesos gravitacionales, así como de sus posibles impactos sobre la población, infraestructura y medios físico. Este proceso integra la identificación de la amenaza geológica, vulnerabilidad de elementos expuestos y el nivel de exposición territorial. (Servicio geologico colombiano, 2016)

2.2.2. Movimientos en masa

"El termino movimientos en masa incluye aquellos movimientos ladera debajo de una masa de roca, de detritos o de tierras por efectos de la gravedad" (Cruden D. M., 1991, págs. 27-29).

"Algunos autores consideran que el agua puede ser un factor acompañante de la gravedad para su ocurrencia" (Sharpe , 1938). Algunos movimientos en masa, como la reptación de suelos, son lentos, a veces imperceptibles y difusos en tanto que otros, como algunos deslizamientos pueden desarrollar velocidades altas y pueden definirse con límites claros, determinados por superficie de rotura. (Croizier & Glade, 1999).

Clasificación de movimientos en masa

La clasificación de movimientos en masa más aceptada a nivel internacional es la propuesta por (Varnes, 1978) y actualizada por (Cruden & Varnes, 1996) el cual usa como criterio principal la clasificación, el tipo de movimientos y el tipo de material y divide los movimientos en masa en cinco tipos: caídas, vuelcos, deslizamientos, propagaciones y flujo. Además, divide los materiales en dos clases: rocas y suelos, estos últimos subdivididos en detritos y tierra. En la siguiente figura número 6 se observa las divisiones de los movimientos en masa.

Figura 3: Tipos de movimientos en masa

TIPO	SUBTIPO
Caídas	Caídas 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	Propagación lateral lenta
	Propagación lateral por licuación (rápida)
Flujo	Flujo de detritos
	Crecida de detritos
	Flujo de lodo
	Flujo de tierra
	Flujo de turba
	Avalancha de detritos
	Avalancha de rocas
	Deslizamiento por flujo o deslizamiento por licuación (de arena, limo, detritos, roca fracturada)
Reptación	Reptación de suelos
	Solifluxión, gelifluxión (en permafrost)

Fuente: Cruden y Varnes 1996

Tabla 4: Escala de velocidad según Cruden y Varnes (1996)

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

Los tipos de movimientos en masa a estudiar en el centro poblado de Palma Real se muestran en la tabla N.º 5

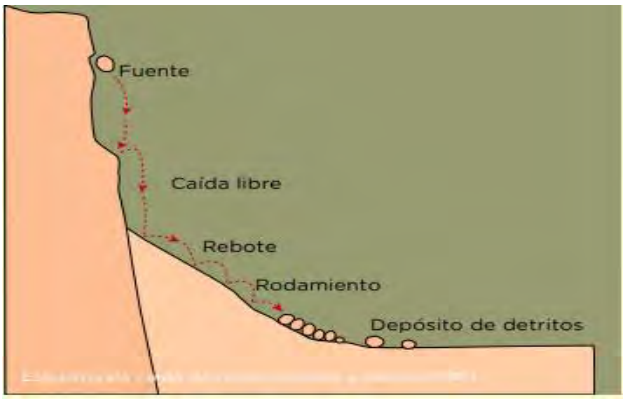
Tabla 5: tipos de movimientos en el centro poblado de Palma Real, Modificado cruden y varnes 1996.

TIPO	SUBTIPO
Caídas	Caídas de roca (detritos o suelo)
Deslizamiento de roca o suelo	Deslizamiento rotacional, traslacional
Flujo	Flujo de detritos, flujo de lodo, flujo de tierra, avalancha, deslizamiento por flujo o deslizamiento por licuación (de arena, limo, detritos, roca fracturada.

1. **Caídas.**

Son movimientos rápidos en los que fragmentos de roca o suelo se desprenden de pendientes muy escarpadas o acantilados, desplazándose principalmente por caída libre, rebote o rodadura. (Varnes, 1978, pág. 44). Dependiendo del material desprendiendo de una caída de roca, o una caída de suelo. El movimiento es muy rápido o extremadamente rápido (Cruden & Varnes, 1996), es decir con velocidades mayores a 5x10 m/s. el estudio en casos históricos a mostrado que las velocidades alcanzadas por las caídas de rocas pueden exceder los 100 m/s.

Figura 4: Esquema de caída de rocas



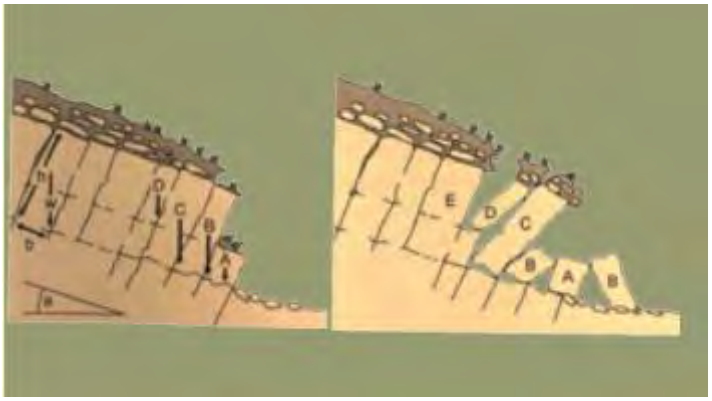
Fuente: cruden y varnes 1996

2. **Volcamientos.**

Se denomina así a un tipo de movimiento en masa en el cual existe una rotación generalmente hacia delante de uno o varios bloques de roca o suelo alrededor de un punto

de giro en su parte inferior. Este movimiento ocurre por acción de la gravedad por empujes de las unidades adyacente o por la presión de fluidos en grietas. (Varnes, 1978)

Figura 5: Esquema de vuelco de bloques

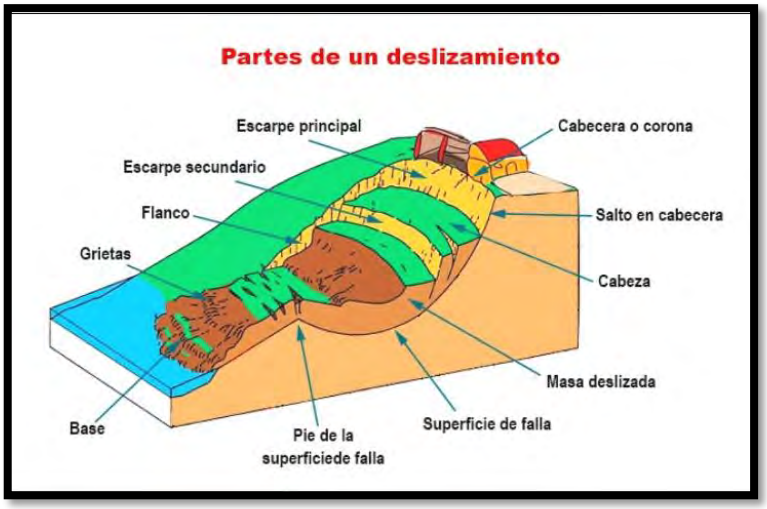


Fuente: (de Freitas & Watters 495-514)

3. Deslizamientos

Es un movimiento de ladera de una masa de suelo o roca cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla, o de una delgada zona donde ocurre una deformación cortante.

Figura 6: Esquema de partes de un deslizamiento

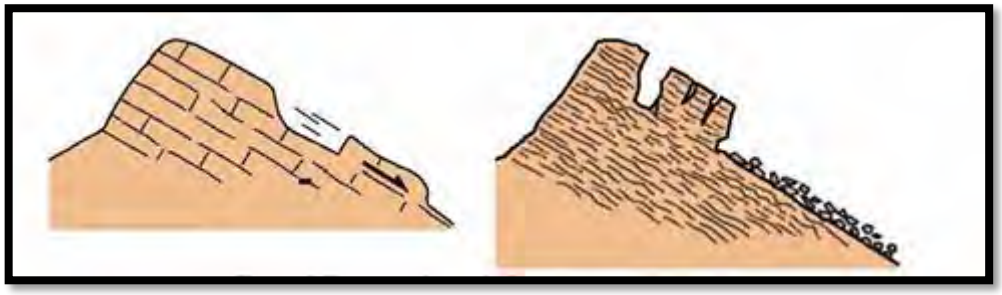


El sistema de (Varnes, 1978), se clasifican los deslizamientos en dos tipos que son traslacionales y rotacionales.

Deslizamiento traslacional

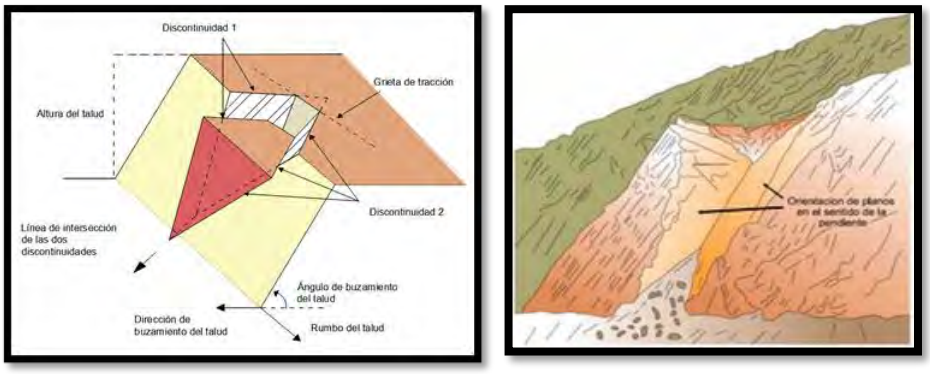
Es un tipo de deslizamiento en el cual se mueven a lo largo de una superficie de falla plana u ondulada. En general, estos movimientos suelen ser más superficiales que los rotacionales y el desplazamiento ocurre con frecuencia a lo largo de discontinuidades como fallas, diaclasas, planos de estratificación o planos de contacto entre roca y el suelo residual (Cruden & Varnes, 1996). En un macizo rocoso, este mecanismo de falla ocurre cuando una discontinuidad geológica tiene una dirección aproximadamente paralela a la de la cara del talud y buza hacia esta con un ángulo mayor que el ángulo de fricción (Hoek & Bray, 1981)

Figura 7: esquema de un deslizamiento traslacional



El deslizamiento en cuña, es un tipo de movimiento en el cual el cuerpo del deslizamiento está delimitado por dos planos de discontinuidad que se interceptan entre si e interceptan la cara de la ladera o talud, por lo que el cuerpo se desplaza bien siguiendo la dirección de la línea interceptada de ambos planos, o el buzamiento de uno de ellos.

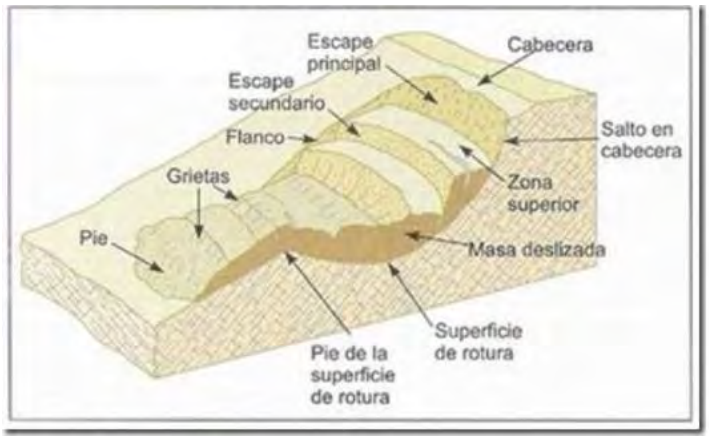
Figura 8: esquema de un deslizamiento en cuña



Deslizamiento rotacional

Es un tipo de deslizamiento en el cual la masa se mueve a lo largo de una superficie de falla curva y cóncava. Los movimientos en masa rotacionales muestran una morfología distintiva caracterizada por un escarpe principal pronunciado y un contrapendiente de la superficie de la cabeza del deslizamiento hacia el escarpe principal. La deformación interna de la masa desplazada es usualmente muy poca. Debido a que el mecanismo rotacional es auto estabilizante, este ocurre en rocas poco competentes, la tasa de movimiento es con frecuencia baja, excepto en presencia de materiales altamente frágiles como las arcillas sencitivas (Cruden & Varnes, 1996, págs. 46-48)

Figura 9: esquema de un deslizamiento rotacional (vallejo, 2002)



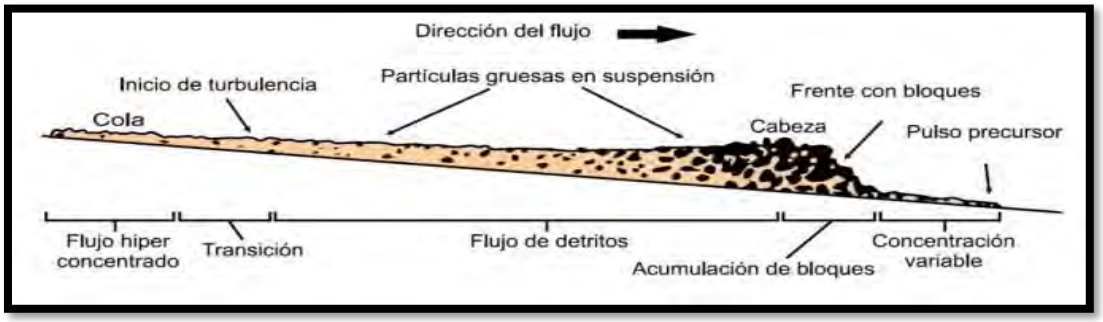
Flujo

Es un tipo de movimiento en masa que durante su desplazamiento tiene un comportamiento semejante al de un fluido, puede ser lento o rápido, saturado o seco. En muchos casos se originan a partir de otro tipo de movimiento que puede ser un deslizamiento o una caída (Varnes, 1978)

Según (Hungr, Evans, Bovis, & Hutchinson, 2001, págs. 221-238) los flujos de detritos se clasifican de acuerdo con el tipo y propiedades del material involucrado, la humedad, la velocidad, el confinamiento lateral y otras características que los hacen distinguibles; asi mismo aportan definiciones que enfatizan aspectos de uso practico que

sirven para el estudio de amenazas. Las clasifican en flujos secos, flujos de detritos, crecida de detritos, flujos de lodo, flujo de tierra, deslizamiento por flujo, avalancha de detritos y avalancha de rocas.

Figura 10: esquema de un flujo de detritos, esquema de Pierson



4. Riesgo por movimiento en masa

El riesgo por movimientos es el resultado de la estimación del riesgo mediante la utilización de un parámetro de intensidad, identificación de los elementos expuestos y la vulnerabilidad frente a este fenómeno.

En la tesis de investigación, los movimientos en masa se evaluarán según los parámetros de intensidad que refleje la severidad que pueda medir, estimar, comprar con algún grado de confiabilidad.

Para el estudio, es necesario identificar los elementos expuestos que puedan sufrir un impacto cuando se presente este fenómeno. Entonces se requiere conocer la ubicación y las características principales de los elementos expuestos. En esta tesis de investigación solo se tomara aspectos físicos de estructuras y equipamiento existente en la zona de estudio, entendiéndose como vulnerabilidad física el cual corresponde a la susceptibilidad que dichos elementos tienen que sufrir daños si se presenta un evento con una intensidad determinada.

El riesgo está definido por la siguiente ecuación en términos matemáticos:

$$R=P\times V$$

Siendo:

R: riesgo, P: Peligro y V: Vulnerabilidad

5. Peligro

El peligro, según el Sistema de Gestión del Riesgo de Desastres (SINAGERD), creado por la ley N° 29664, es la probabilidad de que un fenómeno físico, potencialmente dañino, de origen natural o inducido por la acción humana, ocurra en un lugar específico, con determinada intensidad y un periodo de tiempo definido.

Para esta tesis de investigación estos fenómenos potencialmente dañinos, y de origen natural son los movimientos en masa.

6. Vulnerabilidad

La vulnerabilidad según el (SINAGERD), es la susceptibilidad de la población, infraestructura física, actividad económica de sufrir daños o perdidas ante la ocurrencia de un peligro.

La vulnerabilidad expresa el grado de fragilidad o debilidad de los elementos expuestos frente a un fenómeno peligroso. En este caso para el estudio, se han considerado la estructura física de las viviendas aledañas, medios de vida e infraestructura existente a la zona de peligro.

7. Sistema de información geográfica (SIG)

Los sistemas de Información Geográfica SIG, son herramientas para el manejo de información geográfica, fundamental para trabajar con todo tipo de información georreferenciada. Un SIG es un sistema compuesto por cinco componentes principales: datos, tecnología (hardware y software), análisis, procedimientos y personal. Cada una de ellas cumple una función determinada dentro del sistema SIG, el cual se caracteriza fundamentalmente por su naturaleza integradora. La principal ventaja de los SIG, radica en su capacidad de procesar gran cantidad de información proveniente de diversas fuentes,

facilitando su consulta y análisis de forma rápida, directa y veraz. (Florez Delgado & Fernandez Garcia, 2017).

Esta información se puede almacenar en dos clases de formatos, los vectoriales o los matriciales. (Villacorta, S.,2007).

- Formatos vectoriales: se usan para representar la realidad como puntos, líneas y polígonos. (ejemplo: formatos shapefile, formatos coverage)
- Formatos matriciales: sirve para representar aspectos de la realidad con una distribución heterogéneamente en el espacio e incluso en imágenes satelitales. (ejemplo: formato tiff, jpg, etc.)

2.3. Hipótesis

2.3.1. Hipótesis general

El centro poblado de Palma Real presenta un riesgo geológico originado por movimientos en masa, debido a factores como la pendiente del terreno, litología inestable, uso inadecuado del suelo y la presencia de precipitaciones pluviales intensas, lo que expone a la población y a la infraestructura local y medio de vida a potenciales daños.

2.3.2. Hipótesis especifica

1. Por las características geológicas, geomorfológicas y geodinámica, se puede originar los siguientes peligros: caída de rocas, deslizamientos y flujo de detritos que puedan llegar a infraestructura existente, medios de vida y población del centro poblado de Palma Real.
2. El nivel de peligro en el centro poblado de Palma Real se clasifica como alto, atribuible a las condiciones topográficas que caracterizan la zona. Estas condiciones están marcadas por la presencia de geoformas con pendientes pronunciadas y esto hace que los materiales litológicos sean altamente

susceptibles a la influencia de la gravedad. Incrementando así el riesgo de caída de rocas, deslizamientos y flujo de detritos a lo largo del rio Palma Real

3. La vulnerabilidad de la población en el centro poblado de Palma Real, se manifiesta de manera significativa debido a la inexistencia de infraestructura adecuada y la falta de capacitación en gestión de riesgo de desastres por la limitada conciencia colectiva sobre la ocurrencia de fenómenos naturales, lo que indica una vulnerabilidad elevada ante eventos de movimientos en masa, dejando a la población expuesta a impactos adversos.
4. La implementación de las medidas estructurales y no estructurales (ordenamiento territorial, sistema de alerta temprana, capacitación comunitaria, monitoreo geotectónico) ayudaran a reducir los niveles de riesgo geológico originado por movimientos en masa en el centro poblado de Palma Real, al intervenir directamente sobre los factores de peligrosidad y vulnerabilidad en el área de estudio.

2.4. Variables e indicadores

2.4.1. Variables

a) Variable dependiente

Evaluación de Riesgos Geológicos en el centro poblado de Palma Real

b) Variable independiente

Movimientos en masa

2.4.2. Indicadores

Tabla 6: Operacionalización de variables e indicadores

VARIABLE DEPENDIENTE	VARIABLE INDEPENDIENTE	INDICADORES
Evaluación del riesgo geológico en el centro poblado de Palma Real	Movimientos en masa	Pendiente
		Litología
		Geomorfología
		Geología
		Vegetación
		Hidrología
		hidrogeologia

3. CAPITULO III: METODOLOGIA

3.1. Enfoque de la investigación

El enfoque de investigación utilizada en esta tesis es mixto, por que consta de un proceso de recolección, análisis y vinculación de datos para responder a un planteamiento del problema.

Según (Creswell & Plano Clark, 2018) la investigación mixta combina datos numéricos y cualitativos con el propósito de obtener una compresión más integral del fenómeno estudiado.

3.2. Alcance de la investigación

- Correlacional: Porque nos permite analizar y estudiar la relación que existe entre los hechos y las variables con el fin de conocer su nivel de influencia que podría tener en el centro poblado de Palma Real. (Hernandez Sampieri, Fernandez Collado, & Baptista Lucio, 2004)
- Descriptivo: En esta tesis de investigación se describe fenómeno, situaciones, contextos y sucesos como son y se manifiestan. Busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se

someta a un análisis. (Hernandez Sampieri, Fernandez Collado, & Baptista Lucio, 2004)

3.3. Tipo y Diseño de la Investigación

- Tipo transversal por que se recolectan datos en un momento, en un tiempo determinado. (Hernandez Sampieri, Fernandez Collado, & Baptista Lucio, 2004)
- Diseño No experimental el tesista no manipula deliberadamente las variables. Es decir, se trata de estudios en los que no hacemos variar en forma intencional las variables independientes para ver su efecto sobre otras variables, lo que hacemos en la investigación es observar fenómenos tal coo se dan en su contexto natural para analizarlos. (Hernandez Sampieri, Fernandez Collado, & Baptista Lucio, 2004)

3.4. Etapas de la investigación

El método de trabajo se realizará en 3 etapas:

a) **Etapa de preparación y/o recolección de datos (gabinete 1)**

En es la etapa inicial del trabajo de investigación que consistirá en la búsqueda de información secundaria, escrita y gráfica, antecedente de estudios similares, programas más adecuados de aplicar, información sobre la geología regional en base a cuadrángulos 26q1, 26q2, 26q3, 26q4 del lugar de estudio, preparación de información base preliminar y el planteamiento de una logística adecuada para la recopilación primaria de campo necesaria para el cumplimiento de los objetivos trazados.

b) Etapa de campo

Esta fase estará de acuerdo a las condiciones de avance del estudio, comenzando con la delimitación y reconocimiento, cartografiado de unidades geológicas y lineamientos estructurales (fracturas, pliegues, fallas, orientación de estratificaciones, etc.),

reconocimiento de unidades geomorfológicas, inventarío de peligros geológicos (remoción en masa en zonas en zonas críticas, etc.); evaluaciones geotécnicas de taludes inestables y en el cauce del río Palma Real, plan de levantamiento topográfico para el cartografiado de elementos expuestos y modelamiento hidráulica, llenado de Fichas EDAN (evaluación de daños y análisis de necesidad), llenado de encuestas para el grupo etario y análisis socio económico.

c) Etapa de gabinete y procesamiento de datos (gabinete ii)

Según el análisis de los resultados campo y laboratorio, esta se transcribirá en formato gráfico a través de mapas de zonificación de las variables dependientes e independientes, y delimitación de áreas por nivel de color de las zonas de riesgo y vulnerabilidad sustentado en base a descriptores cuantitativos y cualitativos, presentados en tablas.

UNIDAD DE ANALISIS

3.5. Geomorfología

3.5.1. Geomorfología Regional

Regionalmente Carlotto et.al. (1999) identifica las unidades geomorfológicas regionales Cordillera Oriental, Zona Intermedia "Altiplano-Cordillera Oriental", Altiplano y Borde NE de la Cordillera Occidental, donde nuestra zona de estudio está dentro de la unidad regional de la Cordillera Oriental.

Figura 11: Mapa Geomorfológico Regional, tomado de boletín A127 Quillabamba Machupicchu.

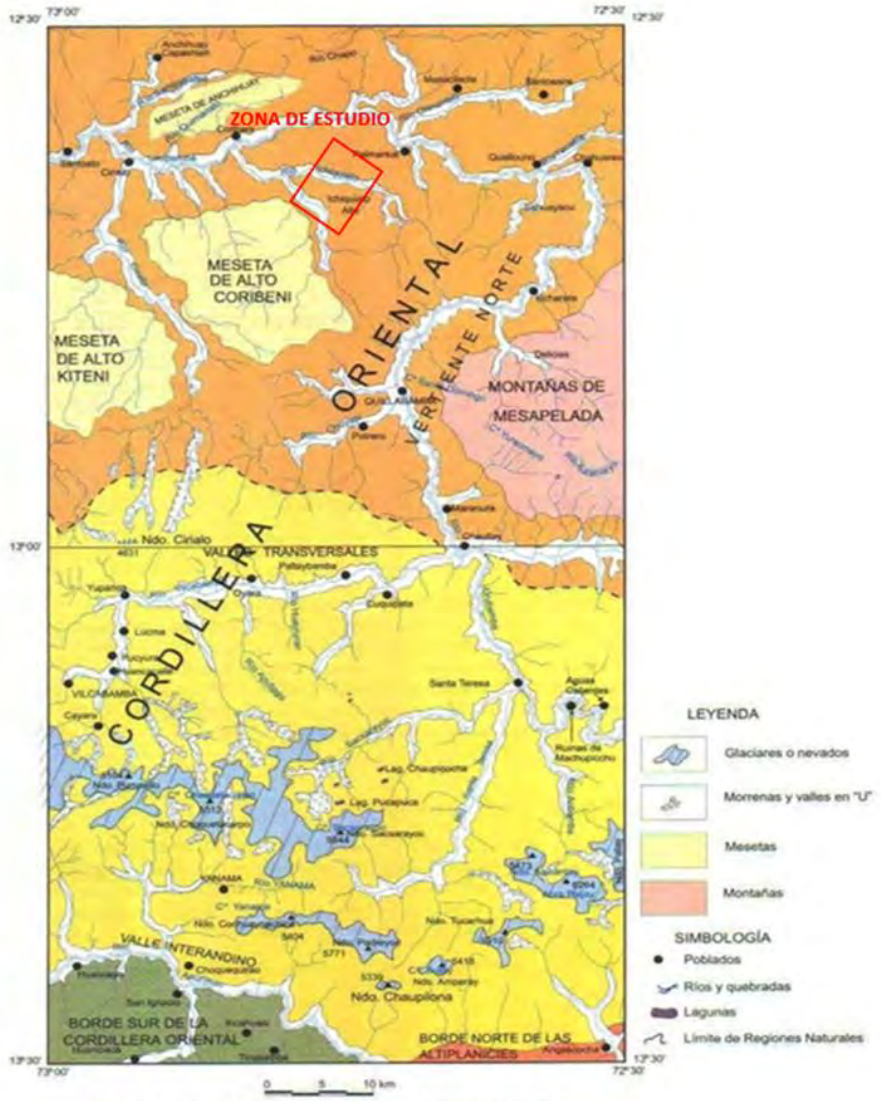


Fig. N° 4.- Mapa Geomorfológico de los cuadrángulos de Quillabamba (26-q) y Machupicchu (27-q)

Fuente: Cuadrángulo de Quillabamba 26q y 27

A) Cordilleras y Macizos Montañosos:

Regionalmente el área donde se encuentra la zona de estudio se caracteriza por la presencia de cordilleras y macizos montañosos conformados principalmente por esquistos, pizarras, cuarcitas y metasedimentos paleozoicos, a los que se sobreponen en discordancia distintas secuencias sedimentarias y volcánicas de edad mesozoica. Estos macizos constituyen la base estructural del relieve y se manifiestan en formas abruptas, con pendientes muy pronunciadas y cumbres escarpadas que en varios sectores superan los 3,000 m s.n.m., destacando su carácter montañoso dominante en la vertiente oriental de los Andes. Debido a la fuerte pendiente y a la fragilidad de los materiales, se desarrollan procesos de remoción en masa frecuentes, tales como deslizamientos, derrumbes y caída de rocas, especialmente durante la temporada de lluvias. El relieve irregular y fuertemente accidentado no solo condiciona el patrón de drenaje fluvial, generando cursos de agua encajonados y torrenciales, sino que también influye en la ocupación humana y en la distribución de las actividades agrícolas, las cuales se limitan a pequeños espacios en terrazas naturales o artificiales en las laderas menos empinadas.

Figura 12: Relieve andino de la Cordillera Oriental y su vínculo con los valles y subcuencas hidrográficas.



B) Cordillera oriental:

La Cordillera Oriental constituye una unidad morfoestructural de gran relevancia en el contexto andino, ubicada al noreste del cuadrángulo de Cusco y extendiéndose de manera predominante a lo largo de los cuadrángulos de Quillabamba y Machupicchu. Se caracteriza por presentar relieves ondulados y montañosos de alturas variables, que alcanzan cotas entre 4,000 y 4,500 m s.n.m., conformando un paisaje de topografía abrupta y de difícil acceso. Desde el punto de vista tectónico, esta región está marcada por la presencia de fallas inversas, cabalgamientos y pliegues, estructuras que han favorecido la repetición y sobreposición de formaciones paleozoicas, otorgándole una compleja arquitectura geológica. Litológicamente, aflora un conjunto diverso de materiales que incluyen rocas metamórficas del Paleozoico inferior, cuerpos intrusivos paleozoicos y permo-triásicos, así como secuencias sedimentarias del Paleozoico superior, mientras que las rocas del Meso-Cenozoico se encuentran en menor proporción. Debido a esta composición, la Cordillera Oriental constituye un bloque geológico fuertemente individualizado dentro de la cadena andina, que ha sido subdividido en diversas unidades morfoestructurales como la Cordillera de Vilcabamba, la vertiente norte, los valles transversales, los valles intracordilleranos, las montañas de Mesapelada, el borde sur de la Cordillera Oriental y el borde norte de las altiplanicies. Esta compartimentación refleja la intensa interacción entre la dinámica tectónica y los procesos erosivos, que han modelado un relieve altamente contrastado, donde coexisten áreas de fuerte incisión fluvial con macizos montañosos de gran elevación. (INGEMET,1999).

Figura 13: Cordillera Oriental influenciada en la zona de estudio



C) Vertiente Norte de la Cordillera de Vilcabamba

La vertiente norte de la Cordillera de Vilcabamba constituye una de las unidades geomorfológicas más representativas del cuadrángulo de Quillabamba, extendiéndose desde el flanco septentrional de la cordillera homónima hasta alcanzar el cuadrángulo de Timpia (25-q). Esta vertiente presenta un marcado contraste altitudinal, pues en su parte alta está controlada por la presencia de rocas intrusivas del macizo de Quillabamba, que modelan un relieve abrupto y de gran energía. Conforme se avanza hacia el norte, la altitud disminuye progresivamente, aflorando secuencias paleozoicas que configuran laderas y superficies más suaves. Desde el punto de vista hidrográfico, el sector está intensamente diseccionado por una red de ríos y valles transversales, los cuales cumplen un rol fundamental en el drenaje hacia la cuenca del río Urubamba, generando valles en "V" profundos y terrazas escalonadas que evidencian la dinámica erosiva y de acumulación.

La parte baja de esta vertiente corresponde a la denominada Ceja de Selva, ubicada entre aproximadamente 1,500 y 800 m s.n.m., donde se desarrolla una zona de transición entre la Cordillera Oriental y la faja Subandina. Este sector se caracteriza por su gran complejidad topográfica: conviven áreas montañosas con quebradas, lomas y laderas

abruptas, junto a relieves más suaves que permiten el desarrollo de mesetas y zonas ligeramente aplanadas, interrumpidas por valles transversales. La combinación de estas formas origina un paisaje altamente heterogéneo. (INGEMET,1999).

D) Valles Transversales

La Cordillera Oriental se encuentra profundamente diseccionada por un conjunto de valles transversales que presentan distintas direcciones y profundidades, configurando una topografía variada y de fuerte relieve. Estos valles tienen su origen en la acción prolongada de los procesos de erosión fluvial, los cuales han modelado el paisaje a lo largo del tiempo, generando corredores naturales que funcionan como colectores de las aguas pluviales y de deshielo provenientes de las montañas. En términos morfométricos, se observa que los valles situados en la vertiente norte presentan pendientes relativamente más suaves, con laderas menos abruptas y fondos de valle algo más amplios, en contraste con los valles de la vertiente sur, que destacan por su fuerte declive, laderas escarpadas y una incisión fluvial más profunda.

Entre los principales valles que estructuran esta unidad destacan el valle del río Chuyapi, Yanatile, Coribeni, Cirialo, Santa Teresa, Santa María (Lucuma), Vilcabamba, Aobamba, Blanco, Arma, Yanama y Huanipaca, entre otros, cada uno con características particulares en cuanto a orientación, pendiente y dinámica fluvial. Dentro de nuestra zona de estudio, resalta especialmente el valle del río Santa María (Lucuma), considerado uno de los tributarios más importantes del río Urubamba. Este valle, de tipo maduro, evidencia un equilibrio dinámico entre procesos de erosión y sedimentación. Se localiza en el extremo noreste del cuadrángulo de Machupicchu, presentando un rango altitudinal aproximado entre 1,900 m s.n.m. en su cabecera y 1,100 m s.n.m. en su desembocadura, lo cual refleja un gradiente de pendiente que permite el desarrollo de terrazas fluviales, laderas

escalonadas y un cauce con mayor capacidad de transporte sedimentario (INGEMET, 1999).

E) Montañas de Mesapelada

Las montañas de Mesapelada constituyen una cadena montañosa prominente que se eleva por encima de los 3 500 m s.n.m., formando un conjunto de cumbres que delimitan por el este a la ciudad de Quillabamba. Esta unidad geomorfológica se encuentra directamente vinculada con la vertiente oriental del valle del río Urubamba, actuando como un relieve de transición hacia zonas de menor altitud. Su extensión abarca desde los alrededores de Quillabamba hasta el valle de Ocobamba, continuando dentro del cuadrángulo vecino de Quebrada Honda (26-r), lo que evidencia su importancia regional como elemento estructural y paisajístico. Geológicamente, estas montañas se apoyan sobre un basamento constituido principalmente por rocas intrusivas permo-triásicas del macizo de Mesapelada, cuya composición confiere gran resistencia a la erosión y origina formas abruptas, pendientes pronunciadas y cumbres escarpadas. A su vez, las condiciones climáticas de la ceja de selva, caracterizadas por elevada pluviosidad, favorecen intensos procesos de meteorización y erosión, lo que explica la presencia de laderas inestables y frecuentes movimientos en masa. En conjunto, las montañas de Mesapelada representan un rasgo geomorfológico dominante que controla la dinámica hidrográfica y la configuración del relieve oriental de Quillabamba. (INGEMET,1999)

3.5.2. Geomorfología Local

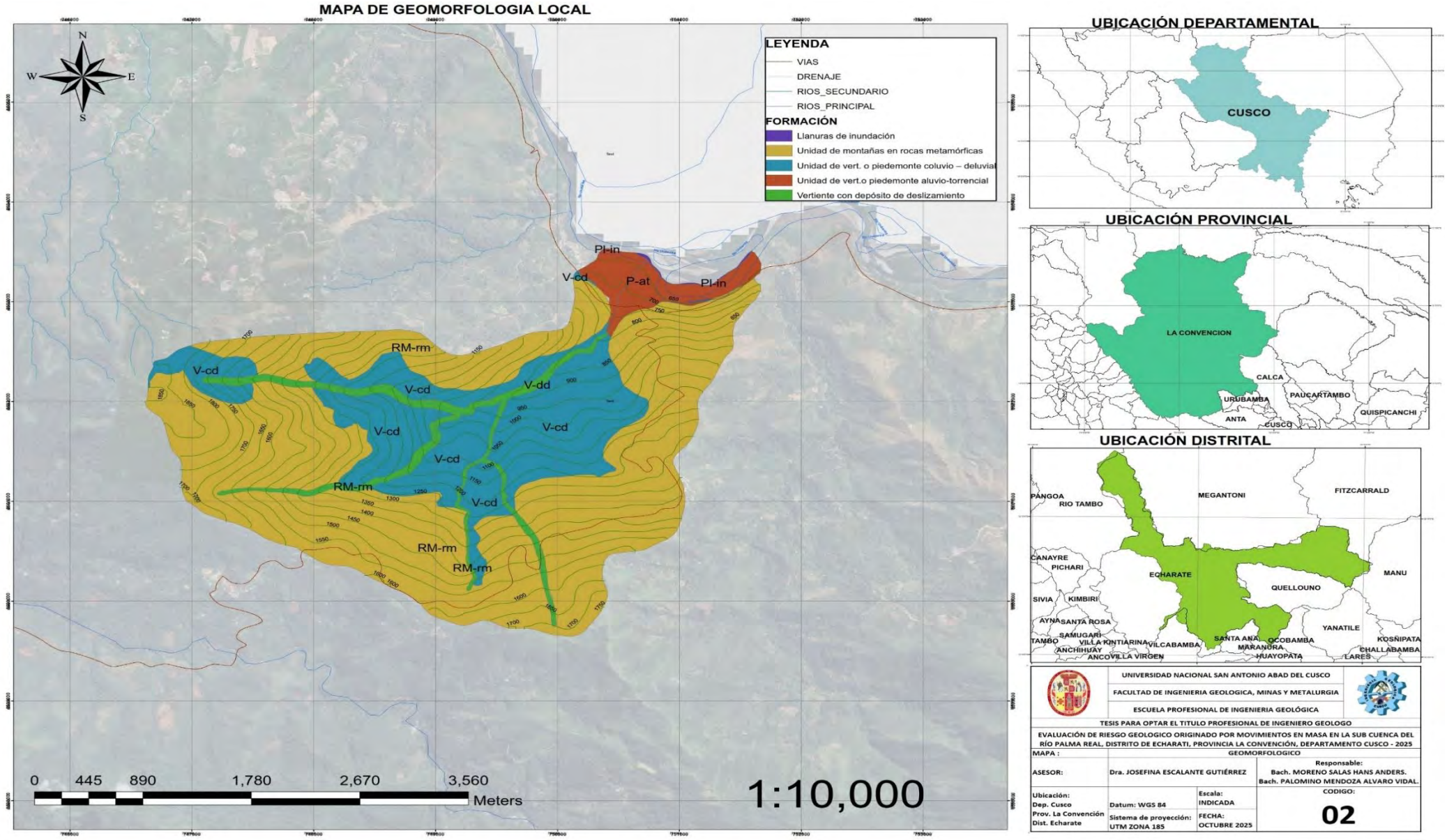
La geomorfología del centro poblado de Palma Real está dominada por geoformas deposicionales, principalmente un piedemonte proluvial antiguo, asociado a terrazas aluviales y llanuras de inundación, lo que evidencia un ambiente dinámico influenciado por procesos fluviales y aluvio-torrenciales. Sin embargo, en las zonas altas circundantes, donde predominan geoformas montañosas en roca sedimentaria con pendientes pronunciadas, se presentan con mayor frecuencia procesos de inestabilidad de laderas como deslizamientos y derrumbes. Estos materiales movilizados son transportados hacia las

partes bajas, contribuyendo a la formación de los depósitos proluviales y aluviales sobre los cuales se asienta el poblado, incrementando así la susceptibilidad a peligros geológicos tanto por movimientos en masa en las partes altas como por inundación y erosión fluvial en las zonas bajas.

Tabla 7: Descriptores de la Geomorfología

GEOMORFOLOGIA			
Descripción	área(m2)	área(has)	%
Unidad de vert. o piedemonte aluvio-torrencial	474438.00	47.44	4.35
Llanuras de inundación	11242.70	1.12	0.10
Unidad de montañas en rocas metamórficas	6968420.00	696.84	63.90
Unidad de vert. o piedemonte coluvio – deluvial	2915143.12	291.51	26.73
Vertiente con depósito de deslizamiento	535865.00	53.59	4.91

Figura 14: Mapa de geomorfología local



Unidad de vert. o piedemonte aluvio-torrencial

Corresponde a acumulaciones de sedimentos transportados desde las partes altas de la cuenca, asociados principalmente a eventos de lluvias intensas. Esta unidad se encuentra vinculada al desarrollo de terrazas aluviales y zonas de inundación del río, lo que evidencia un ambiente geomorfológico altamente dinámico.

Asimismo, las áreas montañosas circundantes, caracterizadas por pendientes pronunciadas, constituyen zonas donde se generan con mayor frecuencia procesos de remoción en masa, tales como deslizamientos y derrumbes. Los materiales resultantes son transportados y depositados en las partes bajas, incrementando la susceptibilidad del área tanto a movimientos en masa como a procesos de erosión e inundación fluvial.

La zona de estudio se caracteriza por presentar pendientes moderadas a fuertes, originadas por la acumulación y el retrabajo de materiales transportados mediante flujos torrenciales y avenidas súbitas provenientes de las partes altas. Estos depósitos, compuestos principalmente por gravas, cantos y sedimentos heterométricos, generan superficies inestables con una dinámica activa, condicionada por la intensa precipitación y la elevada energía de los ríos que descienden desde la cordillera de Vilcabamba.

Como resultado, este sector de piedemonte presenta una morfología irregular, con procesos erosivos marcados y un paisaje que evidencia la interacción constante entre las áreas montañosas y el sistema fluvial amazónico

Figura 15: vertiente o piedemonte aluvio-torrencial en el cauce del rio



Llanuras de inundación

Corresponden a superficies amplias y relativamente planas, formadas por la dinámica fluvial de los ríos que se encuentra en la zona de estudio y que atraviesan la zona. Estas áreas se caracterizan por presentar baja pendiente, así como suelos jóvenes y fértiles, compuestos principalmente por sedimentos finos (arenas, limos y arcillas) depositados durante eventos de crecida.

Debido a la alta pluviosidad de la región y al comportamiento estacional de los ríos, estas llanuras experimentan inundaciones periódicas que contribuyen a la continua remodelación del relieve, evidenciando un ambiente geomorfológico activo.

Esta unidad abarca una superficie aproximada de 1.12 hectáreas y se encuentra genéticamente relacionada con la unidad regional de los valles transversales, ya que corresponde a las zonas bajas asociadas a los principales cauces fluviales que disectan la Cordillera Oriental. En este contexto, estas llanuras representan áreas de acumulación dentro del sistema fluvial, donde predominan los procesos de sedimentación sobre los de erosión.

Figura 16: Llanura de inundación



Unidad de montañas en rocas metamórficas

Corresponde a un paisaje abrupto y altamente disectado, donde afloran pizarras pertenecientes a la Formación Ananea, las cuales forman parte del basamento metamórfico característico de las montañas de la región. Estas rocas, de grano fino y con marcada foliación, favorecen el desarrollo de laderas empinadas e inestables, debido a su tendencia a fracturarse y deslaminarse bajo condiciones de alta humedad.

Su presencia influye directamente en la morfología del paisaje, promoviendo procesos de geodinámica externa como deslizamientos superficiales, erosión acelerada y el encajonamiento de los drenajes, lo que da lugar a un relieve fuertemente accidentado.

Esta unidad abarca una superficie aproximada de 696.84 hectáreas y se encuentra geomorfológicamente relacionada con la unidad regional de las Cordilleras y Macizos Montañosos, dentro del ámbito de la Cordillera Oriental, ya que corresponde a sectores elevados dominados por rocas metamórficas que constituyen el basamento estructural del relieve andino.

Figura 17: vista de montañas en rocas metamórficas



Unidad de vert. o piedemonte coluvio – deluvial

Corresponde a una franja de transición entre las montañas de basamento metamórfico y las áreas más bajas. Está conformada por depósitos mixtos de origen coluvial, constituidos por

materiales desprendidos de las laderas (bloques, gravas y fragmentos angulosos), y de origen deluvial, generados por la acumulación de sedimentos más finos transportados por escorrentía superficial y flujos difusos.

Esta combinación da lugar a superficies con pendientes ligeramente inclinadas a moderadas, de morfología irregular y con suelos heterogéneos. Debido a la alta pluviosidad y a la fuerte pendiente de las zonas altas, este piedemonte presenta una dinámica activa, caracterizada por procesos frecuentes de removilización de sedimentos, erosión laminar y deslizamientos superficiales.

En conjunto, constituye una unidad clave en la transición geomorfológica y sedimentaria entre las áreas montañosas y las zonas bajas de la cuenca. Esta unidad abarca una superficie aproximada de 291.51 hectáreas y se encuentra geomorfológicamente relacionada con la Vertiente Norte de la Cordillera de Vilcabamba, ya que representa el sector de enlace entre las zonas altas estructurales y los ambientes de acumulación fluvial, bajo condiciones de intensa dinámica erosiva y climática.

Figura 18: vertiente o piedemonte coluvio-deluvial en la zona de estudio



Vertiente con depósito de deslizamiento

Corresponde a sectores de ladera donde se han acumulado materiales producto de movimientos en masa, principalmente deslizamientos antiguos y recientes. Estos depósitos están formados por una mezcla caótica de bloques, gravas, suelos arcillosos y fragmentos de rocas metamórficas incluida pizarra de la Formación Ananea que han perdido su disposición original debido a la inestabilidad del terreno. Las pendientes suelen ser

moderadas a fuertes y presentan morfologías irregulares, con superficies abombadas, grietas, zonas hundidas y drenajes desviados o mal definidos, todos indicios de inestabilidad activa o remanente. La elevada pluviosidad de la región y la fracturación de las rocas de base favorecen la reactivación de estos procesos, convirtiendo a esta unidad en un sector geomorfológicamente sensible. Abarcan 53.59 hectáreas de superficie.

Figura 19: vertiente con depósitos de deslizamiento reciente en la zona de estudio

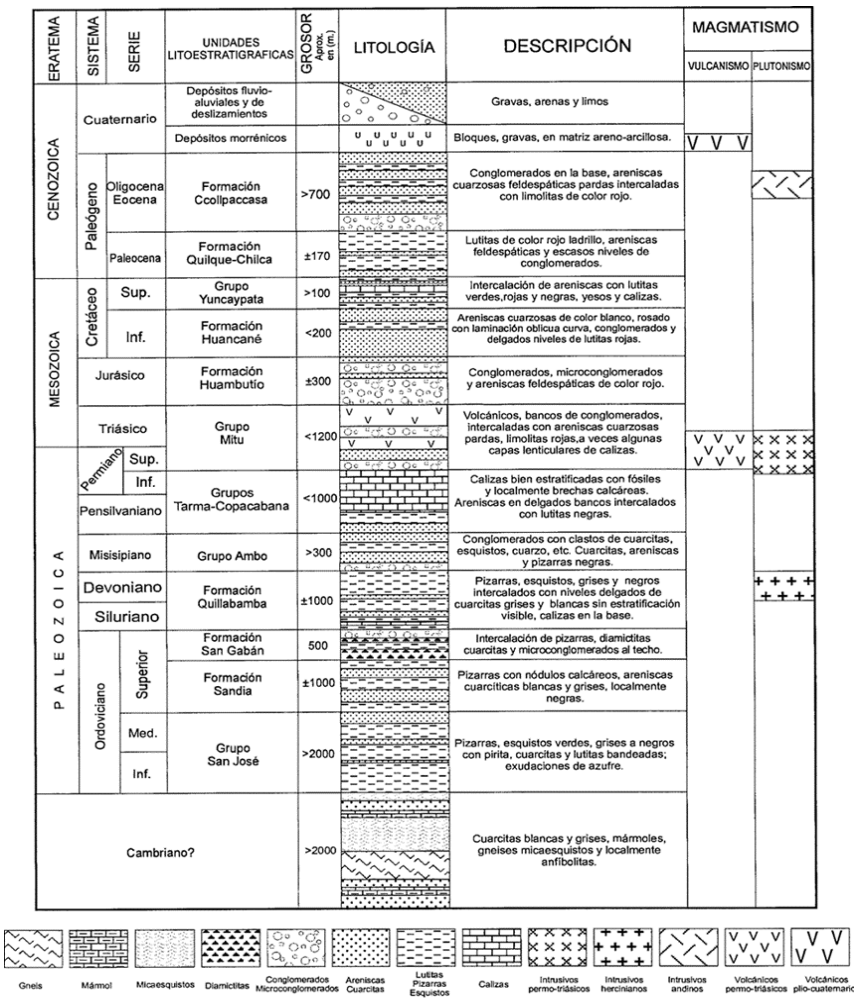


3.6. Geología

3.6.1. Generalidades

La zona en estudio se encuentra ubicada en la carta geológica nacional, hoja 26q y 27q, Geología de los cuadrángulos de Quillabamba y Machupicchu, escala 1:100 000. Estudio realizado por, Víctor Carlotto, José Cárdenas, Darwin Romero, Waldir Valdivia, Daniel Tintaya para el INGEMMET el año 1999. Las edades de las unidades geológicas están dentro del Paleozoico que internamente van desde el Silúrico al Devónico.

Figura 20: Columna estratigráfica regional de los cuadrángulos 26q y 27q



Fuente: Tomado de Boletín N°127 Serie

3.6.2. Geología Regional

La geología está constituida por unidades litoestragráficas con edades que van del Paleozoico inferior como la Formación Málaga y el Grupo San José, (Carlotto et al 1999) a depósitos aluviales

Formación Ananea.

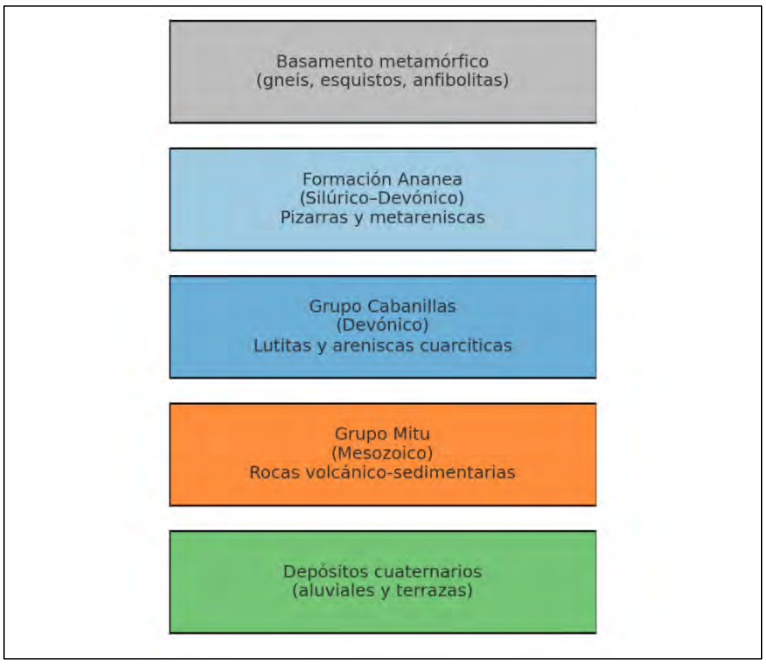
La Formación Ananea constituye la unidad sedimentaria más antigua del cuadrángulo 26-q y aflora en diversos sectores de la región, presentándose principalmente con pizarras de color gris a gris oscuro y metareniscas de grano fino a medio, que muestran un grado variable de meteorización y fracturamiento, lo cual disminuye notablemente su competencia mecánica frente a procesos de remoción en masa. Estas características, junto con la presencia de planos de foliación y diaclasas, facilitan la infiltración del agua y la inestabilidad de laderas. Litológicamente, corresponden a depósitos marinos de edad Silúrico–Devónica, originados en ambientes sedimentarios de plataforma continental, lo que explica la alternancia de estratos finos pelíticos con capas más gruesas de naturaleza psamítica. En el ámbito regional, la Formación Ananea constituye parte del basamento paleozoico sobre el cual se disponen en discordancia sucesivas unidades mesozoicas como el Grupo Mitu, desempeñando así un rol fundamental en la interpretación estratigráfica y tectónica del área. Su distribución, composición y grado de deformación permiten reconocerla como un importante marcador estratigráfico dentro de la evolución geológica de la región de Quillabamba y Machupicchu (INGEMMET, 1999).

Grupo Cabanillas

El Grupo Cabanillas, integrante del basamento sedimentario paleozoico del cuadrángulo 26-q, está constituido por una potente secuencia de lutitas grises intercaladas con capas delgadas de areniscas cuarcíticas de grano fino, que en conjunto le otorgan un aspecto de estratificación fina y laminada. Estas rocas, en muchos afloramientos, se

presentan con diaclasamiento intenso y meteorización variable, lo que evidencia la influencia de la tectónica andina sobre unidades más antiguas. Estratigráficamente, el Grupo Cabanillas se encuentra en discordancia sobre los Grupos Ambo y Tarma, lo cual permite reconocerlo como una unidad clave dentro de la columna paleozoica regional, ya que marca un intervalo sedimentario intermedio antes de la instalación de ambientes volcánicos mesozoicos vinculados al Grupo Mitu, que lo sobreyace. Su litología sugiere un origen marino de plataforma con predominio de depósitos finos en condiciones relativamente tranquilas, interrumpidos ocasionalmente por aportes más arenosos de grano fino. Debido a su posición basal y a las relaciones de contacto, el Grupo Cabanillas constituye un importante marcador estratigráfico y estructural, útil para la correlación regional y para la interpretación de la evolución tectono-sedimentaria del sur del Perú (INGEMMET, 1999).

Figura 21: columna estratigráfica simplificada del Grupo Cabanillas en Quillabamba (26q)



Fuente: Boletín Ingemmet, 1999

Grupo Mitu

El Grupo Mitu aflora en la localidad de Simbeni, al sur de Ichiquiato Bajo, en la parte alta de la quebrada Eyevacuare, y se caracteriza por estar constituido principalmente por andesitas de color gris oscuro con tonalidad parduzca, medianamente fracturadas y de aspecto fresco, que presentan una textura porfirítica bien desarrollada, con abundantes fenocristales de plagioclasas y moldes de cristales ferromagnesianos incluidos en una matriz compuesta por plagioclasas, minerales ferromagnesianos oxidados y óxidos opacos. Se reconoce una intensidad de alteración moderada, asociada a procesos hidrotermales y meteorización secundaria, lo que ha generado variaciones en la coloración y resistencia de la roca. Estratigráficamente, el Grupo Mitu corresponde a depósitos volcánicos y volcanosedimentarios de edad Pérmica superior a Triásica inferior, los cuales constituyen una de las unidades más antiguas de la región, sobreyaciendo en discordancia erosiva a rocas paleozoicas y siendo cubiertos por depósitos del Grupo Pucará. Su presencia en el área indica una fuerte actividad volcánica y tectónica vinculada a la evolución de la cuenca interandina durante el Mesozoico temprano, por lo que cumple un rol clave en la reconstrucción del marco geológico regional del cuadrángulo 26q (INGEMMET,1999).

Figura 22: Columna estratigráfica del grupo Mitu

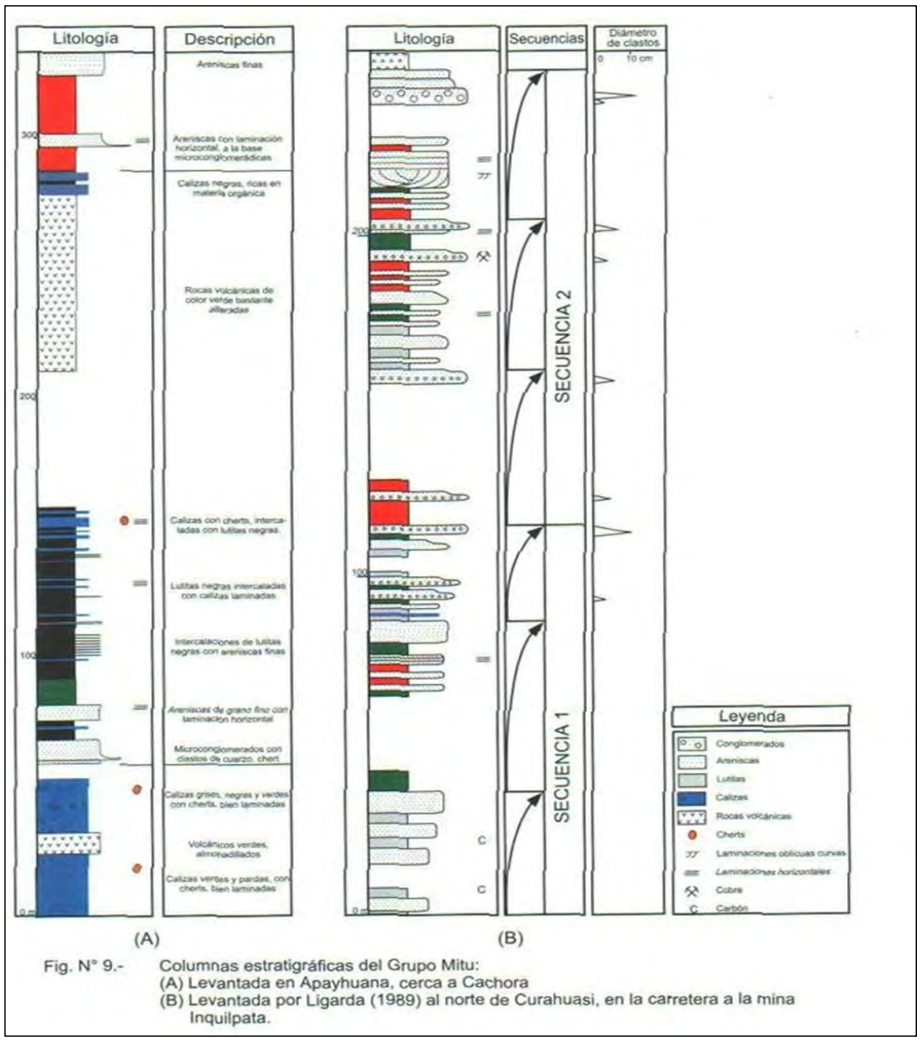


Fig. N° 9.- Columnas estratigráficas del Grupo Mitu:
(A) Levantada en Apayhuana, cerca a Cachora
(B) Levantada por Ligarda (1989) al norte de Curahuasi, en la carretera a la mina Inquilpata.

Fuente: Boletín N°127 Serie A

Depósitos Cuaternarios

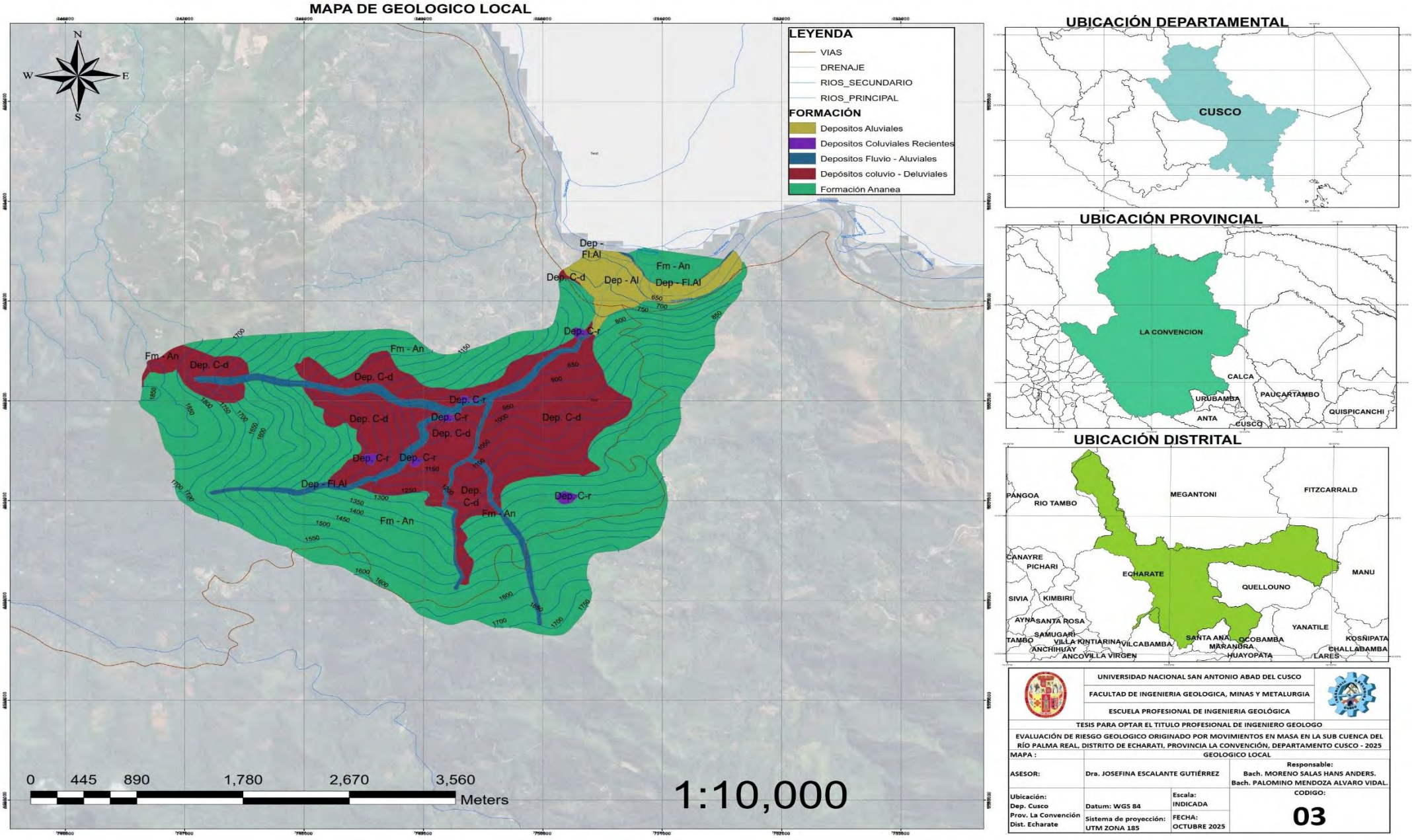
Los depósitos aluviales del cuadrángulo 26-q corresponden a acumulaciones cuaternarias no consolidadas, ampliamente distribuidas en los fondos de valle, márgenes de ríos y quebradas principales, donde conforman abanicos y terrazas bajas. Están constituidos por una mezcla heterogénea de gravas, cantos rodados, arenas, limos y arcillas, generalmente poco seleccionados y con una estratificación irregular, producto de la energía variable de los procesos fluviales que los generaron. Estos depósitos son de origen fluvial reciente y reflejan la dinámica activa de los cursos de agua en la zona, mostrando estructuras como estratos lenticulares, gradación normal y acumulaciones caóticas

asociadas a avenidas torrenciales. Su granulometría, heterogeneidad y grado de compactación son factores que inciden directamente en su alta permeabilidad y susceptibilidad a procesos de erosión e inestabilidad, especialmente en sectores donde el nivel freático se encuentra cercano a la superficie. Geomorfológicamente, los depósitos aluviales representan una unidad geológicamente joven y de gran importancia, ya que participan activamente en la configuración de las llanuras de inundación, controlan el desarrollo de terrazas fluviales y constituyen zonas de interés tanto para la evaluación de riesgos geológicos (inundaciones y deslizamientos) como para el aprovechamiento agrícola y urbano de la región (INGEMMET, 1999).

3.6.3. Geología Local

El contexto de geología local está dominado por depósitos aluviales y coluviales cuaternarios, distribuidos en los márgenes y terrazas bajas del río Urubamba y sus afluentes, conformados por gravas, arenas, limos y arcillas poco consolidadas. Estratigráficamente, las laderas y zonas altas se identifican afloramientos de la Formación Ananea (pizarras y metareniscas de edad Silúrico–Devónica).

Figura 23: Mapa de la Geología Local



A) Formación Ananea

En el área de la zona de estudio, la Formación Ananea constituye la unidad sedimentaria más antigua del basamento paleozoico, aflorando principalmente en laderas altas y zonas estructuralmente elevadas; está conformada por pizarras y metareniscas de color gris a gris oscuro, de grano fino a medio, que presentan un grado variable de meteorización, fracturamiento y foliación incipiente, lo cual les confiere baja competencia frente a procesos erosivos y de remoción en masa. Litológicamente, representa depósitos marinos de edad Silúrico–Devónica, sobre los cuales descansan en discordancia unidades más jóvenes como el Grupo Cabanillas y el Grupo Mitu, desempeñando un papel fundamental en la reconstrucción estratigráfica.

Figura 24: afloramiento de pizarras perteneciente a la formación ananea.



Figura 25: Afloramiento de pizarras pertenecientes a la formación ananea



Figura 26: Afloramiento de pizarras pertenecientes a la Formación Ananea



Figura 27: Afloramiento de pizarras pertenecientes a la Formación Ananea



B) Depósitos Cuaternarios

i) DEPOSITO ALUVIAL:

En la zona de estudio, los depósitos aluviales corresponden a materiales cuaternarios no consolidados que se distribuyen ampliamente en las márgenes y planicies bajas del río Urubamba y sus afluentes, conformando terrazas recientes y llanuras de inundación. Están constituidos por gravas, cantos rodados, arenas, limos y arcillas de composición heterogénea, poco seleccionada y con estratificación irregular, originados por procesos fluviales actuales y subactuales.

Figura 28: Deposito aluvial en la margen derecha del rio Palma Real



Estos depósitos, al encontrarse en constante interacción con la dinámica del río, representan una unidad geológicamente joven, de gran importancia geomorfológica y ambiental, pues condicionan la fertilidad de los suelos, la disponibilidad de recursos hídricos y la susceptibilidad de la zona a procesos de inundación y erosión.

ii) DEPÓSITOS COLUVIO-DELUVIALES

Depósitos coluvio-deluviales del Cuaternario reciente, formados por la acumulación de bloques, gravas, cantos y fragmentos de roca en matriz limo-arenosa, originados por la acción conjunta de procesos de remoción en masa distribuyéndose en las laderas y pies de monte que rodean las subcuencas, principalmente hacia el sur, suroeste y centro. desde las laderas (coluviales) y su posterior retrabajo parcial por la dinámica de escorrentías y cauces menores (deluviales). Estos depósitos se localizan principalmente en las faldas y quebradas adyacentes, donde se caracterizan por ser materiales sueltos, poco consolidados y heterométricos, lo que los hace inestables y altamente vulnerables a la

erosión, deslizamientos y flujos de detritos, siendo unidades relevantes en la cartografía geológica y en la evaluación de peligros de la región.

Figura 29: Deposito Coluvio-Deluvial en la parte baja del rio Palma Real.



iii) DEPSOITOS FLÚVIO ALUVIALES

Los depósitos fluvio-aluviales corresponde a acumulaciones de sedimentos transportados y depositados por corrientes de agua, como es el caso del rio en el centro poblado de Palma Real, durante eventos de flujo normal o crecidas; están compuestos por materiales heterogéneos que van desde arcillas y limos hasta gravas y bloques de tamaño máximo de hasta 1m, presentando generalmente baja consolidación, mala a moderada selección y estratificación irregular. Estos depósitos se desarrollan en ambientes fluviales como cauces, terrazas y llanuras de inundación, y se caracterizan por su origen dinámico asociado a procesos de erosión, transporte y sedimentación.

Figura 30: Deposito fluvio aluvial en la parte baja del rio Palma Real



Figura 31: Deposito fluvio aluvial en la parte baja del rio Palma Real.



iv) Depósitos coluviales recientes

Corresponden a acumulaciones recientes de materiales inconsolidados originados por la desintegración y remoción de rocas en las laderas circundantes, principalmente como resultado de procesos de meteorización, gravedad y escorrentía superficial. Estos depósitos están constituidos por fragmentos angulosos a subangulosos (bloques, gravas y cantos),

inmersos en una matriz areno-arcillosa, con escasa o nula selección y sin estratificación definida.

En el centro poblado de Palma Real, estos depósitos se disponen preferentemente en la base de laderas y en zonas de pendiente baja a media, formando coberturas superficiales que han sido acumuladas y retrabajadas por eventos de lluvias intensas. Su presencia está directamente relacionada con la ocurrencia de procesos de remoción en masa en las partes altas, tales como deslizamientos, derrumbes y flujos de detritos, los cuales aportan continuamente material hacia las zonas bajas.

Geomorfológicamente, estos depósitos forman parte de unidades de vertiente coluvio–deluvial y piedemonte, asociadas a laderas empinadas ubicadas en ambos flancos de los drenajes principales. Se caracterizan por presentar baja consolidación, alta permeabilidad variable y elevada susceptibilidad a la erosión y removilización, especialmente durante periodos de precipitaciones intensas.

Desde el punto de vista geodinámico, estos materiales constituyen zonas de alta inestabilidad, favoreciendo la ocurrencia de deslizamientos superficiales, flujos de detritos y procesos de erosión hídrica. En el contexto del centro poblado de Palma Real, estas condiciones contribuyen a un nivel de peligro geológico alto, asociado principalmente a inundaciones, erosión fluvial y reactivación de movimientos en masa

Figura 32: depósitos coluviales recientes



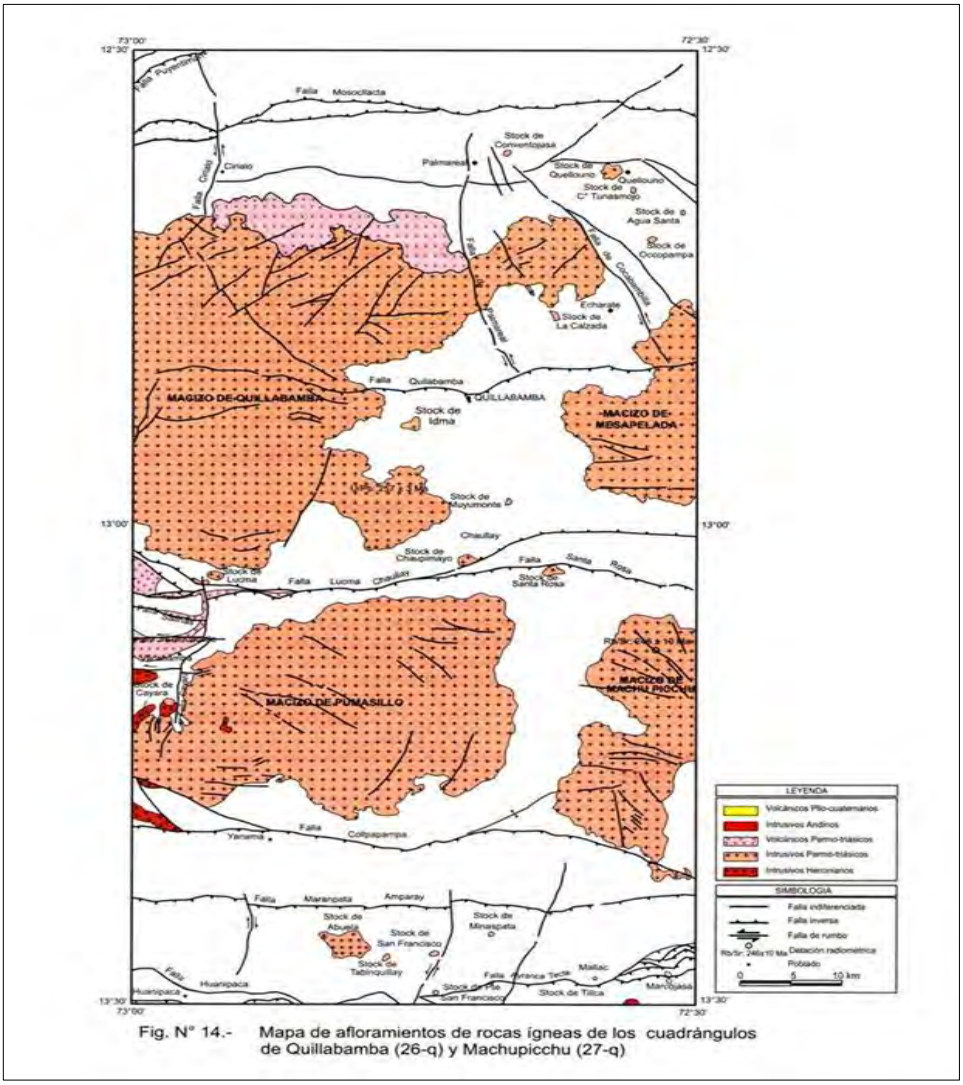
3.7. Geología Estructural

3.7.1. Geología Estructural Regional

En la región del Cusco, y particularmente dentro del cuadrángulo 26-q, se reconocen diversas estructuras tectónicas, entre las cuales destacan la falla de Quillabamba y la falla de Lucuma-Chaullay. Ambas forman parte del sistema de fallas Ollantaytambo–Vilcabamba–Quimbiri, el cual, a su vez, se integra dentro del sistema de fallas de la Cordillera Oriental. Estas estructuras han sido objeto de estudios detallados por Benavente et al. (2013), en el marco de investigaciones sobre neotectónica y peligros sísmicos en la región del Cusco.

La zona de estudio no está exenta de estos procesos tectónicos, ya que presenta fallas locales y lineamientos estructurales que muestran una orientación predominante similar, la cual guarda relación directa con la deflexión de la cadena andina. Este patrón estructural resalta la fuerte influencia de la dinámica neotectónica en la configuración del relieve y en la generación de riesgos sísmicos en el área.

Figura 33: Mapa Estructural Regional



Fuente: boletín A127 Quillabamba (26q) y Machupicchu (27q)

A) Dominio Norte

Este dominio se localiza en la parte norte del cuadrángulo de Quillabamba y se caracteriza por la presencia de pliegues plurikilométricos con orientación este-oeste, asociados a una marcada esquistosidad de plano axial. Asimismo, se identifican fallas inversas con rumbo noreste-suroeste y este-oeste, con vergencia hacia el norte, entre las que destaca la falla de Puyentimari, la cual se extiende desde el cuadrángulo de Chuanquiri hasta el cuadrángulo de Timpia (25-q). Cabe resaltar que, hacia el límite norte de este dominio —y, por ende, del cuadrángulo de Quillabamba—, la intensidad del metamorfismo

y de la deformación de edad eoherciniana muestra una disminución progresiva. (INGEMET, 1999).

B) Falla de Mosocllacta

Constituye una de las estructuras tectónicas más representativas en el área de Palma Real. Se trata de una falla de carácter inverso a inverso-oblicuo, con rumbo general noreste-suroeste, vinculada al sistema de fallas de la Cordillera Oriental. Esta estructura controla de manera significativa la morfología local, generando un relieve escalonado y favoreciendo la formación de laderas abruptas. Su traza se asocia a la presencia de rocas metamórficas paleozoicas, principalmente esquistos y cuarcitas, que muestran evidencias de intensa deformación y fracturamiento. Asimismo, se observan alineamientos topográficos y cambios bruscos en el drenaje, lo que evidencia su actividad tectónica. La Falla Mosocllacta ha sido reconocida como un elemento estructural de importancia dentro de la dinámica neotectónica regional, con implicancias en la inestabilidad de laderas y en la sismicidad local (INGEMMET, 1999).

C) Falla de Palma Real

Es una estructura tectónica de gran importancia dentro del cuadrángulo 26-q. Se trata de una falla inversa con rumbo predominante noreste-suroeste, vinculada al sistema de fallas de la Cordillera Oriental. Su traza atraviesa principalmente rocas metamórficas paleozoicas y unidades sedimentarias mesozoicas, generando una fuerte deformación estructural en los afloramientos. En el relieve, la falla se manifiesta mediante escarpes lineales, alineamientos de cumbres y cambios abruptos en la red hidrográfica. La presencia de fracturas y zonas de brechamiento a lo largo de su trayectoria evidencia su carácter tectónicamente activo. Esta estructura no solo ha condicionado la geomorfología local, sino que también constituye un factor de inestabilidad de laderas y un potencial generador de sismicidad local y regional. (INGEMMET, 1999).

D) Falla de Cocabambilla

Constituye una de las estructuras tectónicas más representativas del cuadrángulo de Palma Real (26-q). Se trata de una falla inversa de rumbo aproximado este-oeste a noreste-suroeste, la cual afecta principalmente a las rocas metamórficas paleozoicas y a los depósitos sedimentarios suprayacentes. Su traza se reconoce claramente en el relieve por la presencia de escarpes rectilíneos, alineamientos de drenajes y cambios abruptos en la pendiente de las laderas. Asimismo, se asocia con fracturas secundarias y zonas de intensa deformación, lo que evidencia su actividad neotectónica.

Desde el punto de vista geomorfológico, la falla controla el curso de varios afluentes del río Urubamba y genera condiciones de inestabilidad de laderas, favoreciendo deslizamientos y derrumbes en sus márgenes. Su posición y características la vinculan directamente con el sistema de fallas de la Cordillera Oriental, en el cual desempeña un rol significativo en la deformación compresiva que afecta esta región andina.

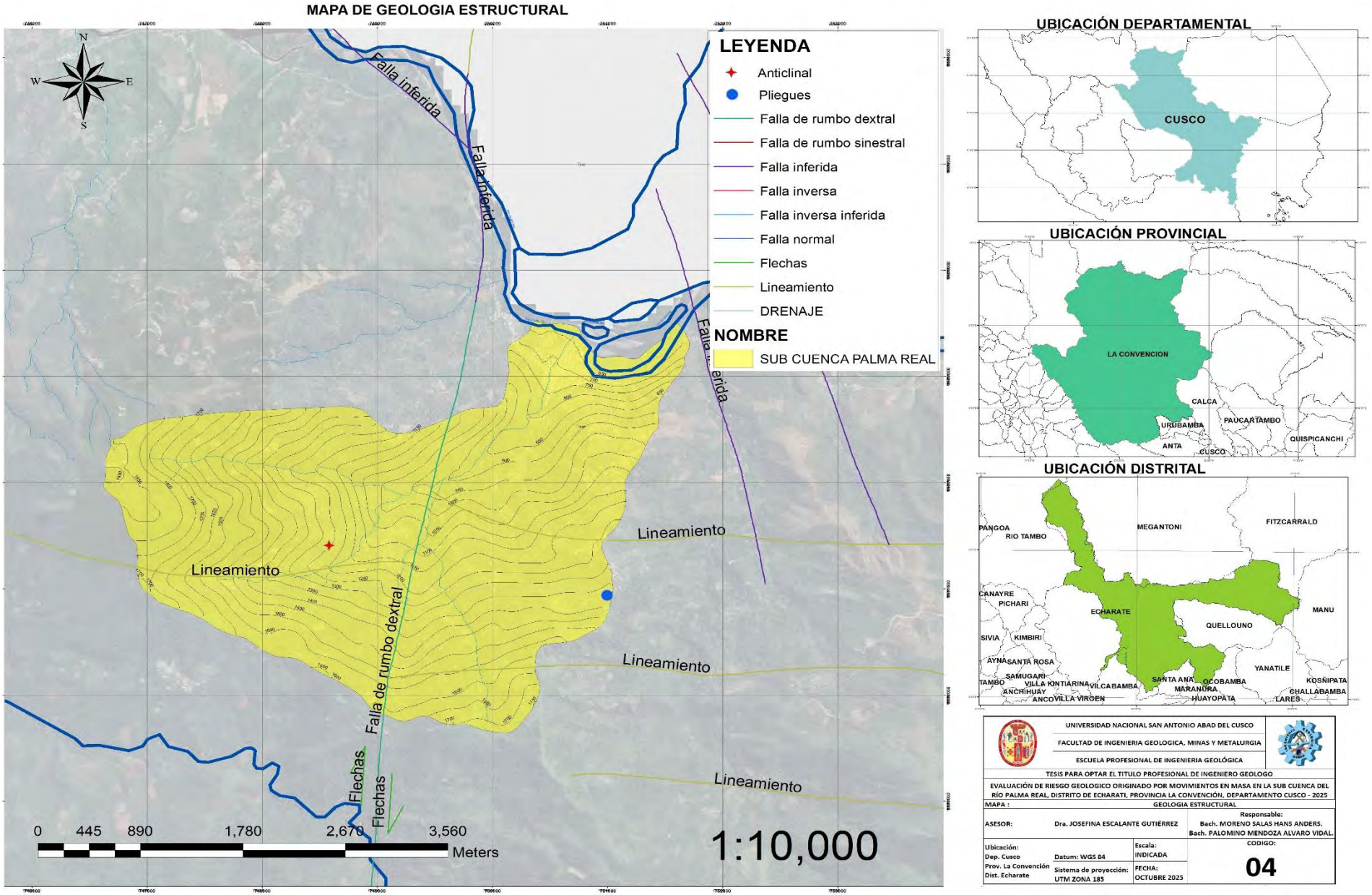
3.7.2. Geología Estructural Local

La geología estructural local se caracteriza por la presencia de diversas estructuras tectónicas que reflejan la historia deformacional en el centro poblado de Palma Real. El área está compuesta principalmente por rocas metamórficas y sedimentarias, afectadas por procesos de plegamiento, fallamiento y fracturamiento asociados a distintos eventos tectónicos.

La geología estructural desempeña un papel fundamental en la generación de riesgos geológicos en la zona de estudio, ya que la presencia de fallas, pliegues, fracturas y planos de foliación condiciona la resistencia y estabilidad de los materiales rocosos. Estas estructuras generan zonas de debilidad que favorecen la ocurrencia de procesos de remoción en masa, como deslizamientos y derrumbes, especialmente en laderas con pendientes pronunciadas. Asimismo, facilitan la infiltración de agua, incrementando la

saturación del terreno y reduciendo su cohesión, lo que contribuye a la inestabilidad de los taludes durante periodos de lluvias intensas. De igual manera, controlan el desarrollo del drenaje superficial, concentrando flujos de agua que intensifican la erosión y el socavamiento. En conjunto, estos factores evidencian que la geología estructural es un elemento clave en la configuración del relieve y en la susceptibilidad del área frente a peligros geológicos.

Figura 34 Mapa de Geología Estructural



A) Anticlinal del sector Palma Real

En el área de estudio se formaron estructuras, probablemente producto de la deformación Andina la presencia de anticlinales evidencia esfuerzos compresionales en las pizarras pertenecientes a la Fm Ananea.

Figura 35: Anticlinal asimétrico en pizarras de la Fm Ananea, con dirección NO-SE



B) Pliegues

La presencia de rocas fracturadas, pendientes elevadas y una geología compleja indican que esfuerzos tectónicos pasados, posiblemente pertenecientes a la deformación andina, quedaron evidenciados en las pizarras de la Fm Ananea, formando pliegues asimétricos e inclinados

Figura 36: Pliegue en la parte alta del centro poblado de Palma Real



La geología estructural en el centro poblado de Palma Real, esta caracterizada por la presencia de pliegues, anticlinales y fracturamiento en pizarras de la Formación Ananea, está directamente relacionada con la ocurrencia de deslizamientos. Estas estructuras generan planos de debilidad (foliación, estratificación y fracturas) que facilitan el deslizamiento del material, especialmente cuando su orientación coincide con la pendiente del talud.

Los anticlinales y pliegues inclinados producen zonas de roca más deformada y fracturada, reduciendo su resistencia y favoreciendo la infiltración de agua. Esto incrementa la presión de poros y disminuye la resistencia al corte, activando deslizamientos.

En taludes con pendientes elevadas, esta condición estructural, junto con la saturación del suelo y la erosión fluvial en la base, genera zonas de alto peligro por deslizamiento, principalmente de tipo traslacional.

3.8. Hidrología

3.8.1. Hidromorfometría

El distrito de Echarate representa aproximadamente el 36.17 % del territorio de la provincia de La Convención, constituyéndose como uno de los distritos de mayor extensión territorial. En su ámbito geográfico se localiza el centro poblado de Palma Real.

Con el propósito de realizar los cálculos hidrológicos en la Quebrada Palma Real, se procedió a la delimitación de la subcuenca correspondiente, tomando como base sus parámetros hidromorfométricos dentro del área delimitada. Cabe precisar que esta zona de estudio no abarca la totalidad del área general de análisis, sino que se considera únicamente como una unidad de referencia para los cálculos hidrológicos.

La descripción de los parámetros hidromorfométricos requiere considerar las características cuantitativas relacionadas con la fisiografía de la cuenca. El análisis

morfométrico comprende el estudio de variables lineales, de superficie, de relieve y de drenaje, que permiten conocer en detalle las propiedades físicas de una cuenca. Este análisis facilita la comparación entre diferentes cuencas, la interpretación de su comportamiento hidrológico y la definición de estrategias adecuadas para su manejo y conservación (Gaspari, 2012).

Para la determinación de los parámetros hidromorfométricos tales como el área, el perímetro y la longitud del cauce principal se empleó el software ArcGIS, herramienta que permitió obtener de manera precisa y automatizada los valores de dichos parámetros, los cuales se describen a continuación:

A. Área

La zona de estudio tiene un área de 11.3257 km2.

B. Perímetro

La subcuenca de Palma Real tiene un perímetro de 15.7526 km

C. Forma

De la subcuenca de Palma Real

El criterio para considerar, para determinar este parámetro, es el factor forma (Fc), que nos da de manera cuantitativa la forma de la cuenca, con la siguiente expresión:

$$Fc = \frac{A}{L^2}$$

Donde:

Fc; forma de la cuenca

A; área de la cuenca (km^2)

L; longitud del curso del agua más largo (km)

Además, teniendo en cuenta el criterio de la forma de la cuenca:

RANGO	FORMA DE LA CUENCA
0.0 – 0.2	Estrecha y alargada
0.2 – 0.4	Semi alargada

0..4 – 0.6	Semi rectangular

De esta manera, obtendremos los datos de la forma de la cuenca

Subcuenca Palma Real

$$Fc = \frac{11.3257}{5.26^2}$$

$$Fc = 0.4093$$

La Subcuenca Palma Real con el Factor forma de 0.4093, tiene la forma Semi rectangular

D. Drenaje

Tomando en cuenta la densidad de drenaje, que se refiere a la relación entre la longitud total, de los causes de aguas (permanentes y temporales) y el área de la microcuenca, como indica la siguiente relación:

$$Dd = \frac{Lc}{A}$$

Donde:

Dc; densidad de drenaje

Lc; longitud total de los causes de agua (km)

A; área total de la cuenca (km2)

Además de los criterios de escala de drenaje:

RANGO	**DENSIDAD DE LA CUENCA**
0.0 – 0.5	Poco drenado
0.5 – 1.0	Regular
>1.0	Alto

Microcuenca Palma Real

$$Dd = \frac{11.8}{11.3267}$$

$$Dd = 1.0417$$

Tomando en cuenta la densidad de 1.0417, se tiene que la microcuenca de Palma Real tiene drenaje ALTO.

E. Pendiente Media

Para determinar este parámetro se tomó en cuenta la de pendiente media del cauce del río, está representado por la expresión:

$$Pm = \frac{(A - B)}{L} * 100\%$$

Donde:

Pm; pendiente media del cauce (%)

A; punto más alto de la cuenca 1846 (m)

B; punto más bajo de la cuenca 699 (m)

L; longitud del cauce principal (m)

Además de los criterios de pendiente media del cauce:

RANGO	PENDIENTE MEDIA
0.0 – 5.0	Ligeramente inclinado
5.0 – 10	Ligeramente empinado
10 - 15	Moderadamente empinado
>15	Empinado

De esta manera se obtiene los datos de la pendiente media del cauce:

Microcuenca Palma Real:

$$Pm = \frac{(1846 - 699)}{5261} * 100\%$$

$$Pm = 21.80\%$$

Tomando en cuenta la pendiente media de 21.80 %, se tiene que la microcuenca de Palma Real es EMPINADO

- Con los datos obtenidos de los parámetros geomorfológicos, a continuación, se resume en la siguiente tabla:

PARAMETRO	UNIDAD

Área (Km2)	11.3257
Perímetro (km)	15.7526
Factor Forma	0.4093
Densidad de Drenaje (Ríos/Km)	1.0417
Pendiente media (%)	21.80%

3.8.2. HIDROLOGIA

La hidrología tiene un papel muy importante en el estudio de movimientos en masa ya que las precipitaciones de una cuenca hidrográfica suelen actuar como factor desencadenante en la geodinámica externa. Hidrológicamente la ubicación de la subcuenca palma real se encuentra en Cuenca del rio Urubamba.

El centro poblado de Palma Real se encuentra dentro de la provincia de La Convención, en el departamento de Cusco, Perú. Forma parte de la cuenca mayor del río Urubamba, que es uno de los principales afluentes del río Amazonas.

En términos hidrográficos, la cuenca Palma Real abarca las zonas cercanas al centro poblado de Palma Real en el distrito de Echarate. Esta cuenca es conocida por su biodiversidad y su relevancia para el abastecimiento de agua en la región, además de estar asociada a actividades agrícolas, forestales y turísticas.

La subcuenca Palma Real recibe varios afluentes menores que son esenciales para el ecosistema local. El río que atraviesa esta cuenca es clave para las comunidades cercanas, tanto en términos de recursos hídricos como de transporte.

Afluentes de la Cuenca Palma Real:

La cuenca del río Palma Real recibe diversos afluentes menores que alimentan su caudal. Algunos de los principales afluentes son:

- Río La Cañada: Un afluente importante que atraviesa la zona norte de la cuenca.
- Río Paucartambo: Este afluente proviene de la región montañosa del noreste y contribuye a la cuenca, especialmente durante la temporada de lluvias.

- Río Chontabamba: Un afluente menos grande pero que también desempeña un papel importante en la hidrología local.

Además de estos, hay otros arroyos menores que alimentan el río principal de la cuenca Palma Real

Cuencas Colindantes:

La cuenca Palma Real tiene varias cuencas que colindan con ella, en su mayoría dentro de la misma provincia de La Convención. Estas cuencas colindantes son parte del sistema hidrográfico más grande del río Urubamba y se interconectan con la cuenca de Palma Real, principalmente a través de afluentes y zonas de drenaje.

- Cuenca del Río Urubamba: Es la cuenca principal que rodea y conecta varias subcuencas en La Convención, incluida la cuenca Palma Real. El río Urubamba es el gran colector de agua que transporta los caudales de las cuencas más pequeñas como la Palma Real.
- Cuenca del Río Vilcanota: Al sureste de la cuenca Palma Real se encuentra la cuenca del río Vilcanota, que también alimenta el sistema de ríos hacia el río Urubamba.
- Cuenca del Río Timpía: Al sur de la cuenca Palma Real, la cuenca del río Timpía se conecta a través de afluentes menores y contribuye a la hidrología local en la región de Echarate y zonas circundantes.
- Cuenca del Río Aobamba: Esta cuenca colinda con la zona este de Palma Real, con varios afluentes que terminan en el río Urubamba.

La cuenca Palma Real está rodeada principalmente por otras cuencas menores que desembocan en el río Urubamba. Estas cuencas y afluentes tienen un papel crucial en la regulación hídrica y el abastecimiento de agua para las comunidades locales.

Generalidades de la Cuenca del Río Urubamba

La cuenca hidrográfica del río Urubamba (código 4994), conocida en tiempos del incanato como Urupanpa, se origina en los nevados Chiminico, Cuncapata, Sallapata y Jatun Ñaño Punta, a una altitud aproximada de 5,265 m s. n. m. En su tramo inicial, el río forma parte de la cuenca del río Salcca, y al unirse con el río Vilcanota en el distrito de Combapata, adopta el nombre de río Vilcanota. Este recorre gran parte de la región Cusco con dicha denominación y pasa a llamarse río Urubamba al atravesar la ciudad de Urubamba, donde se encuentra el reconocido Valle Sagrado de los Incas.

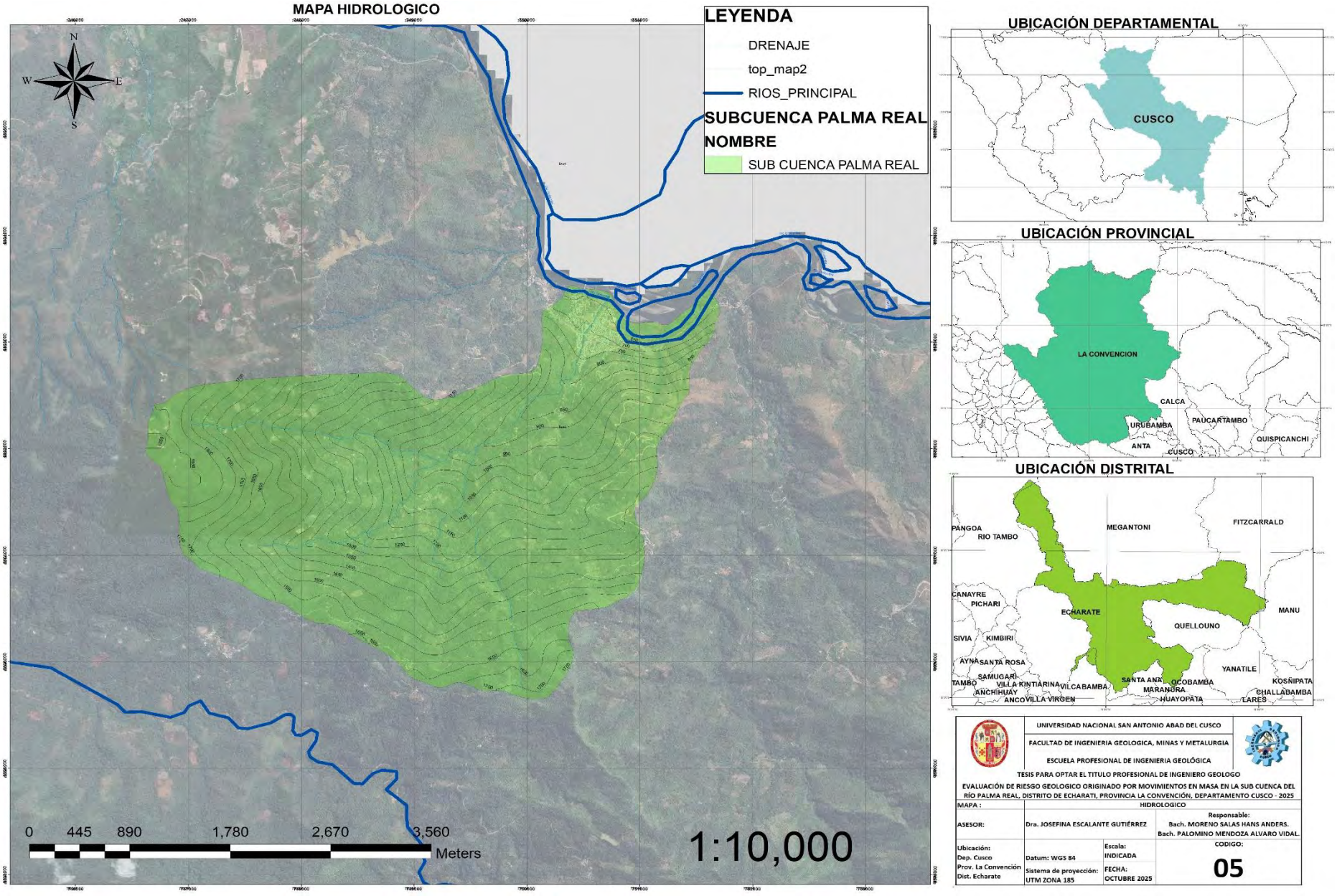
En su trayecto hacia el norte, el Urubamba recibe el aporte de importantes afluentes por su margen derecha, entre los que destacan los ríos Yanatille, Yavero (Paucartambo), Mishagua e Inuya (según el Mapa hidrográfico e inventario de fuentes de agua superficial en el ámbito del ATDR Sicuani).

El río se localiza al noreste del cuadrángulo de Machupicchu y ocupa las zonas oriental y septentrional del cuadrángulo de Quillabamba, constituyéndose como el principal colector de las aguas que descienden de los valles ubicados en la vertiente norte de la Cordillera Oriental.

La dirección del cauce es variable: presenta un trazado sinuoso con orientación este-oeste en el sector de Machupicchu, cambia hacia el noroeste-sureste (NNO–SSE) entre Aobamba y Quillabamba, y luego adquiere una dirección noreste-suroeste (NE–SO) de Quillabamba a Chahuares, volviendo finalmente a orientarse este-oeste entre Chahuares y Cirialo.

A lo largo de su recorrido, el río Urubamba recibe el caudal de diversos afluentes, entre los que destacan los ríos Aobamba, Santa Teresa, Santa María (Lucuma), Vilcabamba, Chuyapi, Yanatile, Coribeni y Cirialo.

Figura 37: Mapa Hidrológico



Precipitación

La zona de estudio se caracteriza por presentar precipitaciones intensas entre los meses de noviembre y abril, siendo enero el mes de mayor pluviosidad. Este periodo se considera crítico debido a que las lluvias intensas favorecen el desencadenamiento de movimientos en masa, convirtiendo a la precipitación en un factor determinante dentro de los procesos de inestabilidad del terreno.

En el área se observa predominantemente precipitación de tipo convectiva, generada por el intenso calentamiento del aire húmedo, lo que produce lluvias fuertes, de corta duración y de ocurrencia frecuente durante las tardes. Asimismo, la influencia orográfica del relieve contribuye a la formación de lluvias abundantes y recurrentes, las cuales desempeñan un papel importante en la dinámica geológica externa que afecta a la zona.

Se recopilaron datos de precipitaciones de tres estaciones meteorológicas (Quillabamba, Machupicchi y Yanatile) cercanas a la ubicación del punto de estudio, estos registros de datos

Tabla 8: Estaciones Meteorológicas Utilizadas

COORDENADAS				
ESTACION	**LONGITUD X**	**LATITUD Y**	**ALTITUD**	**DISTRITO**
Quillabamba	750517.4	8577616.2	1011	**Echarate**
Machupicchu	766026.2	8543147.7	2548	**Machupichu**
Yanatile	795038.1	8596315	1050	**Yanatile**

Figura 38: modelo de estación meteorológica



Fuente: Google

Para comprender el comportamiento hidrológico del rio Palma Real, es necesario seguir una serie de pasos secuenciales que permitan un análisis completo y confiable. El proceso inicia con la recopilación de información meteorológica histórica proveniente del SENAMHI, la cual constituye la base del estudio. Posteriormente, se realiza un análisis exploratorio de los datos, que incluye el completado de registros faltantes, la evaluación de consistencia y el estudio de tendencias. Finalmente, la información procesada se regionaliza para adaptarla y representarla adecuadamente en el ámbito específico de la zona de estudio.

Precipitación del centro poblado de Palma Real

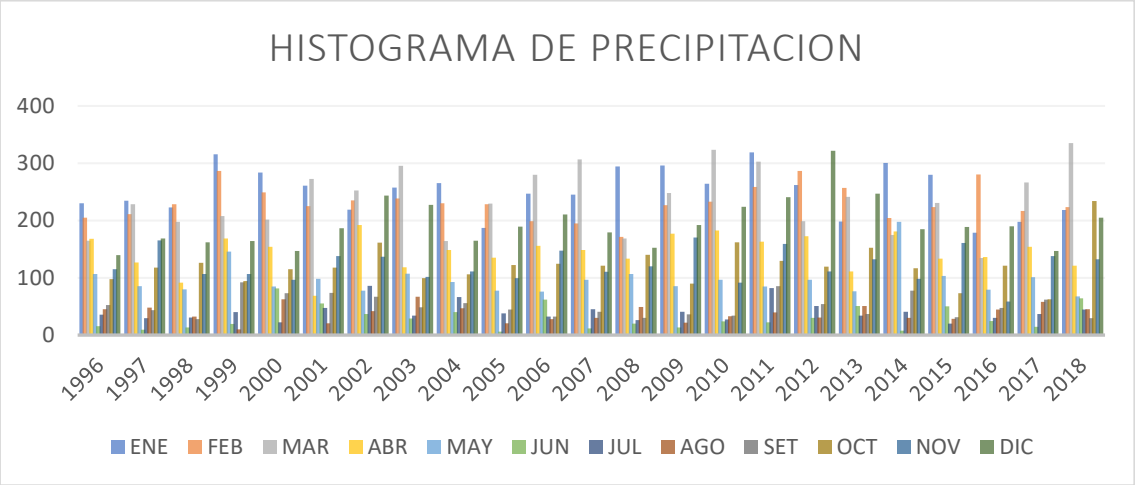
Precipitaciones generadas para el centro poblado de Palma Real se obtuvo a través de la regionalización de tres estaciones meteorológicas para la altitud media de la subcuenca, siendo las ecuaciones de regionalización por regresión simple (Lutz Scholz) lineal para la precipitación.

Tabla 9: registro completado de precipitación acumulada mensual para la subcuenca Palma

REGISTRO COMPLETADO DE PRECIPITACION ACUMULADA MENSUAL														
Estación		Centro poblado de Palma Real			Latitud:		12° 57' 50.69"		Departam :	CUSCO				Precipitacion Anual
Parámetro:		Precipitación Mensual (mm)			Longitud:		72° 31' 41.63"		Provincia:	LA CONVENCION				
Periodo:		1996-2018			Altitud:		2350 msnm		Distrito:	HUAYOPATA				
REGISTRO	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	
1	1996	230.03	205.01	164.82	168.34	106.45	15.3	35.71	44.97	52.24	97.55	114.97	139.87	1375.26
2	1997	234.45	211.1	228.2	126.77	85.34	9.39	29.67	47.74	43.44	117.54	165.19	168.91	1467.74
3	1998	222.93	228.18	197.76	91.51	79.58	13.47	30.64	32.56	27.69	126.15	106.62	161.99	1319.08
4	1999	315.72	286.55	207.72	168.47	145.72	19.45	40.4	9.74	92.23	94.54	106.73	164.42	1651.69
5	2000	283.92	248.86	201.39	153.95	84.83	81.56	22.48	62.74	73.37	115.26	96.37	146.93	1571.66
6	2001	260.92	225.15	272.86	68.86	98.05	55.33	47.21	20.66	73.47	118.04	137.7	186.56	1564.81
7	2002	219.05	235.43	252.66	191.88	77.66	37.03	85.93	41.91	66.76	161.61	136.62	243.68	1750.22
8	2003	257.35	238.78	295.75	118.59	106.97	29.1	34.04	66.73	48.39	99.13	101.88	227.49	1624.2
9	2004	265.28	229.89	164.4	148.64	92.74	40.29	66.32	46.81	55.64	106.11	111.36	164.88	1492.36
10	2005	187.32	228.24	229.83	135.02	77.41	5.86	37.92	20.66	44.63	122.48	99.47	189.3	1378.14
11	2006	247.08	198.76	280.12	155.57	75.77	61.97	32.18	27.78	32.2	124.24	147.59	210.6	1593.86
12	2007	245.09	194.91	306.61	148.36	96.39	11.73	45.03	29.83	40.44	121.03	110.57	179.42	1529.41
13	2008	294.28	171.24	168.61	133.42	106.36	20.16	26.4	49.3	30.34	139.96	120.03	152.33	1412.43
14	2009	296.12	226.94	247.85	177.1	85.56	13.21	40.73	21.7	36.46	89.71	170.53	192.17	1598.08
15	2010	264.45	232.83	323.36	182.49	96.42	23.75	27.34	32.67	33.95	162.23	91.27	223.71	1694.47
16	2011	318.88	258.77	302.86	162.83	85.02	22.42	82.2	39.51	85.14	129.27	159.25	240.83	1886.98
17	2012	261.71	286.55	198.99	172.78	96.37	30.35	50.51	30.41	54.19	119.27	111.34	322.02	1734.49
18	2013	198.3	256.69	241.19	111.27	76.39	50.56	33.92	50.72	36.95	152.69	132.42	246.86	1587.96
19	2014	300.34	204.45	174.54	181.17	197.78	7.55	40.82	30.23	77.47	116.8	98.21	184.87	1614.23
20	2015	279.81	223.54	230.67	133.2	103.07	50.42	19.8	28.53	31.34	72.86	161.01	188.64	1522.89
21	2016	178.84	280.41	134.84	136.05	79.35	24.52	30.27	44.43	47.24	121.44	58.75	189.65	1325.79
22	2017	197.81	216.51	266.35	154.17	101.25	14.55	36.98	58.14	62.12	62.76	137.69	146.85	1455.18
23	2018	218.65	223.32	335.13	121.3	67.49	64.35	44.52	45.37	29.29	233.89	132.29	205.08	1720.68
Media		251.23	230.96	235.94	145.29	96.61	30.54	40.91	38.40	51.09	121.94	122.08	194.65	1559.64
desv. Estandar		40.55	29.02	55.95	30.35	27.43	20.98	16.91	14.41	19.17	34.55	27.52	42.18	145.34
Coef. De Variacion		16.14	12.57	23.71	20.89	28.40	68.70	41.32	37.52	37.53	28.33	22.55	21.67	1078.7
Prec. Max		318.88	286.55	335.13	191.88	197.78	81.56	85.93	66.73	92.23	233.89	170.53	322.02	1886.98
Prec. Min		178.84	171.24	134.84	68.86	67.49	5.86	19.8	9.74	27.69	62.76	58.75	139.87	1319.08

.

Tabla 10: Histograma de Precipitación acumulada mensual desde 1996 - 2018



Para estimar los caudales máximos y extraordinarios, se validaron los registros de precipitaciones máximas en 24 horas correspondientes al periodo 1964 - 2005 de la estación meteorológica de Quillabamba.

A partir de esta información y aplicando el método estadístico de Gumbel, se calcularon los caudales máximos esperados para diferentes periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años, así como las precipitaciones máximas asociadas a dichos intervalos.

Tabla 11: registro completado de precipitación acumulada mensual para la subcuenca Palma Real

DATOS MENSUALES DE PRECIPITACION MAXIMA EN 24 Hrs.(mm)													
AÑOS	EN.	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGS	SEP	OCT	NOB	DIC	MAX
1964	6.1	13.7	23.8	18	23.8	0	0	8	15.5	20.5	24.1	36	36
1965	23	37	60	36	2	1	21.8	10.4	30	24.2	15.9	28	60
1966	21.6	33.5	20.5	16	26.6	5.5	7.2	8	21	26.3	38	22.6	38
1967	12.5	41	25	12.2	7.2	10.2	18	8.9	15	18.2	17.5	25.3	41
1968	38.7	19.6	35	31.2	4.7	1.6	17	12.9	9.9	13.5	17.7	36.7	38.7
1969	19.9	20.8	26.5	22.3	11	16.1	6.5	5.9	7.5	12.5	35	22.2	35
1970	34.8	11.6	40.2	29.5	26.8	9.4	7.2	5.2	15	22	19.7	29.5	40.2
1971	15	42.5	22	24.3	15.5	29.7	1.5	3.7	15	8.8	17.7	13.4	42.5
1972	32	16.4	35.4	16.6	13.7	3	5.4	25.2	8.8	7	25.5	42.7	42.7
1973	28.6	33.4	19.5	26.1	12.9	8	20	24.8	14.3	34	35.7	29.2	35.7
1974	30.6	28.2	25.9	26.6	4	5.5	20.8	24.5	17.7	13	18	22	30.6
1975	42.2	32.5	39.8	33	14.5	7.5	9	16.5	14.2	16.5	42.4	32.6	42.4
1976	35	33.5	26.5	16.9	10.9	4	2.9	27.3	33	15.2	11.5	29.8	35
1977	19.6	40.2	24.9	7.4	35.6	1.4	18	1.2	21.1	8.5	19.8	28.3	40.2
1978	35.8	21	21.2	15.8	60.2	7.5	0	0	0	36.4	14.5	84	84
1979	30.6	20.7	18.8	16.2	11.4	0	10.5	1.3	2.8	11.2	31.2	33.4	33.4
1980	19.8	32.1	27.2	38.1	17	23.5	12.3	16	16.3	20	23.3	38.1	38.1
1981	27.2	39.5	39.5	27.5	10.5	39.5	11.3	11.7	16.1	18.4	24.1	30.3	39.5
1982	45.7	45.4	35.9	31.5	19.1	13	14.7	15.4	26.6	30.3	35.3	46	46
1983	23.4	24.8	24.7	23.1	19.9	15.6	10	3.4	0	7	m	18.1	24.8
1984	19.7	19	18.8	17.1	13.5	8.3	1.7	0	0	7	12	13.4	19.7
1985	12.5	11.6	18.8	22.9	21.9	17.7	11.7	6	2.6	7	13.6	25	25
1986	45.2	62	48.8	89.1	11.2	28.5	0	0	17	20.3	25.9	32.4	89.1
1987	46.2	62	48.8	89.1	11.2	28.5	0	0	21	30	50	60	89.1
1988	46	82.2	77	41.2	25	0	0	0	44	22.4	28.4	37.4	82.2
1989	30.4	21	18	0	21.5	24.8	27.8	0	20.8	30.4	28.4	37.4	37.4
1990	18.4	63.1	45.2	60.7	68	8.2	32.5	25.3	56	39.8	40.8	68	68
1991	48.1	52.5	47.2	48.9	21.3	52.5	12.2	11.9	17	20.3	25.9	21.3	52.5
1992	12.6	22.1	28.1	31.1	31.1	11.9	13.6	12.8	18.7	23.1	30.2	38.3	38.3
1993	35.4	39.4	38.2	34.2	&8	12	14	13	18.9	23.3	305	38.7	305
1994	35.8	39.9	38.6	34.6	24.1	12.1	14.1	13.1	19.1	23.6	30.9	395	395
1995	36.2	43.3	39.1	35	24.3	12.3	14.3	13.3	19.3	23.9	31.2	39.6	43.3
1996	36.7	43.8	39.5	35.4	24.6	12.4	14.4	135	19.6	24.1	31.6	40.1	135
1997	37.1	41.3	40	35.8	24.9	12.6	14.6	13.6	19.8	24.4	31.9	405	405
1998	37.5	41.7	40.4	35.2	25.2	12.7	14.8	13.8	20	24.7	32.3	41	41.7
1999	37.9	42.2	40.9	35.6	25.4	12.8	14.9	13.9	20.2	25	32.6	41.4	42.2
2000	57.9	44.7	20	15.5	7.6	15.8	0.6	14.2	17	25.3	13.1	20	57.9
2001	44.7	44.3	30.3	14	10.6	2.2	15	9.5	11.2	25.3	33.2	16.5	44.7
2002	21.8	54.5	47.1	10.3	9.2	5.5	12.9	9.2	8	25.3	25.2	57.1	57.1
2003	46.2	36	29.7	24.6	5.6	3.4	5	27.5	22.3	20.4	22.3	27	46.2
2004	19.5	31	21.8	23.6	18.4	6.6	38.1	14.5	14	19.2	28.9	20	38.1
2005	29.4	28.3	28.2	26.2	24.6	6.9	20.3	5.2	15.7	18.5	8.1	40.6	40.6
MAX	57.9	82.2	77	89.1	68	52.5	38.1	135	56	39.8	305	405	

Tabla 12: Precipitaciones con periodos de retorno.

PROBABILIDADES DE LLUVIA (GUMBEL)	
T (años)	**P(T) (mm)**
2	78.26444
5	172.2557
10	234.4861
25	313.1143
50	371.4452
100	429.3455

Probabilidades de Lluvia (Gumbel)", lo que indica que los valores fueron calculados empleando el método de Gumbel, común en hidrología para estimar eventos extremos. T (años) representa el período de retorno, es decir, el intervalo promedio en el que se espera que un evento de determinada magnitud ocurra una vez. P(T) (mm) es la precipitación máxima estimada para ese período de retorno.

Los resultados obtenidos mediante la distribución de Gumbel muestran las precipitaciones máximas esperadas para diferentes períodos de retorno en el centro poblado de Palma Real. Estos valores permiten estimar la intensidad de lluvias extremas que podrían ocurrir cada cierto número de años. En general, se observa que, a mayor período de retorno, mayor es la precipitación estimada, lo que indica que los eventos de lluvia más intensos son menos frecuentes, pero potencialmente más peligrosos.

En el centro poblado de Palma Real una lluvia de aproximadamente 78 mm es un evento relativamente común que puede repetirse cada 2 años, mientras que precipitaciones del orden de 400 mm, asociadas a un período de devolución de 100 años, representan eventos extremos que pueden ocasionar movimientos en masa e inundaciones severas y requieren un diseño hidráulico especial. Estos resultados son fundamentales para la gestión del riesgo hídrico, la planificación territorial y el diseño de infraestructuras dentro del centro poblado de Palma Real.

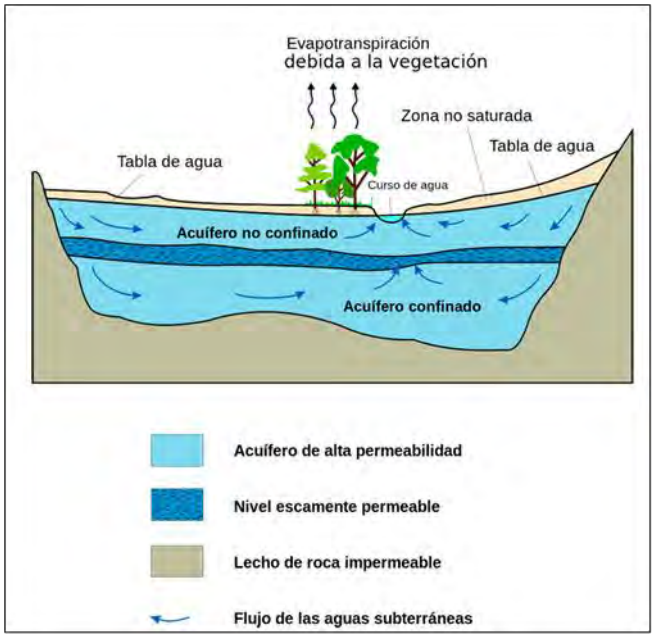
3.9. Hidrogeología

Acuíferos

Los acuíferos son estructuras geológicas subterráneas formadas por capas de roca o sedimentos permeables que permiten almacenar y conducir agua subterránea. Actúan como reservorios naturales de agua dulce, los cuales se recargan mediante la infiltración del agua proveniente de la lluvia, el deshielo u otras fuentes superficiales. Constituyen almacenes de enormes reservas que pueden ser utilizadas, mediante obras de captación.

Los acuíferos son rocas o suelos capaces "de almacenar y transmitir agua subterránea… aquella que permite el movimiento del agua por gravedad... Los acuíferos pueden ser porosos consolidados o no consolidados, fisurados, kársticos o combinaciones de estos" (Carlotto et al., 2011, p. 155).

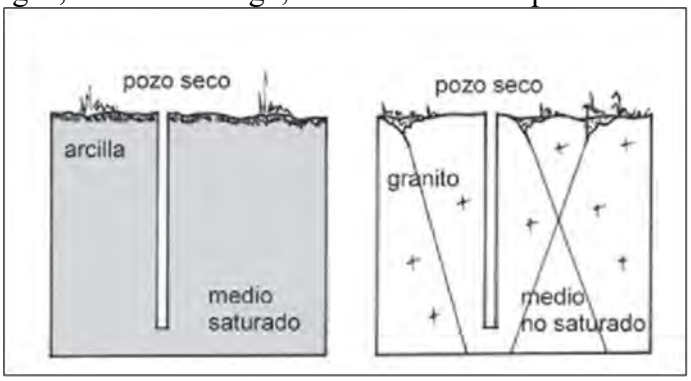
Figura 39: Acuífero confinado y no confinado



Acuicludos

Rocas o suelos capaces "de almacenar agua, incluso hasta llegar al punto de saturación, pero no la trasmiten. Este tipo de material se caracteriza por ser poroso, pero no permeable, aunque puede estar saturada, tiene tan baja permeabilidad que no permite flujo significativo de agua hacia pozos, manantiales u otras formas de descarga. Ejemplos típicos de acuícludos son ciertos tipos de limos, arcillas muy compactas o pizarras poco fisuradas." (Carlotto et al., 2011, p. 155).

Figura 40: Gráfico comparativo de un acuícludo, que almacena, pero no transmite agua, con un acuífugo, mostrando ambos pozos secos.



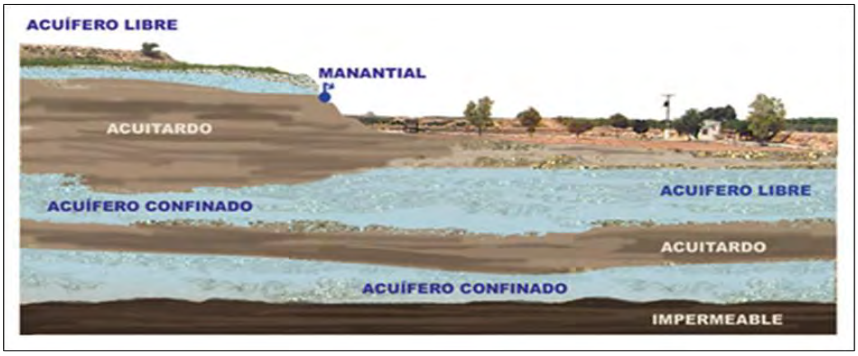
Acuifugos

"Es toda formación geológica que no almacena ni transmite agua. Son rocas impermeables y se comportan como sello, es decir, condicionan el almacenamiento en otras unidades rocosas permeables" (Carlotto et al., 2011, p. 155).

Acuitardos

"Son rocas o suelos que almacenan y transmiten lentamente el agua en su interior o en forma localizada debido a su poca permeabilidad" (Carlotto et al., 2011, p. 155).

Figura 41: Capa geológica semipermeable (marcada como "acuítardo") situada entre un acuífero superior y uno inferior.

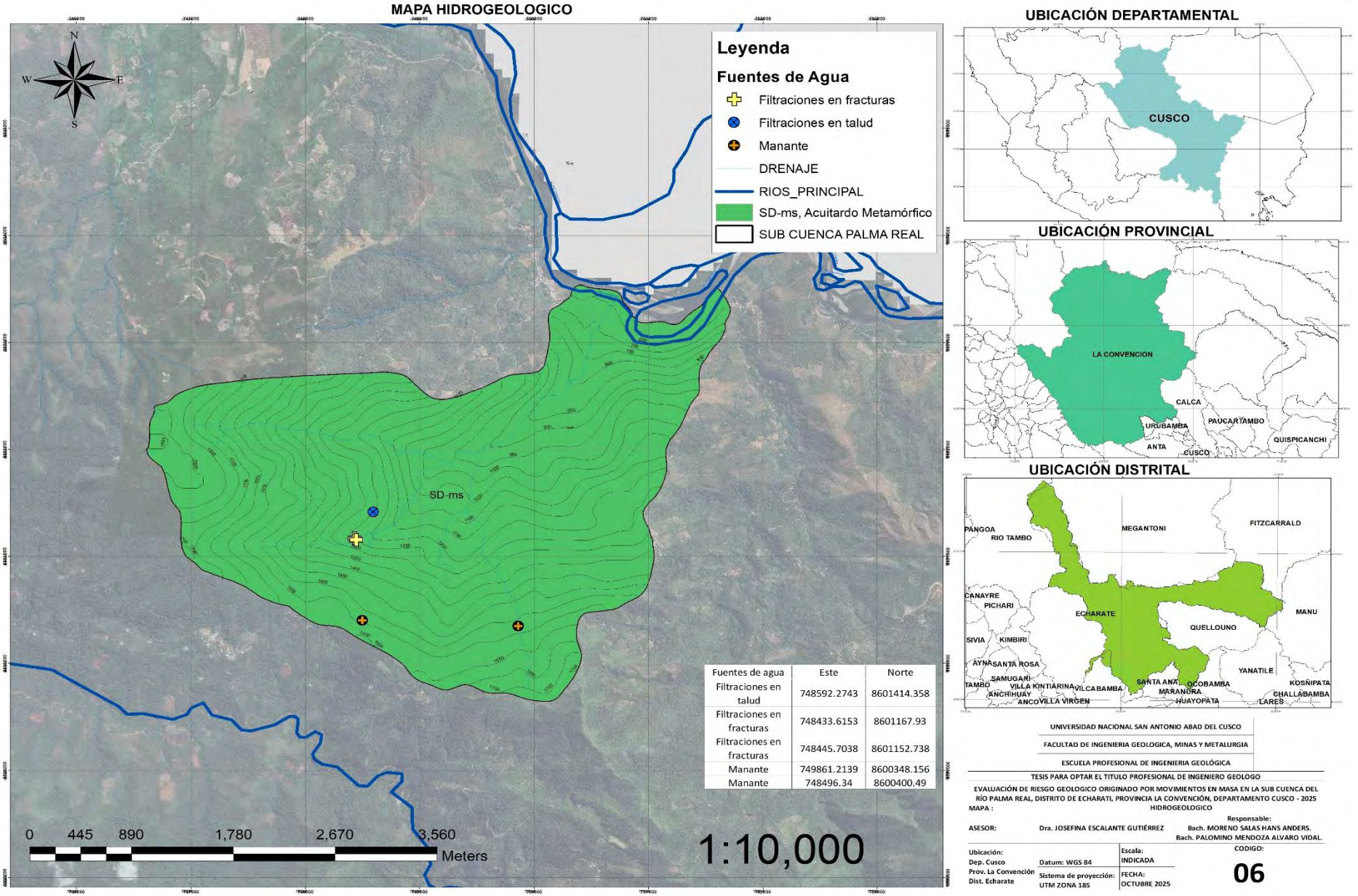


En la gestión del riesgo, resulta esencial identificar los acuíferos presentes en la zona, ya que su influencia en la saturación del suelo puede convertirse en un factor determinante en el desencadenamiento de movimientos en masa. Los acuíferos se pueden clasificar en 3 tipos:

Tabla 13: tipo de acuíferos según porosidad, litología y presión de agua

Criterio de clasificación	Tipos de acuíferos
Según el tipo de porosidad	- Acuíferos porosos (consolidados y no consolidados).
	- Acuíferos fisurados.
	- Acuíferos kársticos.
Según su litología	- Acuíferos detríticos.
	- Acuíferos carbonatados.
Según la presión del agua	- Acuíferos libres.
	- Acuíferos confinados.
	- Acuíferos semiconfinados.

Figura 42: Mapa Hidrogeológico



3.9.1. Clasificación Hidrogeológica de las Unidades Geológicas

Acuíferos poroso no consolidado

En la quebrada se logró identificar filtraciones de baja productividad pudiendo ser parte de descarga de acuíferos porosos lo cual tienen mayor importancia en el tema de evaluación de riesgo ya que puede ser un factor importante de inestabilidad de taludes produciendo eventos de movimientos en masa.

Los acuíferos porosos en la zona de estudio se desarrollan principalmente en materiales aluviales, coluviales y fluvio-aluviales formados por arenas, gravas, limos y arcillas que rellenan los valles y terrazas. Estos depósitos, al no estar consolidados, presentan una alta porosidad primaria que permite el almacenamiento y movimiento del agua subterránea entre los espacios intergranulares. El origen de estos acuíferos está vinculado a los procesos de sedimentación fluvial y transporte de materiales desde las zonas altas hacia el fondo del valle, producto de la erosión y acumulación durante eventos pluviales intensos o movimientos en masa antiguos.

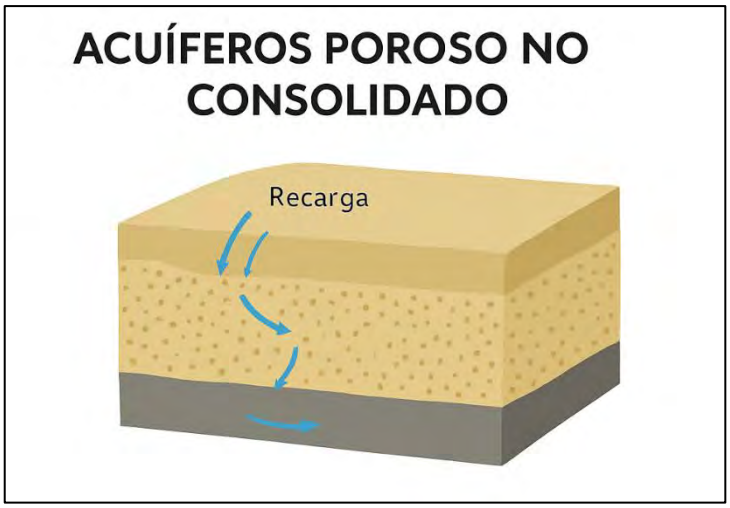
Hidrogeológicamente, estos acuíferos muestran una buena capacidad de almacenamiento y transmisividad, aunque su espesor y continuidad lateral pueden variar según la topografía y el tipo de sedimento. La recarga se da principalmente por infiltración directa de lluvias, filtración desde los cauces de quebradas y ríos, y percolación desde los suelos superiores. Sin embargo, debido a su naturaleza poco consolidada, estos acuíferos son muy vulnerables a la contaminación por filtración de aguas residuales o sustancias superficiales.

Entre los impactos y riesgos asociados destacan la inestabilidad del terreno por saturación durante la temporada de lluvias, que puede generar licuación o pequeños deslizamientos en zonas con pendientes suaves. Además, la variación del nivel freático puede afectar la estabilidad de cimentaciones, carreteras y estructuras civiles.

Figura 43: filtraciones en talud de la Quebrada Palma Real



Figura 44: Acuíferos porosos no consolidado en depósitos coluviales, fluvio-aluviales.



Acuífero fisurado

En la quebrada se logró identificar acuíferos fisurados presentándose en rocas sienogranito siendo de porosidad secundaria produciendo filtraciones de baja productividad pudiendo ser parte de descarga de acuíferos porosos.

Los acuíferos fisurados en rocas de pizarra presentes en la cuenca de Palma Real, distrito de Echarati, se desarrollan principalmente en materiales metamórficos de baja porosidad primaria, pero con una importante fracturación secundaria que permite el almacenamiento y circulación del agua subterránea. Su origen está asociado a los procesos

de tectonismo y meteorización que han afectado a las formaciones de pizarra, generando una red de fracturas, diaclasas y planos de foliación que facilitan la infiltración del agua, mientras que la meteorización química origina un saprolito o regolito arcilloso que actúa como zona de recarga y almacenamiento temporal. Este tipo de acuífero presenta un comportamiento de doble porosidad o doble permeabilidad, donde el agua se almacena en los poros finos del regolito y circula más rápidamente a través de las fracturas de la roca.

Las características hidrogeológicas de estos acuíferos muestran una alta variabilidad espacial y anisotropía, ya que la conductividad hidráulica depende del grado de fracturación y del espesor del saprolito. La recarga ocurre principalmente por infiltración directa de lluvias en zonas con cobertura vegetal y en quebradas, siendo más efectiva en la temporada húmeda. Los rendimientos de los pozos en este tipo de medio suelen ser modestos y dependen de la interconexión entre las fracturas activas y los materiales no consolidados.

En cuanto a los impactos y riesgos asociados, la saturación del saprolito o coluvio durante periodos de lluvia intensa puede reducir la resistencia al corte de los materiales, provocando deslizamientos y movimientos en masa, lo que representa un riesgo geotécnico relevante en las laderas montañosas de Palma Real. Asimismo, los incrementos del nivel freático pueden ocasionar la emergencia de manantiales o la saturación de taludes, afectando la estabilidad de carreteras, cimentaciones y otras obras civiles. Además, debido a la rápida infiltración a través de fracturas, estos acuíferos presentan alta vulnerabilidad a la contaminación, ya que los sedimentos y contaminantes superficiales pueden desplazarse hacia el agua subterránea. Finalmente, la disminución del nivel freático en la estación seca puede reducir la disponibilidad de agua en pozos domésticos y limitar la capacidad de almacenamiento del acuífero, afectando directamente el abastecimiento local y la sostenibilidad del recurso hídrico.

Figura 45 Filtraciones por fracturas en afloramiento de roca metamórfica pizarra



Figura 46: *Filtraciones por fracturas en afloramiento de roca metamórfica pizarra*



Figura 47: Acuífero fisurado en afloramiento de roca metamórfica pizarra



3.9.2. Efectos de la hidrogeología en los taludes evaluados

1. Aumento de la presión de poros

La presencia de aguas subterráneas dentro de un talud genera un incremento de la presión de poros en los materiales que lo conforman. Esta presión actúa en los espacios vacíos entre las partículas del suelo o en las fracturas de la roca, disminuyendo la resistencia efectiva del material. Como consecuencia, se reduce la capacidad del talud para soportar esfuerzos, aumentando la probabilidad de que se produzcan deslizamientos o fallas en la ladera.

2. Saturación del suelo

La infiltración de agua en el terreno, especialmente durante periodos de precipitaciones intensas, puede provocar la saturación de los suelos que conforman el talud. Cuando el suelo alcanza su estado de saturación, las partículas pierden parte de su cohesión natural y se reduce la estabilidad del material. Esta condición favorece la ocurrencia de procesos de remoción en masa, debido a que el suelo saturado presenta menor resistencia al movimiento.

3. Reducción de la fricción interna

El agua que circula en el interior del suelo o a lo largo de discontinuidades en la roca puede actuar como un agente lubricante entre las partículas o planos de debilidad. Este fenómeno disminuye el ángulo de fricción interna del material, uno de los parámetros fundamentales que controlan la estabilidad de los taludes. Al reducirse la fricción, el material tiene mayor facilidad para desplazarse pendiente abajo bajo la acción de la gravedad.

4. Incremento del peso del talud

La acumulación de agua en el interior del suelo o de los depósitos coluviales y aluviales incrementa el peso total del talud. Este aumento de peso genera mayores esfuerzos

gravitacionales que actúan sobre la pendiente, lo que puede superar la resistencia del material y provocar inestabilidad. En terrenos con pendientes pronunciadas, este efecto es aún más significativo, ya que el peso adicional favorece el desplazamiento de los materiales.

5. Erosión interna o lavado de finos

El flujo de agua subterránea a través de los poros del suelo puede provocar la remoción de partículas finas, fenómeno conocido como erosión interna o lavado de finos. Este proceso genera una pérdida gradual de material que debilita la estructura del suelo y crea vacíos o cavidades internas. Con el tiempo, esta pérdida de soporte puede generar asentamientos, agrietamientos o incluso la falla del talud.

6. Activación de movimientos en masa

La combinación de infiltración, saturación del suelo, aumento de presión de poros y reducción de la resistencia del material puede desencadenar diferentes tipos de movimientos en masa. Entre los más comunes se encuentran los deslizamientos, caídas de rocas y flujos de detritos. Estos procesos se intensifican principalmente durante la temporada de lluvias, cuando el aporte de agua al sistema subterráneo aumenta significativamente y reduce la estabilidad de las laderas.

3.10. Geotecnia

3.10.1. Generalidades

La caracterización de las unidades geológicas de la zona de estudio nos permite comprender el comportamiento del suelo y la roca ante fuerzas naturales y antrópicas. Estos parámetros nos ayudaran a determinar las causas desencadenantes de la inestabilidad de los taludes presentes, y a su vez, formular soluciones apropiadas a cada proceso geodinámico.

1. Caracterización Geomecánica de Afloramientos Rocosos

Permite comprender la estructura interna y el comportamiento resistente del macizo rocoso, siendo esencial para la seguridad de taludes. A través de la observación de campo, la medición de discontinuidades y la aplicación de sistemas de clasificación, se obtiene una evaluación cuantitativa y cualitativa del terreno (RMR de Bieniawski) que orienta las decisiones de ingeniería y gestión del riesgo geotécnico tomando en cuenta los siguientes parámetros:

- Resistencia uniaxial de la matriz rocosa.
- Grado de fracturación en términos del RQD.
- Espaciado de las discontinuidades.
- Condiciones de las discontinuidades.
- Condiciones hidrogeológicas.
- Orientación de las discontinuidades con respecto a la excavación.

2. Estaciones Geomecánicas

PROYECTO: EVALUACIÓN DEL RIESGO GEOLÓGICO ORIGINADO POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LA SUBCUENCA DEL RÍO PALMA REAL, DISTRITO DE ECHARATI, PROVINCIA LA CONVENCIÓN, DEPARTAMENTO CUSCO – 2025

UBICACIÓN: SUB CUENCA PALMA REAL, DIST: ECHARATI, PROV: LA CONVENCION, REGIÓN: CUSCO

SOLICITANTE: BACH. ALVARO VIDAL PALOMINO MENDOZA, BACH HANS ANDERS MORENO SALAS

RESUMEN VALORACIÓN DEL RMR

Zona / Perforación	Estación Geomécanica	Calicata	Profundidad (m)	Tipo de Roca	RMR Básico	RMR Ajustado	RMR 89	Clase de Roca RMR Ajustado	Calidad RMR Ajustado
TALUD CARRETERA	EG-01	---	Superficial	Pizarras	60.00	35.00	60.00	IV	Mala
	EG-02	---	Superficial	Areniscas	73.00	48.00	73.00	III	Regular
	EG-03	---	Superficial	Areniscas	58.00	33.00	58.00	IV	Mala

ESTACION GEOMECANICA 01

Figura 48: Zona de selección para la estación geomecánica inicial



Figura 49: Estación geomecánica 01



Figura 50: determinación del valor de RMR de la estación geomecánica 01

PROYECTO: EVALUACIÓN DEL RIESGO GEOLÓGICO ORIGINADO POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LA SUBCUENCA DEL RÍO PALMA REAL, DISTRITO DE ECHARATI, PROVINCIA LA CONVENCIÓN, DEPARTAMENTO CUSCO – 2025

UBICACIÓN: SUB CUENCA PALMA REAL, DIST: ECHARATI, PROV: LA CONVENCION, REGIÓN: CUSCO

SOLICITANTE: BACH. ALVARO VIDAL PALOMINO MENDOZA, BACH | Profundidad (m): Superficial | ESTACION GEOMÉCANICA EG-01 | CALICATA --

VALORACION DEL MACIZO ROCOSO

CLASIFICACION GEOMECANICA DE BIENIAWSKI

DETERMINACION DEL VALOR DE RMR (ROCK MASS RATING)

1.- RESISTENCIA DE LA ROCA INTACTA (Ensayo de Compresión Uniaxial)							44.5 Mpa
Rango de valores	> 250	100 - 250	50 - 100	25 - 50	5 - 25	1 - 5	< 1
Puntaje	15	12	7	4	2	1	0
					Valoración :		4

2.- VALOR DE RQD (Rock Quality Index)						70.00 %
Rango de valores	90 - 100	75 - 90	50 - 75	25 - 50	< 25	
Puntaje	20	17	13	8	3	
				Valoración :		13

3.- ESPACIADO DE LAS DISCONTINUIDADES						0.30 m
Rango de valores	> 2	0.6 - 2	0.2 - 0.6	0.06 - 0.2	< 0.06	
Puntaje	20	15	10	8	5	
				Valoración :		10

4.- CONDICION DE LAS DISCONTINUIDADES						
Persistencia de las discontinuidades						30 m
Rango de valores	< 1	1 - 3	3 - 10	10 - 20	> 20	
Puntaje	6	4	2	1	0	
				Valoración :		0
Separación (apertura)						0 mm
Rango de valores	Ninguno	< 0.1	0.1 - 1.0	1 - 5	> 5	
Puntaje	6	5	4	1	0	
				Valoración :		6
Rugosidad						SR
Condición	Muy rugosa VR	Rugosa R	Ligeramente rugosa SR	Lisa L	Superficie pulida SK	
Puntaje	6	5	3	1	0	
				Valoración :		3
Relleno						0 mm
Rango de valores	Ninguno	Duro < 5	Duro > 5	Blando < 5	Blando > 5	
Puntaje	6	4	2	2	0	
Marque con X el tipo de relleno :		Blando :	X	Duro :	Valoración :	6
Meteorización						MW
Condición	No Intemperizada UW	Ligeramente Intemperizada SW	Moderadamente Intemperizada MW	Altamente Intemperizada HW	Completamente Intemperizada CW	
Puntaje	6	5	3	1	0	
				Valoración :		3

5.- CONDICIONES GENERALES DEL AGUA SUBTERRANEA						CD
Condición	Completamente seca CD	Humeda DM	Mojada WT	Goteo DP	Flujo FW	
Puntaje	15	10	7	4	0	
				Valoración :		15

6.- AJUSTE POR ORIENTACION DE LAS DISCONTINUIDADES						FR
Orientaciones del rumbo y buzamiento		Muy Favorable VF	Favorable FV	Regular FR	Desfavorable UF	Muy desfavorable VU
Puntaje según el tipo de trabajo	Túneles y minas (T)	0	-2	-5	-10	-12
	Cimentaciones (F)	0	-2	-7	-15	-25
	Taludes (S)	0	-5	-25	-50	-60
Indique el tipo de trabajo : S					Valoración :	-25

VALOR DE RMR		
RMR Básico	:	60
RMR Ajustado	:	35
RMR89 (condiciones secas y muy favorables)	:	60
Tipo de terreno	:	IV
Cohesión (c) KPa	:	300
Angulo de fricción interna (°)	:	35.0

El valor del RMR de Bieniawski tiene como resultado un RMR básico de 60, correspondiente a un macizo rocoso de calidad regular (clase III), al considerar un ajuste por orientación de discontinuidades para condiciones de talud, el valor disminuyes a 35, clasificándose como roca mala (clase IV). Este resultado evidencia que, aunque la

resistencia de la roca intacta es moderada, la disposición estructural de las discontinuidades reduce significativamente la estabilidad del macizo, incrementando la susceptibilidad a procesos de movimientos en masa como deslizamientos y caída de bloques.

ESTACION GEOMECANICA 02

Figura 51: Zona de selección para la estación geomecánica 02



***Figura 52**: Estación geomecánica 02*



Figura 53: determinación del valor de RMR de la estación geomecánica 02

PROYECTO: EVALUACIÓN DEL RIESGO GEOLÓGICO ORIGINADO POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LA SUBCUENCA DEL RÍO PALMA REAL, DISTRITO DE ECHARATI, PROVINCIA LA CONVENCIÓN, DEPARTAMENTO CUSCO – 2025

UBICACIÓN: SUB CUENCA PALMA REAL, DIST: ECHARATI, PROV: LA CONVENCION, REGIÓN: CUSCO

SOLICITANTE: BACH. ALVARO VIDAL PALOMINO MENDOZA, BACH | Profundidad (m): Superficial | ESTACION GEOMÉCANICA EG-02 | CALICATA —

VALORACION DEL MACIZO ROCOSO

CLASIFICACION GEOMECANICA DE BIENIAWSKI

DETERMINACION DEL VALOR DE RMR (ROCK MASS RATING)

1.- RESISTENCIA DE LA ROCA INTACTA *(Ensayo de Compresión Uniaxial)*							55.1 Mpa
Rango de valores	> 250	100 - 250	50 - 100	25 - 50	5 - 25	1 - 5	< 1
Puntaje	15	12	7	4	2	1	0
					Valoración :		7

2.- VALOR DE RQD *(Rock Quality Index)*						90.00 %
Rango de valores	90 - 100	75 - 90	50 - 75	25 - 50	< 25	
Puntaje	20	17	13	8	3	
				Valoración :		20

3.- ESPACIADO DE LAS DISCONTINUIDADES						0.01 m
Rango de valores	> 2	0.6 - 2	0.2 - 0.6	0.06 - 0.2	< 0.06	
Puntaje	20	15	10	8	5	
				Valoración :		5

4.- CONDICION DE LAS DISCONTINUIDADES						
Persistencia de las discontinuidades						0.5 m
Rango de valores	< 1	1 - 3	3 - 10	10 - 20	> 20	
Puntaje	6	4	2	1	0	
				Valoración :		6
Separación (apertura)						0 mm
Rango de valores	Ninguno	< 0.1	0.1 - 1.0	1 - 5	> 5	
Puntaje	6	5	4	1	0	
				Valoración :		6
Rugosidad						SR
Condición	Muy rugosa VR	Rugosa R	Ligeramente rugosa SR	Lisa L	Superficie pulida SK	
Puntaje	6	5	3	1	0	
				Valoración :		3
Relleno						0 mm
Rango de valores	Ninguno	Duro < 5	Duro > 5	Blando < 5	Blando > 5	
Puntaje	6	4	2	2	0	
Marque con X el tipo de relleno :		Blando : X	Duro :	Valoración :		6
Meteorización						SW
Condición	No Intemperizada UW	Ligeramente intemperizada SW	Moderadamente Intemperizada MW	Altamente Intemperizada HW	Completamente Intemperizada CW	
Puntaje	6	5	3	1	0	
				Valoración :		5

5.- CONDICIONES GENERALES DEL AGUA SUBTERRANEA						CD
Condición	Completamente seca CD	Humeda DM	Mojada WT	Goteo DP	Flujo FW	
Puntaje	15	10	7	4	0	
				Valoración :		15

6.- AJUSTE POR ORIENTACION DE LAS DISCONTINUIDADES						FR
Orientaciones del rumbo y buzamiento		Muy Favorable VF	Favorable FV	Regular FR	Desfavorable UF	Muy desfavorable VU
Puntaje según el tipo de trabajo	Túneles y minas (T)	0	-2	-5	-10	-12
	Cimentaciones (F)	0	-2	-7	-15	-25
	Taludes (S)	0	-5	-25	-50	-60
Indique el tipo de trabajo : S				Valoración :		-25

VALOR DE RMR		
RMR Básico	:	73
RMR Ajustado	:	48
RMR89 (condiciones secas y muy favorables)	:	73
Tipo de terreno	:	III
Cohesión (c) KPa	:	365
Angulo de fricción interna (°)	:	41.5

La estación geomecánica EG-02 presentó un RMR básico de 73, correspondiente a un macizo rocoso de buena calidad (Clase II), lo que evidencia adecuadas propiedades mecánicas del material rocoso. Sin embargo, al aplicar el ajuste por orientación de discontinuidades para condiciones de talud, el RMR disminuyó a 48, clasificándose como

roca de calidad regular (Clase III). Este resultado indica una estabilidad moderada del macizo y una susceptibilidad media a movimientos en masa, condicionada principalmente por la orientación estructural de las discontinuidades.

ESTACION GEOMECANICA 03

Figura 54: Zona de selección para la estación geomecánica 03



Figura 55: Estación geomecánica 03



Figura 56: determinación del valor de RMR en la estación geomecánica 03

PROYECTO: EVALUACIÓN DEL RIESGO GEOLÓGICO ORIGINADO POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LA SUBCUENCA DEL RÍO PALMA REAL, DISTRITO DE ECHARATI, PROVINCIA LA CONVENCIÓN, DEPARTAMENTO CUSCO – 2025

UBICACIÓN: SUB CUENCA PALMA REAL, DIST: ECHARATI, PROV: LA CONVENCION, REGIÓN: CUSCO

SOLICITANTE: BACH. ALVARO VIDAL PALOMINO MENDOZA, BACH — Profundidad (m): Superficial — ESTACION GEOMECANICA: EG-03 — CALICATA: —

VALORACION DEL MACIZO ROCOSO
CLASIFICACION GEOMECANICA DE BIENIAWSKI

DETERMINACION DEL VALOR DE RMR (ROCK MASS RATING)

1.- RESISTENCIA DE LA ROCA INTACTA (Ensayo de Compresión Uniaxial)							62.3 Mpa
Rango de valores	> 250	100 - 250	50 - 100	25 - 50	5 - 25	1 - 5	< 1
Puntaje	15	12	7	4	2	1	0
Valoración :							7

2.- VALOR DE RQD (Rock Quality Index)						70.00 %
Rango de valores	90 - 100	75 - 90	50 - 75	25 - 50	< 25	
Puntaje	20	17	13	8	3	
Valoración :						13

3.- ESPACIADO DE LAS DISCONTINUIDADES						0.01 m
Rango de valores	> 2	0.6 - 2	0.2 - 0.6	0.06 - 0.2	< 0.06	
Puntaje	20	15	10	8	5	
Valoración :						5

4.- CONDICION DE LAS DISCONTINUIDADES						
Persistencia de las discontinuidades						0.2 m
Rango de valores	< 1	1 - 3	3 - 10	10 - 20	> 20	
Puntaje	6	4	2	1	0	
Valoración :						6
Separación (apertura)						10 mm
Rango de valores	Ninguno	< 0.1	0.1 - 1.0	1 - 5	> 5	
Puntaje	6	5	4	1	0	
Valoración :						6
Rugosidad						R
Condición	Muy rugosa VR	Rugosa R	Ligeramente rugosa SR	Lisa L	Superficie pulida SK	
Puntaje	6	5	3	1	0	
Valoración :						5
Relleno						5 mm
Rango de valores	Ninguno	Duro < 5	Duro > 5	Blando < 5	Blando > 5	
Puntaje	6	4	2	2	0	
Marque con X el tipo de relleno :		Blando :	X	Duro :	Valoración :	2
Meteorización						SW
Condición	No Intemperizada UW	Ligeramente intemperizada SW	Moderadamente Intemperizada MW	Altamente Intemperizada HW	Completamente Intemperizada CW	
Puntaje	6	5	3	1	0	
Valoración :						5

5.- CONDICIONES GENERALES DEL AGUA SUBTERRANEA						CD
Condición	Completamente seca CD	Humeda DM	Mojada WT	Goteo DP	Flujo FW	
Puntaje	15	10	7	4	0	
Valoración :						15

6.- AJUSTE POR ORIENTACION DE LAS DISCONTINUIDADES						FR
Orientaciones del rumbo y buzamiento		Muy Favorable VF	Favorable FV	Regular FR	Desfavorable UF	Muy desfavorable VU
Puntaje según el tipo de trabajo	Túneles y minas (T)	0	-2	-5	-10	-12
	Cimentaciones (F)	0	-2	-7	-15	-25
	Taludes (S)	0	-5	-25	-50	-60
Indique el tipo de trabajo : S					Valoración :	-25

VALOR DE RMR		
RMR Básico	:	58
RMR Ajustado	:	33
RMR89 (condiciones secas y muy favorables)	:	58
Tipo de terreno	:	IV
Cohesión (c) KPa	:	290
Angulo de fricción interna (°)	:	34.0

La estación geomecánica EG-03 presentó un RMR básico de 58, clasificándose como macizo rocoso de calidad regular (Clase III). Sin embargo, al aplicar el ajuste por orientación de discontinuidades para condiciones de talud, el valor disminuyó a 33, correspondiente a roca mala (Clase IV). Este resultado evidencia que, a pesar de la

adecuada resistencia de la roca intacta, la cercanía entre discontinuidades, su apertura, la presencia de relleno y su orientación desfavorable incrementan significativamente la susceptibilidad del sector a movimientos en masa.

3.10.2. Exploraciones de Campo

Para determinar las características físico-mecánicas de los suelos de la zona de estudio, se realizaron excavaciones a cielo abierto o calicatas, con la finalidad de extraer muestras de suelo alteradas. Paralelamente se realizaron descripciones de los perfiles estratigráficos de cada calicata. Según la normativa correspondiente.

Tabla 14: Ensayos in situ

ENSAYOS IN SITU	NORMATIVA
Pozos o calicatas	ASTM D 420
Técnicas de muestreo	ASTM D 420
Descripción Visual de Suelos	ASTM D 2487

3. Registro de Perfil Estratigráfico Norma ASTM D 2487.

A partir de la información obtenida durante las actividades de campo y de los análisis desarrollados en laboratorio, se construyó el perfil estratigráfico característico que representa las condiciones del terreno en estudio:

CALICATA N° 01

Figura 57: excavación de calicata N° 01





Figura 58: registro de excavación de la calicata N°01

REGISTRO DE EXCAVACIÓN

PROYECTO : EVALUACION DEL RIESGO GEOLOGICO ORIGINADO POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LA SUBCUENCA DEL RIO PALMA REAL, DISTRITO DE ECHARATI, LA PROVINCIA LA CONVENCION, DEPARTAMENTO CUSCO - 2025

UBICACIÓN : SUBCUENCA DE PALMA REAL, DISTRITO DE ECHARATI, PROVINCIA LA CONVENCION, DEPARTAMENTO CUSCO
SOLICITAD : BACH. ALVARO VIDAL PALOMINO MENDOZA, BACH. HANS AN **REALIZADO POR** ING. FERNANDO VILAVILA NORIEGA
PROFUNDI : 1.40 m **PROGRESIVA:** --- **ESTRUCTURA :** ---
N. F. : 1.40 m **FECHA :** 28/10/2025

CALICATA N° **C-1**

PROF. (m)	ESTRATO	SIMBOLO	DESCRIPCIÓN DEL ESTRATO	CLASIFI C. SUCS	CLASIFI C. AASHTO
0.50	E-1	GP-GC	*Grava pobremente gradada con arcilla de color pardo claro de color marron grisaceo, en estado suelto de plasticidad media, con 10.52% de contenido de humedad, 57.88% de contenido de gravas, 36.76% de arena y un 5.36% de material fino que pasa la malla N° 200, presenta 33.19 de limite liquido, 21.58 de limite plastico y un indice de plasticidad de 11.61. Presenta boloneria de 0.22 m.*	GP-GC	A-2-6(0)
1.00	E-2	GP-GC	*Grava pobremente gradada con arcilla de color negro grisaceo, en estado suelto de plasticidad media, con 11.50% de contenido de humedad, 61.57% de contenido de gravas, 28.53% de arena y un 9.90% de material fino que pasa la malla N° 200, con 35.41 de limite liquido, 22.49 limite plastico y 12.92 de indice de plasticidad. Presenta boloneria de 0.25 m.*	GP-GC	A-2-6(0)
1.50			Filtración a 1.40 m.		

CALICATA N° 02

Figura 59: excavación de calicata N° 02





Figura 60: registro de excavación de la calicata N°02



REGISTRO DE EXCAVACIÓN

PROYECTO : EVALUACION DEL RIESGO GEOLOGICO ORIGINADO POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LA SUBCUENCA DEL RIO PALMA REAL, DISTRITO DE ECHARATI, LA PROVINCIA LA CONVENCION, DEPARTAMENTO CUSCO - 2025

UBICACIÓN : SUBCUENCA DE PALMA REAL, DISTRITO DE ECHARATI, PROVINCIA LA CONVENCION, DEPARTAMENTO CUSCO
SOLICITAD : BACH. ALVARO VIDAL PALOMINO MENDOZA, BACH. HANS AN **REALIZADO POR** ING. FERNANDO VILAVILA NORIEGA
PROFUNDI : 1.00 m **PROGRESIVA:** --- **ESTRUCTURA :** ---
N. F. : 0.60 m **FECHA :** 28/10/2025

CALICATA N° **C-2**

PROF. (m)	ESTRATO	SIMBOLO	DESCRIPCIÓN DEL ESTRATO	CLASIFI C. SUCS	CLASIFI C. AASHTO
0.50 / 1.00	E-1	GP-GC	Grava pobremente gradada con arcilla de color pardo claro de color marron grisaceo, en estado suelto de plasticidad media, con 12.88% de contenido de humedad, 57.88% de contenido de gravas, 36.76% de arena y un 5.36% de material fino que pasa la malla N° 200, presenta 33.19 de limite liquido, 21.58 de limite plastico y un indice de plasticidad de 11.61. Presenta boloneria de 0.22 m. Filtración a 0.60 m.	GP-GC	A-2-6(0)

3.10.3. Ensayos de Laboratorio

De acuerdo con el nivel de detalle requerido en el estudio, se llevaron a cabo diversos ensayos y análisis de las muestras, los cuales se ejecutaron siguiendo las normas y procedimientos establecidos por la American Society for Testing and Materials (ASTM). Respecto a los ensayos considerados, es posible realizar una breve descripción de cada uno y de los objetivos que persiguen. Es importante señalar que los ensayos físicos permiten determinar las propiedades índices de los suelos, las cuales son fundamentales para su clasificación, se efectuaron los siguientes ensayos:

Tabla 15: ensayos aplicados en laboratorio

ENSAYOS DE LABOATORIO	NORMAS
CONTENIDO DE HUMEDAD	ASTM D 2216
ANALISIS GRANULOMETRICO	ASTM 422
LIMITE LIQUIDO	ASTM D 4318
LIMITE PLASTICO	ASTM D 4318
CLASIFICACION DE SUELOS SUCS	ASTM D 2487
CLASIFICACION DE SUELOS AASHTO	AASHTO M-145
CORTE DIRECTO	ASTM D 3080

4. Contenido de Humedad, Según NTP 339. 127(ASTM D 2216).

Este ensayo tiene como objetivo determinar el contenido de humedad presente en una muestra de suelo. Para ello, la muestra se somete a secado en una estufa hasta alcanzar un peso constante, y el resultado se expresa como un porcentaje respecto a su masa original.

5. Limite Líquido y Plástico, Según NTP 339. 129(ASTM D 4318).

La plasticidad de un suelo es su capacidad para ser moldeado y depende principalmente del contenido de arcilla presente en el material que pasa la malla N. ª 200, ya que actúa como ligante. Según su contenido de humedad, el suelo puede encontrarse en estados líquido, plástico o seco. Cuando está muy húmedo y no es moldeable, se considera semilíquido; al perder parte de esa humedad, adquiere consistencia y puede moldearse, entrando al estado plástico; y al continuar el secado, el material pierde trabajabilidad y se agrieta, pasando al estado semiseco.

Figura 61: Ensayo de Límite Liquido y plástico de la muestra 1 y 2.



6. Análisis Granulométrico, Según NTP 339. 128(ASTM D 422).

El análisis granulométrico, realizado según la Norma ASTM D-422, tiene como finalidad obtener criterios que permitan una clasificación cualitativa y cuantitativa del suelo en función del tamaño de sus partículas. Este procedimiento facilita entender su comportamiento y características volumétricas. Para garantizar resultados precisos, es recomendable emplear tamices cuyos tamaños cumplan con las normativas vigentes.

Figura 62: Análisis Granulométrico por medio de tamizado



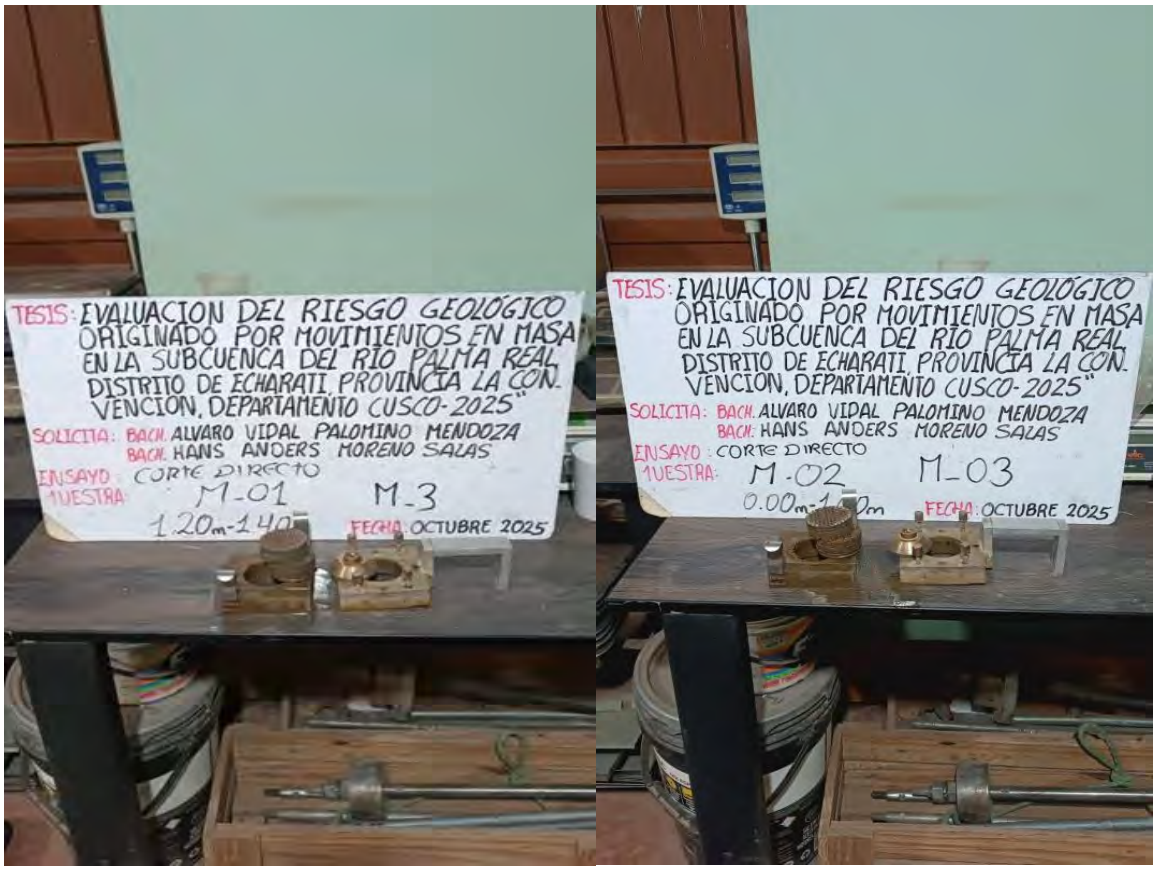
7. Corte Directo, Según NTP 339. 167 (ASTM D2166)

Este ensayo permite determinar la resistencia al esfuerzo cortante del suelo, es decir, su capacidad para soportar cargas sin experimentar fallas en su estructura. A través del método de Corte Directo, se evalúa cómo responde el material frente a fuerzas que tienden a deslizar una porción del suelo sobre otra, obteniendo parámetros clave como la cohesión y el ángulo de fricción interna, fundamentales para el diseño y la estabilidad de obras geotécnicas.

Figura 63: ensayo de corte directo muestra 1 y 2-M-3



Figura 64: ensayo de corte directo muestra 1 y 2-M-3



REGISTRO DE ENSAYOS ELABORADOS EN LABORATORIO - C-01

Figura 65: Registro de ensayos elaborados en laboratorio - C-01



Geoincosur Ingenieros
Consultora Constructora S.C.R.Ltda.

Dirección: Urb. San Borja Jirón Ica Lote G-14 Wanchaq - Cusco
Teléfono: 084-225640
Celular: 974-733962 ó 984994719
email: geoincosurings@gmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

CONTENIDO DE HUMEDAD

(MTC E-108 / ASTM D-2216)

PROYECTO	**: MEJORAMIENTO DEL RIESGO GEOLOGICO ORIGINADO POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LA SUBCUENCA DEL RIO PALMA REAL DEL DISTRITO DE ECHARATI PROVINCIA LA CONVENCION DEPARTAMENTO CUSCO - 2025**		
CALICATA	:	**INFORME**	: GNCO-0871
MUESTRA	: M-1	**ING. RESP.**	: ING VERIOSKA VELASQUEZ P.
PROFUNDIDAD	: 1.20m - 1.40m	**TÉCNICO**	: YULIANA PAZO PUMA
UBICACIÓN	: SUB CUENCA DE PALMA REAL, DISTRITO DE ECHARATI, PROVINCIA LA CONVENCION, DEPARTAMENTO CUSCO	**FECHA**	: 30/10/2025
PROGRESIVA	: ---		
SOLICITADO POR	: BACH. ALVARO VIDAL PALOMINO MENDOZA Y BACH HANS ANDERS MORENO SALAS		* GNCO-0871 *
ESTRUCTURA	:		

1. Contenido de Humedad Muestra Integral :

Descripción	1	2
Peso de tara (gr)	43.40	40.70
Peso de la tara + muestra húmeda (gr)	354.40	351.30
Peso de la tara + muestra seca (gr)	321.60	320.00
Peso del agua contenida (gr)	32.80	31.30
Peso de la muestra seca (gr)	278.20	279.30
Contenido de Humedad (%)	11.79	11.21
Contenido de Humedad Promedio (%)	**11.50**	

OBSERVACIONES: Las muestras fueron proporcionadas por el Solicitante.

El resultado del contenido de humedad del ensayo C-01 tiene un promedio de 11.50 %, es bajo el cual el suelo presenta mayor fricción interna y mejor estabilidad.

Figura 66: Registro de ensayos elaborados en laboratorio - C-01

Geoincosur Ingenieros
Consultora Constructora S.C.R.Ltda.

Dirección: Urb. San Borja Jirón Ica Lote G-14 Wanchaq - Cusco
Teléfono: 084-225640
Celular: 974-733962 ó 984994719
email: geoincosurings@gmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

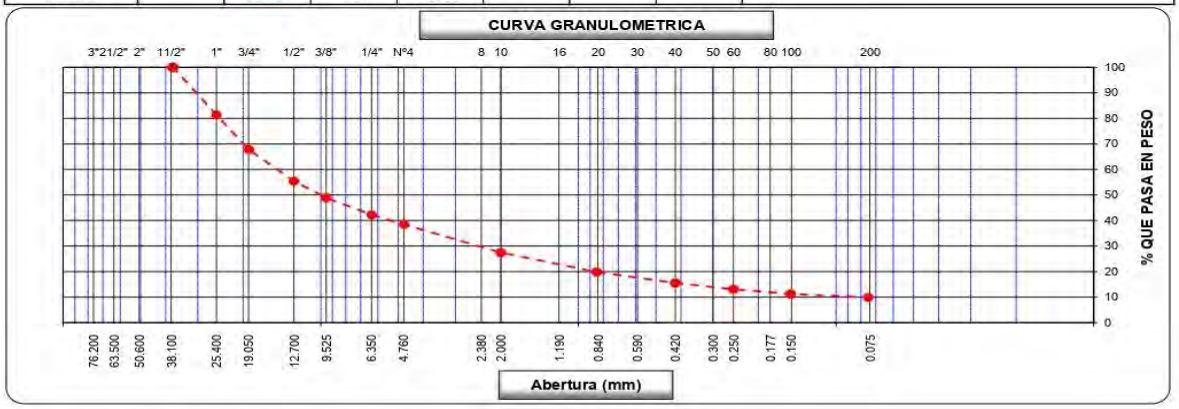
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

(MTC E-107 / ASTM D-422, C-117 / AASHTO T-27, T-88)

PROYECTO	: MEJORAMIENTO DEL RIESGO GEOLOGICO ORIGINADO POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LA SUBCUENCA DEL RIO PALMA REAL DEL DISTRITO DE ECHARATI PROVINCIA LA CONVENCION DEPARTAMENTO CUSCO - 2025		
CALICATA	:	INFORME	: GNCO-0871
MUESTRA	: M-1	ING. RESP.	: ING VERIOSKA VELASQUEZ P.
PROFUNDIDAD	: 1.20m - 1.40m	TÉCNICO	: YULIANA PAZO PUMA
UBICACIÓN	: SUB CUENCA DE PALMA REAL, DISTRITO DE ECHARATI, PROVINCIA LA CONVENCION, DEPARTAMENTO CUSCO	FECHA	: 30/10/2025
PROGRESIVA	: ---		
SOLICITADO POR	: BACH. ALVARO VIDAL PALOMINO MENDOZA Y BACH HANS ANDERS MORENO SALAS		
ESTRUCTURA	:		

GNCO-0871

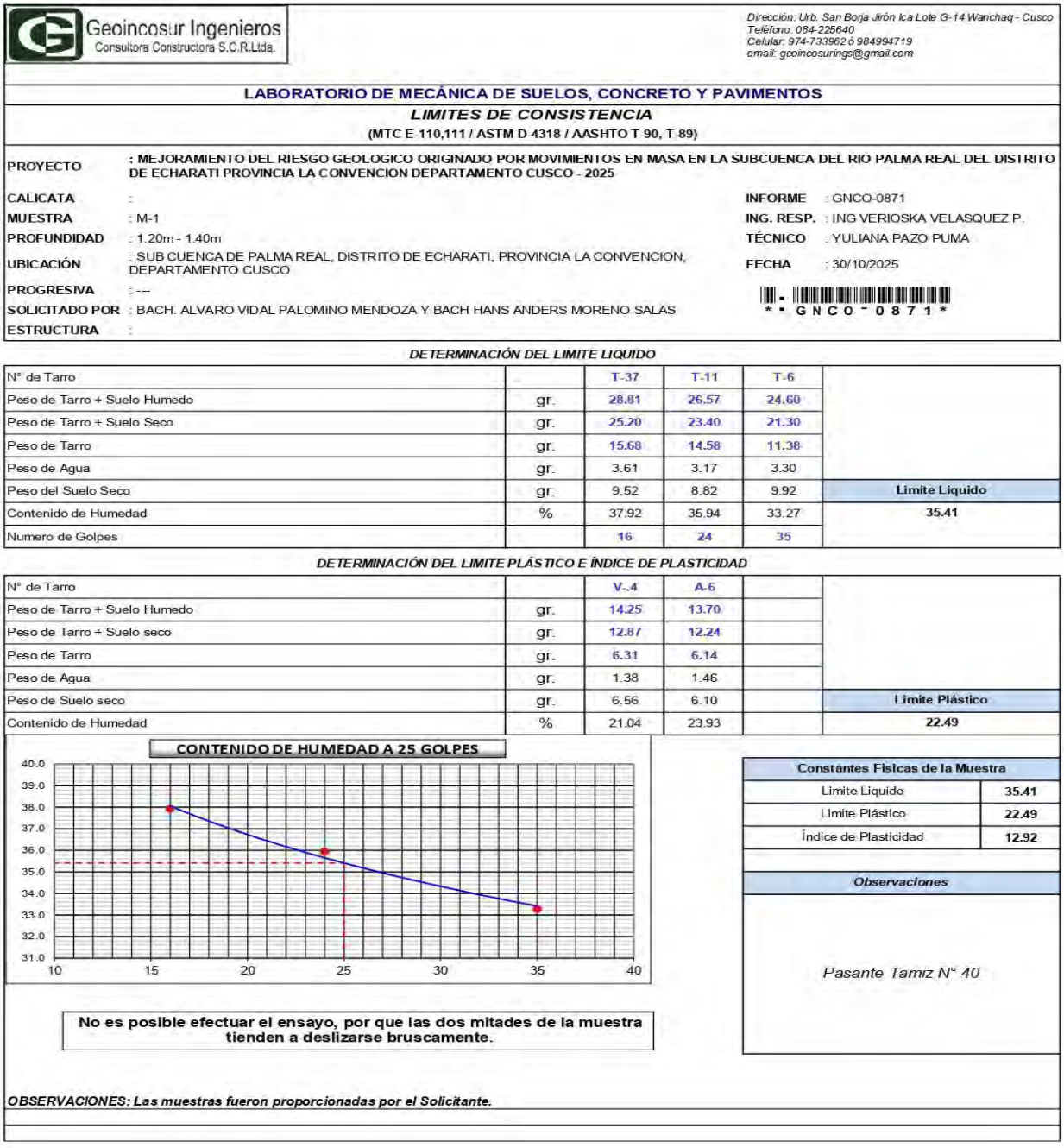
Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa	Material sin Especificacion		Descripción
5"	127.000							**1. Peso de Material**
4"	101.600							Peso Inicial Total (gr) 4,619.90
3"	73.000							Peso Fracción Fina Para Lavar (gr) 0.00
2 1/2"	60.300							
2"	50.800							**2. Caracteristicas**
1 1/2"	37.500				100.00			Tamaño Máximo 1 1/2"
1"	25.400	860.70	18.63	18.63	81.37			Tamaño Máximo Nominal 1"
3/4"	19.000	627.30	13.58	32.21	67.79			Grava (%) 61.57
1/2"	12.700	572.20	12.39	44.60	55.40			Arena (%) 28.53
3/8"	9.520	299.10	6.47	51.07	**48.93**			Finos (%) 9.90
1/4"	6.350	309.60	6.70	57.77	42.23			Modulo de Fineza (%)
N° 4	4.750	175.50	3.80	61.57	38.43			Contenido de Humedad (%) 11.50
N° 8	2.360							**3. Clasificación**
N° 10	2.000	507.30	10.98	72.55	27.45			Limite Liquido (%) 35.41
N° 16	1.190							Limite Plástico (%) 22.49
N° 20	0.850	349.90	7.57	80.12	19.88			Índice de Plasticidad (%) 12.92
N° 30	0.600							Clasificación SUCS GP-GC
N° 40	0.420	201.60	4.36	84.48	15.52			Clasificación AASHTO A-2-6 (0)
N° 50	0.300							
N° 60	0.250	113.60	2.46	86.94	13.06			
N° 80	0.180							
N° 100	0.150	84.10	1.82	88.76	11.24			
N° 200	0.075	62.00	1.34	90.10	9.90			
Pasante		457.00	9.89	99.99				



OBSERVACIONES: Las muestras fueron proporcionadas por el Solicitante.

En el análisis granulométrico se evidencia la presencia de fracciones finas (limos y arcillas) asociadas a material coluvial que indica un suelo con elevada capacidad de retención de agua, condición que favorece a la saturación y reduce la resistencia al corte y aumenta la susceptibilidad a deslizamientos.

Figura 67: Registro de ensayos elaborados en laboratorio - C-01



Geoincosur Ingenieros
Consultora Constructora S.C.R.Ltda.

Dirección: Urb. San Borja Jirón Ica Lote G-14 Wanchaq - Cusco
Teléfono: 084-225640
Celular: 974-733962 ó 984994719
email: geoincosurings@gmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

LIMITES DE CONSISTENCIA

(MTC E-110,111 / ASTM D-4318 / AASHTO T-90, T-89)

PROYECTO	: MEJORAMIENTO DEL RIESGO GEOLOGICO ORIGINADO POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LA SUBCUENCA DEL RIO PALMA REAL DEL DISTRITO DE ECHARATI PROVINCIA LA CONVENCION DEPARTAMENTO CUSCO - 2025		
CALICATA	:	**INFORME**	: GNCO-0871
MUESTRA	: M-1	**ING. RESP.**	: ING VERIOSKA VELASQUEZ P.
PROFUNDIDAD	: 1.20m - 1.40m	**TÉCNICO**	: YULIANA PAZO PUMA
UBICACIÓN	: SUB CUENCA DE PALMA REAL, DISTRITO DE ECHARATI, PROVINCIA LA CONVENCION, DEPARTAMENTO CUSCO	**FECHA**	: 30/10/2025
PROGRESIVA	: ---		
SOLICITADO POR	: BACH. ALVARO VIDAL PALOMINO MENDOZA Y BACH HANS ANDERS MORENO SALAS		
ESTRUCTURA	:		

DETERMINACIÓN DEL LIMITE LIQUIDO

N° de Tarro		T-37	T-11	T-6	
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	28.81	26.57	24.60	
Peso de Tarro + Suelo Seco	gr.	25.20	23.40	21.30	
Peso de Tarro	gr.	15.68	14.58	11.38	
Peso de Agua	gr.	3.61	3.17	3.30	
Peso del Suelo Seco	gr.	9.52	8.82	9.92	**Limite Liquido**
Contenido de Humedad	%	37.92	35.94	33.27	**35.41**
Numero de Golpes		16	24	35	

DETERMINACIÓN DEL LIMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD

N° de Tarro		V-4	A-6		
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	14.25	13.70		
Peso de Tarro + Suelo seco	gr.	12.87	12.24		
Peso de Tarro	gr.	6.31	6.14		
Peso de Agua	gr.	1.38	1.46		
Peso de Suelo seco	gr.	6.56	6.10		**Limite Plástico**
Contenido de Humedad	%	21.04	23.93		**22.49**

Constantes Fisicas de la Muestra	
Limite Liquido	35.41
Limite Plástico	22.49
Índice de Plasticidad	12.92

Observaciones

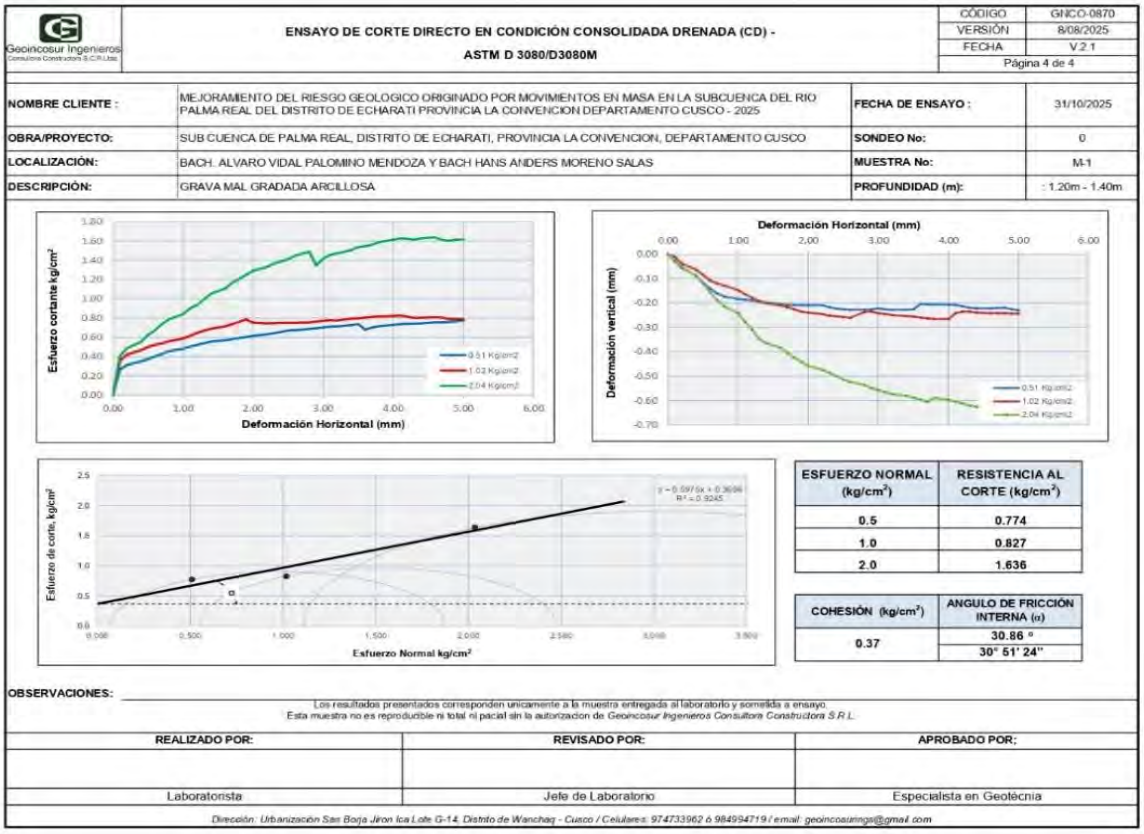
Pasante Tamiz N° 40

No es posible efectuar el ensayo, por que las dos mitades de la muestra tienden a deslizarse bruscamente.

OBSERVACIONES: Las muestras fueron proporcionadas por el Solicitante.

El resultado del índice de plasticidad es de 12.92 considerado como media plasticidad, es un suelo fino (arcilla y limo), que exhibe una cohesión y deformabilidad moderada. Significa que el material puede cambiar de consistencia con la humedad.

Figura 68: Registro de ensayos elaborados en laboratorio - C-01



Geoincosur Ingenieros Consultora Constructora S.C.R.L.tda.

ENSAYO DE CORTE DIRECTO EN CONDICIÓN CONSOLIDADA DRENADA (CD) - ASTM D 3080/D3080M

CÓDIGO	GNCO-0870
VERSIÓN	8/08/2025
FECHA	V.2.1
Página 4 de 4	

NOMBRE CLIENTE :	MEJORAMIENTO DEL RIESGO GEOLOGICO ORIGINADO POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LA SUBCUENCA DEL RIO PALMA REAL DEL DISTRITO DE ECHARATI PROVINCIA LA CONVENCION DEPARTAMENTO CUSCO - 2025	**FECHA DE ENSAYO :**	31/10/2025
OBRA/PROYECTO:	SUB CUENCA DE PALMA REAL, DISTRITO DE ECHARATI, PROVINCIA LA CONVENCION, DEPARTAMENTO CUSCO	**SONDEO No:**	0
LOCALIZACIÓN:	BACH. ALVARO VIDAL PALOMINO MENDOZA Y BACH HANS ANDERS MORENO SALAS	**MUESTRA No:**	M-1
DESCRIPCIÓN:	GRAVA MAL GRADADA ARCILLOSA	**PROFUNDIDAD (m):**	: 1.20m - 1.40m

ESFUERZO NORMAL (kg/cm²)	RESISTENCIA AL CORTE (kg/cm²)
0.5	0.774
1.0	0.827
2.0	1.636

COHESIÓN (kg/cm²)	ANGULO DE FRICCIÓN INTERNA (α)
0.37	30.86 °
	30° 51' 24"

OBSERVACIONES:

Los resultados presentados corresponden unicamente a la muestra entregada al laboratorio y sometida a ensayo.
Esta muestra no es reproducible ni total ni pacial sin la autorizacion de *Geoincosur Ingenieros Consultora Constructora S.R.L.*

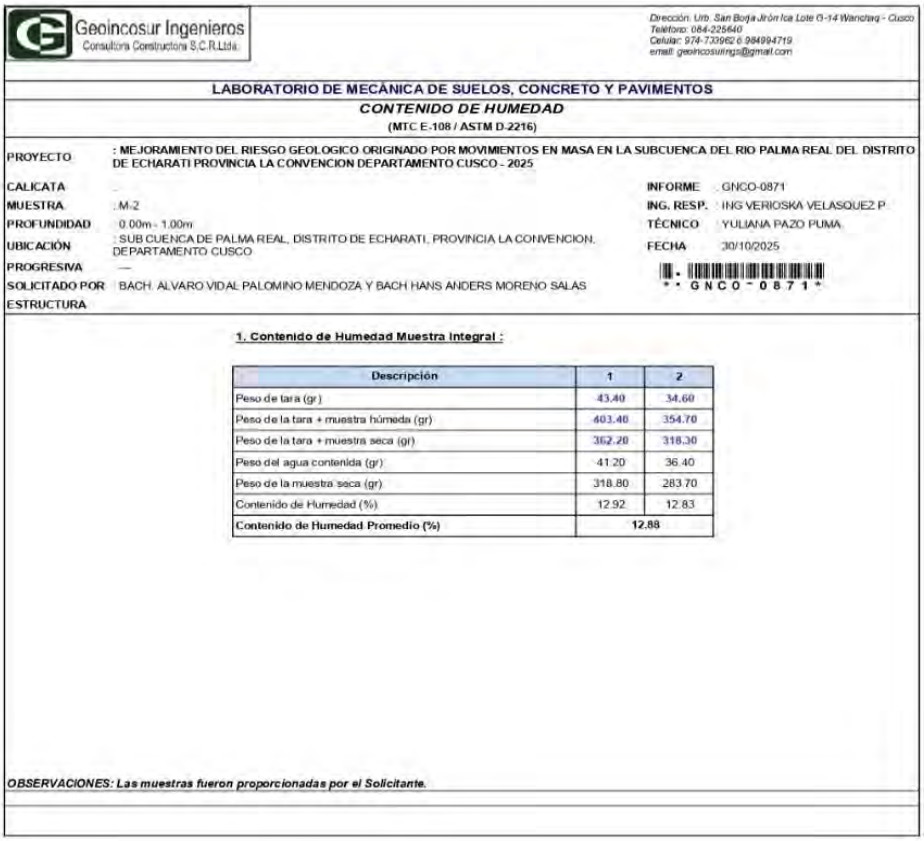
REALIZADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
Laboratorista	Jefe de Laboratorio	Especialista en Geotécnia

Dirección: Urbanización San Borja Jiron Ica Lote G-14, Distrito de Wanchaq - Cusco / Celulares: 974733962 ó 984994719 / email: geoincosurings@gmail.com

En la zona de estudio y en los ensayos de laboratorio se evidenciaron que los materiales presentas en el centro poblado de Palma Real corresponden a suelos coluviales y aluviales no consolidados, con presencia de finos estas características geotécnicas son altamente susceptibles a procesos de movimientos en masa principalmente a deslizamientos.

REGISTRO DE ENSAYOS ELABORADOS EN LABORATORIO - C-02

Figura 69: Registro de ensayos elaborados en laboratorio - C-02



Geoincosur Ingenieros
Consultora Constructora S.C.R.Ltda.

Dirección: Urb. San Borja Jirón Ica Lote G-14 Wanchaq - Cusco
Teléfono: 084-225640
Celular: 974-733962 ó 984994719
email: geoincosuringe@gmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

CONTENIDO DE HUMEDAD

(MTC E-108 / ASTM D-2216)

PROYECTO : MEJORAMIENTO DEL RIESGO GEOLOGICO ORIGINADO POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LA SUBCUENCA DEL RIO PALMA REAL DEL DISTRITO DE ECHARATI PROVINCIA LA CONVENCION DEPARTAMENTO CUSCO - 2025

CALICATA :

MUESTRA : M-2

PROFUNDIDAD : 0.00m - 1.00m

UBICACIÓN : SUB CUENCA DE PALMA REAL, DISTRITO DE ECHARATI, PROVINCIA LA CONVENCION, DEPARTAMENTO CUSCO

PROGRESIVA :

SOLICITADO POR : BACH. ALVARO VIDAL PALOMINO MENDOZA Y BACH HANS ANDERS MORENO SALAS

ESTRUCTURA :

INFORME : GNCO-0871

ING. RESP. : ING VERIOSKA VELASQUEZ P.

TÉCNICO : YULIANA PAZO PUMA

FECHA : 30/10/2025

GNCO-0871

1. Contenido de Humedad Muestra Integral :

Descripción	1	2
Peso de tara (gr.)	43.40	34.60
Peso de la tara + muestra húmeda (gr)	403.40	354.70
Peso de la tara + muestra seca (gr)	362.20	318.30
Peso del agua contenida (gr)	41.20	36.40
Peso de la muestra seca (gr)	318.80	283.70
Contenido de Humedad (%)	12.92	12.83
Contenido de Humedad Promedio (%)	**12.88**	

OBSERVACIONES: Las muestras fueron proporcionadas por el Solicitante.

El ensayo de contenido de humedad natural realizado a la muestra M-2, obtenida entre 0.00 y 1.00 m de profundidad, arrojó un valor promedio de **12.88 %**, lo que indica que el suelo se encuentra en una condición de humedad baja. Desde el punto de vista geotécnico, este resultado sugiere que el material conserva aún su resistencia mecánica; sin embargo, bajo condiciones de precipitación intensa, propias de la subcuenca de Palma Real, este contenido puede incrementarse, reduciendo la resistencia al corte e incrementando la susceptibilidad del terreno a procesos de movimientos en masa.

Figura 70: Registro de ensayos elaborados en laboratorio - C-02

Geoincosur Ingenieros
Consultora Constructora S.C.R.Ltda.

Teléfono: 084-225640
Celular: 974-733962 ó 984994719
email: geoincosurings@gmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

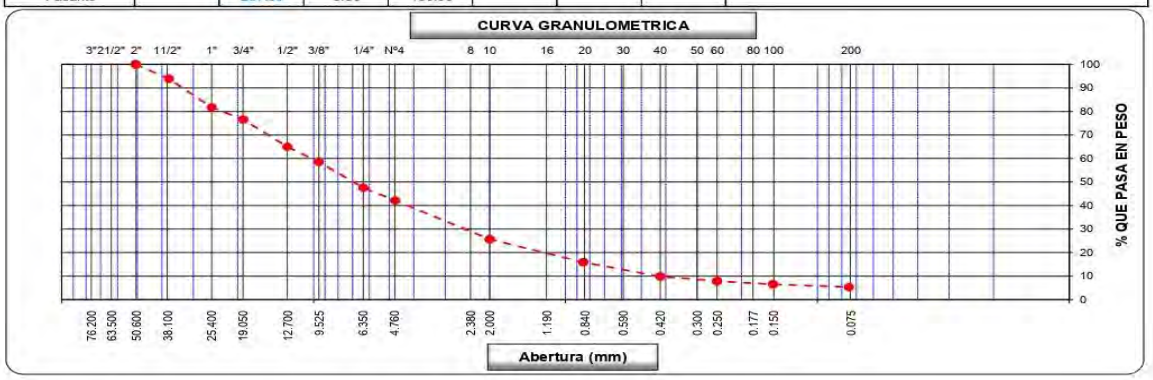
(MTC E-107 / ASTM D-422, C-117 / AASHTO T-27, T-88)

PROYECTO	: MEJORAMIENTO DEL RIESGO GEOLOGICO ORIGINADO POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LA SUBCUENCA DEL RIO PALMA REAL DEL DISTRITO DE ECHARATI PROVINCIA LA CONVENCION DEPARTAMENTO CUSCO - 2025
CALICATA	:
MUESTRA	: M-2
PROFUNDIDAD	: 0.00m - 1.00m
UBICACIÓN	: SUB CUENCA DE PALMA REAL, DISTRITO DE ECHARATI, PROVINCIA LA CONVENCION, DEPARTAMENTO CUSCO
PROGRESIVA	: ---
SOLICITADO POR	: BACH. ALVARO VIDAL PALOMINO MENDOZA Y BACH HANS ANDERS MORENO SALAS
ESTRUCTURA	:
INFORME	: GNCO-0871
ING. RESP.	: ING VERIOSKA VELASQUEZ P.
TÉCNICO	: YULIANA PAZO PUMA
FECHA	: 30/10/2025

* GNCO - 0871 *

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa	Material sin Especificacion	
5"	127.000						
4"	101.600						
3"	73.000						
2 1/2"	60.300						
2"	50.800				100.00		
1 1/2"	37.500	328.90	6.13	6.13	93.87		
1"	25.400	651.10	12.14	18.27	81.73		
3/4"	19.000	280.50	5.23	23.50	76.50		
1/2"	12.700	617.30	11.51	35.01	64.99		
3/8"	9.520	348.30	6.49	41.50	**58.50**		
1/4"	6.350	584.10	10.89	52.39	47.61		
N° 4	4.750	294.70	5.49	57.88	42.12		
N° 8	2.360						
N° 10	2.000	883.50	16.47	74.35	25.65		
N° 16	1.190						
N° 20	0.850	524.90	9.79	84.14	15.86		
N° 30	0.600						
N° 40	0.420	324.90	6.06	90.20	9.80		
N° 50	0.300						
N° 60	0.250	105.90	1.97	92.17	7.83		
N° 80	0.180						
N° 100	0.150	68.70	1.28	93.45	6.55		
N° 200	0.075	63.70	1.19	94.64	5.36		
Pasante		287.30	5.36	100.00			

Descripción	
1. Peso de Material	
Peso Inicial Total (gr)	5,363.80
Peso Fracción Fina Para Lavar (gr)	0.00
2. Características	
Tamaño Máximo	2"
Tamaño Máximo Nominal	1 1/2"
Grava (%)	57.88
Arena (%)	36.76
Finos (%)	5.36
Modulo de Fineza (%)	
Contenido de Humedad (%)	12.88
3. Clasificación	
Limite Liquido (%)	33.19
Limite Plástico (%)	21.58
Índice de Plasticidad (%)	11.61
Clasificación SUCS	GP-GC
Clasificación AASHTO	A-2-6 (0)

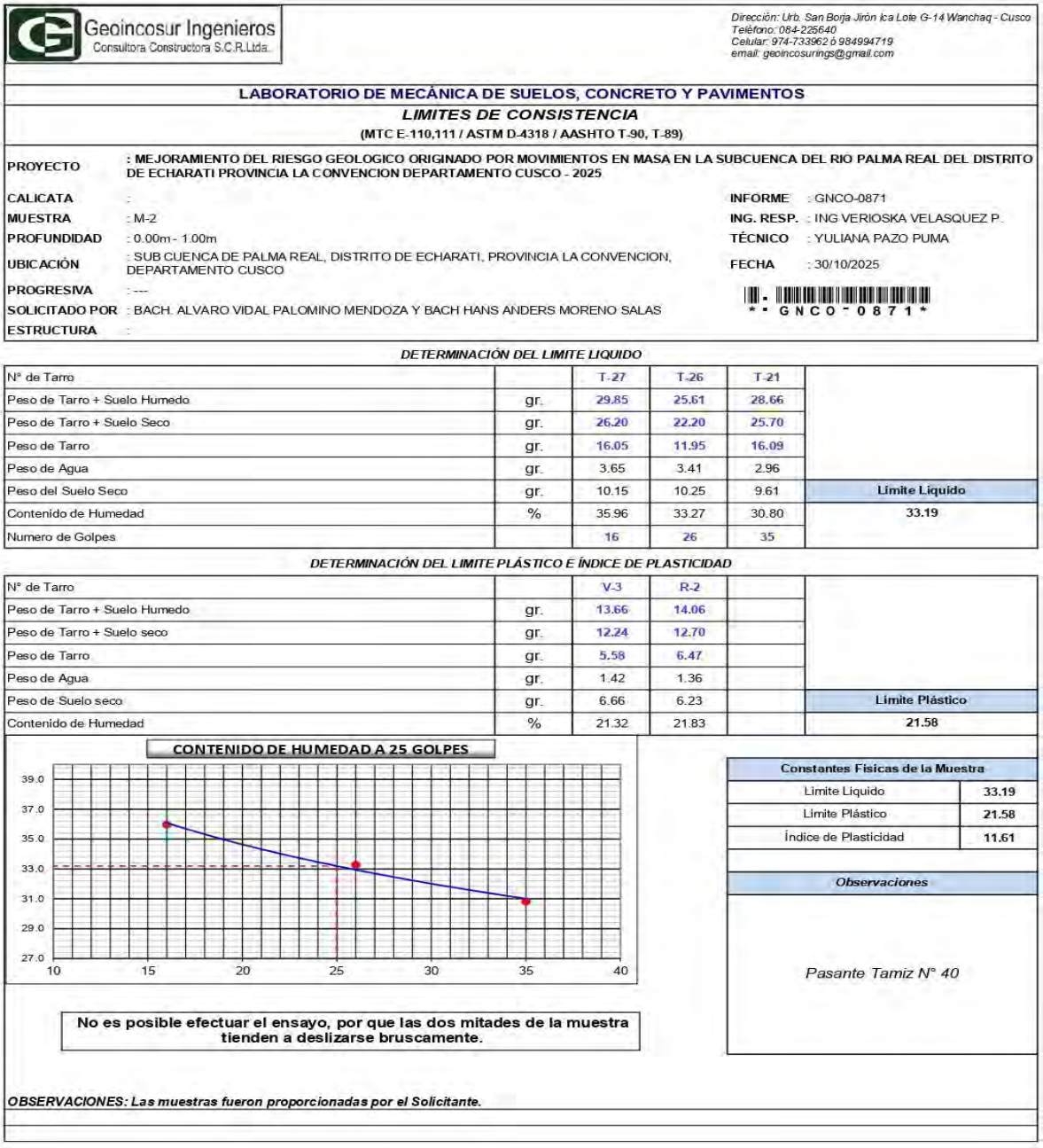


OBSERVACIONES: Las muestras fueron proporcionadas por el Solicitante.

Es resultado muestra un suelo grueso, grava arenosa con pocos finos el cual no tiene una buena distribución con presencia de finos con comportamiento plástico, según la curva granulométrica contiene baja compactación natural y presencia de vacíos grandes, tiene buena resistencia al corte, alta permeabilidad, índice de plasticidad ligera con 11.61 %.

Figura 71: Registro de ensayos elaborados en laboratorio - C-02

g



Geoincosur Ingenieros
Consultora Constructora S.C.R.Ltda.

Dirección: Urb. San Borja Jirón Ica Lote G-14 Wanchaq - Cusco
Teléfono: 084-225640
Celular: 974-733962 ó 984994719
email: geoincosurings@gmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

LIMITES DE CONSISTENCIA

(MTC E-110,111 / ASTM D-4318 / AASHTO T-90, T-89)

PROYECTO	: MEJORAMIENTO DEL RIESGO GEOLOGICO ORIGINADO POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LA SUBCUENCA DEL RIO PALMA REAL DEL DISTRITO DE ECHARATI PROVINCIA LA CONVENCION DEPARTAMENTO CUSCO - 2025		
CALICATA	:	INFORME	: GNCO-0871
MUESTRA	: M-2	ING. RESP.	: ING VERIOSKA VELASQUEZ P.
PROFUNDIDAD	: 0.00m - 1.00m	TÉCNICO	: YULIANA PAZO PUMA
UBICACIÓN	: SUB CUENCA DE PALMA REAL, DISTRITO DE ECHARATI, PROVINCIA LA CONVENCION, DEPARTAMENTO CUSCO	FECHA	: 30/10/2025
PROGRESIVA	: ---		
SOLICITADO POR	: BACH. ALVARO VIDAL PALOMINO MENDOZA Y BACH HANS ANDERS MORENO SALAS		
ESTRUCTURA	:		

** GNCO-0871 **

DETERMINACIÓN DEL LIMITE LIQUIDO

N° de Tarro		T-27	T-26	T-21	
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	29.85	25.61	28.66	
Peso de Tarro + Suelo Seco	gr.	26.20	22.20	25.70	
Peso de Tarro	gr.	16.05	11.95	16.09	
Peso de Agua	gr.	3.65	3.41	2.96	
Peso del Suelo Seco	gr.	10.15	10.25	9.61	Limite Liquido
Contenido de Humedad	%	35.96	33.27	30.80	33.19
Numero de Golpes		16	26	35	

DETERMINACIÓN DEL LIMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD

N° de Tarro		V-3	R-2		
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	13.66	14.06		
Peso de Tarro + Suelo seco	gr.	12.24	12.70		
Peso de Tarro	gr.	5.58	6.47		
Peso de Agua	gr.	1.42	1.36		
Peso de Suelo seco	gr.	6.66	6.23		Límite Plástico
Contenido de Humedad	%	21.32	21.83		21.58

Constantes Físicas de la Muestra	
Limite Liquido	33.19
Límite Plástico	21.58
Índice de Plasticidad	11.61

Observaciones

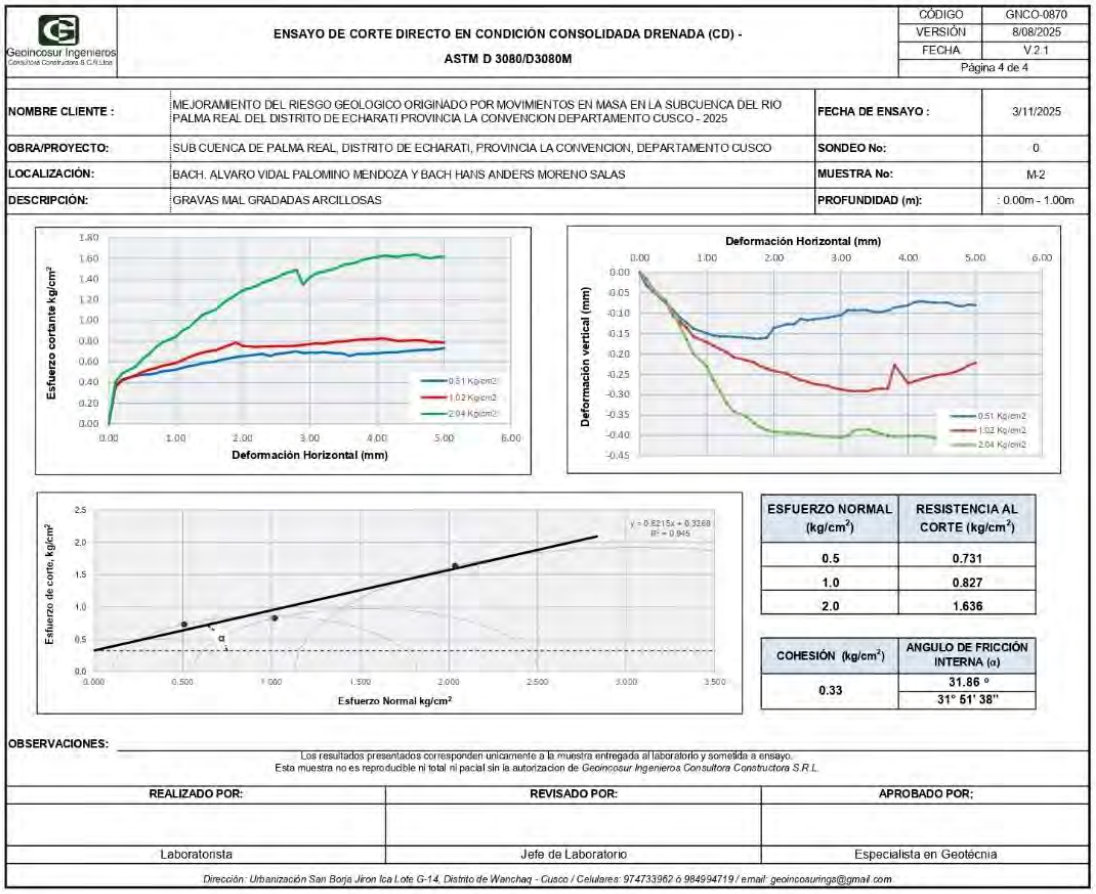
Pasante Tamiz N° 40

No es posible efectuar el ensayo, por que las dos mitades de la muestra tienden a deslizarse bruscamente.

OBSERVACIONES: Las muestras fueron proporcionadas por el Solicitante.

El análisis de límites de consistencia indica que el material presenta un límite líquido de 33.19%, límite plástico de 21.58% e índice de plasticidad de 11.61%, lo que corresponde a un suelo de plasticidad media-baja. Este comportamiento sugiere una compresibilidad reducida y baja susceptibilidad a cambios volumétrico

Figura 72: Registro de ensayos elaborados en laboratorio - C-02



Geoincosur Ingenieros Consultora Constructora S.C.R.Ltda

ENSAYO DE CORTE DIRECTO EN CONDICIÓN CONSOLIDADA DRENADA (CD) - ASTM D 3080/D3080M

CÓDIGO	GNCO-0870
VERSIÓN	8/08/2025
FECHA	V.2.1
Página 4 de 4	

NOMBRE CLIENTE :	MEJORAMIENTO DEL RIESGO GEOLOGICO ORIGINADO POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LA SUBCUENCA DEL RIO PALMA REAL DEL DISTRITO DE ECHARATI PROVINCIA LA CONVENCION DEPARTAMENTO CUSCO - 2025	FECHA DE ENSAYO :	3/11/2025
OBRA/PROYECTO:	SUB CUENCA DE PALMA REAL, DISTRITO DE ECHARATI, PROVINCIA LA CONVENCION, DEPARTAMENTO CUSCO	SONDEO No:	0
LOCALIZACIÓN:	BACH. ALVARO VIDAL PALOMINO MENDOZA Y BACH HANS ANDERS MORENO SALAS	MUESTRA No:	M-2
DESCRIPCIÓN:	GRAVAS MAL GRADADAS ARCILLOSAS	PROFUNDIDAD (m):	: 0.00m - 1.00m

ESFUERZO NORMAL (kg/cm²)	RESISTENCIA AL CORTE (kg/cm²)
0.5	0.731
1.0	0.827
2.0	1.636

COHESIÓN (kg/cm²)	ANGULO DE FRICCIÓN INTERNA (α)
0.33	31.86 °
	31° 51' 38"

OBSERVACIONES:

Los resultados presentados corresponden unicamente a la muestra entregada al laboratorio y sometida a ensayo.
Esta muestra no es reproducible ni total ni pacial sin la autorizacion de *Geoincosur Ingenieros Consultora Constructora S.R.L.*

REALIZADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
Laboratorista	Jefe de Laboratorio	Especialista en Geotécnia

Dirección: Urbanización San Borja Jiron Ica Lote G-14, Distrito de Wanchaq - Cusco / Celulares: 974733962 ó 984994719 / email: geoincosuringa@gmail.com

El ensayo de corte directo en condición consolidada drenada (CD) permitió determinar los parámetros de resistencia al corte del material, obteniéndose una cohesión de 0.33 kg/cm² y un ángulo de fricción interna de 31.86°. Estos valores son característicos de un suelo granular con presencia de finos arcillosos, donde la resistencia está dominada principalmente por la fricción entre partículas.

Los ensayos realizados en laboratorio para la zona de Palma Real permiten principal determinar las propiedades físicas y mecánicas de los suelos, las cuales controlan su comportamiento frente a cargas, infiltración de agua y condiciones ambientales. Esta información es fundamental para evaluar la estabilidad del terreno, especialmente en zonas con pendientes pronunciadas y alta pluviosidad, donde los suelos pueden volverse inestables y propensos a deslizamientos.

- El ensayo de corte directo se realiza para determinar los parámetros de resistencia al corte del suelo, específicamente la cohesión y el ángulo de fricción interna. Estos parámetros son esenciales para analizar la estabilidad de taludes, ya que permiten estimar la capacidad del suelo para resistir esfuerzos sin fallar. Valores bajos de resistencia al corte indican una mayor susceptibilidad a la ocurrencia de deslizamientos, especialmente cuando el suelo se encuentra saturado.
- El análisis granulométrico permite conocer la distribución del tamaño de partículas del suelo (gravas, arenas, limos y arcillas), lo cual influye directamente en su comportamiento hidráulico y mecánico. Suelos con alto contenido de finos tienden a retener más agua y presentar menor permeabilidad, lo que favorece la saturación y reduce la estabilidad, mientras que suelos más gruesos presentan mejor drenaje, pero pueden ser menos cohesivos.
- Los límites de consistencia (límite líquido y límite plástico) permiten evaluar la plasticidad del suelo y su capacidad de deformarse frente a cambios en el contenido de humedad. Suelos con alta plasticidad son más susceptibles a deformaciones, pérdida de resistencia y fallas cuando se saturan, lo que los hace más propensos a movimientos en masa.
- El contenido de humedad natural del suelo es un parámetro clave, ya que indica el grado de saturación en el que se encuentra el material. Un incremento en la humedad reduce la resistencia al corte del suelo, disminuye la fricción entre partículas y aumenta el peso del material, factores que favorecen la inestabilidad de taludes y la ocurrencia de deslizamientos.

En conjunto, estos ensayos geotécnicos son fundamentales en la evaluación del riesgo por deslizamientos, ya que permiten caracterizar el comportamiento del suelo y determinar su

susceptibilidad a fallar. Esta información, integrada con factores geomorfológicos, geológicos y climáticos, permite identificar zonas críticas y establecer medidas de prevención y mitigación frente a peligros geológicos.

3.11. Geodinámica

3.11.1. Geodinámica Interna

3.11.1.1. Sismicidad

El Perú está ubicado en la región denominada "Cinturón de Fuego del Pacifico", caracterizada por una alta sismicidad y donde se registran aproximadamente el 85% de los movimientos sísmicos a nivel mundial. Por esta realidad natural, el país expuesto permanentemente a la ocurrencia de terremotos, maremotos y actividad volcánica.

Tectónica de Placas.

La Nueva Tectónica Global (Isacks et al., 1968) presenta un enfoque objetivo del movimiento de placas y la generación de sismos en la Tierra. Tal es así, que físicamente se comprende las causas y la forma en que la energía se acumula en zonas muy restringidas de la Tierra y de qué manera ocurren los diferentes tipos de sismos.

La explicación más ampliamente aceptada del origen del movimiento de las placas recae en el requerimiento de un equilibrio termo-mecánico de los materiales de la Tierra. La parte superior del manto está en contacto con la Corteza, que se encuentra a menor temperatura, mientras la parte inferior está en contacto con el núcleo externo, que se encuentra a mayor temperatura. Obviamente, un gradiente de temperatura debe existir dentro del manto. La variación de la densidad del manto con la temperatura produce la situación inestable de tener un material más denso (más frío) apoyándose sobre la cima de un material menos denso (más caliente).

Eventualmente, el material más denso empieza a sumergirse bajo la acción de la gravedad y el material menos denso empieza a ascender. El material descendido

gradualmente se calienta y se vuelve menos denso; eventualmente, se moverá lateralmente y empezará a ascender otra vez.

Secuencialmente, el material enfriado empezará a sumergirse. Este proceso es conocido como convección. La corriente de convección semifundida del manto, impone esfuerzos de corte en el fondo de las placas, desplazándolas lentamente en varias direcciones a través de la superficie de la Tierra. Tras la comprobación de que las placas oceánicas se generan en las dorsales y se consumen en las zonas de subducción, y la ubicación precisa de los sismos, se ha llegado a concluir que la superficie terrestre está formada por grandes placas y otras de menores dimensiones. Finalmente, se ha observado que la mayor actividad sismotectónica en el mundo se concentra a lo largo de los bordes de estas placas y como producto de la interacción de éstas se generan eventos sísmicos de gran magnitud.

3.11.1.2. Marco Tectónico Regional

El Perú está ubicado sobre el borde occidental costero de Sudamérica, entre Ecuador y Chile, ocupando un área de subducción activa de corteza oceánica bajo la margen continental (placa de Nazca bajo la placa Sudamericana). En esta zona tiene lugar un cambio importante desde los "Andes Centrales" (Perú), con litósfera continental en la costa, hacia los "Andes Norteños" (Ecuador), con una densa, aislada e inactiva corteza oceánica debajo de la región costera. Este cambio aparentemente ocurre en una falla transformacional o sutura, actualmente inactiva y oculta con rumbo NNE, que separa la corteza continental de la corteza oceánica.

La placa de Nazca subduce bajo la placa Sudamericana frente al Perú a razón de 9 cm/año en promedio aproximadamente. En esta zona de subducción, se generan sismos a diferentes profundidades y alcanzan un valor máximo de 700 km. La interacción de la placa de Nazca y la placa Sudamericana ha originado la formación de la Cordillera Andina, la

Fosa Perú-Chile y los Sistemas de Fallas, a través de un proceso orogénico evolutivo de diferentes etapas.

3.11.1.3. Elementos de la Tectónica del Perú

El Perú, por su ubicación, se encuentra próximo a límites de placas muy activas (principalmente la subducción de la placa de Nazca bajo la placa Sudamericana) y a importantes sistemas de fallas continentales que se han formado como un efecto secundario de la colisión de placas, que ha generado la presencia de plegamientos y fracturas en la corteza terrestre.

Zona de Subducción frente al Perú

Los factores y características geométricas más importantes del proceso de subducción que influyen directamente en su comportamiento, frente a las costas del Perú se detallan a continuación.

i) Placa de Nazca

La placa de Nazca limita al Norte con el Centro de Expansión Galápagos (Sclater y Klitgord, 1973; Anderson et al., 1976); hacia el Nororiente, limita con la placa Caribe por debajo de Colombia septentrional; al Oriente, se extiende hasta las fosas oceánicas de Colombia, Ecuador, Perú y Chile; al Sur y Suroccidente, limita con las fallas transformacionales Chile y Fernández, y al Occidente, con la dorsal Pacífico (Stover, 1973; Pardo- Casas y Molnar, 1987). La configuración geométrica de la placa de Nazca, próxima a la costa peruana presenta los siguientes accidentes geográficos:

a) La Dorsal de Nazca

Es una cordillera montañosa que se encuentra sumergida y se ubica entre los 15°S y 24°S. Tiene una orientación NE-SW y su eje incide casi perpendicularmente a la línea de la Fosa frente a la ciudad de Nazca. Está compuesta de rocas volcánicas con una edad aproximada de 5 a 10 Ma.

b) La Dorsal de Sarmiento y la Dorsal de Alvarado

Estas dorsales volcánicas se localizan frente a las costas de Piura, al norte del Perú y presentan una orientación NE. Tienen una longitud aproximada de 400 Km con ejes paralelos entre sí y poseen una altura comprendida de 1 a 2 Km.

c) La Fractura de Mendaña

Es una de las características más importantes de la Placa de Nazca en la costa occidental peruana. Se localiza en el extremo oeste de la región central del Perú entre 11°S y 15°S de latitud. Presenta una dirección NW, perpendicular a la Fosa, con una longitud que se extiende hasta 1100 Km aproximadamente y con una altura promedio de 1000 m sobre la corteza oceánica.

d) La Fractura de Nazca

Se encuentra ubicada frente al departamento de Arequipa en el Perú. Después de la Dorsal de Nazca, constituye la característica batimétrica más notable junto a la Fractura de Mendaña. Posee un lineamiento paralelo a ésta última con una dirección NW que incide perpendicularmente en la Fosa.

e) La Fractura Virú

Se encuentra ubicado paralelamente a la Fractura de Mendaña a 110 Km al norte de ésta. Constituye un rasgo geomorfológico importante en la estructura de la Placa de Nazca y es una falla de tipo inversa con una orientación de N15°E.

f) La Depresión Submarina de Trujillo

Es una estructura con aproximadamente un ancho de 5 Km en el punto más alto y de 500 m en el más bajo, que posee una superficie muy accidentada y por ende muy áspera. Presenta una extensión de 270 Km de longitud.

ii) Fosa Perú-Chile

Se ubica frente a las costas ecuatorianas con una orientación NE-SW y marca el inicio del proceso de subducción de la placa de Nazca bajo la placa Sudamericana sobre una longitud de más de 5 000 km que abarca desde Colombia hasta Tierra del Fuego en Chile.

iii) Placa Sudamericana

El proceso de subducción de la placa de Nazca bajo la placa Sudamericana modifica constantemente la superficie terrestre a través del tiempo y ha originado un progresivo engrosamiento de la corteza terrestre y plegamiento de los sedimentos. La evolución tectónica del Perú está vinculada a un proceso de deformación que ha generado importantes sistemas de fallas en la superficie de la Tierra. Las principales características geológicas y tectónicas de la corteza peruana se deben al proceso de subducción de placas. Geográficamente, en la placa Sudamericana del Perú predominan los Andes que dividen la parte continental en tres regiones naturales, muy distintas (Costa, Sierra y Selva) y que no son simples expresiones geomorfológicas, sino que también reflejan fundamentalmente ambientes geológicos diferentes. La configuración estructural de la placa Sudamericana en el Perú está conformada por:

a) Talud Inferior y Medio

b) Talud Superior

c) Plataforma Continental

d) La Zona Costanera

e) Pie de Monte Pacífico

f) La Cordillera Occidental

g) El Altiplano

h) La Cordillera Oriental

i) La Zona Subandina

j) La Llanura Amazónica

IV) Tipo de Subducción

El Perú presenta una contorsión de la placa de Nazca, al pasar de una subducción de tipo subhorizontal (al norte y centro del Perú) a una subducción normal (sur del Perú), en una sección perpendicular a la fosa, con dirección SSE que se inicia en el borde costero a 16º de latitud sur (aproximadamente a la altura de la Fractura de Nazca). Según Quispe, Tavera y Bernal (2003), la placa de Nazca al norte del Perú subduciría bajo la placa Sudamericana siguiendo una pendiente del orden de entre 25º y 30º hasta una profundidad aproximada de 125 km a partir de la cual, la placa de Nazca se desplaza de manera horizontal hasta una distancia respecto a la línea de la fosa de 750 km en la región norte y 550 km en la región centro, configurando una subducción de tipo subhorizontal; mientras que las tendencias medias del sur del Perú sugieren un ángulo de subducción de 30º en forma continua hasta una profundidad de 450 km respecto de la línea de la fosa, configurando una subducción de tipo normal. Los cambios de las tendencias entre una y otra zona demostrarían la contorsión mencionada de la placa de Nazca entre los dos modos de subducción anteriormente mencionados. Finalmente, cabe señalar que las tendencias medias de la sismicidad descritas anteriormente, son coherentes con las descritas por Pennington (1981), Cooper et al. (1987), Meijer y Wortel (1992), Coblentz y Richardson (1996), Taboada et al. (1998), y Bourdon et al. (2002).

La Neotectónica en el Perú

El desarrollo constante del proceso de subducción de la placa de Nazca bajo la placa Sudamericana determina un comportamiento tectónico compresivo del territorio peruano siguiendo la dirección de la convergencia entre la placa oceánica y continental. Las más claras evidencias de este comportamiento tectónico compresivo se encuentran en la zona

del frente Subandino, en las fallas inversas y en los pliegues localizados dentro del callejón Interandino.

Es preciso señalar que la llegada de la Dorsal de Nazca a la fosa ecuatoriana podría constituir una zona de significativa resistencia a la subducción ejerciendo esfuerzos compresivos adicionales dentro de la placa continental. Por otro lado, existen grandes rasgos estructurales transversales a la cordillera de los Andes, que afectan la fisiografía de esta región y que podrían influir en su comportamiento tectónico. Finalmente se puede indicar que las condiciones anteriormente descritas favorecerían la generación de movimientos dextrales a lo largo de fallas regionales dentro del territorio peruano. Los principales sistemas de fallas localizados en el Perú se detallan gráficamente en el Mapa Neotectónico PS-001 de Fallas y Pliegues Cuaternarios.

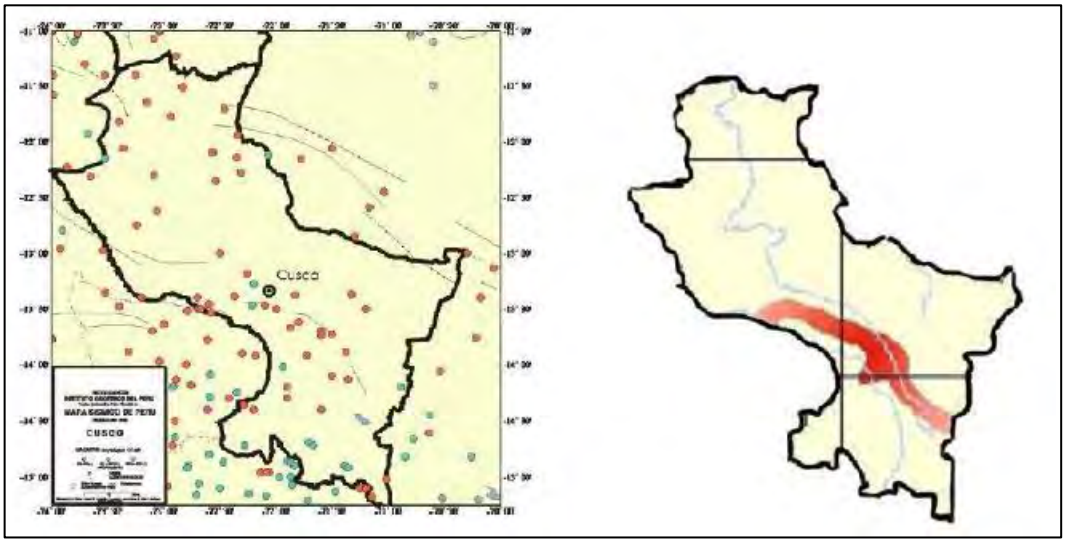
Para el caso de nuestro país, la generación de los sismos se explica dentro de la “Teoría de la Tectónica de Placas”, que postula el desplazamiento convergente de la Placa Tectónica de Nazca o Submarina bajo la Placa Tetánica Continental o Sudamericana, más aún, es la causante de la formación de la Cordillera de los Andes, que es el evento orogénico más importante dentro de la evolución actual del territorio peruano.

La región del Cusco se encuentra en una zona de bastante actividad tectónica, lo cual está expuesto a los movimientos de intraplaca. Sin embargo, los distritos de la provincia no están preparados para un evento de movimientos tectónicos. Ya que las construcciones civiles no son construidas con una dirección técnica sino a criterio de los pobladores de la zona. En la provincia de Paruro el 60% aproximadamente están construidas en adobe lo cual es muy vulnerable a los peligros de movimientos sísmicos.

Las fallas que se originaron por la geodinámica interna en la zona de estudio tienen una orientación principalmente NW-SE, con fallas tensionales con dirección NE-SW produciendo anticlinales y sinclinales. La provincia de Quispicanchi se encuentra ubicada

en el borde Noreste de gran concentración de sismos intermedios, cuyo borde occidental sigue la línea de costa desde Lima hasta la frontera con Chile y cuyo borde oriental pasa cercano a la orilla norte del Lago Titicaca, sigue el límite de las regiones de Cusco y Apurímac hasta el punto en que convergen los límites de ambos departamentos con el de Ayacucho como lo muestra la Figura 73.

Figura 73: Mapa Sísmico de la Región Cusco, Derecha Mapa de mayor concentración de sismos superficiales



Condiciones geodinámicas en el centro poblado de Palma Real

El centro poblado de Palma Real, ubicado en el distrito de Echarati, provincia de La Convención, presenta condiciones geodinámicas influenciadas por su ubicación en la zona de transición entre la Cordillera Oriental y la región Subandina.

Desde el punto de vista litológico, afloran rocas intrusivas asociadas a cuerpos plutónicos, así como rocas metamórficas y sedimentarias, entre las que destacan pizarras y metareniscas pertenecientes a unidades como el Grupo San José, la Formación Sandia y la Formación Ananea. Estas unidades presentan diferentes grados de meteorización y un notable nivel de fracturamiento, lo cual evidencia la influencia de procesos tectónicos pasados y actuales. La presencia de estas discontinuidades estructurales reduce la

resistencia mecánica de los materiales, favoreciendo condiciones de inestabilidad del terreno.

En cuanto a la estructura geológica, la zona está caracterizada por la presencia de fallas y fracturas regionales que generan planos de debilidad en el macizo rocoso. Estas estructuras controlan la geometría de las laderas, la orientación del drenaje y facilitan la infiltración de agua, incrementando la presión de poros y disminuyendo la cohesión de los materiales, lo que favorece la ocurrencia de movimientos en masa.

El relieve en Palma Real está condicionado por el control estructural, presentando formas desarrolladas sobre rocas deformadas, con pendientes que varían de suaves a moderadas. Esta configuración geomorfológica refleja la influencia directa de la geodinámica interna en la evolución del paisaje.

Implicancias en la estabilidad del terreno

La geodinámica interna constituye el principal factor condicionante para el desarrollo de procesos geodinámicos externos en el área de estudio. La presencia de rocas fracturadas y meteorizadas favorece la formación de depósitos coluviales y deluviales altamente susceptibles a la erosión y a los movimientos en masa.

Asimismo, se debe considerar que aproximadamente el 30% de las viviendas en el centro poblado de Palma Real están construidas con material de adobe, lo cual incrementa significativamente la vulnerabilidad frente a eventos sísmicos. En consecuencia, la interacción entre las condiciones geológicas, estructurales y antrópicas configura un escenario de riesgo geológico en la zona.

Efecto del sismo

De acuerdo a la Zonificación Sísmica del Perú, establecido en la Norma de Diseño Sismo Resistente E-030 del Reglamento Nacional de Edificaciones, la región Cusco, la

provincia de Cusco y la zona de estudio se encuentra en la Zona 2 y su correspondiente factor de zona "Z" = 0.25, según la Tabla N° 1.

A cada zona se asigna un factor Z según se indica en la tabla mostrada. Este factor se interpreta como la aceleración máxima horizontal en suelo rígido con una probabilidad de 10% de ser excedida en 50 años. El factor Z se expresa como una fracción de la aceleración de la gravedad

Tabla N° 1
FACTORES DE ZONA "Z"

ZONA	Z
4	0,45
3	0,35
2	0,25
1	0,10

Condiciones Geotécnicas

Perfiles del Suelo

a. Perfil tipo So: Roca dura

b. Perfil tipo S1: Roca o suelos muy rígidos

c. Perfil tipo S2: Suelos intermedios

d. Perfil tipo S3: Suelos blandos

e. Perfil tipo S4: Condiciones excepcionales

Tabla N° 2
CLASIFICACIÓN DE LOS PERFILES DE SUELO

Perfil	$\overline{V}_s$	$\overline{N}_{60}$	$\overline{s}_u$
S_0	> 1500 m/s	-	-
S_1	500 m/s a 1500 m/s	> 50	>100 kPa
S_2	180 m/s a 500 m/s	15 a 50	50 kPa a 100 kPa
S_3	< 180 m/s	< 15	25 kPa a 50 kPa
S_4	Clasificación basada en el EMS		

Parámetros de sitio (S, Tp y T_L)

Deberá considerarse el tipo de perfil que mejor describa las condiciones locales, utilizándose los correspondientes valores del factor de amplificación del suelo S y de los periodos Tp y Tl de tos de la tabla N00 Y N00.

Tabla N° 3
FACTOR DE SUELO "*S*"

SUELO / ZONA	S_0	S_1	S_2	S_3
Z_4	0,80	1,00	1,05	1,10
Z_3	0,80	1,00	1,15	1,20
Z_2	0,80	1,00	1,20	1,40
Z_1	0,80	1,00	1,60	2,00

Para la zona de estudio se tienen los parámetros siguientes para S2 y Z2, se tiene S = 1.20

Tabla N° 4
PERÍODOS "T_P" Y "T_L"

	Perfil de suelo			
	S_0	S_1	S_2	S_3
T_P (s)	0,3	0,4	0,6	1,0
T_L (s)	3,0	2,5	2,0	1,6

Tp = 0.60 y TL = 2.00

Parámetros Sísmicos del Suelo (De acuerdo a la Norma E.030)	
Zona Sísmica:	2
Tipo de Perfil del Suelo	S2
Factor del Suelo (S):	1.20
Periodo TP (s)	0.60
Periodo TL (s)	2.00

CURVAS DE INTENSIDADES MÁXIMAS:

Distribución de ordenadas espectrales para el Perú correspondientes a un periodo estructural normal y periodo de retorno de 475 años.

De acuerdo a esta información al área del proyecto le corresponde una ordenada espectral de 0.24 para un periodo de retorno de 475 años con una probabilidad de excedencia de 10% en un periodo de exposición de 50 años.

Figura 74: Mapa de Ordenadas Espectrales

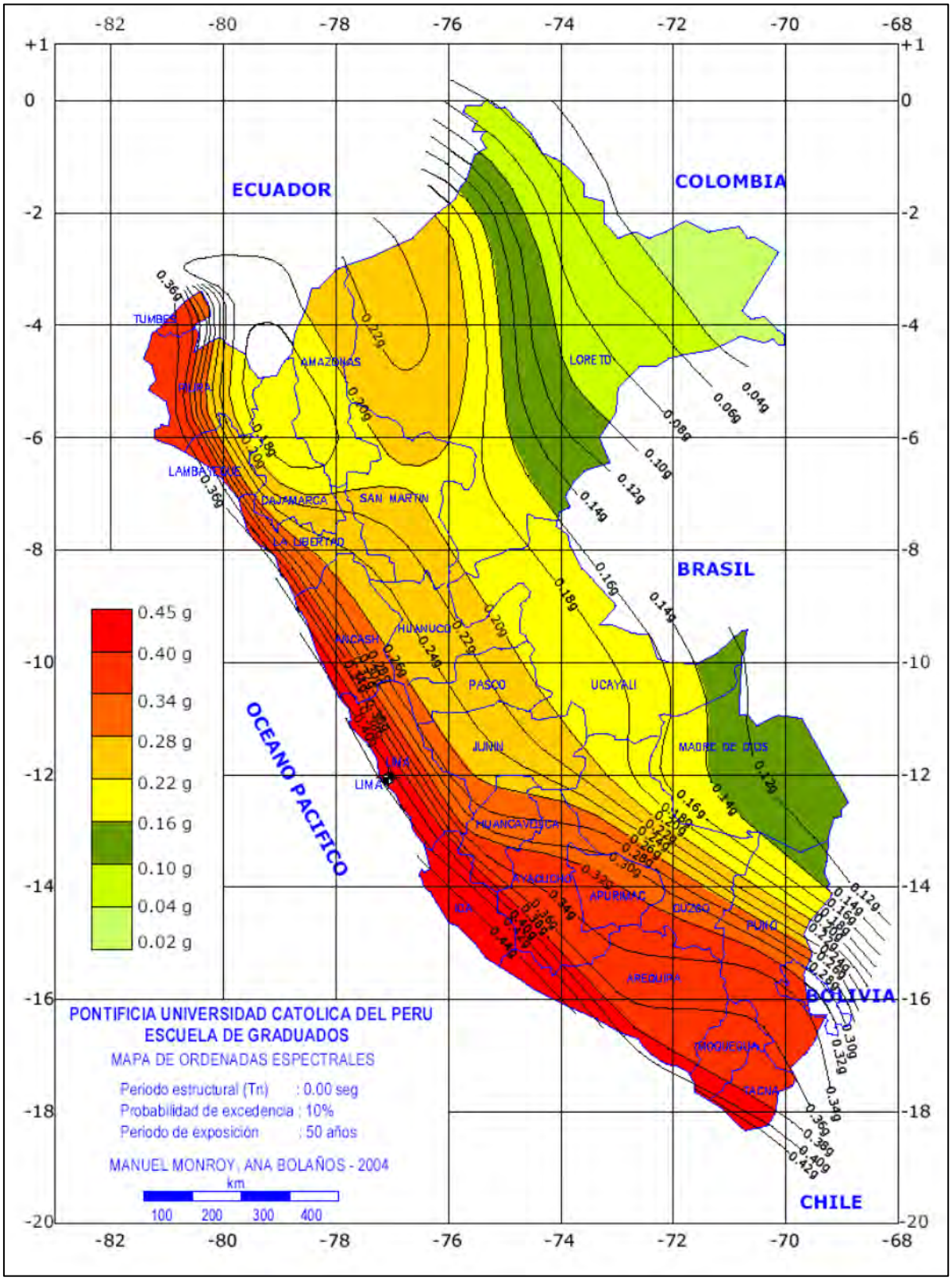
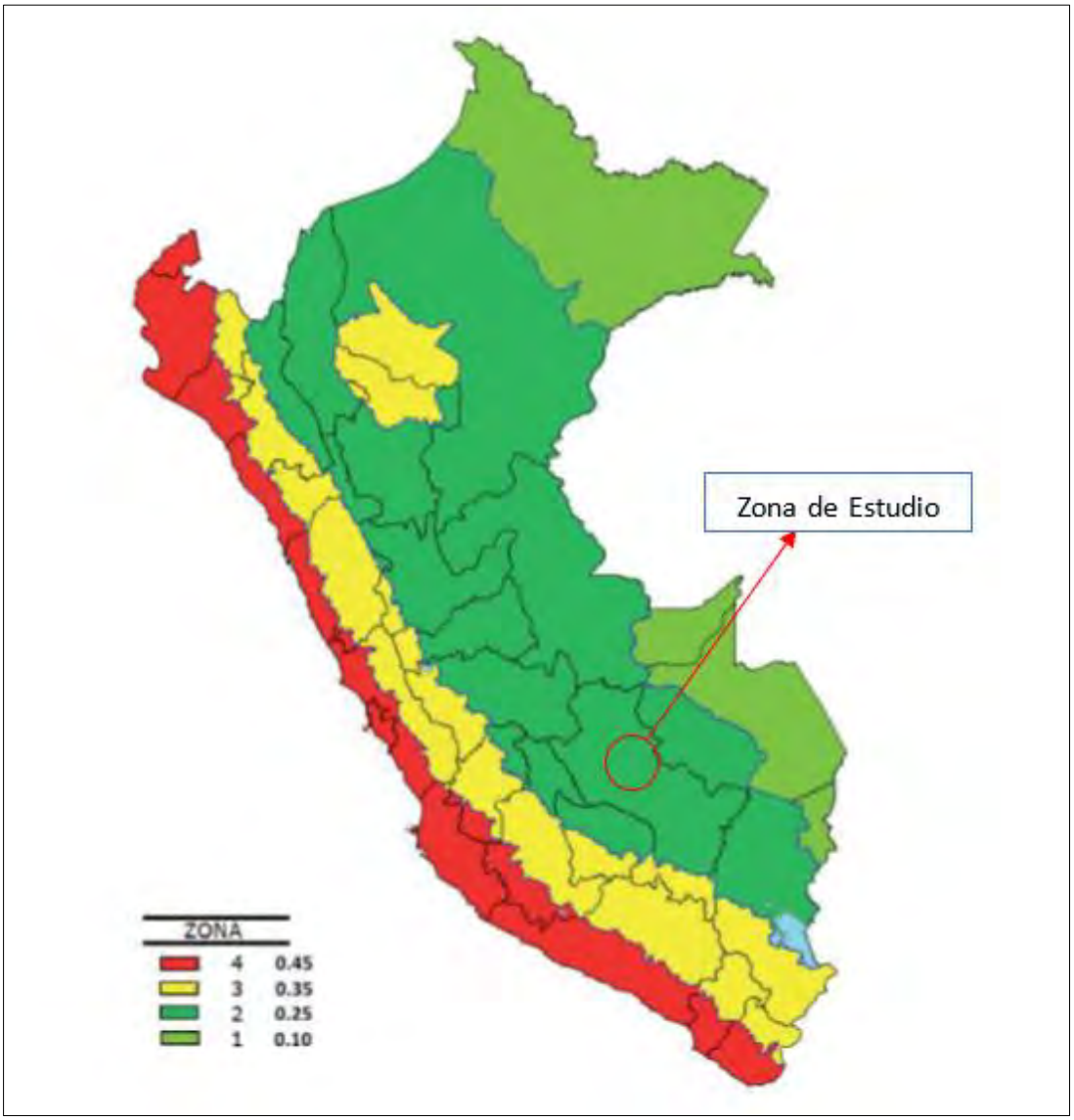


Figura 75: Mapa de Zonificación Sísmica.



el análisis de la sismicidad, es fundamental en la evaluación de riesgos geológicos, ya que permite comprender la influencia de los procesos tectónicos en la estabilidad del terreno. La zona de estudio se encuentra dentro de un contexto tectónicamente activo, donde la presencia de fallas y la interacción de placas generan eventos sísmicos que pueden actuar como factores detonantes de movimientos en masa. Los sismos producen vibraciones que incrementan los esfuerzos internos en los materiales, reducen su resistencia al corte y pueden desestabilizar taludes previamente debilitados por condiciones geológicas, geomorfológicas o climáticas. Por ello, la consideración de la geodinámica interna permite evaluar no solo la susceptibilidad del terreno, sino también los posibles escenarios de activación de deslizamientos inducidos por sismos, constituyendo un elemento clave en la gestión del riesgo geológico.

3.11.2. Geodinámica Externa

La geodinámica externa estudia la acción de los procesos exógenos que actúan sobre la superficie terrestre, los cuales están controlados por diversos factores como la precipitación pluvial, el viento, la temperatura y la gravedad, entre otros. Estos procesos son responsables de la destrucción, transformación y modelamiento del relieve.

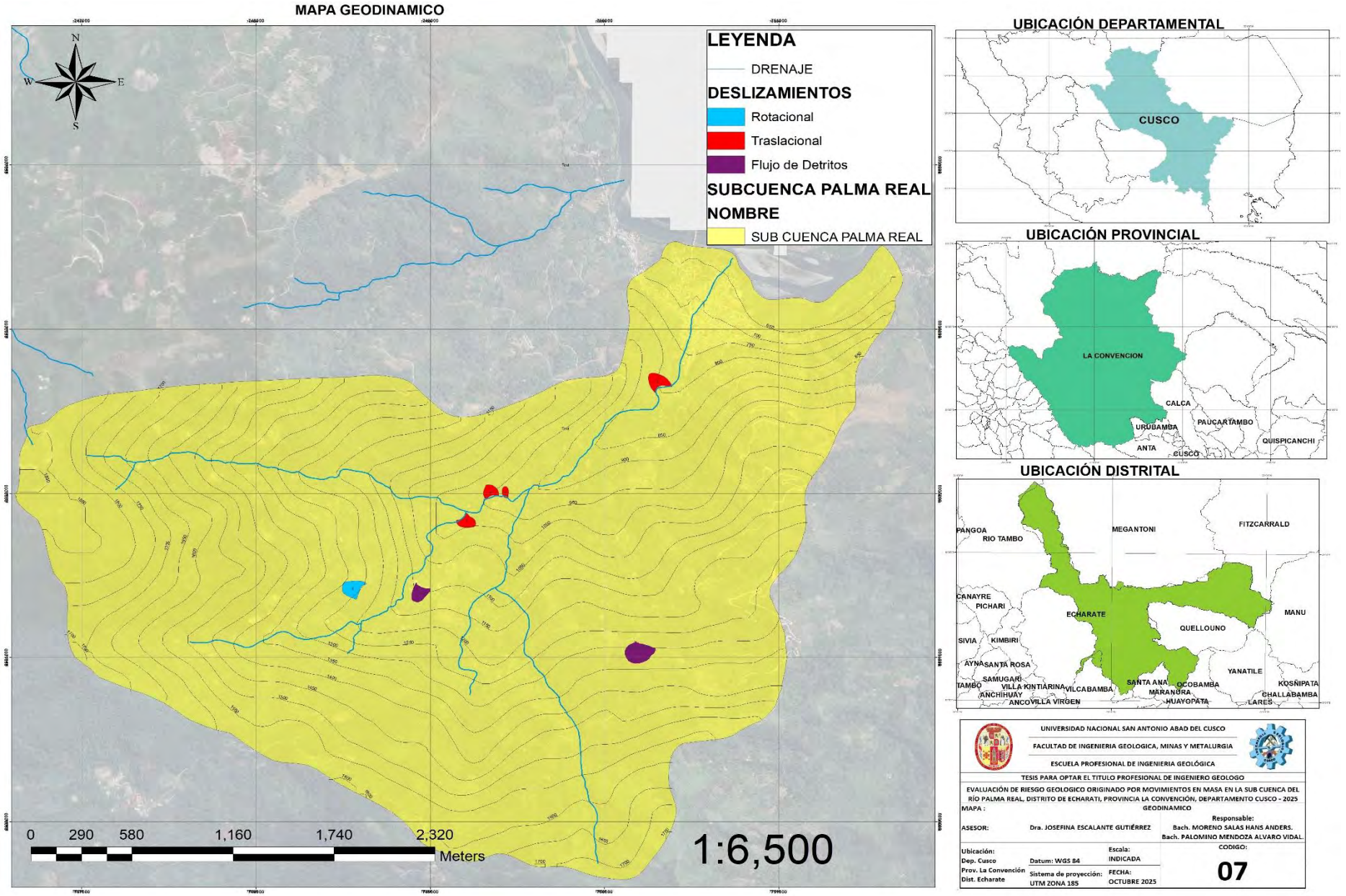
Entre los agentes exógenos, las precipitaciones se consideran uno de los factores con mayor influencia en la dinámica del terreno, ya que constituyen el principal detonante de los movimientos en masa (MM), tales como la reptación, los deslizamientos, los derrumbes y las caídas de rocas. Estos procesos afectan la estabilidad de los taludes y, por consiguiente, la seguridad física de los centros poblados donde ocurren.

Los movimientos en masa se desarrollan generalmente en pendientes inestables, donde intervienen factores geológicos, geomorfológicos y climáticos, así como agentes desencadenantes como las lluvias intensas o los sismos. Estos eventos generan cambios en la morfología del terreno, producen daños ambientales, afectan las obras de infraestructura, y pueden ocasionar la destrucción de viviendas, puentes o el bloqueo de ríos, entre otros impactos.

El volumen total de daños ocasionados por los movimientos en masa puede ser incluso superior al causado por los sismos o las inundaciones. No obstante, una parte significativa de estas pérdidas es evitable si se identifican previamente las zonas susceptibles y se implementan medidas de prevención y control adecuadas.

En la zona de estudio se identificaron 5 zonas con deslizamientos de suelos (DS), tres zonas se identificaron como deslizamientos traslacionales de gran dimensión y 2 zonas también como deslizamiento traslacional, pero de pequeña dimensión, 2 zonas con flujos de detrito.

Figura 76: MAPA DE GEODINAMICA EXTERNA



3.11.3. Inventario de Movimientos de Ladera

En este apartado se describen los apartados de movimientos en masa identificados en la Quebrada de Palma real.

La quebrada de Palma Real presenta una geodinámica externa muy activa, representada principalmente por deslizamientos y flujos de detritos. Estos movimientos en masa tienen como causas o condicionantes la geometría del terreno, la pendiente, el tipo de roca, el tipo de suelo, el drenaje superficial – subterráneo y la cobertura vegetal. El factor desencadenante de estos eventos es la precipitación pluvial periódica y extraordinaria que caen en la zona, así como la sismicidad.

Tabla 16: Lista del inventario de movimientos en masa

Deslizamiento	Tipo de Desli.	Long. De base (m)	Pendiente (°)	Material (SUCS)
D-01	traslacional	109.83	25-45	GP-GC
D-02	traslacional	35.57	25-45	GP-GC
D-03	traslacional	84.81	25-45	GP-GC
D-04	traslacional	85.07	>45	GP-GC
D-05	rotacional	116.14	>45	GP-GC
D-06	flujo de detrito	94.53	25-45	GP-GC
D-07	flujo de detrito	135.92	>45	GP-GC

- **EFECTO DE LAS PRECIPITACIONES EN LA ESTABILIDAD DE LADERAS**

El agua es el principal factor que provoca el colapso de taludes, pues la mayoría de los deslizamientos ocurren después de lluvias intensas o prolongadas. Cuando el agua se infiltra en el suelo, aumenta el peso, las presiones internas y reduce la resistencia del terreno, facilitando el movimiento del material.

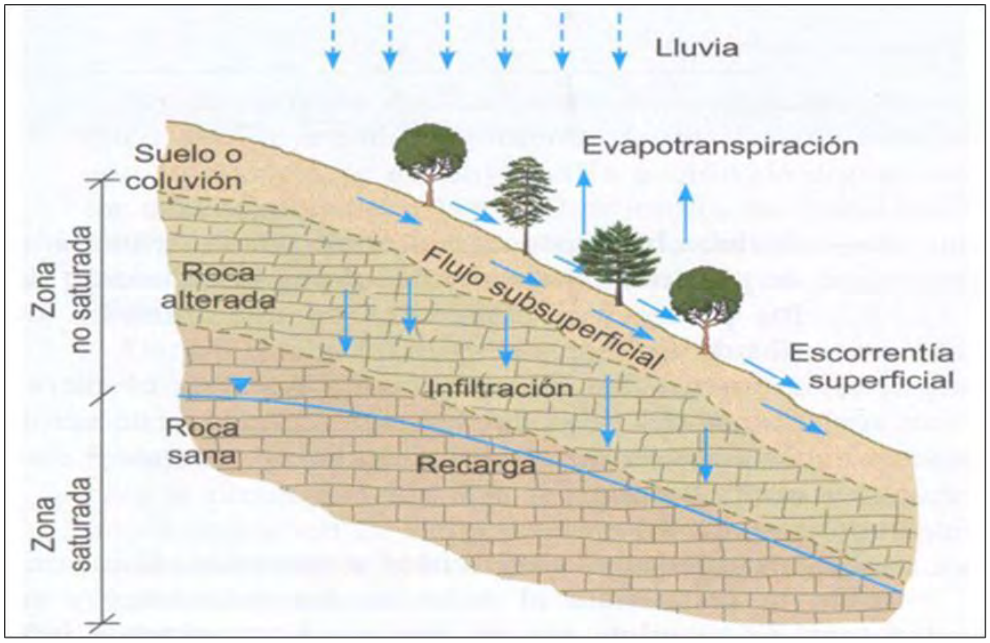
La intensidad y duración de las precipitaciones influyen directamente en la infiltración y el nivel freático: parte del agua se filtra y otra parte se escurre por la

superficie, generando inestabilidad en las laderas. Factores como la permeabilidad del suelo, la topografía y la vegetación determinan cuánto agua penetra y cómo afecta la estabilidad del terreno.

En suelos de baja permeabilidad, las lluvias suaves pero prolongadas pueden saturarlos lentamente hasta causar fallas. En cambio, en suelos altamente permeables, las lluvias intensas y breves provocan aumentos rápidos en la humedad y en la presión de poros, disminuyendo la resistencia del suelo.

En conjunto, la presencia del agua reduce la fricción, eleva las presiones internas y altera el equilibrio natural de las laderas, volviéndolas más propensas a los deslizamientos.

Figura 77: Esquema de circulación del agua en una ladera



Fuente: González de Vallejos et al. (2002).

3.11.3.1. Flujos de detritos

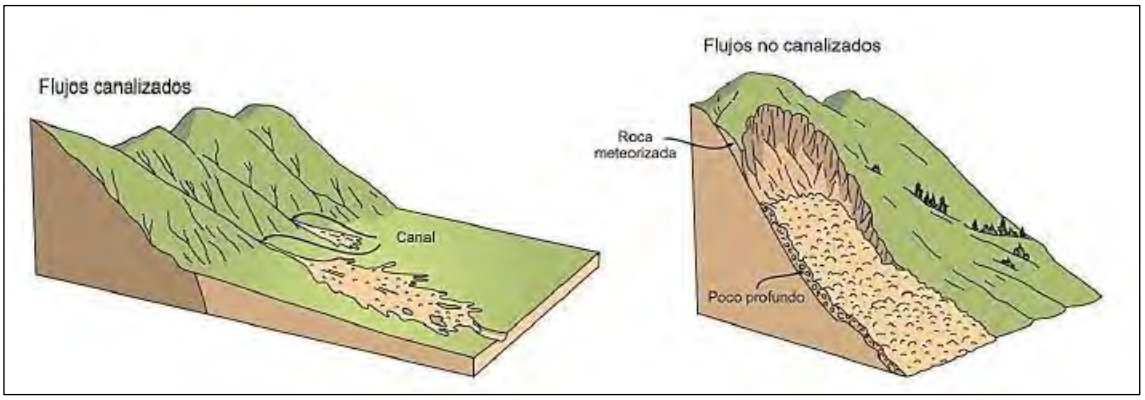
Se identificaron flujos de detritos en el cauce de la quebrada Palma Real, específicamente en el sector Alto Palma Real y Calaminayoc Alto. Estos flujos de detritos que se activan principalmente durante épocas de intensas precipitaciones pluviales. Estos eventos se caracterizan por el rápido desplazamiento de materiales detríticos saturados,

compuestos por fragmentos de roca, suelo y materia orgánica, los cuales se movilizan por la acción combinada de la gravedad y el exceso de agua.

Durante su desplazamiento, el flujo incorpora grandes volúmenes de agua y sedimentos, aumentando su velocidad, densidad y capacidad erosiva. Este material es transportado a lo largo del cauce y finalmente depositado en las zonas de menor pendiente, generando depósitos proluviales en forma de abanicos de detritos en la desembocadura de la quebrada.

La ocurrencia de estos flujos constituye un proceso de geodinámica externa de alta energía, asociado a la inestabilidad de laderas y a la susceptibilidad del terreno ante lluvias intensas, representando un peligro geodinámico para las áreas pobladas y de infraestructura ubicadas en las zonas bajas del cauce.

Figura 78: Esquema de flujo de detritos, ya sean canalizados o no canalizados



Fuente: Proyecto Multinacional Andino (2007).

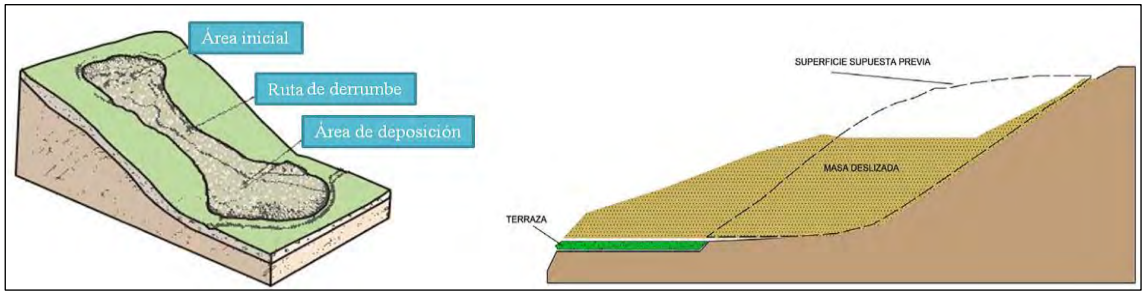
3.11.3.2. Deslizamientos

En la quebrada Palma Real, se han identificado procesos de remoción en masa asociados principalmente a deslizamientos de tipo traslacional. Estos procesos ocurren cuando las masas de suelo y roca se movilizan al superarse la resistencia al corte de los materiales que conforman las laderas, generando el deslizamiento del terreno en conjunto.

los deslizamientos traslacionales se producen sobre superficies de falla planas o ligeramente onduladas, en las que el material se mueve de manera más uniforme y con

mayor velocidad. Este tipo de deslizamiento es común en sectores donde existen estratos inclinados o contactos entre materiales de diferente permeabilidad, favoreciendo la inestabilidad durante las épocas de lluvias intensas.

Figura 79: Esquema de deslizamiento de suelo.



Fuente: Proyecto Multinacional Andino (2007).

3.11.3.3. Factor de seguridad de taludes

El factor seguridad (FS) es uno de los parámetros mas importantes en la evaluación en la estabilidad de taludes que viene a ser la interrelación entre las fuerzas resistentes y las fuerzas actuantes que atienden a producir un deslizamiento.

Estos factores se determino en los sectores con taludes de pendientes pronunciada y presencia de material coluviales saturados donde se presenta factores de seguridad cercanos a estado crítico, especialmente durante eventos de precipitaciones intensas.

Factor de Seguridad	**Condición**
FS > 1.50	Estable
FS = 1.30 – 1.50	Moderadamente estable
FS = 1.00 – 1.30	Condición crítica
FS < 1.00	Inestable

En donde el inventario DR-01 presenta un factor seguridad entre 130 -1.50 que se encuentra moderadamente estable. El inventario DR-02 se encuentra con un factor de 1.10 se encuentra en una condición crítica. El inventario DT-01 se tiene pendientes mayores a 60°con una altura de talud de 123 m con deslizamiento de materia coluvial con un resultado

de su factor seguridad de 1.00 en condición crítica. El inventario DT-02 se tiene pendientes mayores a 60°con una altura de talud de 123 m con deslizamiento de materia coluvial con un resultado de su factor seguridad de 1.00 en condición crítica. El inventario DT-03 se tiene pendientes mayores a 60°con una altura de talud de 112 m con deslizamiento de materia coluvial con un resultado de su factor seguridad de menos a 1 por tanto se encuentra en condición inestable.

La disminución del factor seguridad esta directamente relacionada con el incremento de la presión de los poros, perdida de resistencia al corte y el aumento del peso propio de material debido a la saturación del suelo.

Los resultados demuestran que los taludes estudiados en la quebrada del rio Palma Real experimentan reducciones significativas del factor seguridad en temporadas de precipitaciones intensas en los meses de noviembre -marzo, favoreciendo de esta manera la ocurrencia de deslizamientos y flujo de detritos.

Figura 80: Inventario DR-01 deslizamiento del tipo rotacional en la zona de estudio

EVALUACIÓN DEL RIESGO GEOLÓGICO ORIGINADO POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LA SUBCUENCA DEL RÍO PALMA REAL, DISTRITO DE ECHARATI, PROVINCIA LA CONVENCIÓN, DEPARTAMENTO CUSCO – 2025				
PROVINCIA:	**DISTRITO:**	**QUEBRADA**	**MARGEN:**	**CODIGO DE MOVIMIENTOS EN MASA:**
La Convención	Echarate	Palma Real	Isquierdo	DR-01
ZONA	18S	**ESTE**	748575	**TIPOLOGIA DE MOVIMIENTO**
ALTITUD	1282 msnm	**NORTE**	8601392	Deslizamiento Rotacional
Factores condicionantes			**Factores desencadenantes**	
COBERTURA VEGETAL: Area con poca vegetación **LITOLOGIA:** material coluvial grava limo arcillosas con clastos de rocas metamorficas angulosas a subangulosas.			**PRECIPITACIÓN PLUVIAL:** Las precipitaciones intensas son factores importantes que originan los movimientos en masa en la zona de estudio	
PENDIENTE: Fuerte con pendientes de (> 45°) **GEOMORFOLOGÍA:** se identifica que está dentro de ladera de montaña			**Observaciones:** Se observa un talud con un pequeño deslizamiento, conformado por materiales no consolidados compuestos por fragmentos de rocas metamórficas mezclados con finos de limo y arcilla.	
CARACTERISTICAS DE LA ROCA O SUELOD EL ÁREA INESTABLE			**DIMENSIONES DEL FENOMENO**	
Condiciones de la roca/suelo:			**Dimensiones:**	
LITOLOGIA SUELO COLUVIAL			**Longitud:** 14 m	
VELOCIDAD: MEDIA			**Ancho Promedio:** 8 m	
Humedad: MEDIA			**Area:** 98.12 m2	
Fotografías:				
				
Elaboracion:	Bch. Moreno salas hans anders bch. Palomino mendoza alvaro vidal		**FECHA:**	16/10/2025

Figura 81: Inventario DR-02 deslizamiento rotacional en el centro poblado de Palma Real

EVALUACIÓN DEL RIESGO GEOLÓGICO ORIGINADO POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LA SUBCUENCA DEL RÍO PALMA REAL, DISTRITO DE ECHARATI, PROVINCIA LA CONVENCIÓN, DEPARTAMENTO CUSCO – 2025				
PROVINCIA:	**DISTRITO:**	**CENTRO POBLADO**	**MARGEN:**	**CODIGO DE MOVIMIENTOS EN MASA:**
La Convención	Echarate	Palma Real	Izquierdo	DR-02
ZONA	18S	**ESTE**	749188	Deslizamiento Rotacional
ALTITUD	1004.6 msnm	**NORTE**	8601865	
Factores condicionantes				
COBERTURA VEGETAL: Area con poca vegetación				
LITOLOGIA: material coluvial con presencia de grava limo arcillosa y arena con clastos de rocas metamorficas angulosas a subangulosas.				
PENDIENTE: Muy fuerte con pendientes de ($> 60°$)				
GEOMORFOLOGÍA: se identifica en la base de las vertientes, en el cause del rio en la margen izquierda.				
Factores desencadenantes				
PRECIPITACIÓN PLUVIAL: Las precipitaciones intensas son factores importantes que originan los				
OBSERVACIONES: Se observa en la margen izquierda del cause del rio con presencia de bolones en la base.				
CARACTERISTICAS DE LA ROCA O SUELOD EL ÁREA INESTABLE			**DIMENSIONES DEL FENOMENO**	
Condiciones de la roca/suelo:			**DIMENSIONES:**	
LITOLOGIA SUELO COLUVIAL			**Longitud:** 17 m	
VELOCIDAD: MODERADA			**Ancho Promedio:** 12 m	
HUMEDAD: ALTA			**Area:** 186.08m2	
Fotografías:				
				
Elaborado:	Bch. Moreno Salas Hans Anders Bch. Palomino Mendoza Alvaro Vidal		**FECHA:**	16/10/2025

Figura 82: Inventario DT-01 deslizamiento traslacional en el centro poblado de Palma Real

EVALUACIÓN DEL RIESGO GEOLÓGICO ORIGINADO POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LA SUBCUENCA DEL RÍO PALMA REAL, DISTRITO DE ECHARATI, PROVINCIA LA CONVENCIÓN, DEPARTAMENTO CUSCO – 2025				
PROVINCIA:	**DISTRITO:**	**CENTRO POBLADO**	**MARGEN:**	**CODIGO DE MOVIMIENTOS EN MASA:**
La Convención	Echarate	Palma Real	Derecha	DT-01
ZONA	18S	**ESTE**	749343	Deslizamiento Traslacional
ALTITUD	970.4 msnm	**NORTE**	8601911	
Factores condicionantes				
COBERTURA VEGETAL: Area con poca presencia de vegetación				
LITOLOGIA: material coluvial con presencia de grava limo arcillosa, y material organico.				
PENDIENTE: Muy fuerte con pendientes de $(> 60°)$				
GEOMORFOLOGÍA: se identifica en la base de las vertientes, en el cause del rio en la margen derecha.				
Factores desencadenantes				
PRECIPITACIÓN PLUVIAL: Las precipitaciones intensas constituyen un factor determinante en la generación de movimientos en masa dentro de la zona de estudio.				
OBSERVACIONES: Se observa en la margen derecha del cause del rio con presencia de bolones en la base y troncos.				
CARACTERISTICAS DE LA ROCA O SUELOD EL ÁREA INESTABLE		**DIMENSIONES DEL FENOMENO**		
Condiciones de la roca/suelo:		**DIMENSIONES:**		
LITOLOGIA SUELO COLUVIAL		**Longitud:** 123 m		
VELOCIDAD: RAPIDA		**Ancho Promedio:** 18 m		
HUMEDAD: ALTA		**Area:** 1, 863 m2		
Fotografías:				
 				
Elaborado:	Bch. Moreno Salas Hans Anders Bch. Palomino Mendoza Alvaro Vidal		**FECHA:**	16/10/2025

Figura 83: Inventario DT-02 deslizamiento traslacional en el centro poblado de Palma Real

EVALUACIÓN DEL RIESGO GEOLÓGICO ORIGINADO POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LA SUBCUENCA DEL RÍO PALMA REAL, DISTRITO DE ECHARATI, PROVINCIA LA CONVENCIÓN, DEPARTAMENTO CUSCO – 2025				
PROVINCIA:	**DISTRITO:**	**CENTRO POBLADO**	**MARGEN:**	**CODIGO DE MOVIMIENTOS EN MASA:**
La Convención	Echarate	Palma Real	Derecha	DT-02
ZONA	18S	**ESTE**	750497	Deslizamiento Traslacional
ALTITUD	832.1 msnm	**NORTE**	8602607	
Factores condicionantes				
COBERTURA VEGETAL: Area con presencia moderada de vegetación				
LITOLOGIA: material coluvial con presencia de grava limo arcillosa, y material organico.				
PENDIENTE: Muy fuerte, con pendientes de (> 60°)				
GEOMORFOLOGÍA: se identifica en la base de las vertientes, en el cause del rio en la margen derecha.				
Factores desencadenantes				
PRECIPITACIÓN PLUVIAL: Las precipitaciones intensas constituyen un factor determinante en la generación de movimientos en masa dentro de la zona de estudio.				
OBSERVACIONES: Los suelos no consolidados constituyen un factor clave en el socavamiento, deslizamiento y en el transporte de detritos durante el aumento del caudal de los ríos o quebradas.				
CARACTERISTICAS DE LA ROCA O SUELOD EL ÁREA INESTABLE			**DIMENSIONES DEL FENOMENO**	
Condiciones de la roca/suelo:			**DIMENSIONES:**	
LITOLOGIA SUELO COLUVIAL			**Longitud:** 123 m	
VELOCIDAD: RAPIDA			**Ancho Promedio:** 18 m	
HUMEDAD: ALTA			**Area:** 1, 863 m2	
Fotografías:				
 				
Elaborado:	Bch. Moreno Salas Hans Anders Bch. Palomino Mendoza Alvaro Vidal		**FECHA:**	16/10/2025

Figura 84: Inventario DT-02 deslizamiento traslacional en el centro poblado de Palma Real

EVALUACIÓC3:H37 RIESGO GEOLÓGICO ORIGINADO POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LA SUBCUENCA DEL RÍO PALMA REAL, DISTRITO DE ECHARATI, PROVINCIA LA CONVENCIÓN, DEPARTAMENTO CUSCO – 2025				
PROVINCIA:	**DISTRITO:**	**CENTRO POBLADO**	**MARGEN:**	**CODIGO DE MOVIMIENTOS EN MASA:**
La Convención	Echarate	Palma Real	Derecha	DT-04
ZONA	18S	**ESTE**	749398	Deslizamiento Traslacional
ALTITUD	982.4 msnm	**NORTE**	8601953	
Factores condicionantes				
COBERTURA VEGETAL: Area con presencia moderada de vegetación				
LITOLOGIA: material coluvial con presencia de grava, arena, limo y arcilla.				
PENDIENTE: Muy fuerte, con pendientes de **(> 50°)**				
GEOMORFOLOGÍA: se identifica en la base de las vertientes, en el cause del rio en la margen derecha.				
Factores desencadenantes				
PRECIPITACIÓN PLUVIAL: Las precipitaciones intensas constituyen un factor decisivo en el desencadenamiento de movimientos en masa en la zona de estudio.				
OBSERVACIONES: Los suelos no consolidados representan un factor determinante en los procesos de socavamiento, deslizamiento y transporte de detritos, especialmente durante el incremento del caudal de los ríos o quebradas.				
CARACTERISTICAS DE LA ROCA O SUELOD EL ÁREA INESTABLE			**DIMENSIONES DEL FENOMENO**	
Condiciones de la roca/suelo:			**DIMENSIONES:**	
LITOLOGIA SUELO COLUVIAL			**Longitud:** 52 m	
VELOCIDAD: RAPIDA			**Ancho Promedio:** 28 m	
HUMEDAD: MEDIA			**Area:** 1, 208 m2	
Fotografías:				
 				
Elaborado:	Bch. Moreno Salas Hans Anders Bch. Palomino Mendoza Alvaro Vidal		**FECHA:**	16/10/2025

Figura 85: Inventario DT-03 deslizamiento traslacional en la en el centro poblado de Palma Real

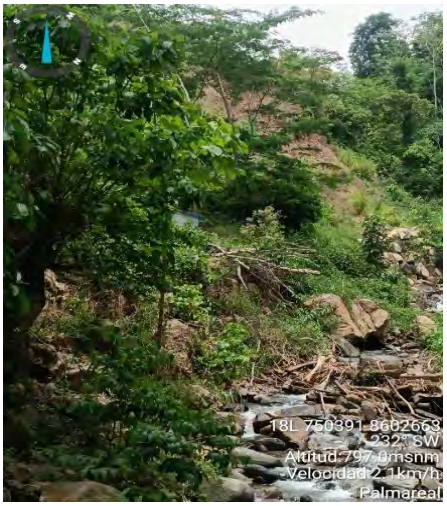
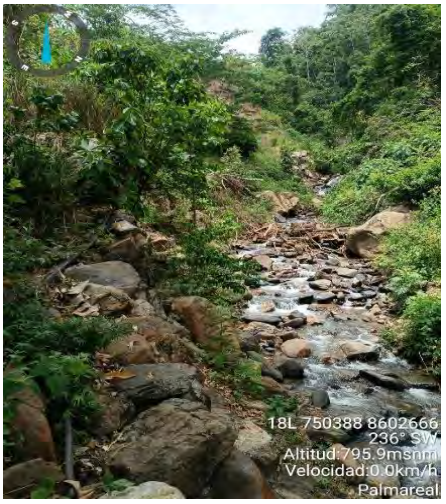
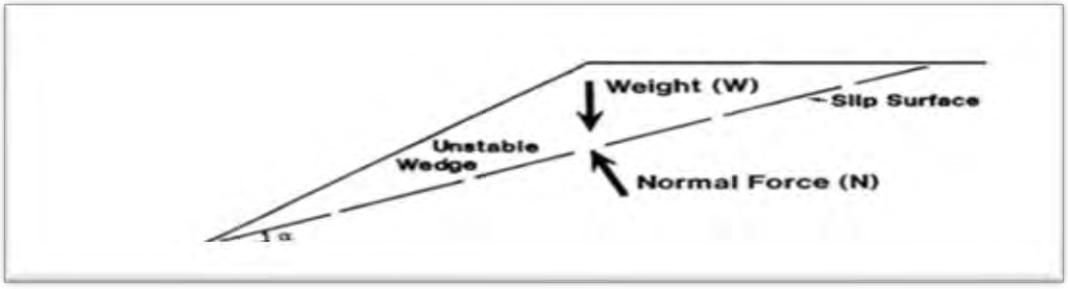
EVALUACIÓN DEL RIESGO GEOLÓGICO ORIGINADO POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LA SUBCUENCA DEL RÍO PALMA REAL, DISTRITO DE ECHARATI, PROVINCIA LA CONVENCIÓN, DEPARTAMENTO CUSCO – 2025				
PROVINCIA:	**DISTRITO:**	**CENTRO POBLADO**	**MARGEN:**	**CODIGO DE MOVIMIENTOS EN MASA:**
La Convención	Echarate	Palma Real	Izquierda	DT-03
ZONA	18S	**ESTE**	750388	Deslizamiento Traslacional
ALTITUD	795.9 msnm	**NORTE**	8602666	
Factores condicionantes				
COBERTURA VEGETAL: Area con presencia moderada de vegetación				
LITOLOGIA: material coluvial con presencia de grava, arena, limo y arcilla.				
PENDIENTE: Muy fuerte, con pendientes de **(> 60°)**				
GEOMORFOLOGÍA: se identifica en la base de las vertientes, en el cause del rio en la margen izquierda.				
Factores desencadenantes				
PRECIPITACIÓN PLUVIAL: Las precipitaciones intensas constituyen un factor decisivo en el desencadenamiento de movimientos en masa en la zona de estudio.				
OBSERVACIONES: Los suelos no consolidados representan un factor determinante en los procesos de socavamiento, deslizamiento y transporte de detritos, especialmente durante el incremento del caudal de los ríos o quebradas.				
CARACTERISTICAS DE LA ROCA O SUELOD EL ÁREA INESTABLE			**DIMENSIONES DEL FENOMENO**	
Condiciones de la roca/suelo:			**DIMENSIONES:**	
LITOLOGIA SUELO COLUVIAL			**Longitud:** 112 m	
VELOCIDAD: RAPIDA			**Ancho Promedio:** 23 m	
HUMEDAD: ALTA			**Area:** 1, 972 m2	
Fotografías:				
 				
Elaborado:	Bch. Moreno Salas Hans Anders		**FECHA:**	16/10/2025
	Bch. Palomino Mendoza Alvaro Vidal			

Figura 86: Inventario DT-04 deslizamiento traslacional en el centro poblado de Palma Real

EVALUACIÓC3:H37 RIESGO GEOLÓGICO ORIGINADO POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LA SUBCUENCA DEL RÍO PALMA REAL, DISTRITO DE ECHARATI, PROVINCIA LA CONVENCIÓN, DEPARTAMENTO CUSCO – 2025				
PROVINCIA:	**DISTRITO:**	**CENTRO POBLADO**	**MARGEN:**	**CODIGO DE MOVIMIENTOS EN MASA:**
La Convención	Echarate	Palma Real	Derecha	DT-04
ZONA	18S	**ESTE**	749398	Deslizamiento Traslacional
ALTITUD	982.4 msnm	**NORTE**	8601953	
Factores condicionantes				
COBERTURA VEGETAL: Area con presencia moderada de vegetación				
LITOLOGIA: material coluvial con presencia de grava, arena, limo y arcilla.				
PENDIENTE: Muy fuerte, con pendientes de **(> 60°)**				
GEOMORFOLOGÍA: se identifica en la base de las vertientes, en el cause del rio en la margen derecha.				
Factores desencadenantes				
PRECIPITACIÓN PLUVIAL: Las precipitaciones intensas constituyen un factor decisivo en el desencadenamiento de movimientos en masa en la zona de estudio.				
OBSERVACIONES: Los suelos no consolidados representan un factor determinante en los procesos de socavamiento, deslizamiento y transporte de detritos, especialmente durante el incremento del caudal de los ríos o quebradas.				
CARACTERISTICAS DE LA ROCA O SUELOD EL ÁREA INESTABLE		**DIMENSIONES DEL FENOMENO**		
Condiciones de la roca/suelo:		**DIMENSIONES:**		
LITOLOGIA SUELO COLUVIAL		**Longitud:** 31 m		
VELOCIDAD: MODERADA		**Ancho Promedio:** 14 m		
HUMEDAD: MEDIA		**Area:** 621 m2		
Fotografías:				
				
Elaborado:	Bch. Moreno Salas Hans Anders		**FECHA:**	16/10/2025
	Bch. Palomino Mendoza Alvaro Vidal			

3.11.4. Métodos de estabilidad de taludes

a) **Estabilidad traslacional del talud:** Se desarrolla en taludes muy inclinados. Se estila utilizar el método de las cuñas para poder estimar el factor seguridad asociado.



b) **Estabilidad rotacional del talud:** La falla rotacional se desarrolla en suelos relativamente homogéneos. Es una inestabilidad que se genera hacia abajo y hacia afuera. Se utiliza el método de las "rebanadas" o de las "dovelas"



3.11.5. Tratamientos del talud con obras auxiliares

El tratamiento del talud con obras auxiliares son obras secundarias que sirve como soporte necesario para garantizar la estabilidad a lo largo del tiempo y evitar deslizamientos y futuras avenidas de flujo de detritos.

1. Canales de coronación y banquetas
2. Subdrenajes
3. Reforestación en áreas que sin cobertura vegetal.

3.12. Peligros Geológicos

En el presente estudio, se ha considerado la evaluación de riesgo actual y futuro, habiéndose identificado un peligro significativo de origen natural de tipo hidrometeorológico específicamente deslizamientos y flujo de detritos.

3.12.1. Identificación del Área de Influencia

La identificación del área de influencia se realizó a partir de un mapeo detallado de los fenómenos de geodinámica externa, tanto antiguos como recientes, presentes en la zona evaluada, principalmente aquellos asociados a deslizamientos. Para ello, se analizó la quebrada del rio Palma real que aporta material como rocas y depósitos cuaternarios y que además actúa como receptora del agua que, al acumularse, puede desencadenar flujos de detritos y lodo.

El recurso hídrico constituye otro factor clave en este análisis. En el área de estudio, el agua proviene principalmente de las precipitaciones, las cuales son de origen convectivo. Estas lluvias son más abundantes que en la región andina, aunque presentan un régimen similar: una temporada lluviosa que se extiende de diciembre a marzo y una estación seca de abril a noviembre. Este patrón climático favorece una cobertura vegetal diversa, conformada por árboles, cultivos de plátano, cacao, otros frutales y pequeños arbustos, característicos de los ecosistemas de ceja de selva.

Asimismo, la topografía fue un criterio determinante para definir el área de influencia. Se observaron cambios marcados en el relieve, predominando pendientes moderadamente pronunciadas en las laderas de los cerros y zonas más planas donde se concentra la actividad agrícola. En las partes bajas de las quebradas se asienta la población, que suele ser la más afectada por los deslizamientos que ocurren cerca del cauce del río, los cuales bloquean su flujo natural y generan riesgos adicionales.

Finalmente, el tipo de suelo también influye en la delimitación del área de influencia. En la zona se diferencian suelos semicompacto, afloramientos rocosos paleozoicos compuestos por rocas metamórficas frágiles y sectores con areniscas cuarzosas más resistentes.

3.12.2. Evaluación del Peligro por Movimientos en Masa

El Proceso de Análisis Jerárquico (AHP, por sus siglas en inglés Analytic Hierarchy Process) fue desarrollado por Thomas L. Saaty con el propósito inicial de apoyar la toma de decisiones en el tratado de reducción de armamento estratégico entre Estados Unidos y la antigua URSS. En la actualidad, este método se aplica ampliamente por ser una herramienta flexible dentro del análisis de decisiones multicriterio, especialmente cuando se cuenta con un número limitado de alternativas.

El AHP facilita que los responsables de la toma de decisiones puedan analizar y organizar un problema de forma estructurada y visual. Para aplicarlo, primero se construye una estructura jerárquica, que permite ordenar el problema en distintos niveles, asegurando que los elementos dentro de un mismo nivel tengan una magnitud comparable y se relacionen adecuadamente con los del nivel superior o inferior.

Una vez establecida la jerarquía, se procede a la valoración de los parámetros o criterios, lo cual se realiza mediante comparaciones por pares entre los elementos. Esta comparación puede basarse en factores tanto cuantitativos como cualitativos, utilizando una escala de 1 a 9 propuesta por Saaty. En esta escala, el valor "1" representa que ambos elementos tienen igual importancia, "3" indica una preferencia moderada, "5" una preferencia fuerte y "9" una preferencia extrema. Los valores intermedios (2, 4, 6, 8) se utilizan para expresar niveles de preferencia intermedios.

3.12.2.1. Determinación del Nivel de Peligrosidad

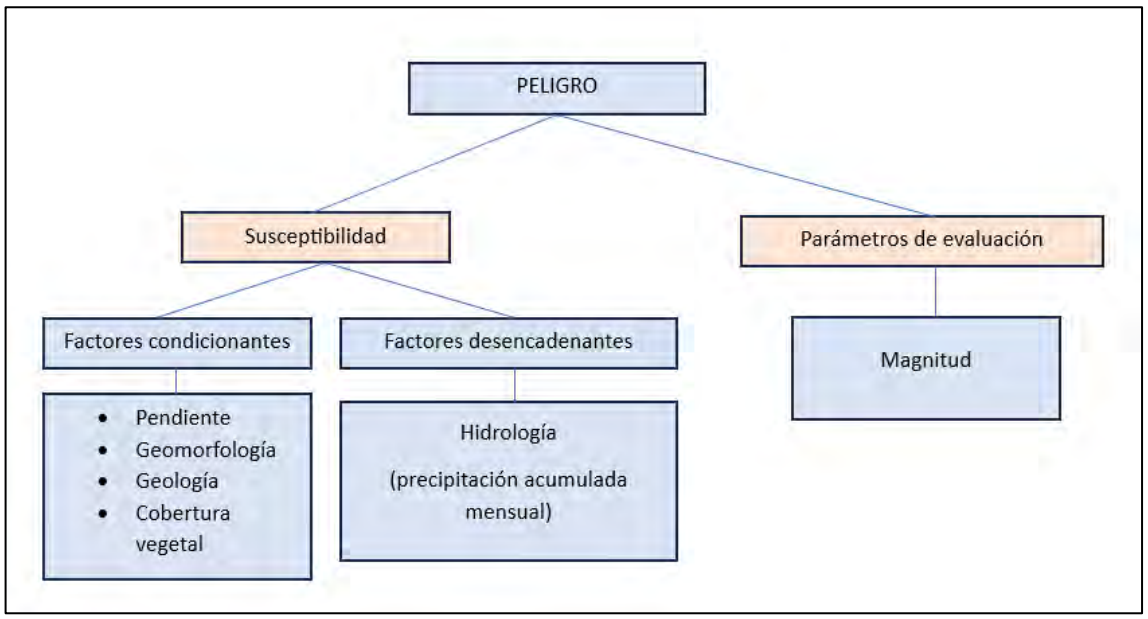
Para evaluar el nivel de peligrosidad por movimientos en masa, se aplicó la metodología propuesta por el CENEPRED en el Manual EVAR (versión 2). Este proceso

requiere estimar la peligrosidad, tomando en cuenta los parámetros de evaluación, la susceptibilidad según los factores condicionantes y desencadenantes, así como los elementos expuestos y vulnerables presentes en la zona de estudio.

La determinación de la peligrosidad se realiza considerando una serie de parámetros, y para cada uno de ellos se definen descriptores específicos que permiten caracterizar la zona con mayor precisión. Posteriormente, estos parámetros se ponderan utilizando el método de Saaty (AHP), el cual asigna valores de importancia relativa para obtener una valoración objetiva y jerarquizada del nivel de peligrosidad.

De esta manera, el análisis combina tanto criterios técnicos como cuantitativos, permitiendo identificar con mayor claridad las áreas con mayor riesgo de sufrir movimientos en masa.

Figura 87: Diagrama de determinación del peligro



Parámetros de Evaluación del Fenómeno

En este estudio, se tomó como parámetro de evaluación el volumen de material desplazado durante un deslizamiento, al cual denominamos "Magnitud". Para determinar los pesos ponderados asociados a esta Magnitud, se aplicó el Proceso de

Análisis Jerárquico (AHP). Este método permite estimar la importancia relativa de cada descriptor mediante comparaciones por pares. A partir de este procedimiento, se obtuvieron los siguientes resultados.

MAGNITUD (volumen de material desplazado)

Para estimar la magnitud del deslizamiento, expresada como el volumen de material movilizado, se calcula el área y el espesor de la zona de arranque. En algunos casos, también se emplean fórmulas empíricas que relacionan directamente el área de esta zona con el volumen movilizado, (Picarelli et al. 2005).

En el centro poblado de Palma Real, donde se registraron los deslizamientos en su mayoría ubicados a lo largo de las márgenes del río Palma Real se identifican sectores con evidente actividad de geodinámica externa. Estos sectores presentan pendientes que varían de moderadas a abruptas al pie de las montañas, y una cobertura vegetal compuesta principalmente por árboles, arbustos y áreas agrícolas. La geología local está conformada por rocas metamórficas como pizarras y lutitas, las cuales son fácilmente desmenuzables, así como por areniscas más resistentes y depósitos no consolidados en las zonas deprimidas de los cerros.

Durante la temporada de lluvias, el caudal del río aumenta considerablemente y los suelos, altamente permeables, permiten una rápida infiltración de agua. Esta condición reduce la cohesión del terreno cuando se encuentra saturado, lo que incrementa significativamente la pérdida de capacidad portante frente a precipitaciones intensas

3.12.2.2. Ponderación de los Parámetros de Evaluación del Peligro de Movimientos en Masa.

MAGNITUD

Tabla 17: ponderación del parámetro de evaluación MAGNITUD.

Parámetros Generales	DESZLIMIENTO (VOLUMEN)	Ponderación	
		Ponderación Multicriterio	Valor para geoprocesamiento

Descriptores	GE1	> 250000 m3	PP1	0.503	5
	GE2	50000 m3 a 250000 m3	PP2	0.260	4
	GE3	5000 m3 a 50000 m3	PP3	0.134	3
	GE4	500 m3 a 5000 m3	PP4	0.068	2
	GE5	Menor a 500 m3	PP5	0.035	1

3.12.3. Susceptibilidad en el centro poblado de Palma Real

La susceptibilidad se refiere a la probabilidad de que ocurra un fenómeno de origen natural. Esta probabilidad está determinada por dos tipos de factores:

- Factores condicionantes, que son las características intrínsecas del terreno.
- Factores desencadenantes, que corresponden a elementos externos que actúan como detonantes del fenómeno.

La interacción entre ambos factores define el nivel de susceptibilidad. Para poder evaluarla, es necesario asignar un peso a cada factor según el grado de influencia que ejerce en la ocurrencia del evento.

En el análisis de la susceptibilidad al flujo de detritos dentro del área de estudio, se empleó el método Multicriterio propuesto por Thomas L. Saaty. Este método permite establecer una jerarquía entre los distintos descriptores, valorando su importancia relativa respecto al fenómeno analizado. En esta investigación, se consideraron los siguientes factores condicionantes y desencadenantes.

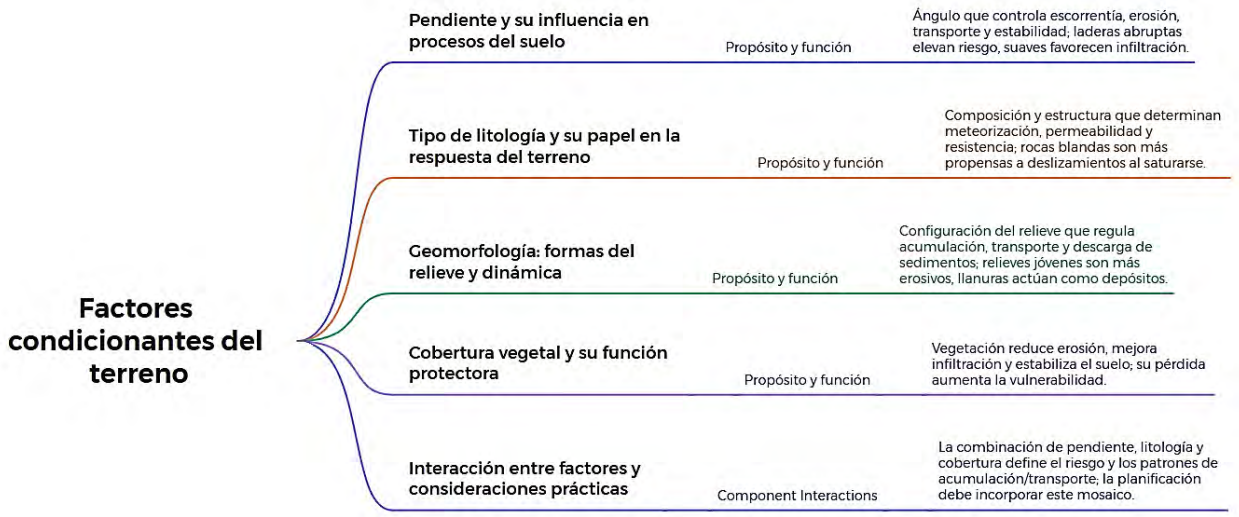
Tabla 18: parámetros a considerar en la evaluación de la susceptibilidad

FACTORES CONDICIONES	FACTORES DESENCADENATES
Litología	Hidrología (precipitación acumulada mensual)
Pendiente	
Geomorfología	
Vegetación e Hidrogeología	

4. Factores Condicionantes:

Son características propias del centro poblado de Palma Real que influyen, de forma positiva o negativa, en el desarrollo de los movimientos en masa y en su distribución espacial.

Tabla 19: Factores condicionantes



Pendientes:

A partir de la información completa de las curvas de nivel del área de estudio, se generaron Modelos Digitales de Elevación (DEM) con una alta resolución espacial de 2 metros por celda. Para este proceso se emplearon los softwares ArcGIS 10.3 y QGIS, que permitieron obtener una representación precisa del relieve.

Posteriormente, el DEM fue sometido a un proceso de reclasificación, mediante el cual se organizaron y delimitaron las diferentes zonas del territorio según sus grados de pendiente. De esta manera, el área quedó dividida en cinco rangos de pendiente, lo que facilita comprender cómo varía la inclinación del terreno y cómo esta puede influir en el uso del suelo, la estabilidad y los posibles riesgos asociados.

Figura 88: Mapa de pendientes

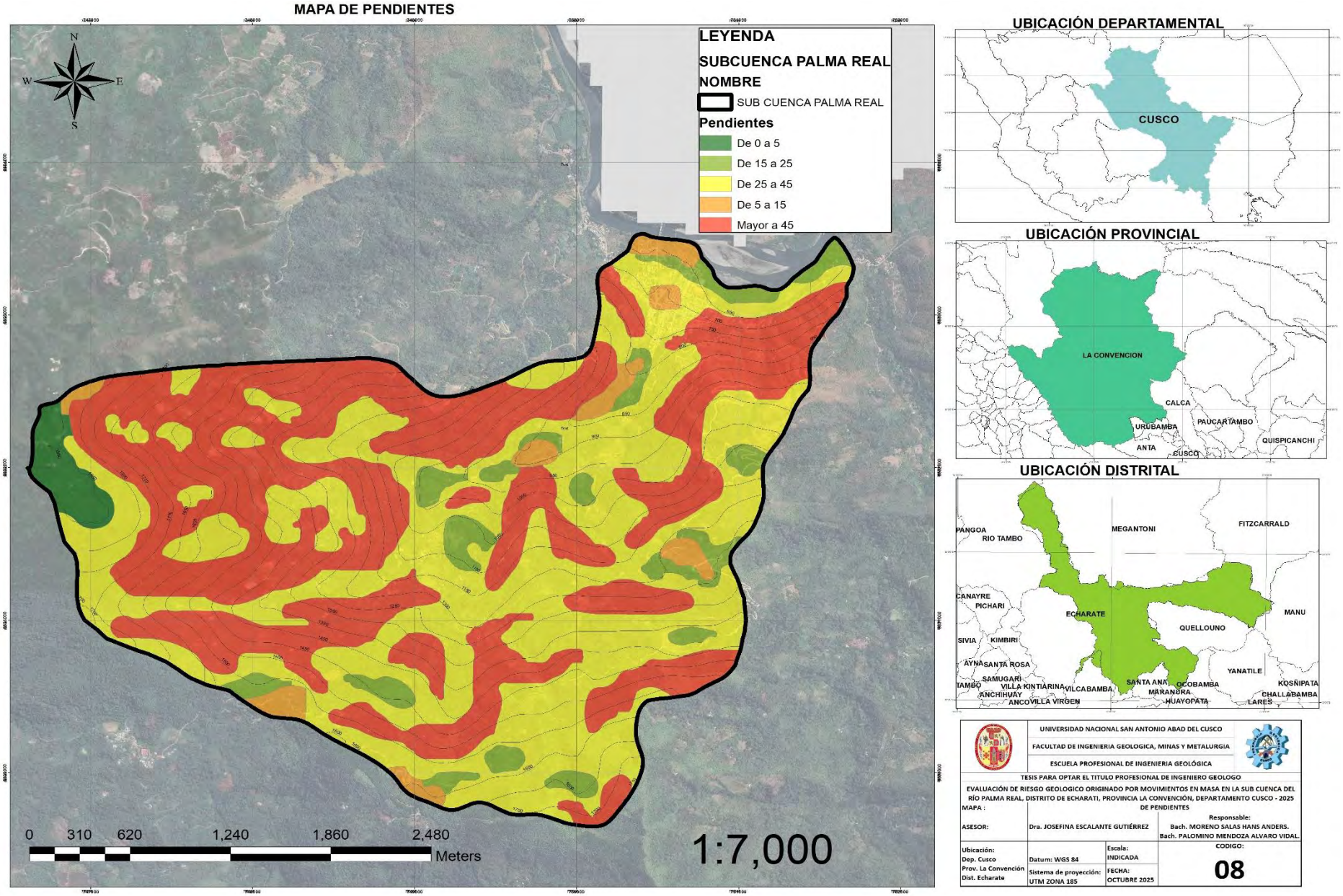


Tabla 20: Descriptores de la Pendiente

PENDIENTES			
Descripción	área(m2)	área(has)	%
0 a 5	235446.13	23.544613	2.078864853
5 a 15	1260433.96	126.043396	11.1289655
15 a 25	4741221.145	474.1221145	41.86247613
25 a 45	4668005	466.800518	41.21601787
>45	420600	42.06	3.713675638

Plano a ligeramente plano (0° - 05°)

Esta zona de pendiente plana a ligeramente plana se encuentra principalmente en la parte baja de la Quebrada del rio palma real cercanas a la población y en las llanuras de inundación, son zonas de depósitos aluviales conformado por material de gravas, arenas y limos. Abarcan un área de 27.48 ha.

Moderada (05° - 15°)

Las zonas de pendiente moderada se localizan junto a áreas de relieve plano. Se distinguen principalmente en la parte media de la quebrada, donde algunas son utilizadas como terrazas y otras como áreas agrícolas, especialmente hacia el norte. En el sector sur, estas superficies son ocupadas por viviendas y vías de acceso vehicular. En total, abarcan una superficie de 168.99 ha.

Moderadamente empinado (15° - 25°)

Las zonas moderadamente empinadas se encuentran en la parte intermedia y parte alta de la zona de estudio en ambos márgenes, y en las laderas bajas Abarcan 474.12 ha.

Empinado (25° - 45°)

Las zonas empinadas se encuentran en casi toda la Quebrada, desde su cabecera hasta las partes bajas en los márgenes del cauce de rio conformado por material coluvio deluviales. Abarcan 466.80 ha de superficie.

Muy empinado (> 45°)

Las zonas con ladera muy empinadas son las que se encuentran dentro de la Quebradas también en márgenes del cauce del rio, en estas pendientes son comunes los cortes de roca o deslizamientos en el sector. Abarcan 42.06 hectáreas de superficie.

Geomorfología

El centro poblado de Palma Real se encuentra en un entorno geomorfológico típicamente montañoso, con laderas escarpadas ubicadas entre las estribaciones de la cordillera de Vilcabamba y el inicio de la llanura amazónica. Esta ubicación genera un relieve diverso, donde se combinan pendientes moderadas a pronunciadas, valles fluviales bien definidos y terrazas naturales. La alta intensidad de las lluvias y la energía del relieve favorecen procesos de erosión y modelado fluvial, dando lugar a un paisaje que integra de manera dinámica elementos propios de las montañas andinas y características de la selva baja.

Tabla 21: Descriptores de la Geomorfología

GEOMORFOLOGIA			
Descripción	área(m2)	área(has)	%
Unidad de vert. o piedemonte aluvio-torrencial	474438.00	47.44	4.35
Llanuras de inundación	11242.70	1.12	0.10
Unidad de montañas en rocas metamórficas	6968420.00	696.84	63.90
Unidad de vert. o piedemonte coluvio – deluvial	2915143.12	291.51	26.73
Vertiente con depósito de deslizamiento	535865.00	53.59	4.91

Unidad de vert. o piedemonte aluvio-torrencial

Corresponde a un relieve de transición entre las laderas montañosas y la llanura amazónica. Se caracteriza por pendientes moderadas a fuertes formadas por la acumulación y retrabajo de materiales transportados por flujos torrenciales y avenidas súbitas

provenientes de las partes altas. Estos depósitos —principalmente gravas, cantos y sedimentos heterométricos— generan superficies inestables, con una dinámica activa condicionada por la intensa precipitación y la energía de los ríos que descienden desde la cordillera de Vilcabamba. Como resultado, este piedemonte muestra una morfología irregular, procesos erosivos marcados y un paisaje que evidencia la interacción constante entre las montañas y el sistema fluvial amazónico. Abarcan 47.44 hectáreas de superficie.

Llanuras de inundación

Corresponden a superficies amplias y relativamente planas formadas por la dinámica fluvial de los ríos amazónicos que atraviesan la zona. Estas áreas se caracterizan por su baja pendiente, suelos jóvenes y fértiles compuestos por sedimentos finos arenas, limos y arcillas depositados durante eventos de crecida. Debido a la alta pluviosidad de la región y al comportamiento estacional de los ríos, estas llanuras experimentan inundaciones periódicas que remodelan el relieve. Abarcan 1.12 hectáreas de superficie.

Unidad de montañas en rocas metamórficas

Corresponde a un paisaje abrupto y altamente diseccionado, afloran pizarras pertenecientes a la Formación Ananea, las cuales forman parte del basamento metamórfico que caracteriza a las montañas de esta región. Estas rocas, de textura fina y con marcada foliación, contribuyen al desarrollo de laderas empinadas e inestables debido a su tendencia a fracturarse y deslaminarse bajo condiciones de humedad elevada. Su presencia influye directamente en la morfología del paisaje, favoreciendo procesos como deslizamientos superficiales, erosión acelerada y el encajonamiento de los drenajes. Abarcan 696.84 hectáreas de superficie.

Unidad de vert. o piedemonte coluvio – deluvial

Corresponde a una franja de transición entre las montañas metamórficas y las áreas más bajas próximas a la llanura amazónica. Está conformada por depósitos mixtos de

origen coluvial materiales desprendidos de las laderas, como bloques, gravas y fragmentos angulosos y deluvial, producto de la acumulación por escorrentías y flujos superficiales que arrastran sedimentos más finos. Esta combinación genera superficies ligeramente inclinadas a moderadas, de morfología irregular y con suelos heterogéneos. Debido a la alta pluviosidad y a la fuerte pendiente aguas arriba, este piedemonte presenta una dinámica activa, con procesos frecuentes de removilización de sedimentos, erosión laminar y pequeños deslizamientos. En conjunto, constituye una zona clave en la transición geomorfológica y sedimentaria entre las montañas y las partes bajas. Abarcan 291.51 hectáreas de superficie.

Vertiente con depósito de deslizamiento

Corresponde a sectores de ladera donde se han acumulado materiales producto de movimientos en masa, principalmente deslizamientos antiguos y recientes. Estos depósitos están formados por una mezcla caótica de bloques, gravas, suelos arcillosos y fragmentos de rocas metamórficas incluida pizarra de la Formación Ananea que han perdido su disposición original debido a la inestabilidad del terreno. Las pendientes suelen ser moderadas a fuertes y presentan morfologías irregulares, con superficies abombadas, grietas, zonas hundidas y drenajes desviados o mal definidos, todos indicios de inestabilidad activa o remanente. La elevada pluviosidad de la región y la fracturación de las rocas de base favorecen la reactivación de estos procesos, convirtiendo a esta unidad en un sector geomorfológicamente sensible. Abarcan 53.59 hectáreas de superficie.

Geología

La litología del área de estudio está compuesta principalmente por rocas metamórficas de la Formación Ananea, integradas por pizarras, filitas y metareniscas muy fracturadas y meteorizadas, lo que incrementa su susceptibilidad a deslizamientos y erosión en laderas. Complementariamente, se desarrollan depósitos coluviales y deluviales en las

partes bajas de las laderas, formados por fragmentos angulosos, arenas y limos que se movilizan con facilidad durante lluvias intensas. En los valles y zonas cercanas a los ríos predominan depósitos aluviales recientes, compuestos por gravas, arenas y limos poco consolidados, reflejando una dinámica fluvial activa propia del ambiente húmedo y de alta precipitación de la subcuenca.

Tabla 22: Descriptores de la Litología

LITOLOGIA			
Descripción	área(m2)	área(has)	%
Depósitos Coluviales Recientes	56297.9	5.63	0.49
Depósitos Aluviales	474438.13	47.44	4.12
Depósitos Coluvio - Deluviales	2885522.21	288.55	25.07
Depósitos Flúvio - Aluviales	541504.90	54.15	4.70
Formación Ananea	7552194.40	755.22	65.61

Depósitos Coluviales Recientes

Los depósitos coluviales recientes en la quebrada Palma Real se forman al pie de laderas empinadas, donde se acumulan materiales movilizados por gravedad desde zonas superiores. Están compuestos por fragmentos angulosos, gravas, arenas y limos poco consolidados y mal clasificados, producto de la meteorización de la Formación Ananea. Se distribuyen en laderas inestables, zonas de pie de monte y pequeños conos, donde presentan alta susceptibilidad a remociones en masa debido a su baja cohesión y saturación durante las lluvias. Estos depósitos contribuyen significativamente al aporte de sedimentos hacia quebradas y ríos, influyendo en la dinámica fluvial y geomorfológica de la subcuenca. Abarcan un área de 5.63 ha.

Depósitos Aluviales

Los depósitos aluviales de la subcuenca Palma Real se localizan a lo largo del río principal y en la desembocadura de quebradas, formados por materiales transportados por

el flujo fluvial. Están compuestos por gravas redondeadas, arenas y limos poco consolidados, derivados de la erosión de la Formación Ananea y de coluviones cercanos. Se distribuyen en terrazas bajas, valles y planicies de inundación, donde son retrabajados durante la época de lluvias. Por su alta permeabilidad, favorecen la recarga hídrica, pero también presentan elevada susceptibilidad a socavación y migración lateral del río. Abarcan un área de 47.44 ha.

Depósitos Coluvio - Deluviales

Los depósitos coluvio-deluviales de la subcuenca Palma Real se desarrollan en zonas de transición entre laderas y quebradas, formados por materiales transportados tanto por gravedad como por escorrentía. Están compuestos por fragmentos angulosos, gravas, arenas y limos provenientes de la meteorización de la Formación Ananea. Son depósitos poco consolidados y mal clasificados, que se acumulan en pie de monte, abanicos y cauces secundarios. Debido a su inestabilidad y alta susceptibilidad a remociones en masa, estos materiales pueden reactivarse durante lluvias intensas, alimentando flujos de detritos y aumentando la carga sedimentaria hacia el río Palma Real. Abarcan un área de 288.55 ha.

Depósitos Flúvio – Aluviales

Los depósitos flúvio-aluviales de la subcuenca Palma Real se distribuyen a lo largo del río principal y en los tramos bajos de las quebradas, donde el flujo fluvial deposita sedimentos estratificados como gravas, arenas, limos y cantos rodados. Estos materiales, poco consolidados y permeables, provienen del retrabajo de las laderas y de depósitos coluviales-deluviales. Se acumulan en terrazas bajas, planicies de inundación y barras fluviales, siendo altamente susceptibles a socavación, erosión lateral y cambios de cauce durante las lluvias intensas. Su presencia refleja una dinámica fluvial activa y un aporte constante de sedimentos dentro de la subcuenca. Abarcan un área de 54.15 ha.

Formación Ananea

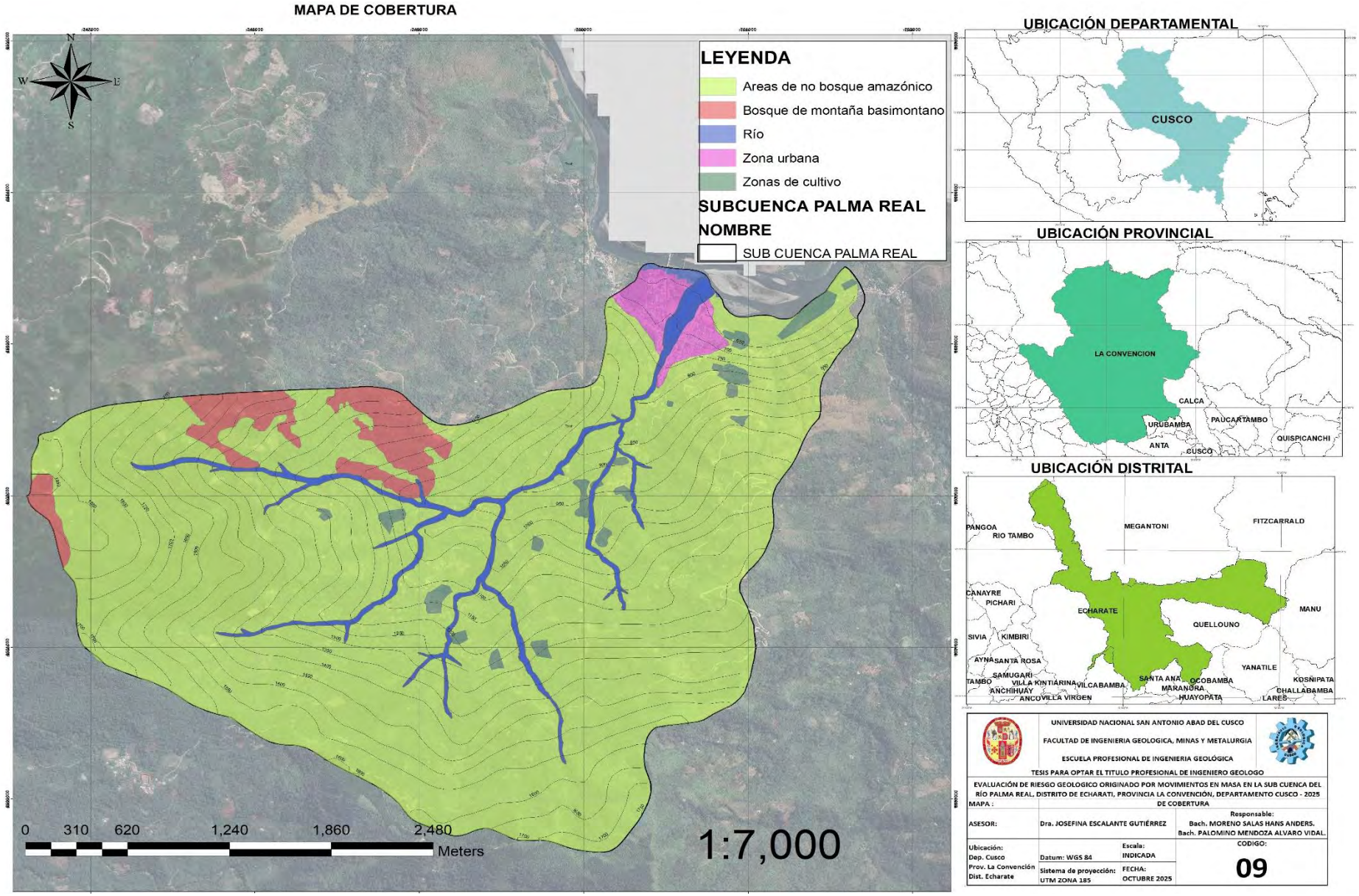
La Formación Ananea, unidad geológica principal de la subcuenca Palma Real, está constituida por pizarras, filitas, metareniscas y delgadas cuarcitas del basamento metamórfico de la Cordillera Oriental. En el área se presenta muy fracturada, meteorizada y localmente plegada, generando suelos delgados e inestables altamente susceptibles a deslizamientos por efecto del clima húmedo. Estas rocas forman laderas de pendiente moderada a alta y actúan como la principal fuente de sedimentos que alimentan los depósitos coluviales, deluviales y aluviales, influyendo directamente en la dinámica geomorfológica y sedimentaria de la subcuenca Palma Real. Abarcan un área de 755.22 ha

Cobertura vegetal

La cobertura vegetal de la subcuenca Palma Real está dominada por bosques de montaña basimontano, complementados por bosques secundarios no amazónicos, áreas agrícolas, rio Palma Real y zona urbana en la parte baja. Su distribución está fuertemente condicionada por la altitud, el clima húmedo y la intensidad de la intervención humana, desempeñando un papel fundamental en la regulación hídrica y la estabilidad geomorfológica del territorio.

COBERTURA VEGETAL			
Descripción	área(m2)	área(has)	%
Bosque de montaña basimontano	499097.00	49.91	4.41
Áreas de no bosque amazónico	10335000.00	1033.50	91.31
zonas agrícolas	197344.00	19.73	1.74
zona urbana	262021.00	26.20	2.31
Río	25429.50	2.54	0.22

Figura 89: Mapa de cobertura vegetal



Bosque de montaña basimontano

El bosque de montaña basimontano de la subcuenca Palma Real se desarrolla entre los 600 y 1 800 m s.n.m., caracterizado por una vegetación densa y húmeda propia de la ceja de selva del distrito de Echarate. Se distribuye principalmente en laderas medias y altas de fuerte pendiente, cumpliendo funciones clave en la regulación hídrica, protección de suelos y estabilidad del relieve. Aunque mantiene sectores bien conservados, también muestra áreas intervenidas por agricultura y tala selectiva. Abarcan un área de 49.91 ha.

Áreas de no bosque amazónico

Corresponden principalmente a zonas intervenidas por actividades humanas y sectores donde la cobertura vegetal natural ha sido modificada o reemplazada. Estas áreas incluyen pastizales, chacras en descanso, zonas de rastrojo y áreas deforestadas asociadas a caminos o asentamientos dispersos. Suelen ubicarse en laderas bajas y medias cercanas a caminos vecinales y a centros poblados, donde la presión antrópica es mayor. Estas superficies presentan menor densidad vegetal, suelos más expuestos y mayor susceptibilidad a erosión y escorrentía, lo que influye en la dinámica hidrológica y en el incremento de sedimentos hacia los cursos de agua de la subcuenca. Abarcan un área de 1033.50 ha.

zonas agrícolas

Las zonas agrícolas de la subcuenca Palma Real se ubican en laderas bajas y medias, terrazas fluviales y áreas cercanas a caminos y viviendas, donde se cultivan café, cacao, plátano, yuca, maíz y frutales. Estas áreas, resultado de la remoción parcial del bosque, presentan suelos vulnerables a la erosión, especialmente en pendientes pronunciadas. Su expansión incrementa la escorrentía y el aporte de sedimentos hacia las quebradas y el río Palma Real, modificando la dinámica ambiental y geomorfológica de la subcuenca. Abarcan un área de 19.73 ha.

zona urbana

La zona urbana de la subcuenca Palma Real está conformada por el centro poblado y edificaciones rurales concentradas en sectores relativamente planos o en laderas moderadas próximas al río Palma Real y a sus principales quebradas. Estas áreas incluyen viviendas, instituciones públicas, comercios locales y zonas de tránsito, muchas de ellas ubicadas cerca de taludes intervenidos o en terrazas bajas susceptibles a procesos naturales. Debido a la geodinámica activa de la subcuenca, estas zonas urbanas se encuentran expuestas a peligros de deslizamientos y flujos de detritos. Abarcan un área de 26.20 ha.

Rio

El río Palma Real es el curso de agua que atraviesa el centro poblado del mismo nombre. En esta zona, el río presenta un cauce dinámico y de alta energía, influenciado por la pendiente del terreno y por la descarga continua de quebradas tributarias. Durante la temporada de lluvias, el río incrementa notablemente su caudal, produciendo procesos de socavación lateral, erosión de márgenes y transporte de sedimentos que pueden afectar las viviendas e infraestructura cercanas. Abarcan un área de 2.54 ha.

3.12.4. Ponderación de los Factores Condicionantes

Tabla 23: Parámetros condicionantes

PARAMETRO	
Geomorfología	FACT1
Pendientes	FACT2
Litología	FACT3
Cobertura vegetal	FACT4

Tabla 24: Matrices de comparación de pares de los factores condicionantes

PARÁMETRO	Geomorfología	Pendientes	Litologia	Cobertura vegetal
Geomorfología	1.00	3.00	5.00	7.00
Pendientes	0.33	1.00	3.00	5.00
Litología	0.20	0.33	1.00	3.00
Cobertura vegetal	0.14	0.20	0.33	1.00
SUMA	1.68	4.53	9.33	16.00

1/SUMA	0.60	0.22	0.11	0.06

Tabla 25: Matriz de normalización de los factores condicionantes

PARÁMETRO	Geomorfología	Pendientes	Litologia	Cobertura vegetal	Vector Priorización
Geomorfología	0.597	0.662	0.536	0.438	0.558
Pendientes	0.199	0.221	0.321	0.313	0.263
Litologia	0.119	0.074	0.107	0.188	0.122
Cobertura vegetal	0.085	0.044	0.036	0.063	0.057
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Tabla 26: Resultado de normalización de factores condicionantes

Resultados de la operación de matrices				Vector Suma Ponderada
0.558	0.790	0.609	0.398	2.356
0.186	0.263	0.366	0.284	1.099
0.112	0.088	0.122	0.171	0.492
0.080	0.053	0.041	0.057	0.230

Tabla 27: Hallando el vector de factores condicionantes

Vector Suma Ponderado/Vector Priorización	
4.222	
4.175	
4.036	
4.041	
SUMA	16.474
PROMEDIO	**4.118**

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	**IC**	**0.039**
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.08 (*)	**RC**	0.04

Tabla 28: Pesos asociados a las capas empleadas en el análisis de susceptibilidad por flujos de detritos en el área evaluada

PARAMETRO	VECTOR DE PRIORIZACION
Geomorfología	0.558
Pendientes	0.263
Litología	0.122
Cobertura vegetal	0.057

Descriptor de Geomorfología

Tabla 29: Ponderación de factor condicionante Geomorfología

PRAMETRO	DESCRIPTOR	N° DE DESCRIPTORES	DESCRIPTORES
GEOMORFOLOGIA	GE1	5	llanuras de inundación
	GE2		vert. o piedemonte aluvio torrencial
	GE3		vert. o piedemonte coluvio – deluvial
	GE4		Vert. con depósito de deslizamiento
	GE5		montañas en rocas metamórficas

Tabla 30: Matrices de comparación de pares del factor Geomorfología

Tabla 31: Matriz de normalización del factor condicionante Geomorfología

MATRIZ DE COMPARACION DE PARES					
DESCRIPTORES	Llanuras de inundación	vert. o piedemonte aluvio-torrencial	vert. o piedemonte coluvio – deluvial	Vertiente con depósito de deslizamiento	montañas en rocas metamórficas
Llanuras de inundación	1.00	2.00	3.00	5.00	7.00
vert. o piedemonte aluvio-torrencial	0.50	1.00	2.00	3.00	5.00
vert. o piedemonte coluvio – deluvial	0.33	0.50	1.00	2.00	3.00
Vertiente con depósito de deslizamiento	0.20	0.33	0.50	1.00	2.00
montañas en rocas metamórficas	0.14	0.20	0.33	0.50	1.00
SUMA	2.18	4.03	6.83	11.50	18.00
1/SUMA	0.460	0.248	0.146	0.087	0.056

DESCRIPTORES	Llanuras de inundación	vert. o piedemonte aluvio-torrencial	vert. o piedemonte coluvio – deluvial	Vert. con depósito de deslizamiento	montañas en rocas metamórficas	Vector Priorización
Llanuras de inundación	0.460	0.496	0.439	0.435	0.389	0.444
vert. o piedemonte aluvio-torrencial	0.230	0.248	0.293	0.261	0.278	0.262
vert. o piedemonte coluvio – deluvial	0.153	0.124	0.146	0.174	0.167	0.153
Vert. con depósito de deslizamiento	0.092	0.083	0.073	0.087	0.111	0.089
montañas en rocas metamórficas	0.066	0.050	0.049	0.043	0.056	0.053
SUMA	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Tabla 32: Hallando vector del factor condicionante Geomorfología

Resultados de la operación de matrices					Vector Suma Ponderado
0.444	0.524	0.458	0.446	0.368	2.240
0.222	0.262	0.306	0.267	0.263	1.320

0.148	0.131	0.153	0.178	0.158	0.768
0.089	0.087	0.076	0.089	0.105	0.447
0.063	0.052	0.051	0.045	0.053	0.264

INDICE DE CONSISTENCIA	**IC**	0.007
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.10	**RC**	**0.006**

Descriptor de Pendiente

Tabla 33: Ponderación de factor condicionante Pendiente

PRAMETRO	DESCRIPTOR	N° DE DESCRIPTORES	DESCRIPTORES
GEOMORFOLOGIA	PE1	5	De 0° a 5°
	PE2		De 5° a 15°
	PE3		De 15° a 25°
	PE4		De 25° a 45°
	PE5		De 45° a 90°

Tabla 34: Matrices de comparación de pares del factor Pendiente

MATRIZ DE COMPARACION DE PARES					
DESCRIPTORES	**De 0° a 5°**	**De 5° a 15°**	**De 15° a 25°**	**De 25° a 45°**	**De 45° a 90°**
De 0° a 5°	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
De 5° a 15°	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
De 15° a 25°	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
De 25° a 45°	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
De 45° a 90°	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00
SUMA	1.79	4.68	9.53	16.33	25.00
1/SUMA	0.560	0.214	0.105	0.061	0.040

Tabla 35: Matriz de normalización del factor condicionante Pendiente

MATRIZ DE NORMALIZACION						
DESCRIPTORES	**De 0° a 5°**	**De 5° a 15°**	**De 15° a 25°**	**De 25° a 45°**	**De 45° a 90°**	**Vector Priorización**
De 0° a 5°	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
De 5° a 15°	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
De 15° a 25°	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
De 25° a 45°	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
De 45° a 90°	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Tabla 36: Hallando vector del factor condicionante Pendiente

Resultados de la operación de matrices					**Vector Suma Ponderado**
0.503	0.781	0.672	0.474	0.313	2.743

0.168	0.260	0.403	0.339	0.244	1.414
0.101	0.087	0.134	0.203	0.174	0.699
0.072	0.052	0.045	0.068	0.104	0.341
0.056	0.037	0.027	0.023	0.035	0.177

INDICE DE CONSISTENCIA	**IC**	0.061
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.10	**RC**	**0.054**

Descriptores de Litología

Tabla 37: Ponderación de factor condicionante Litología

PARAMETRO	DESCRIPTOR	N° DE DESCRIPTORES	DESCRIPTORES
LITOLOGÍA	LIT1	5	Depósito de Coluviales recientes
	LIT2		Depósito Aluviales
	LIT3		Deposito Coluvio-deluvial
	LIT4		Depósito Fluvio aluvial
	LIT5		pizarras, areniscas y lutitas

Tabla 38: Matrices de comparación de pares del factor Litología

MATRIZ DE COMPARACION DE PARES					
DESCRIPTORES	Dep. de Coluviales recientes	Depósito Aluviales	Dep. Coluvio-deluvial	Dep. Fluvio aluvial	pizarras, areniscas y lutitas
Dep. de Coluviales recientes	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
Depósito Aluviales	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
Deposito Coluvio-deluvial	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
Depósito Fluvio aluvial	0.14	0.20	0.33	1.00	2.00
pizarras, areniscas y lutitas	0.11	0.14	0.20	0.50	1.00
SUMA	1.79	4.68	9.53	16.50	24.00
1/SUMA	0.560	0.214	0.105	0.061	0.042

Tabla 39: Matriz de normalización del factor condicionante Litología

MATRIZ DE NORMALIZACION						
DESCRIPTORES	Dep. de Coluviales recientes	Depósito Aluviales	Dep. Coluvio-deluvial	Dep. Fluvio aluvial	pizarras, areniscas y lutitas	Vector Priorización
Depósito de Coluviales recientes	0.560	0.642	0.524	0.424	0.375	0.505
Depósito Aluviales	0.187	0.214	0.315	0.303	0.292	0.262
Deposito Coluvio-deluvial	0.112	0.071	0.105	0.182	0.208	0.136
Depósito Fluvio aluvial	0.080	0.043	0.035	0.061	0.083	0.060
pizarras, areniscas y lutitas	0.062	0.031	0.021	0.030	0.042	0.037
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Tabla 40: Hallando vector del factor condicionante litología

Resultados de la operación de matrices					Vector Suma Ponderado
0.505	0.786	0.678	0.422	0.334	2.725
0.168	0.262	0.407	0.302	0.260	1.399
0.101	0.087	0.136	0.181	0.186	0.691
0.072	0.052	0.045	0.060	0.074	0.304
0.056	0.037	0.027	0.030	0.037	0.188

INDICE DE CONSISTENCIA	**IC**	0.047
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.10	**RC**	**0.042**

Descriptor de Cobertura Vegetal

Tabla 41: Ponderación de factor condicionante cobertura vegetal

PARAMETRO	DESCRIPTOR	N° DE DESCRIPTORES	DESCRIPTORES	
COBERTURA VEGETAL	**CV1**	**5**	basimontano	
	CV2		bosque	
	CV3		zona agrícola	
	CV4		zona urbana	
	CV5		rio	

Tabla 42: Matrices de comparación de pares del factor cobertura vegetal

MATRIZ DE COMPARACION DE PARES					
DESCRIPTORES	**basimontano**	**bosque**	**zona agrícola**	**zona urbana**	**rio**
basimontano	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
bosque	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
zona agrícola	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
zona urbana	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
rio	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00
SUMA	1.79	4.68	9.53	16.33	25.00
1/SUMA	0.560	0.214	0.105	0.061	0.040

Tabla 43: Matriz de normalización del factor condicionante cobertura vegetal

MATRIZ DE NORMALIZACION						
DESCRIPTORES	basimontano	bosque	zona agrícola	zona urbana	rio	Vector Priorización
basimontano	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
bosque	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
zona agrícola	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
zona urbana	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068

rio	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Tabla 44: Hallando vector del factor condicionante cobertura vegetal

Resultados de la operación de matrices					Vector Suma Ponderado
0.503	0.781	0.672	0.474	0.313	2.743
0.168	0.260	0.403	0.339	0.244	1.414
0.101	0.087	0.134	0.203	0.174	0.699
0.072	0.052	0.045	0.068	0.104	0.341
0.056	0.037	0.027	0.023	0.035	0.177

INDICE DE CONSISTENCIA	**IC**	0.061
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.10	**RC**	**0.054**

3.12.5. Factores Desencadenantes

Los factores que pueden generar o activar peligros en la quebrada del rio Palma Real están relacionados con condiciones que desencadenan eventos naturales.

Tras el análisis realizado, se identificó que las precipitaciones constituyen el principal y único factor desencadenante capaz de activar un evento peligroso en esta quebrada. Esto significa que las lluvias intensas o prolongadas son las responsables de iniciar procesos como deslizamientos, incrementos súbitos de caudal o flujos de detritos en la zona.

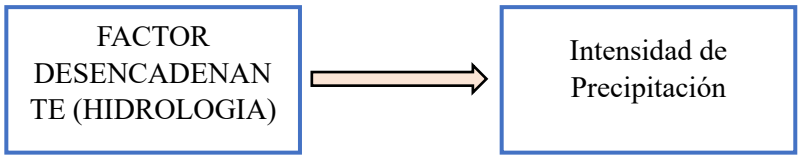


Diagrama del factor desencadenante

Intensidad de Precipitación

Dado que las precipitaciones son el único factor desencadenante identificado, este parámetro se clasificó en cinco subunidades: extremadamente lluvioso, muy lluvioso, lluvioso, moderadamente lluvioso y poco lluvioso. Para asignar los pesos ponderados a cada una de estas categorías, se aplicó el método de Análisis Jerárquico (AHP). A partir de este proceso se obtuvieron los siguientes valores de ponderación.

Tabla 45: Matriz comparación de pares

DESCRIPTOR	N° DE DESCRIPTORES	DESCRIPTORES
UP1	**5**	RR > 44.8 mm Extremadamente lluvioso
UP2		26.6 mm < RR ≤ 44.8 mm Muy lluvioso
UP3		19.8 mm < RR ≤ 26.6 mm Lluvioso
UP4		10.7 mm < RR ≤ 19.8 mm Moderadamente lluvioso
UP5		RR < 10.7 mm Poco Lluvioso

Tabla 46: Matriz de normalización.

MATRIZ DE COMPARACION DE PARES					
DESCRIPTORES	**RR > 44.8 mm Extremadamente lluvioso**	**26.6 mm < RR ≤ 44.8 mm Muy lluvioso**	**19.8 mm < RR ≤ 26.6 mm Lluvioso**	**10.7 mm < RR ≤ 19.8 mm Moderadamente lluvioso**	**RR < 10.7 mm Poco Lluvioso**
RR > 44.8 mm Extremadamente lluvioso	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
26.6 mm < RR ≤ 44.8 mm Muy lluvioso	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
19.8 mm < RR ≤ 26.6 mm Lluvioso	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
10.7 mm < RR ≤ 19.8 mm Moderadamente lluvioso	0.14	0.20	0.33	1.00	2.00
RR < 10.7 mm Poco Lluvioso	0.11	0.14	0.20	0.50	1.00
SUMA	1.79	4.68	9.53	16.50	24.00
1/SUMA	0.56	0.21	0.10	0.06	0.04

Tabla 47: Matriz de normalización

MATRIZ DE NORMALIZACION						
DESCRIPTORES	**RR > 44.8 mm Extremadamente lluvioso**	**26.6 mm < RR ≤ 44.8 mm Muy lluvioso**	**19.8 mm < RR ≤ 26.6 mm Lluvioso**	**10.7 mm < RR ≤ 19.8 mm Moderadamente lluvioso**	**RR < 10.7 mm Poco Lluvioso**	**Vector Priorización**
RR > 44.8 mm Extremadamente lluvioso	0.560	0.642	0.524	0.424	0.375	0.505
26.6 mm < RR ≤ 44.8 mm Muy lluvioso	0.187	0.214	0.315	0.303	0.292	0.262
19.8 mm < RR ≤ 26.6 mm Lluvioso	0.112	0.071	0.105	0.182	0.208	0.136
10.7 mm < RR ≤ 19.8 mm Moderadamente lluvioso	0.080	0.043	0.035	0.061	0.083	0.060
RR < 10.7 mm Poco Lluvioso	0.062	0.031	0.021	0.030	0.042	0.037
	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Tabla 48: Hallando vector del factor desencadenante

Resultados de la operación de matrices					Vector Suma Ponderado
0.505	0.786	0.678	0.422	0.334	2.725
0.168	0.262	0.407	0.302	0.260	1.399
0.101	0.087	0.136	0.181	0.186	0.691
0.072	0.052	0.045	0.060	0.074	0.304
0.056	0.037	0.027	0.030	0.037	0.188

INDICE DE CONSISTENCIA	**IC**	0.047
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.10	**RC**	0.042

3.12.6. Matriz de Determinación del Nivel de peligro

Tabla 49: Matriz de determinación de la Susceptibilidad

FACTORES CONDICIONANTES (FC)										FACTOR DESENCADENANTE (FD)			
PENDIENTE		LITOLOGÍA		GEOMORFOLOGÍA		COBERTURA VEG		VALOR	PESO	PRECIPITACION		VALOR	PESO
Ppar	**Pdesc**	**Ppar**	**Pdesc**	**Ppar**	**Pdesc**	**Ppar**	**Pdesc**			**Ppar**	**Pdesc**		
0.558	0.503	0.263	0.505	0.122	0.444	0.057	0.503	0.496	0.60	1.000	0.505	0.505	0.40
0.558	0.260	0.263	0.262	0.122	0.262	0.057	0.260	0.261	0.60	1.000	0.262	0.262	0.40
0.558	0.134	0.263	0.136	0.122	0.153	0.057	0.134	0.137	0.60	1.000	0.136	0.136	0.40
0.558	0.068	0.263	0.060	0.122	0.089	0.057	0.068	0.068	0.60	1.000	0.060	0.060	0.40
0.558	0.035	0.263	0.037	0.122	0.053	0.057	0.035	0.038	0.60	1.000	0.037	0.037	0.40
	1.000		**1.000**		**1.000**		**1.000**	**1.000**			**1.000**	**1.000**	

Tabla 50: Matriz de determinación de la Susceptibilidad

SUSCEPTIBILIDAD (S)		PARÁMETROS DE EVALUACIÓN (PE)			
VALOR	**PESO**	**VOL DESLIZAMIENTO**		**VALOR**	**PESO**
(VALOR FC*PESO FC) + (VALOR FD*PESO FD)		**Ppar**	**Pdesc**		
0.500	0.40	1.00	0.503	0.503	0.6
0.261	0.40	1.00	0.260	0.260	0.6
0.136	0.40	1.00	0.134	0.134	0.6
0.065	0.40	1.00	0.068	0.068	0.6
0.037	0.40	1.00	0.035	0.035	0.6
1.000			**1.000**	**1.000**	

VALOR DE PELIGRO
(VALOR S*PESO S+(VALOR PE*PESO PE)
0.502
0.261
0.135
0.067
0.036
1.000

Tabla 51: Determinación del nivel de peligro

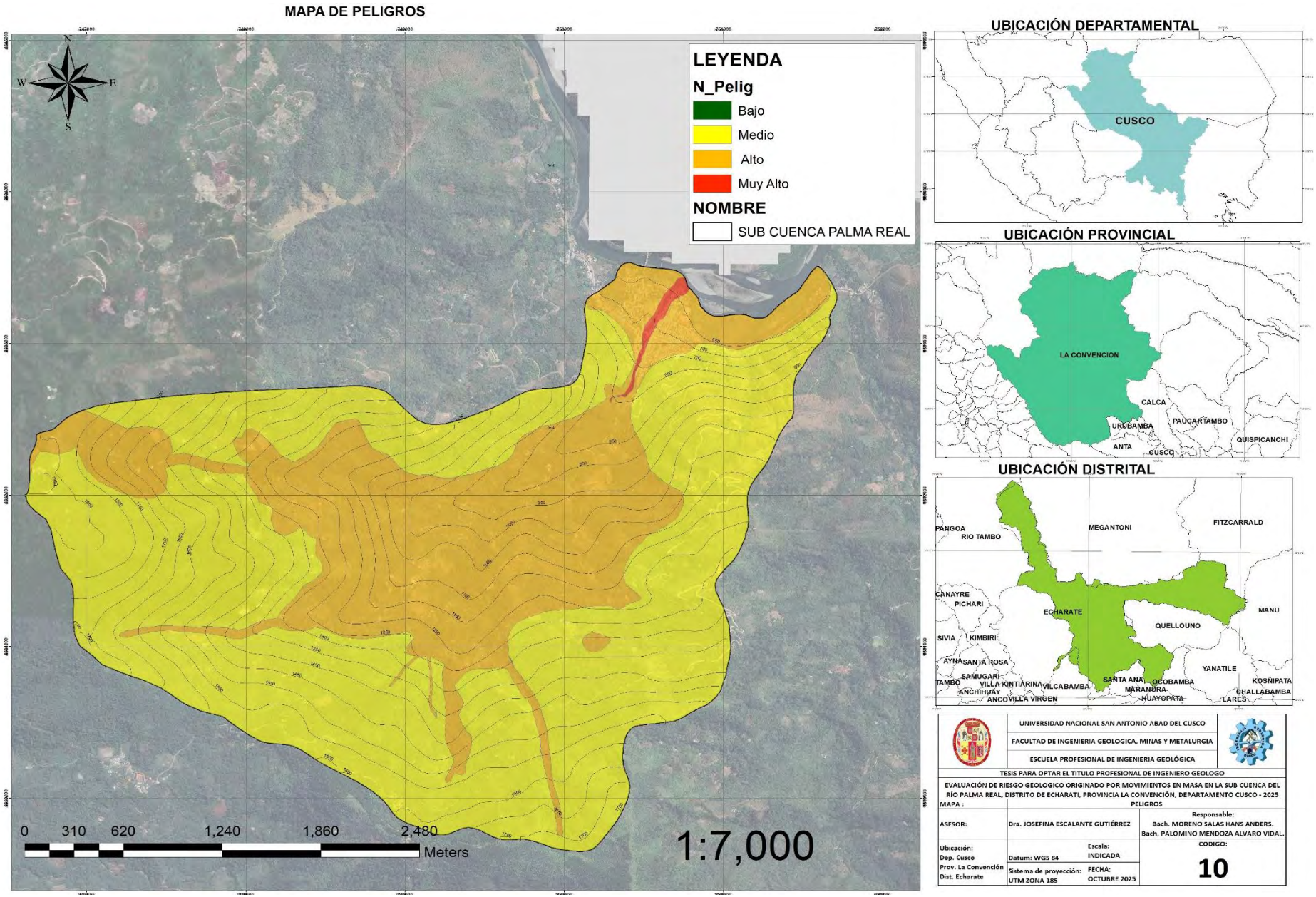
RANGOS PELIGRO			
MUY ALTO	0.261	≤ P ≤	0.502
ALTO	0.135	≤ P <	0.261
MEDIO	0.067	≤ P <	0.135
BAJO	0.036	≤ P <	0.067

3.12.7. ESTRATIFICACIÓN DEL NIVEL DE PELIGROSIDAD

Tabla 52: Nivel de estratificación del nivel del Peligro

NIVEL	DESCRIPCION	RANGO
PELIGRO MUY ALTO	Gran volumen de material dejado por deslizamientos en la Quebrada del rio Palma Real depositándose en el cauce del rio y ocasionando colmatación y posterior desplazamiento de flujo de detritos, la pendiente es menor igual a 5°, tipo de geomorfología (llanura de inundación) tipo de litología cuaternario (depósitos coluviales recientes), cerca de áreas urbanas y márgenes del cauce del rio. Lluvias extremas anómalas mayores al 44.8 mm/h.	**0.261 ≤ P ≤ 0.502**
PELIGRO ALTO	Moderado a gran volumen de material dejado por deslizamientos en la en la Quebrada del rio Palma Real depositándose en el cauce del rio y ocasionando colmatación y posterior desplazamiento de flujo de detritos, la pendiente está entre 5° a 15°, tipo de geomorfología (vert. Piedemonte aluvio-torrencial) tipo de litología cuaternario (depósitos aluviales), bosques con vegetación algunos pastizales, caminos rurales y arboles con Lluvias muy fuertes de 26.6 a 44.8 mm/h.	**0.135 ≤ P < 0.261**
PELIGRO MEDIO	Moderado volumen de material dejado por deslizamientos en la Quebrada del rio Palma Real depositándose en el cauce del rio y ocasionando colmatación y posterior desplazamiento de flujo de detritos, la pendiente está entre 15° a 25°, tipo de geomorfología (piedemonte coluvio-deluvial) tipo de litología (deposito coluvio deluvial), con áreas agrícolas y algunos caminos y viviendas rurales y parte de la población y rio. Lluvioso a moderadamente lluvioso de 19.8 mm/h.	**0.067 ≤ P < 0.135**
PELIGRO BAJO	Moderado volumen de material dejado por deslizamientos en la Quebrada del rio Palma Real depositándose en el cauce del rio y ocasionando colmatación y posterior desplazamiento de flujo de detritos, la pendiente está entre 15° a 25°, tipo de geomorfología (piedemonte coluvio-deluvial) tipo de litología (deposito coluvio deluvial), con áreas agrícolas y algunos caminos y viviendas rurales y parte de la población y rio. moderadamente lluvioso a poco lluvioso de 10.7mm/h.	**0.036 ≤ P < 0.067**

Figura 90: Mapa de peligros



3.12.8. Análisis de la Vulnerabilidad

3.12.8.1. Metodología Para el Análisis de Vulnerabilidad

Para determinar los niveles de vulnerabilidad en el área de estudio, se empleó la metodología propuesta por el CENEPRED, la cual analiza tres dimensiones principales: Social, Económica y Ambiental. Cada una de ellas se evalúa considerando sus componentes de Exposición, Fragilidad y Resiliencia.

En el caso de la Quebrada del rio Palma real, el centro poblado de Palma Real presentan una alta exposición a movimientos en masa, especialmente a flujos de detritos provocado por acumulación de sedimentos producto de deslizamientos en las laderas del cauce del rio.

En este capítulo se aplicó el Proceso de Análisis Jerárquico (AHP), desarrollado por Thomas L. Saaty, como modelo para evaluar la vulnerabilidad. Esta metodología permite analizar la exposición de los elementos ubicados dentro del área de influencia de uno o más eventos geodinámicos activos inventariados, presumiendo que puedan sufrir daños significativos, especialmente si presentan antecedentes de afectación por eventos naturales peligrosos.

El patrón de vulnerabilidad identificado en la zona se relaciona principalmente con la ocupación informal de terrenos para uso habitacional, sin considerar los peligros, riesgos o restricciones propias del territorio. Esta situación, sumada a la limitada acción de control urbano y fiscalización, evidencia la ausencia de una adecuada planificación territorial por parte de las entidades correspondientes.

Para el análisis de la vulnerabilidad de los elementos expuestos, se empleó la metodología que se detalla a continuación:

A) Diagrama de Metodología Para el Análisis de Vulnerabilidad.

Para determinar los niveles de vulnerabilidad en el área de influencia del centro poblado de Palma Real, ubicada en la provincia de La Convención, departamento del Cusco, se llevó a cabo el análisis de los factores de vulnerabilidad considerando las dimensiones social, ambiental y económica. Para ello, se emplearon los parámetros establecidos para este tipo de evaluaciones, permitiendo una caracterización integral y coherente del territorio.

Figura 91: Flujograma para determinación de la vulnerabilidad

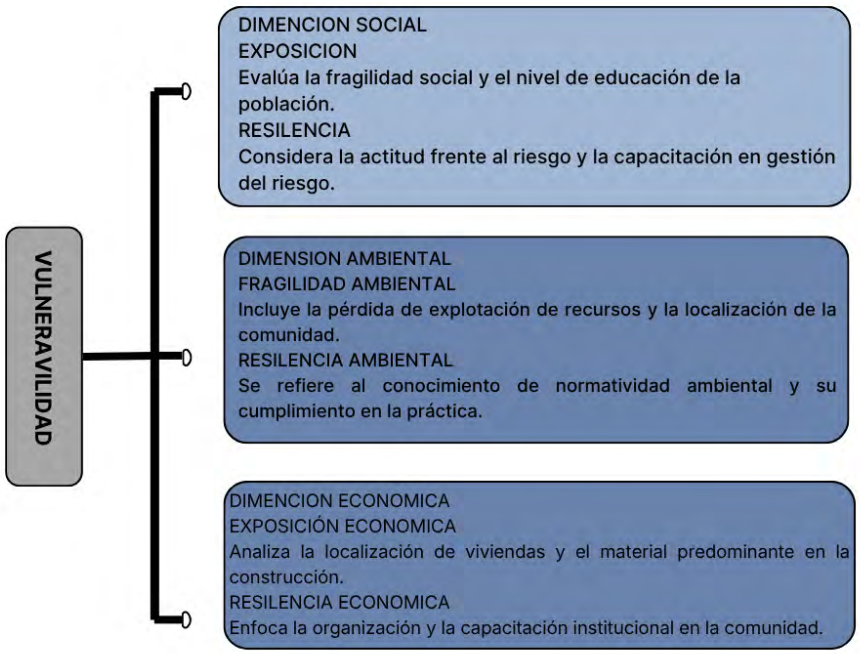
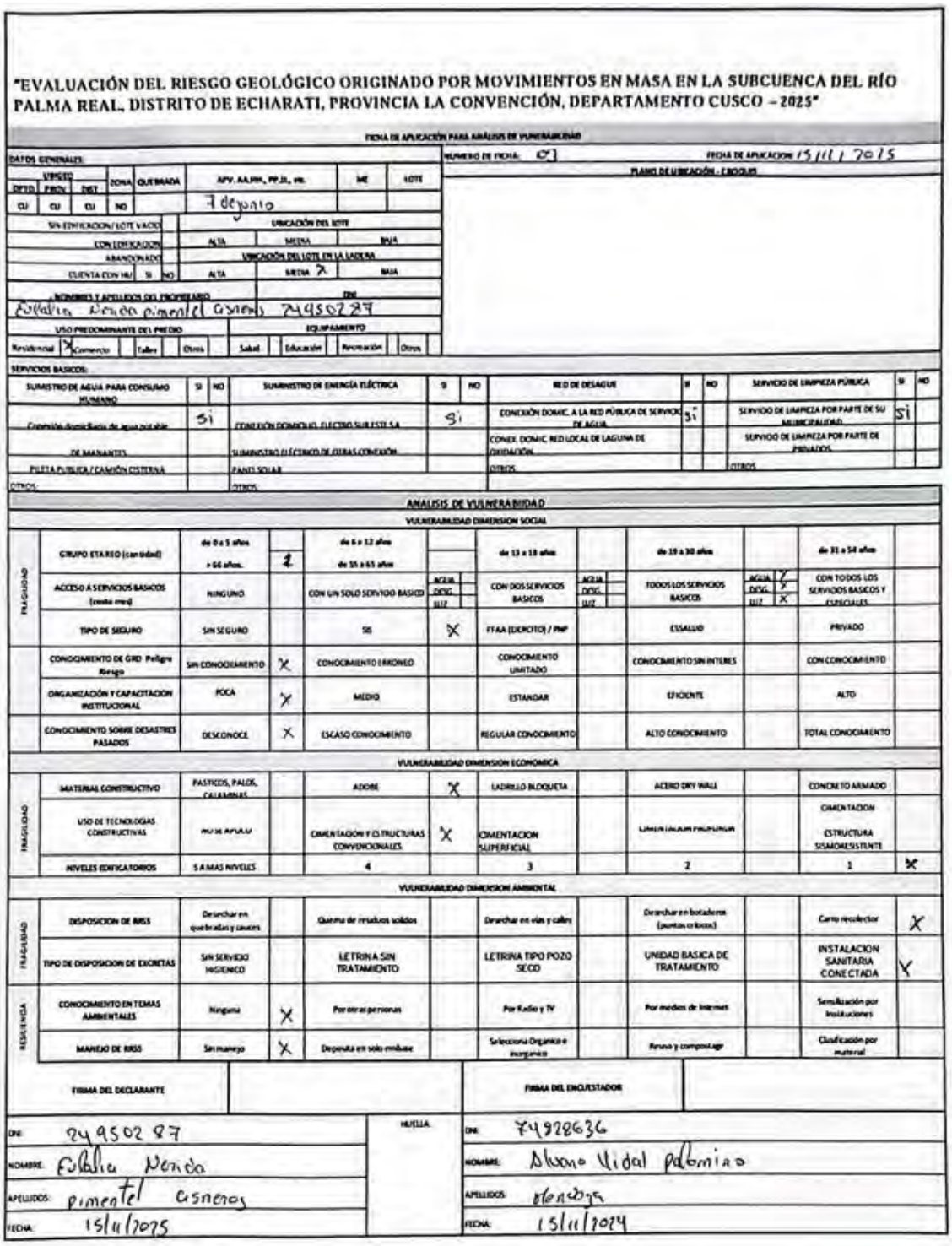


Figura 92: ficha de aplicación para análisis de vulnerabilidad



"EVALUACIÓN DEL RIESGO GEOLÓGICO ORIGINADO POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LA SUBCUENCA DEL RÍO PALMA REAL, DISTRITO DE ECHARATI, PROVINCIA LA CONVENCIÓN, DEPARTAMENTO CUSCO – 2025"

FICHA DE APLICACIÓN PARA ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD

DATOS GENERALES

NUMERO DE FICHA: 01 FECHA DE APLICACION: 15/11/2025

PLANO DE UBICACIÓN - CROQUIS

USO			ZONA	QUEBRADA	APV. AA.HH., PP.JJ., etc.	MZ	LOTE
DPTO	PROV	DIST					
CU	CU	CU	NO		7 de junio		

SIN EDIFICACION/ LOTE VACIO	UBICACIÓN DEL LOTE		
CON EDIFICACION	ALTA	MEDIA	BAJA
ABANDONADO	UBICACIÓN DEL LOTE EN LA LADERA		
CUENTA CON HU SI NO	ALTA	MEDIA X	BAJA

NOMBRES Y APELLIDOS DEL PROPIETARIO: Eulalia Nerida Pimentel Cisneros DNI: 74950287

USO PREDOMINANTE DEL PREDIO: Residencial X Comercio Taller Otros

EQUIPAMIENTO: Salud Educación Recreación Otros

SERVICIOS BASICOS

SUMINISTRO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO	SI	NO	SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA	SI	NO	RED DE DESAGUE	SI	NO	SERVICIO DE LIMPIEZA PÚBLICA	SI	NO
Conexión domiciliaria de agua potable	SI		CONEXIÓN DOMICILIO. ELECTRO SUR ESTE S.A	SI		CONEXIÓN DOMIC. A LA RED PÚBLICA DE SERVICIO DE AGUA	SI		SERVICIO DE LIMPIEZA POR PARTE DE SU MUNICIPALIDAD	SI	
DE MANANTES			SUMINISTRO ELÉCTRICO DE OTRAS CONEXIÓN			CONEX. DOMIC. RED LOCAL DE LAGUNA DE OXIDACIÓN			SERVICIO DE LIMPIEZA POR PARTE DE PRIVADOS		
PILETA PUBLICA / CAMIÓN CISTERNA			PANEL SOLAR			OTROS			OTROS		
OTROS:			OTROS								

ANALISIS DE VULNERABILIDAD

VULNERABILIDAD DIMENSION SOCIAL

		de 0 a 5 años > 66 años.		de 6 a 12 años de 55 a 65 años		de 13 a 18 años		de 19 a 30 años		de 31 a 54 años	
FRAGILIDAD	GRUPO ETAREO (cantidad)		2								
	ACCESO A SERVICIOS BASICOS (conteo max)	NINGUNO		CON UN SOLO SERVICIO BASICO	AGUA DESG. LUZ	CON DOS SERVICIOS BASICOS	AGUA DESG. LUZ	TODOS LOS SERVICIOS BASICOS	AGUA X DESG. LUZ X	CON TODOS LOS SERVICIOS BASICOS Y ESPECIALES	
	TIPO DE SEGURO	SIN SEGURO		SIS	X	FF.AA (DERCTO) / PNP		ESSALUD		PRIVADO	
	CONOCIMIENTO DE GRD Peligro Riesgo	SIN CONOCIMIENTO	X	CONOCIMIENTO ERRONEO		CONOCIMIENTO LIMITADO		CONOCIMIENTO SIN INTERES		CON CONOCIMIENTO	
	ORGANIZACIÓN Y CAPACITACION INSTITUCIONAL	POCA	X	MEDIO		ESTANDAR		EFICIENTE		ALTO	
	CONOCIMIENTO SOBRE DESASTRES PASADOS	DESCONOCE	X	ESCASO CONOCIMIENTO		REGULAR CONOCIMIENTO		ALTO CONOCIMIENTO		TOTAL CONOCIMIENTO	

VULNERABILIDAD DIMENSION ECONOMICA

FRAGILIDAD	MATERIAL CONSTRUCTIVO	PASTICOS, PALOS, CALAMINAS		ADOBE	X	LADRILLO BLOQUETA		ACERO DRY WALL		CONCRETO ARMADO	
	USO DE TECNOLOGIAS CONSTRUCTIVAS	NO SE APLICA		CIMENTACION Y ESTRUCTURAS CONVENCIONALES	X	CIMENTACION SUPERFICIAL		CIMENTACION PROFUNDA		CIMENTACION ESTRUCTURA SISMORESISTENTE	
	NIVELES EDIFICATORIOS	5 A MAS NIVELES		4		3		2		1	X

VULNERABILIDAD DIMENSION AMBIENTAL

FRAGILIDAD	DISPOSICION DE RRSS	Desechar en quebradas y causes		Quema de residuos solidos		Desechar en vias y calles		Desechar en botaderos (puntos criticos)		Carro recolector	X
	TIPO DE DISPOSICION DE EXCRETAS	SIN SERVICIO HIGIENICO		LETRINA SIN TRATAMIENTO		LETRINA TIPO POZO SECO		UNIDAD BASICA DE TRATAMIENTO		INSTALACION SANITARIA CONECTADA	X
RESILIENCIA	CONOCIMIENTO EN TEMAS AMBIENTALES	Ninguna	X	Por otras personas		Por Radio y TV		Por medios de Internet		Sensibilización por Instituciones	
	MANEJO DE RRSS	Sin manejo	X	Deposita en solo embase		Selecciona Organico e Inorganico		Reuso y compostaje		Clasificación por material	

FIRMA DEL DECLARANTE | HUELLA | FIRMA DEL ENCUESTADOR

DNI: 74950287 | DNI: 74928636

NOMBRE: Eulalia Nerida | NOMBRE: Alvaro Vidal

APELLIDOS: Pimentel Cisneros | APELLIDOS: Palomino

FECHA: 15/11/2025 | FECHA: 15/11/2024

3.12.9. Ponderación de las Dimensiones de la Vulnerabilidad

Tabla 53: Matriz de comparación de pares y normalización de las dimensiones social, económico y ambiental

PARAMETROS DE ANALISIS DE VULNERABILIDAD	DIMENSION SOCIAL	DIMENSION ECONÓMICA	DIMENSION AMBIENTAL
DIMENSION SOCIAL	**1.00**	3.00	5.00
DIMENSION ECONÓMICA	0.33	**1.00**	3.00
DIMENSION AMBIENTAL	0.20	0.33	**1.00**
SUMA	1.53	4.33	9.00
1/SUMA	0.65	0.23	0.11

Tabla 54: Matriz de comparación de pares y normalización de las dimensiones social, económico y ambiental

MATRIZ DE NORMALIZACIÓN				
PARAMETROS DE ANALISIS DE VULNERABILIDAD	**DIMENSION SOCIAL**	**DIMENSION ECONÓMICA**	**DIMENSION AMBIENTAL**	**Vector Priorización**
DIMENSION SOCIAL	0.652	0.692	0.556	0.633
DIMENSION ECONÓMICA	0.217	0.231	0.333	0.260
DIMENSION AMBIENTAL	0.130	0.077	0.111	0.106
	1.000	1.000	1.000	1.000

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.019
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.01 (*)	RC	0.037

3.12.9.1. Análisis de Dimensión Social:

Para estimar la población expuesta dentro del área de influencia del fenómeno de movimientos en masa, primero se identifica a las personas consideradas vulnerables y no vulnerables. Esta clasificación permite integrarlas adecuadamente en el análisis de fragilidad social y resiliencia social, lo cual finalmente define los niveles de vulnerabilidad del área.

Además, se verifica el nivel de consistencia del modelo, el cual debe mantener un riesgo menor al 10% (RC < 0.1) para considerarse válido.

PARAMETROS DIMENSION SOCIAL

EXPOSICIÓN SOCIAL	3
FRAGILIDAD SOCIAL	
RESILIENCIA SOCIAL	

Tabla 55: Matriz de comparación de pares de los parámetros de dimensión social

PARAMETROS	EXPOSICIÓN SOCIAL	FRAGILIDAD SOCIAL	RESILIENCIA SOCIAL
EXPOSICIÓN SOCIAL	1.00	3.00	5.00
FRAGILIDAD SOCIAL	0.33	1.00	3.00
RESILIENCIA SOCIAL	0.20	0.33	1.00
SUMA	1.53	4.33	9.00
1/SUMA	0.65	0.23	0.11

Tabla 56: Matriz De normalización de los parámetros de dimensión social

MATRIZ DE NORMALIZACION				
PARAMETROS	EXPOSICIÓN SOCIAL	FRAGILIDAD SOCIAL	RESILIENCIA SOCIAL	Vector Priorización
EXPOSICIÓN SOCIAL	0.652	0.692	0.556	0.633
FRAGILIDAD SOCIAL	0.217	0.231	0.333	0.260
RESILIENCIA SOCIAL	0.130	0.077	0.111	0.106
	1.000	1.000	1.000	1.000

Tabla 57: Índice y relación de consistencia de dimensión social

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.019
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.01 (*)	RC	0.037

Fuente elaboración propia

3.12.9.2. Análisis de la Exposición Social

Para este análisis se empleó un solo parámetro, seleccionado por su relación directa con las características y condiciones de la población.

Grupo Etario

Se tomó en cuenta el rango de edades desde los grupos más vulnerables hasta los menos vulnerables, considerando que los niños menores de 5 años y los adultos mayores de 65 requieren atención prioritaria debido a su mayor susceptibilidad.

Tabla 58: Matriz de comparación de pares de los parámetros de grupo etario

GRUPO ETARIO					
GRUPO ETARIO	**De 0-5 y mayor a 65 años**	**De 5 a 12 y de 60 a 65 años**	**De 12 a 15y de 50 a 60 años**	**De 15 a 30 años**	**De 30 a 50 años**
De 0-5 y mayor a 65 años	**1.00**	3.00	5.00	7.00	9.00
De 5 a 12 y de 60 a 65 años	0.33	**1.00**	3.00	5.00	7.00
De 12 a 15y de 50 a 60 años	0.20	0.33	**1.00**	3.00	5.00
De 15 a 30 años	0.14	0.20	0.33	**1.00**	3.00
De 30 a 50 años	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 59: matriz de normalización de los parámetros de grupo etario

GRUPO ETARIO	**De 0-5 y mayor a 65 años**	**De 5 a 12 y de 60 a 65 años**	**De 12 a 15y de 50 a 60 años**	**De 15 a 30 años**	**De 30 a 50 años**	**Vector Priorizacion**
De 0-5 y mayor a 65 años	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
De 5 a 12 y de 60 a 65 años	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
De 12 a 15y de 50 a 60 años	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
De 15 a 30 años	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
De 30 a 50 años	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Tabla 60: Índice y relación de consistencia de grupo etario

INDICE DE CONSISTENCIA	**IC**	**0.061**
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1	**RC**	0.054

3.12.9.3. Análisis de la Fragilidad Social

Para este análisis se utilizaron dos parámetros estrechamente relacionados con la fragilidad social de la población. Ambos factores fueron considerados con la misma importancia dentro del proceso de priorización. El primero corresponde al nivel de

discapacidad, y el segundo al acceso a los servicios básicos disponibles. Cada uno de estos parámetros aporta el 50% del peso total, ya que ambos influyen de manera equivalente en la capacidad de la población para enfrentar y recuperarse ante posibles eventos de riesgo.

Tabla 61: Matriz de comparación de pares de los parámetros de discapacidad

DISCAPACIDAD	Múltiple	Física	Cognitiva	Sensorial	Ninguna
Múltiple	**1.00**	2.00	5.00	7.00	9.00
Física	0.50	**1.00**	3.00	5.00	7.00
Cognitiva	0.20	0.33	**1.00**	3.00	5.00
Sensorial	0.14	0.20	0.33	**1.00**	3.00
Ninguna	0.11	0.14	0.20	0.33	**1.00**
SUMA	1.95	3.68	9.53	16.33	25.00
1/SUMA	0.51	0.27	0.10	0.06	0.04

Tabla 62: Matriz de normalización de los parámetros de discapacidad

DISCAPACIDAD	Múltiple	Física	Cognitiva	Sensorial	Ninguna	Vector Priorizacion
Múltiple	0.512	0.544	0.524	0.429	0.360	0.474
Física	0.256	0.272	0.315	0.306	0.280	0.286
Cognitiva	0.102	0.091	0.105	0.184	0.200	0.136
Sensorial	0.073	0.054	0.035	0.061	0.120	0.069
Ninguna	0.057	0.039	0.021	0.020	0.040	0.035
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Tabla 63: Índice y relación de consistencia de discapacidad

INDICE DE CONSISTENCIA	**IC**	**0.029**
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1	**RC**	0.026

Tabla 64: matriz de comparación de pares de los parámetros de servicios básicos

SERVICIOS BÁSICOS	Ninguno	Agua sin tratar	Desagüe o alcantarillado	Agua potable y desagüe, sin energía electrica	Agua Potable, Desagüe y Energía eléctrica
Ninguno	**1.00**	3.00	5.00	7.00	9.00
Agua sin tratar	0.33	**1.00**	3.00	5.00	7.00

Desagüe o alcantarillado	0.20	0.33	**1.00**	3.00	4.00
Agua potable y desagüe, sin energía eléctrica	0.14	0.20	0.33	**1.00**	2.00
Agua Potable, Desagüe y Energía eléctrica	0.11	0.14	0.25	0.50	**1.00**
SUMA	1.79	4.68	9.58	16.50	23.00
1/SUMA	0.56	0.21	0.10	0.06	0.04

Tabla 65: Matriz de normalización de los parámetros de servicios básicos

SERVICIOS BÁSICOS	Ninguno	Agua sin tratar	Desagüe o alcantarillado	Agua potable y desagüe, sin Energ. electrica	Agua Potable, Desag y Energ eléctrica	Vector Priorizacion
Ninguno	0.560	0.642	0.522	0.424	0.391	0.508
Agua sin tratar	0.187	0.214	0.313	0.303	0.304	0.264
Desagüe o alcantarillado	0.112	0.071	0.104	0.182	0.174	0.129
Agua potable y desagüe, sin Energ. electrica	0.080	0.043	0.035	0.061	0.087	0.061
Agua Potable, Desagüe y Energ. eléctrica	0.062	0.031	0.026	0.030	0.043	0.039
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Tabla 66: Índice y relación de consistencia de servicios básicos

INDICE DE CONSISTENCIA	**IC**	**0.041**
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1	**RC**	0.037

Fuente elaboración propia

3.12.9.4. Análisis de la Resiliencia Social

Para este análisis se consideraron tres parámetros relacionados con la capacidad de reacción de la población ante una situación de emergencia. Se parte del hecho de que conocer el territorio donde se vive y del cual dependen la seguridad personal y económica es fundamental para poder tomar decisiones adecuadas que reduzcan el impacto durante un evento adverso.

La ponderación de estos parámetros se realizó siguiendo la metodología de Saaty, reconociendo que la actitud y preparación de las personas frente al riesgo puede marcar la diferencia entre salvaguardar la vida o enfrentar consecuencias que afecten su salud e integridad. Estos aspectos contribuyen a que las personas adopten medidas preventivas a nivel individual, familiar, comunitario e institucional.

Tabla 67: Matriz de comparación de pares de los parámetros de conocimientos en GRD

CONOCIMIENTO EN GRD	Desconoce	Conoce muy poco	Tiene conocimiento Básico	Conoce regularmente	Conoce bien sobre GRD
Desconoce	**1.00**	2.00	4.00	7.00	9.00
Conoce muy poco	0.50	**1.00**	3.00	5.00	7.00
Tiene conocimiento Básico	0.25	0.33	**1.00**	3.00	5.00
Conoce regularmente	0.14	0.20	0.33	**1.00**	3.00
Conoce bien sobre GRD	0.11	0.14	0.20	0.33	**1.00**
SUMA	2.00	3.68	8.53	16.33	25.00
1/SUMA	0.50	0.27	0.12	0.06	0.04

Tabla 68: Matriz de normalización de los parámetros de conocimiento en GRD

CONOCIMIENTO EN GRD	Desconoce	Conoce muy poco	Tiene conocimiento Básico	Conoce regularmente	Conoce bien sobre GRD	Vector Priorizacion
Desconoce	0.499	0.544	0.469	0.429	0.360	0.460
Conoce muy poco	0.250	0.272	0.352	0.306	0.280	0.292
Tiene conocimiento Básico	0.125	0.091	0.117	0.184	0.200	0.143
Conoce regularmente	0.071	0.054	0.039	0.061	0.120	0.069
Conoce bien sobre GRD	0.055	0.039	0.023	0.020	0.040	0.036
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Tabla 69: Índice y relación de consistencia de conocimiento en GRD

INDICE DE CONSISTENCIA	**IC**	**0.041**
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1	**RC**	0.037

Tabla 70: Matriz de comparación de pares de los parámetros de organización y participación social

ORGANIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN SOCIAL	No participa	Rara vez	Una vez al mes	Dos veces al mes	Siempre en todas las actividades
No participa	**1.00**	3.00	5.00	7.00	8.00
Rara vez	0.33	**1.00**	3.00	5.00	6.00
Una vez al mes	0.20	0.33	**1.00**	2.00	4.00
Dos veces al mes	0.14	0.20	0.50	**1.00**	2.00
Siempre en todas las actividades	0.13	0.17	0.25	0.50	**1.00**
SUMA	1.80	4.70	9.75	15.50	21.00
1/SUMA	0.56	0.21	0.10	0.06	0.05

Tabla 71: Matriz de normalización de los parámetros de organización y participación social

ORGANIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN SOCIAL	No participa	Rara vez	Una vez al mes	Dos veces al mes	Siempre en todas las actividades	Vector Priorizacion
No participa	0.555	0.638	0.513	0.452	0.381	0.508
Rara vez	0.185	0.213	0.308	0.323	0.286	0.263
Una vez al mes	0.111	0.071	0.103	0.129	0.190	0.121
Dos veces al mes	0.079	0.043	0.051	0.065	0.095	0.067
Siempre en todas las actividades	0.069	0.035	0.026	0.032	0.048	0.042
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Tabla 72: Índice y relación de consistencia de organización y participación social

INDICE DE CONSISTENCIA	**IC**	**0.037**
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1	**RC**	0.033

Tabla 73: Matriz de comparación de pares de los parámetros de seguro de salud

SEGURO DE SALUD	Sin Seguro	SIS	PNP – FFAA	ES SALUD	Privado
Sin Seguro	**1.00**	3.00	4.00	5.00	7.00
SIS	0.33	**1.00**	3.00	4.00	5.00
PNP – FFAA	0.25	0.33	**1.00**	3.00	4.00
ES SALUD	0.20	0.25	0.33	**1.00**	3.00

Privado	0.14	0.20	0.25	0.33	**1.00**
SUMA	1.93	4.78	8.58	13.33	20.00
1/SUMA	0.52	0.21	0.12	0.08	0.05

Tabla 74: Matriz de normalización de los parámetros de seguro de salud

SEGURO DE SALUD	Sin Seguro	SIS	PNP – FFAA	ES SALUD	Privado	Vector Priorización
Sin Seguro	0.519	0.627	0.466	0.375	0.350	0.467
SIS	0.173	0.209	0.350	0.300	0.250	0.256
PNP – FFAA	0.130	0.070	0.117	0.225	0.200	0.148
ES SALUD	0.104	0.052	0.039	0.075	0.150	0.084
Privado	0.074	0.042	0.029	0.025	0.050	0.044
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Tabla 75: Índice y relación de consistencia de seguro de salud

INDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.072
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1	RC	0.064

3.12.10. Dimensión Económica

En el análisis de la dimensión económica se tomaron en cuenta parámetros relacionados con la exposición. En este sentido, las edificaciones ubicadas más cerca del posible evento geodinámico externo fueron consideradas de mayor importancia, mientras que aquellas más alejadas recibieron una menor ponderación.

Dentro del componente de fragilidad, se evaluaron las características físicas de las viviendas, su estado de conservación, el cumplimiento de las normas técnicas de construcción y, además, los riesgos asociados a las actividades agrícolas, forestales y de reforestación, ya que estas influyen directamente en la economía familiar.

Por otro lado, el componente de resiliencia se centró en aspectos vinculados a la organización comunitaria y al ingreso familiar promedio, elementos clave para determinar la capacidad de respuesta y recuperación ante una emergencia.

Tabla 76: Matriz de comparación de pares de los parámetros de la dimensión económica

PARAMETROS DE ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD	EXPOSICIÓN ECONÓMICA	FRAGILIDAD ECONÓMICA	RESILIENCIA ECONÓMICA
EXPOSICIÓN ECONÓMICA	**1.00**	3.00	5.00
FRAGILIDAD ECONÓMICA	0.33	**1.00**	3.00
RESILIENCIA ECONÓMICA	0.20	0.33	**1.00**
SUMA	1.53	4.33	9.00
1/SUMA	0.65	0.23	0.11

Tabla 77: Matriz de normalización de los parámetros de la dimensión económica

PARAMETROS DE ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD	EXPOSICIÓN ECONÓMICA	FRAGILIDAD ECONÓMICA	RESILIENCIA ECONÓMICA	Vector Priorización
EXPOSICIÓN ECONÓMICA	0.652	0.692	0.556	0.633
FRAGILIDAD ECONÓMICA	0.217	0.231	0.333	0.260
RESILIENCIA ECONÓMICA	0.130	0.077	0.111	0.106
	1.000	1.000	1.000	1.000

Tabla 78: Índice y relación de consistencia de la dimensión económica

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.019
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.01 (*)	**RC**	

3.12.10.1. Análisis de la Exposición Económica

Para este análisis se utilizaron dos parámetros definidos según la metodología de Saaty. Se parte del principio de que las viviendas ubicadas más cerca de los cursos del río por donde podrían desplazarse flujos de detritos generados por deslizamientos y procesos de sedimentación son las que presentan mayor nivel de afectación potencial. En contraste, las viviendas situadas a mayor distancia del cauce serían las menos expuestas.

Además, se consideró la topografía del área. Las zonas que se encuentran a una cota superior al nivel del río presentan un riesgo menor, mientras que aquellas ubicadas al nivel

o muy cercano al cauce o en terrenos más bajos son más susceptibles a ser impactadas por un posible desborde o flujo.

Tabla 79: Matriz De comparación de pares de los parámetros de altura de talud existente

ALTURA DE TALUD EXISTENTE	Mayor a 6 metros	De 4 a 6 metros	De 3 a 4 metros	De 1 a 2 metros	No existe talud cercano
Mayor a 6 metros	**1.00**	3.00	5.00	7.00	9.00
De 4 a 6 metros	0.33	**1.00**	2.00	5.00	7.00
De 3 a 4 metros	0.20	0.50	**1.00**	2.00	5.00
De 1 a 2 metros	0.14	0.20	0.50	**1.00**	2.00
No existe talud cercano	0.11	0.14	0.20	0.50	**1.00**
SUMA	1.79	4.84	8.70	15.50	24.00
1/SUMA	0.56	0.21	0.11	0.06	0.04

Tabla 80: Matriz De normalización de los parámetros de altura de talud existente

ALTURA DE TALUD EXISTENTE	Mayor a 6 metros	De 4 a 6 metros	De 3 a 4 metros	De 1 a 2 metros	No existe talud cercano	Vector Priorización
Mayor a 6 metros	0.560	0.619	0.575	0.452	0.375	0.516
De 4 a 6 metros	0.187	0.206	0.230	0.323	0.292	0.247
De 3 a 4 metros	0.112	0.103	0.115	0.129	0.208	0.133
De 1 a 2 metros	0.080	0.041	0.057	0.065	0.083	0.065
No existe talud cercano	0.062	0.029	0.023	0.032	0.042	0.038
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Tabla 81: Índice y relación de consistencia de altura de talud existente

INDICE DE CONSISTENCIA	**IC**	**0.031**
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1	**RC**	0.028

Tabla 82: Matriz de normalización de los parámetros de cercanía a cortes de talud naturales o generados

CERCANIA A CORTES DE TALUD NATURALES O GENERADOS	Muy cercanos (Menor a 4 metros)	Cercano (Entre 5 a 9 metros)	Regularmente (Entre 10 a 14 metros)	Alejado (Entre 15 a 19 metros)	Muy alejado (Mayor a 20 metros)
Muy cercanos (Menor a 4 metros)	**1.00**	2.00	3.00	5.00	6.00
Cercano (Entre 5 a 9 metros)	0.50	**1.00**	3.00	5.00	7.00
Regularmente (Entre 10 a 14 metros)	0.33	0.33	**1.00**	3.00	5.00
Alejado (Entre 15 a 19 metros)	0.20	0.20	0.33	**1.00**	3.00

Muy alejado (Mayor a 20 metros)	0.17	0.14	0.20	0.33	**1.00**
SUMA	2.20	3.68	7.53	14.33	22.00
1/SUMA	0.45	0.27	0.13	0.07	0.05

Tabla 83: Matriz de normalización de los parámetros de cercanía a cortes de talud naturales o generados

CERCANIA A CORTES DE TALUD NATURALES O GENERADOS	Muy cercanos (Menor a 4 metros)	Cercano (Entre 5 a 9 metros)	Regularmente (Entre 10 a 14 metros)	Alejado (Entre 15 a 19 metros)	Muy alejado (Mayor a 20 metros)	Vector Priorización
Muy cercanos (Menor a 4 metros)	0.455	0.544	0.398	0.349	0.273	0.404
Cercano (Entre 5 a 9 metros)	0.227	0.272	0.398	0.349	0.318	0.313
Regularmente (Entre 10 a 14 metros)	0.152	0.091	0.133	0.209	0.227	0.162
Alejado (Entre 15 a 19 metros)	0.091	0.054	0.044	0.070	0.136	0.079
Muy alejado (Mayor a 20 metros)	0.076	0.039	0.027	0.023	0.045	0.042
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Tabla 84: Índice y relación de consistencia de cercanía a cortes de talud naturales o generados

INDICE DE CONSISTENCIA	**IC**	**0.057**
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1	**RC**	0.051

3.12.10.2. Análisis de la Fragilidad Económica

Se trabajó con tres parámetros ponderados mediante la metodología de Saaty. Bajo este enfoque, se reconoce que el material de construcción tiene un impacto directo en la seguridad de las personas y en la protección de sus medios de vida, pues en muchos casos la vivienda representa el principal patrimonio familiar.

No obstante, las limitaciones económicas pueden convertirse en un factor decisivo que lleve a optar por materiales de menor costo, aun cuando ello implique asumir mayores niveles de riesgo. Por esta razón, se concluye que el tipo de material utilizado en la edificación influye de manera significativa en el grado de vulnerabilidad de la población.

Tabla 85: Matriz de comparación de pares de los parámetros de material de construcción

MATERIAL DE CONSTRUCCION	Mixto precario	Quincha	Adobe	Ladrillo Bloqueta	Concreto armado
Mixto precario	1.00	2.00	3.00	5.00	6.00
Quincha	0.50	1.00	3.00	5.00	7.00
Adobe	0.33	0.33	1.00	3.00	5.00
Ladrillo Bloqueta	0.20	0.20	0.33	1.00	3.00
Concreto armado	0.17	0.14	0.20	0.33	1.00
SUMA	2.20	3.68	7.53	14.33	22.00
1/SUMA	0.45	0.27	0.13	0.07	0.05

Tabla 86: Matriz de normalización de los parámetros de material de construcción

MATERIAL DE CONSTRUCCION	Mixto precario	Quincha	Adobe	Ladrillo Bloqueta	Concreto armado	Vector Priorización
Mixto precario	0.455	0.544	0.398	0.349	0.273	0.404
Quincha	0.227	0.272	0.398	0.349	0.318	0.313
Adobe	0.152	0.091	0.133	0.209	0.227	0.162
Ladrillo Bloqueta	0.091	0.054	0.044	0.070	0.136	0.079
Concreto armado	0.076	0.039	0.027	0.023	0.045	0.042
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Tabla 87: Índice y relación de consistencia de material de construcción

INDICE DE CONSISTENCIA	**IC**	**0.057**
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1	**RC**	0.051

Tabla 88: Matriz de comparación de pares de los parámetros de estado de conservación de la vivienda

ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LA VIVIENDA	Muy malo	Malo	Regular	Bueno	Muy bueno
Muy malo	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
Malo	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
Regular	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
Bueno	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
Muy bueno	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 89: Matriz de normalización de los parámetros de estado de conservación de la vivienda

ESTADO DE CONSERVACIÓ	Muy malo	Malo	Regular	Bueno	Muy bueno	Vector Priorizació n

N DE LA VIVIENDA						
Muy malo	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
Malo	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
Regular	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
Bueno	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
Muy bueno	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Tabla 90: Índice y relación de consistencia de conservación de la vivienda

INDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.061
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1	RC	0.054

Tabla 91: Matriz de comparación de pares de los parámetros de niveles de construcción

NIVELES DE CONSTRUCCIÓN	5 a más niveles	4 niveles	3 niveles	2 niveles	1 nivel
5 a más niveles	**1.00**	2.00	5.00	7.00	9.00
4 niveles	0.50	**1.00**	3.00	5.00	7.00
3 niveles	0.20	0.33	**1.00**	3.00	5.00
2 niveles	0.14	0.20	0.33	**1.00**	3.00
1 nivel	0.11	0.14	0.20	0.33	**1.00**
SUMA	1.95	3.68	9.53	16.33	25.00
1/SUMA	0.51	0.27	0.10	0.06	0.04

Tabla 92: Matriz de normalización de los parámetros de niveles de construcción

NIVELES DE CONSTRUCCIÓN	5 a más niveles	4 niveles	3 niveles	2 niveles	1 nivel	Vector Priorización
5 a más niveles	0.512	0.544	0.524	0.429	0.360	0.474
4 niveles	0.256	0.272	0.315	0.306	0.280	0.286
3 niveles	0.102	0.091	0.105	0.184	0.200	0.136
2 niveles	0.073	0.054	0.035	0.061	0.120	0.069
1 nivel	0.057	0.039	0.021	0.020	0.040	0.035
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Tabla 93: Índice y relación de consistencia de material de niveles de construcción

INDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.047
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1	RC	0.043

3.12.10.3. Análisis de la Resiliencia Económica

Se consideraron tres parámetros principales: conocimiento sobre ocupación de laderas o cercanas a estas, condición de la propiedad y proyección de mejorar su vivienda u obra de protección.

Estos factores permiten evaluar de manera más completa la capacidad de respuesta y recuperación de la población frente a situaciones de riesgo.

Tabla 94: Matriz De comparación de pares de los parámetros de conocimiento sobre ocupación de laderas o cercanas a estas

CONOCIMIENTO SOBRE OCUPACIÓN DE LADERAS O CERCANAS A ESTAS	Sin Conocimiento	Conocimiento Mínimo	Conocimiento Básico	Conocimiento Técnico Aplicado	Conocimiento de acuerdo a la normativa en edificaciones
Sin Conocimiento	**1.00**	3.00	5.00	7.00	8.00
Conocimiento Mínimo	0.33	**1.00**	3.00	5.00	6.00
Conocimiento Básico	0.20	0.33	**1.00**	3.00	5.00
Conocimiento Técnico Aplicado	0.14	0.20	0.33	**1.00**	3.00
Conocimiento de acuerdo a la normativa en edificaciones	0.13	0.17	0.20	0.33	**1.00**
SUMA	1.80	4.70	9.53	16.33	23.00
1/SUMA	0.56	0.21	0.10	0.06	0.04

Tabla 95: Matriz de normalización de los parámetros de conocimiento sobre ocupación de laderas o cercanas a estas

CONOCIMIENTO SOBRE OCUPACIÓN DE LADERAS O CERCANAS A ESTAS	Sin Conocimiento	Conocimiento Mínimo	Conocimiento Básico	Conocimiento Técnico Aplicado	Conocimiento de acuerdo a la normativa en edificaciones	Vector de priorización
Sin Conocimiento	0.555	0.638	0.524	0.429	0.348	0.499
Conocimiento Mínimo	0.185	0.213	0.315	0.306	0.261	0.256
Conocimiento Básico	0.111	0.071	0.105	0.184	0.217	0.138
Conocimiento Técnico Aplicado	0.079	0.043	0.035	0.061	0.130	0.070
Conocimiento de acuerdo a la normativa en edificaciones	0.069	0.035	0.021	0.020	0.043	0.038
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Tabla 96: Índice y relación de consistencia de material de conocimiento sobre ocupación de laderas o cercanas a estas

INDICE DE CONSISTENCIA	**IC**	**0.071**
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1	**RC**	0.063

Tabla 97: Matriz de comparación de pares de los parámetros de condición de la propiedad

CONDICIÓN DE LA PROPIEDAD	Ocupación Informal	Propiedad en litigio	Inquilino	Posesionario	Propietario con documentación legal
Ocupación Informal	**1.00**	3.00	5.00	7.00	8.00
Propiedad en litigio	0.33	**1.00**	3.00	5.00	7.00
Inquilino	0.20	0.33	**1.00**	3.00	5.00
Posesionario	0.14	0.20	0.33	**1.00**	3.00
Propietario con documentación legal	0.13	0.14	0.20	0.33	**1.00**
SUMA	1.80	4.68	9.53	16.33	24.00
1/SUMA	0.56	0.21	0.10	0.06	0.04

Tabla 98: Matriz de normalización de los parámetros de condición de la propiedad

CONDICIÓN DE LA PROPIEDAD	Ocupación Informal	Propiedad en litigio	Inquilino	Posesionario	Propietario con documentación legal	Vector Priorización
Ocupación Informal	0.555	0.642	0.524	0.429	0.333	0.497
Propiedad en litigio	0.185	0.214	0.315	0.306	0.292	0.262
Inquilino	0.111	0.071	0.105	0.184	0.208	0.136
Posesionario	0.079	0.043	0.035	0.061	0.125	0.069
Propietario con documentación legal	0.069	0.031	0.021	0.020	0.042	0.037
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Tabla 99: Índice y relación de consistencia de condición de la propiedad

INDICE DE CONSISTENCIA	**IC**	**0.068**
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1	**RC**	0.061

Tabla 100: Matriz De comparación de pares de los parámetros de proyección de mejorar su vivienda u obra de protección

PROYECCION DE MEJORAR SU VIVIENDA U OBRA DE PROTECCIÓN	Ninguna proyectada	Proyectada a Largo plazo (Mayor a 10 años)	Proyectada a mediano plazo (Entre 3 a 5 años)	Proyectada a Muy corto Plazo (Menor a 1 Año)	No requiere ninguna mejora
Ninguna proyectada	**1.00**	3.00	5.00	6.00	7.00
Proyectada a Largo plazo (Mayor a 10 años)	0.33	**1.00**	3.00	5.00	6.00

Proyectada a mediano plazo (Entre 3 a 5 años)	0.20	0.33	**1.00**	3.00	5.00
Proyectada a Muy corto Plazo (Menor a 1 Año)	0.17	0.20	0.33	**1.00**	3.00
No requiere ninguna mejora	0.14	0.17	0.20	0.33	**1.00**
SUMA	1.84	4.70	9.53	15.33	22.00
1/SUMA	0.54	0.21	0.10	0.07	0.05

Tabla 101: Matriz de normalización de los parámetros de proyección de mejorar su vivienda u obra de protección.

PROYECCION DE MEJORAR SU VIVIENDA U OBRA DE PROTECCIÓN	Ninguna proyectada	Proyectada a Largo plazo (Mayor a 10 años)	Proyectada a mediano plazo (Entre 3 a 5 años)	Proyectada a Muy corto Plazo (Menor a 1 Año)	No requiere ninguna mejora	Vector Priorización
Ninguna proyectada	0.543	0.638	0.524	0.391	0.318	0.483
Proyectada a Largo plazo (Mayor a 10 años)	0.181	0.213	0.315	0.326	0.273	0.261
Proyectada a mediano plazo (Entre 3 a 5 años)	0.109	0.071	0.105	0.196	0.227	0.141
Proyectada a Muy corto Plazo (Menor a 1 Año)	0.090	0.043	0.035	0.065	0.136	0.074
No requiere ninguna mejora	0.078	0.035	0.021	0.022	0.045	0.040
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Tabla 102: Indice y relación de consistencia de proyección de mejorar su vivienda u obra de protección.

INDICE DE CONSISTENCIA	**IC**	**0.082**
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1	**RC**	0.073

3.12.11. Dimensión Ambiental

En la población del área de estudio se pudo observar que la forma en que están ubicadas las viviendas, así como la planificación del territorio, tienen una influencia directa en la vulnerabilidad ambiental, especialmente en zonas con mayor fragilidad. Cuando las viviendas se instalan sin una adecuada evaluación del terreno o sin un ordenamiento previo, aumentan los riesgos tanto para las personas como para el entorno.

Por esta razón, es esencial que las autoridades encargadas de regular el desarrollo urbano y rural implementen medidas responsables y sostenibles. Estas acciones deben

orientarse no solo a ordenar el crecimiento de la población, sino también a proteger el ambiente, reducir la exposición a peligros y promover un desarrollo que garantice bienestar y seguridad para las futuras generaciones.

Tabla 103: Matriz de comparación de pares de los parámetros de la dimensión ambiental

PARAMETROS DE ANALISIS DE VULNERABILIDAD	EXPOSICIÓN AMBIENTAL	FRAGILIDAD AMBIENTAL	RESILIENCIA AMBIENTAL
EXPOSICIÓN AMBIENTAL	**1.00**	3.00	5.00
FRAGILIDAD AMBIENTAL	0.33	**1.00**	3.00
RESILIENCIA AMBIENTAL	0.20	0.33	**1.00**
SUMA	1.53	4.33	9.00
1/SUMA	0.65	0.23	0.11

Tabla 104: Matriz de normalización de los parámetros de la dimensión ambiental

MATRIZ DE NORMALIZACIÓN				
PARAMETROS DE ANALISIS DE VULNERABILIDAD	**EXPOSICIÓN AMBIENTAL**	**FRAGILIDAD AMBIENTAL**	**RESILIENCIA AMBIENTAL**	**Vector Priorización**
EXPOSICIÓN AMBIENTAL	0.652	0.692	0.556	0.633
FRAGILIDAD AMBIENTAL	0.217	0.231	0.333	0.260
RESILIENCIA AMBIENTAL	0.130	0.077	0.111	0.106
	1.000	1.000	1.000	1.000

Tabla 105: Índice y relación de consistencia de la dimensión ambiental

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	**IC**	**0.019**
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.01 (*)	**RC**	0.037

3.12.11.1. Análisis de la Exposición Ambiental

Se trabajó con el parámetro Cercanía a fuentes o cursos de agua, el cual resulta fundamental para evaluar el nivel de vulnerabilidad del área. Este criterio considera la distancia entre las viviendas, infraestructuras o actividades humanas y los ríos, quebradas, manantiales u otras fuentes hídricas.

Mientras menor sea la distancia, mayor es la exposición a posibles desbordes, inundaciones, erosión de márgenes, incluso deslizamientos asociados a la humedad del terreno y flujos de detritos. Por ello, este parámetro permite identificar zonas críticas y priorizar medidas de prevención.

La incorporación de este criterio en el análisis contribuye a una planificación más segura, orientando la toma de decisiones para disminuir riesgos y promover un desarrollo sostenible en armonía con el entorno natural.

Tabla 106: matriz de comparación de pares de la dimensión de exposición ambiental

CERCANIA A FUENTES O CURSOS DE AGUA					
CERCANIA A FUENTES O CURSOS DE AGUA	**Muy cercano (Menor a 4 metros)**	**Cercano (Entre 4 a 8 metros)**	**Regular (Entre 8 a 10 metros)**	**Alejado (Entre 10 a 20 metros)**	**Muy alejado (Mayor a 20 metros)**
Muy cercano (Menor a 4 metros)	**1.00**	3.00	5.00	7.00	9.00
Cercano (Entre 4 a 8 metros)	0.33	**1.00**	3.00	4.00	7.00
Regular (Entre 8 a 10 metros)	0.20	0.33	**1.00**	3.00	5.00
Alejado (Entre 10 a 20 metros)	0.14	0.25	0.33	**1.00**	3.00
Muy alejado (Mayor a 20 metros)	0.11	0.14	0.20	0.33	**1.00**
SUMA	1.79	4.73	9.53	15.33	25.00
1/SUMA	0.56	0.21	0.10	0.07	0.04

Tabla 107: matriz de normalización de la dimensión de exposición ambiental

MATRIZ DE NORMALIZACION						
CERCANIA A FUENTES O CURSOS DE AGUA	**Muy cercano (Menor a 4 metros)**	**Cercano (Entre 4 a 8 metros)**	**Regular (Entre 8 a 10 metros)**	**Alejado (Entre 10 a 20 metros)**	**Muy alejado (Mayor a 20 metros)**	**Vector Priorización**
Muy cercano (Menor a 4 metros)	0.560	0.635	0.524	0.457	0.360	0.507
Cercano (Entre 4 a 8 metros)	0.187	0.212	0.315	0.261	0.280	0.251
Regular (Entre 8 a 10 metros)	0.112	0.071	0.105	0.196	0.200	0.137
Alejado (Entre 10 a 20 metros)	0.080	0.053	0.035	0.065	0.120	0.071
Muy alejado (Mayor a 20 metros)	0.062	0.030	0.021	0.022	0.040	0.035

	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Tabla 108: Índice y relación de consistencia de la dimensión de exposición ambiental

INDICE DE CONSISTENCIA	**IC**	**0.058**
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1	**RC**	0.052

3.12.11.2. Análisis de la Fragilidad Ambiental

Se trabajó con dos parámetros importantes: la disposición de residuos sólidos y el vertimiento de aguas residuales en laderas. Ambos factores influyen directamente en la vulnerabilidad ambiental, ya que la acumulación de basura y el desecho inadecuado de aguas generan contaminación, inestabilizan el terreno y aumentan el riesgo para la población. Por ello, su evaluación permite identificar prácticas que deben mejorarse y orienta la implementación de medidas que favorezcan un entorno más seguro y saludable.

Tabla 109: Matriz de comparación de pares del parámetro de disposición de RRSS

DISPOSICIÓN DE RRSS					
DISPOSICIÓN DE RRSS	**Desecha en la ladera oen cursos de agua**	**Quema de RRSS**	**Desechar en vías y/o calles**	**Desechar en botaderos**	**Desecha al carro recolector**
Desecha en la ladera oen cursos de agua	**1.00**	3.00	5.00	6.00	7.00
Quema de RRSS	0.33	**1.00**	3.00	4.00	7.00
Desechar en vías y/o calles	0.20	0.33	**1.00**	3.00	5.00
Desechar en botaderos	0.17	0.25	0.33	**1.00**	3.00
Desecha al carro recolector	0.14	0.14	0.20	0.33	**1.00**
SUMA	1.84	4.73	9.53	14.33	23.00
1/SUMA	0.54	0.21	0.10	0.07	0.04

Tabla 110: Matriz de normalización del parámetro de disposición de RRSS

MATRIZ DE NORMALIZACION						
DISPOSICIÓN DE RRSS	**Desecha en la ladera oen cursos de agua**	**Quema de RRSS**	**Desechar en vías y/o calles**	**Desechar en botaderos**	**Desecha al carro recolector**	**Vector Priorización**
Desecha en la ladera oen cursos de agua	0.543	0.635	0.524	0.419	0.304	0.485

Quema de RRSS	0.181	0.212	0.315	0.279	0.304	0.258
Desechar en vías y/o calles	0.109	0.071	0.105	0.209	0.217	0.142
Desechar en botaderos	0.090	0.053	0.035	0.070	0.130	0.076
Desecha al carro recolector	0.078	0.030	0.021	0.023	0.043	0.039
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Tabla 111: Índice y relación de consistencia del parámetro de disposición de RRSS

INDICE DE CONSISTENCIA	**IC**	**0.076**
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1	**RC**	0.068

Tabla 112: matriz de comparación de pares del parámetro vertimiento de aguas residuales en laderas

VERTIMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LADERAS					
VERTIMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LADERAS	**Vierte directamente a la ladera**	**Vierte a cauces naturales cercanos**	**Vierte a lugares abiertos.**	**Dispone en un lugar de almacenamiento**	**Cuenta con sistema de alcantarillado**
Vierte directamente a la ladera	**1.00**	3.00	5.00	7.00	9.00
Vierte a cauces naturales cercanos	0.33	**1.00**	3.00	4.00	5.00
Vierte a lugares abiertos.	0.20	0.33	**1.00**	3.00	5.00
Dispone en un lugar de almacenamiento	0.14	0.25	0.33	**1.00**	3.00
Cuenta con sistema de alcantarillado	0.11	0.20	0.20	0.33	**1.00**
SUMA	1.79	4.78	9.53	15.33	23.00
1/SUMA	0.56	0.21	0.10	0.07	0.04

Tabla 113: Matriz de normalización del parámetro vertimiento de aguas residuales en laderas

MATRIZ DE NORMALIZACION						
VERTIMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LADERAS	**Vierte directamente a la ladera**	**Vierte a cauces naturales cercanos**	**Vierte a lugares abiertos.**	**Dispone en un lugar de almacenamiento**	**Cuenta con sistema de alcantarillado**	**Vector Priorización**
Vierte directamente a la ladera	0.560	0.627	0.524	0.457	0.391	0.512
Vierte a cauces naturales cercanos	0.187	0.209	0.315	0.261	0.217	0.238

Vierte a lugares abiertos.	0.112	0.070	0.105	0.196	0.217	0.140
Dispone en un lugar de almacenamiento	0.080	0.052	0.035	0.065	0.130	0.073
Cuenta con sistema de alcantarillado	0.062	0.042	0.021	0.022	0.043	0.038
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Tabla 114: Índice y relación de consistencia del parámetro vertimiento de aguas residuales en laderas

INDICE DE CONSISTENCIA	**IC**	**0.065**
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1	**RC**	0.058

3.12.11.3. Análisis de la Resiliencia Ambiental

Se trabajó con dos parámetros importantes: Protección de áreas verdes y Manejo de residuos sólidos (RRSS). Ambos permiten evaluar cómo las acciones humanas influyen en el ambiente y en la calidad de vida de la población. La protección de áreas verdes ayuda a conservar espacios naturales que actúan como reguladores del clima y refugio de biodiversidad, mientras que un adecuado manejo de residuos sólidos evita la contaminación y reduce riesgos para la salud. Considerar estos parámetros es clave para promover un desarrollo ordenado y sostenible en la zona de estudio.

Tabla 115: Matriz de comparación de pares del parámetro Protección de áreas verdes

PROTECCION DE AREAS VERDES					
PROTECCION DE AREAS VERDES	**Ninguna**	**Respeta áreas verdes**	**Protege, pero no es constante**	**Reforesta, pero no protege**	**Reforesta, y protege**
Ninguna	**1.00**	3.00	4.00	5.00	7.00
Respeta áreas verdes	0.33	**1.00**	2.00	3.00	5.00
Protege, pero no es constante	0.25	0.50	**1.00**	3.00	5.00
Reforesta, pero no protege	0.20	0.33	0.33	**1.00**	3.00
Reforesta, y protege	0.14	0.20	0.20	0.33	**1.00**
SUMA	1.93	5.03	7.53	12.33	21.00
1/SUMA	0.52	0.20	0.13	0.08	0.05

Tabla 116: Matriz de normalización del parámetro Protección de áreas verdes

MATRIZ DE NORMALIZACION						
PROTECCION DE AREAS VERDES	**Ninguna**	**Respeta áreas verdes**	**Protege, pero no es constante**	**Reforesta, pero no protege**	**Reforesta, y protege**	**Vector Priorización**
Ninguna	0.519	0.596	0.531	0.405	0.333	0.477
Respeta áreas verdes	0.173	0.199	0.265	0.243	0.238	0.224
Protege, pero no es constante	0.130	0.099	0.133	0.243	0.238	0.169
Reforesta, pero no protege	0.104	0.066	0.044	0.081	0.143	0.088
Reforesta, y protege	0.074	0.040	0.027	0.027	0.048	0.043
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Tabla 117: Índice y relación de consistencia del parámetro Protección de áreas verdes

INDICE DE CONSISTENCIA	**IC**	**0.054**
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1	**RC**	0.048

Fuente elaboración propia

Tabla 118: Matriz de comparación de pares del parámetro manejo de RRSS

MANEJO DE RRSS					
MANEJO DE RRSS	**Sin ningún tipo de manejo**	**Segrega erróneamente**	**Segrega de forma poco frecuente**	**Segrega los RRSS**	**Segrega y reutiliza ciertos materiales**
Sin ningún tipo de manejo	**1.00**	2.00	4.00	5.00	7.00
Segrega erróneamente	0.50	**1.00**	3.00	4.00	5.00
Segrega de forma poco frecuente	0.25	0.33	**1.00**	3.00	5.00
Segrega los RRSS	0.20	0.25	0.33	**1.00**	3.00
Segrega y reutiliza ciertos materiales	0.14	0.20	0.20	0.33	**1.00**
SUMA	2.09	3.78	8.53	13.33	21.00
1/SUMA	0.48	0.26	0.12	0.08	0.05

Tabla 119: Matriz de normalización del parámetro manejo de RRSS

MATRIZ DE NORMALIZACION						
MANEJO DE RRSS	**Sin ningún tipo de manejo**	**Segrega erróneamente**	**Segrega de forma poco frecuente**	**Segrega los RRSS**	**Segrega y reutiliza ciertos materiales**	**Vector Priorización**
Sin ningún tipo de manejo	0.478	0.529	0.469	0.375	0.333	0.437
Segrega erróneamente	0.239	0.264	0.352	0.300	0.238	0.279
Segrega de forma poco frecuente	0.119	0.088	0.117	0.225	0.238	0.158
Segrega los RRSS	0.096	0.066	0.039	0.075	0.143	0.084
Segrega y reutiliza ciertos materiales	0.068	0.053	0.023	0.025	0.048	0.043
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Tabla 120: Índice y relación de consistencia del parámetro manejo de RRSS

INDICE DE CONSISTENCIA	**IC**	**0.062**
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1	**RC**	0.055

Tabla 122 Resumen de la ponderación de la Dimensión Social.

DIMENSIÓN SOCIAL																			
EXPOSICIÓN SOCIAL				FRAGILIDAD SOCIAL						RESILIENCIA SOCIAL								VALOR DIMENSIÓN SOCIAL	PESO DIMENSIÓN SOCIAL
GRUPO ETARIO		Valor Exposición Social	Peso Exposición Social	DISCAPACIDAD		SERVICIOS BÁSICOS		Valor Fragilidad Social	Peso Fragilidad Social	CONOCIMIENTO EN GRD		ORGANIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN SOCIAL		SEGURO DE SALUD		Valor Resiliencia Social	Peso Resiliencia Social		
Ppar	Pdesc			Ppar	Pdesc	Ppar	Pdesc			Ppar	Pdesc	Ppar	Pdesc	Ppar	Pdesc				
1.00	0.503	0.503	0.633	0.50	0.474	0.50	0.508	0.491	0.260	0.633	0.460	0.260	0.508	0.106	0.467	0.473	0.106	0.497	0.633
1.00	0.260	0.260	0.633	0.50	0.286	0.50	0.264	0.275	0.260	0.633	0.292	0.260	0.263	0.106	0.256	0.280	0.106	0.266	0.633
1.00	0.134	0.134	0.633	0.50	0.136	0.50	0.129	0.132	0.260	0.633	0.143	0.260	0.121	0.106	0.148	0.138	0.106	0.134	0.633
1.00	0.068	0.068	0.633	0.50	0.069	0.50	0.061	0.065	0.260	0.633	0.069	0.260	0.067	0.106	0.084	0.070	0.106	0.067	0.633
1.00	0.035	0.035	0.633	0.50	0.035	0.50	0.039	0.037	0.260	0.633	0.036	0.260	0.042	0.106	0.044	0.038	0.106	0.036	0.633

fuente elaboración Propia

Tabla 121: Resumen de la ponderación de la Dimensión

DIMENSIÓN ECONÓMICA																					
EXPOSICIÓN ECONÓMICA						FRAGILIDAD ECONÓMICA								RESILIENCIA ECONÓMICA								VALOR DIMENSIÓN ECONÓMICA	PESO DIMENSIÓN ECONÓMICA
ALTURA DE TALUD EXISTENTE		CERCANIA A CORTES DE TALUD NATURALES O GENERADOS		Valor Exposición Económica	Peso Exposición Económica	MATERIAL DE CONSTRUCCION		ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LA VIVIENDA		NIVELES DE CONSTRUCCIÓN		Valor Fragilidad Económica	Peso Fragilidad Económica	CONOCIMIENTO SOBRE OCUPACIÓN DE LADERAS O CERCANAS A ESTAS		CONDICIÓN DE LA PROPIEDAD		PROYECCION DE MEJORAR SU VIVIENDA U OBRA DE PROTECCIÓN		Valor Resiliencia Económica	Peso Resiliencia Económica		
Ppar	Pdesc	Ppar	Pdesc			Ppar	Pdesc	Ppar	Pdesc	Ppar	Pdesc			Ppar	Pdesc	Ppar	Pdesc	Ppar	Pdesc				
0.50	0.516	0.50	0.404	0.460	0.633	0.633	0.404	0.260	0.503	0.106	0.474	0.437	0.260	0.539	0.499	0.297	0.497	0.164	0.483	0.496	0.106	0.458	0.260
0.50	0.247	0.50	0.313	0.280	0.633	0.633	0.313	0.260	0.260	0.106	0.286	0.296	0.260	0.539	0.256	0.297	0.262	0.164	0.261	0.259	0.106	0.282	0.260
0.50	0.133	0.50	0.162	0.148	0.633	0.633	0.162	0.260	0.134	0.106	0.136	0.152	0.260	0.539	0.138	0.297	0.136	0.164	0.141	0.138	0.106	0.148	0.260
0.50	0.065	0.50	0.079	0.072	0.633	0.633	0.079	0.260	0.068	0.106	0.069	0.075	0.260	0.539	0.070	0.297	0.069	0.164	0.074	0.070	0.106	0.073	0.260
0.50	0.038	0.50	0.042	0.040	0.633	0.633	0.042	0.260	0.035	0.106	0.035	0.039	0.260	0.539	0.038	0.297	0.037	0.164	0.040	0.038	0.106	0.040	0.260

Fuente elaboración Propia

Tabla 123: Resumen de la ponderación de la Dimensión Ambiental

DIMENSIÓN AMBIENTAL																			
EXPOSICIÓN AMBIENTAL				FRAGILIDAD AMBIENTAL								RESILENCIA AMBIENTAL						VALOR DIMENSIÓN AMBIENTAL	PESO DIMENSIÓN AMBIENTAL
CERCANIA A FUENTES O CURSOS DE AGUA		Valor Exposición ambiental	Peso Exposición ambiental	DISPOSICIÓN DE RRSS		DISPOSICIÓN DE MATERIAL DE DESMONTE		VERTIMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LADERAS		Valor Fragilidad ambiental	Peso Fragilidad ambiental	PROTECCION DE AREAS VERDES		MANEJO DE RRSS		Valor Resiliencia ambiental	Peso Resiliencia ambiental		
Ppar	Pdesc			Ppar	Pdesc	Ppar	Pdesc	Ppar	Pdesc			Ppar	Pdesc	Ppar	Pdesc				
1.00	0.507	0.507	0.633	0.539	0.485	0.297	0.503	0.164	0.512	0.495	0.260	0.50	0.477	0.50	0.437	0.457	0.106	0.498	0.106
1.00	0.251	0.251	0.633	0.539	0.258	0.297	0.260	0.164	0.238	0.255	0.260	0.50	0.224	0.50	0.279	0.251	0.106	0.252	0.106
1.00	0.137	0.137	0.633	0.539	0.142	0.297	0.134	0.164	0.140	0.139	0.260	0.50	0.169	0.50	0.158	0.163	0.106	0.140	0.106
1.00	0.071	0.071	0.633	0.539	0.076	0.297	0.068	0.164	0.073	0.073	0.260	0.50	0.088	0.50	0.084	0.086	0.106	0.073	0.106
1.00	0.035	0.035	0.633	0.539	0.039	0.297	0.035	0.164	0.038	0.038	0.260	0.50	0.043	0.50	0.043	0.043	0.106	0.037	0.106

3.13. Niveles de Vulnerabilidad

Tabla 124: Determinación de los niveles de la Vulnerabilidad.

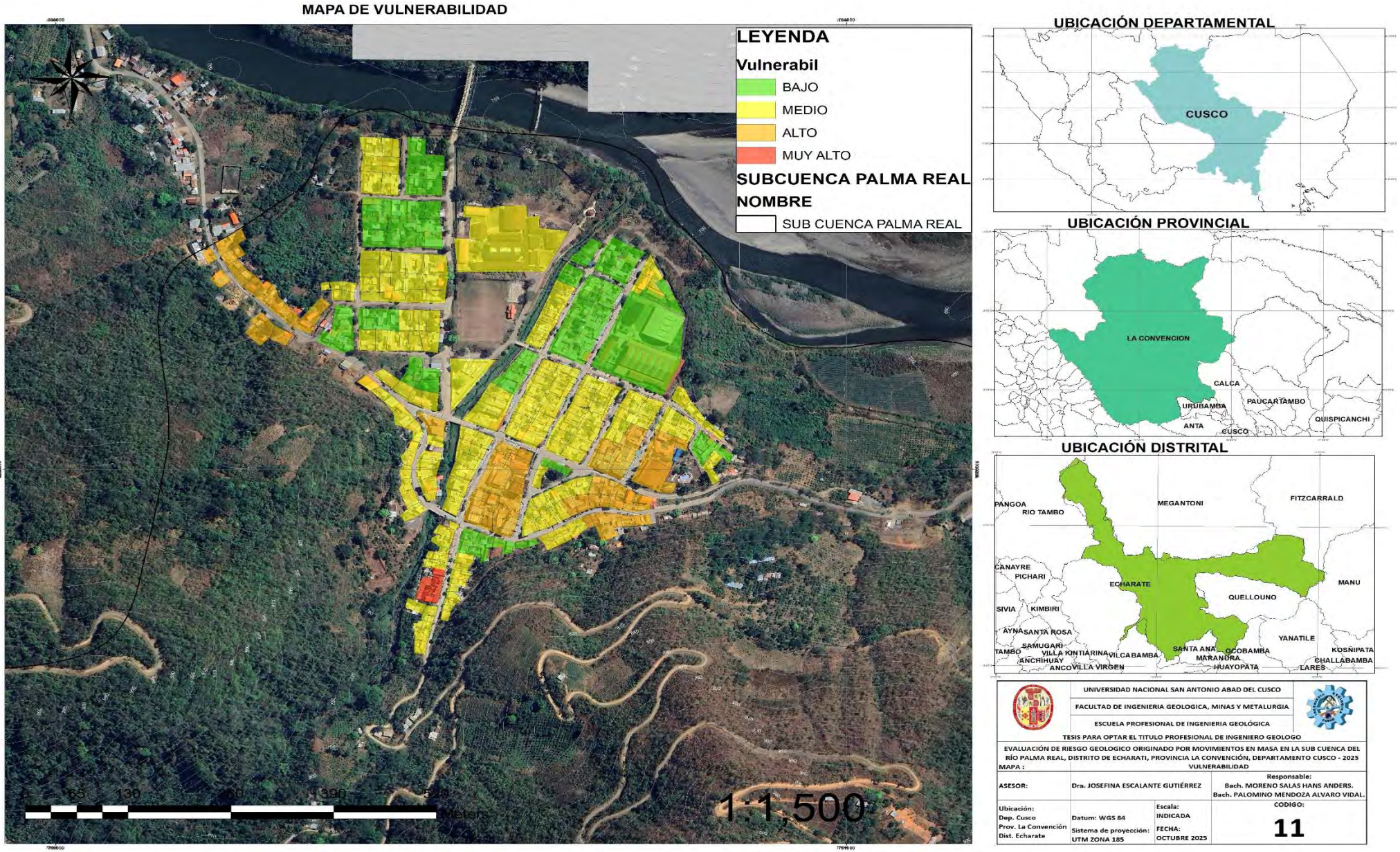
VALOR DE LA VULNERABILIDAD
0.487
0.269
0.138
0.069
0.037

NIVEL	RANGO				
MUY ALTO	0.269	≤	V	<	0.487
ALTO	0.138	≤	V	<	0.269
MEDIO	0.069	≤	V	<	0.138
BAJO	0.037	≤	V	<	0.069

Tabla 125: Estatificación del nivel de vulnerabilidad

NIVEL DE VULNERABILIDAD	DESCRIPCION	RANGO
MUY ALTO	Predios con más de 10 habitantes, sin acceso a servicios básicos, nulo conocimiento en temas de GRD y pésima organización de la población. Edificaciones próximas a los peligros (< a 5m), de materiales precarios, en mal estado y pésima conservación, mayormente deshabitados e ingreso familiar promedio mensual < a S/ 200. Viviendas sin áreas de vegetación, erosión de suelos sin cobertura vegetal, sin conservación de áreas verdes y conocimiento nulo en temas ambientales.	**0.269 ≤ P ≤ 0.487**
ALTO	Predios con 7 a 10 habitantes, acceso a solo un servicio básico, conocimiento equivocado en temas de GRD y mala organización de la población. Edificaciones cercanas a los peligros (5 a 15m), de adobe como material de construcción, en mal estado de conservación, ocupados por cuidantes e ingreso familiar promedio mensual de S/ 200 a S/ 750. Viviendas en áreas de vegetación, suelos con cobertura vegetal, conservación de áreas verdes y conocimiento erróneo en temas ambientales.	**0.138 ≤ P < 0.269**
MEDIO	Predios con 4 a 6 habitantes, acceso a 2 servicios básicos, conocimiento básico en temas de GRD y participación esporádica en la organización de la población. Edificaciones medianamente cercanas a los peligros (15 a 30m), de acero - Drywall como material de construcción, en buen estado y conservación moderada, mayormente habitados por inquilinos e ingreso familiar promedio mensual de S/ 750 a S/ 1500. Viviendas con áreas de vegetación, degradación química de suelos con cobertura vegetal, con áreas verdes y conocimiento escaso en temas ambientales.	**0.069 ≤ P < 0.138**
BAJO	Predios con menos de 4 habitantes, acceso a todos los servicios básicos, con conocimiento en temas de GRD y participación permanente en la organización de la población. Edificaciones alejadas a los peligros (> 30m), construcción de material noble, en buen estado y conservación buena, habitados por familias e ingreso familiar promedio mensual > a S/ 1500. Viviendas con áreas de vegetación maduras, sin degradación de suelos con cobertura vegetal, con áreas verdes y conservación de especies nativas y conocimiento en temas ambientales.	**0.037 ≤ P < 0.069**

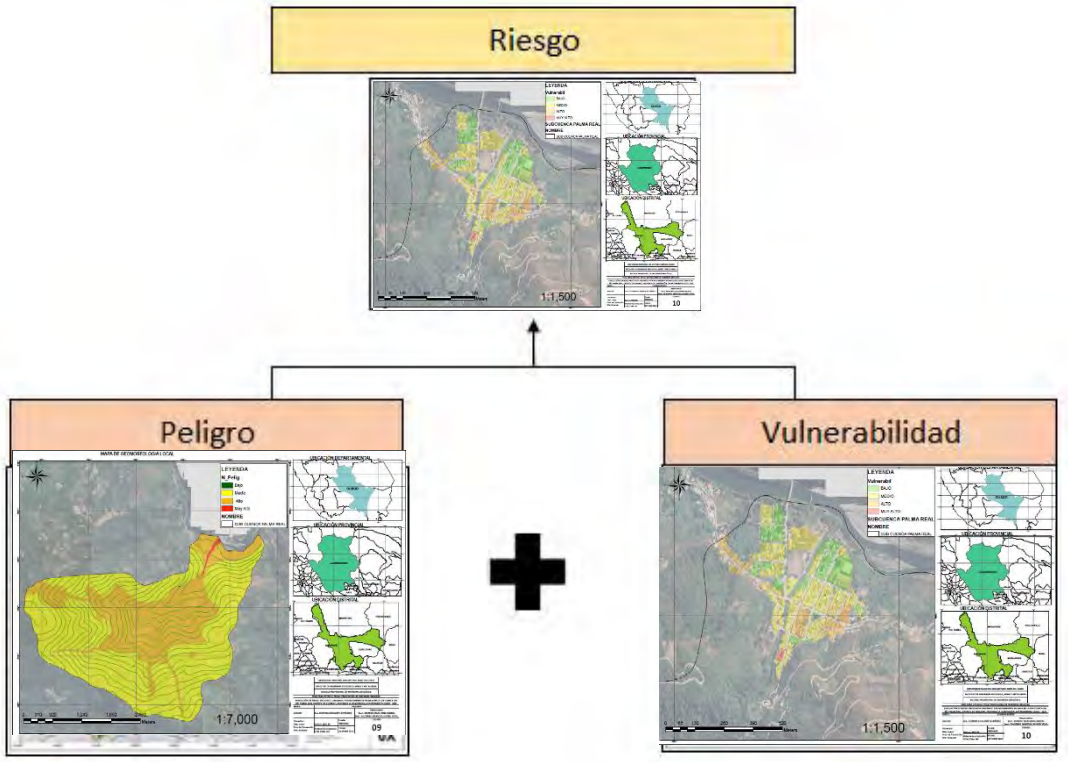
Figura 93: Mapa de Vulnerabilidad



3.14. Cálculo del Riesgo

3.14.1. Metodología para el Cálculo del Riego

El cálculo del riesgo en el centro poblado de Palma Real, se obtuvo utilizando el



siguiente procedimiento:

La evaluación de los niveles de riesgo en la zona de estudio requiere de la identificación y el análisis de los peligros a los que se expone la población del centro poblado de Palma Real, evaluando los factores desencadenantes y condicionantes, así mismo del análisis de vulnerabilidad, tomando en cuenta los aspectos sociales, económicos, y ambientales y sus subdivisiones respectivas, dándonos la posibilidad de cuantificar y cualificar los niveles de riesgos.

Para lo cual fue necesaria una Matriz de Riesgo, herramienta que nos permite determinar el nivel de riesgo a la que se expone la población de Palma Real.

3.14.2. Matriz de Riesgos

Tabla 126: Matriz de Riesgos

PMA	0.498	0.035	0.069	0.134	0.242
PA	0.261	0.018	0.036	0.070	0.127
PM	0.136	0.009	0.019	0.037	0.066
PB	0.067	0.005	0.009	0.018	0.033
		0.069	0.138	0.269	0.487
		VB	VM	VA	VMA

Tabla 127: Nivel de riesgos

PELIGRO	VULNERABILIDAD	VALOR RIESGO
0.498	0.487	***0.242***
0.261	0.269	***0.070***
0.136	0.138	***0.019***
0.067	0.069	***0.005***
0.037	0.037	***0.001***

Tabla 128: Nivel de riesgo

NIVEL DE RIESGO	RANGO	≤ R <	RANGO
MUY ALTO	0.070	≤ R <	0.242
ALTO	0.019	≤ R <	0.070
MEDIO	0.005	≤ R <	0.019
BAJO	0.001	≤ R <	0.005

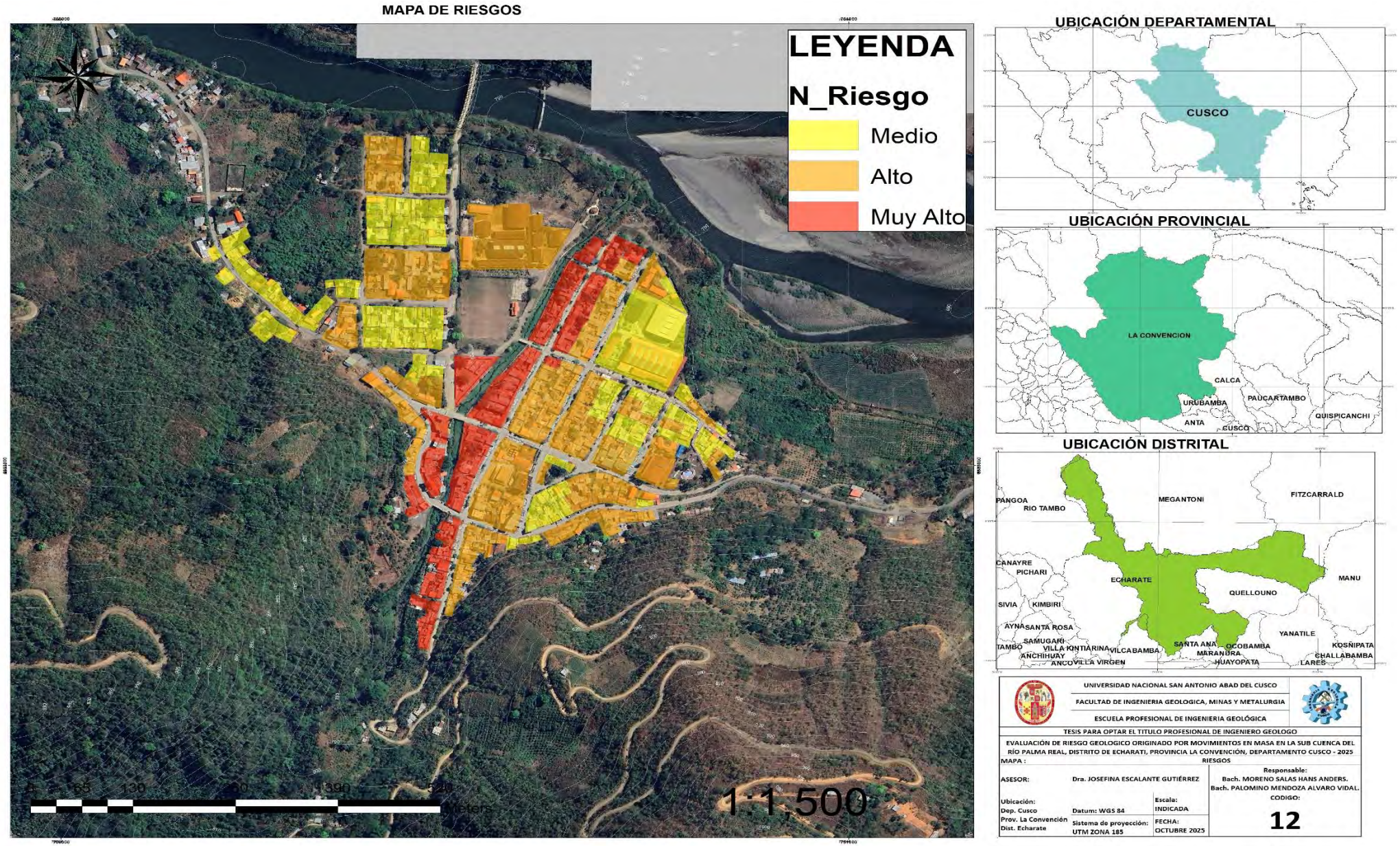
3.14.3. Estratificación del nivel de riesgo

Tabla 129: Matriz de estratificación del nivel de riesgos

NIVEL	DESCRIPCION	RANGO
MUY ALTO	Predios con más de 10 habitantes, sin acceso a servicios básicos, nulo conocimiento en temas de GRD y pésima organización de la población. Edificaciones próximas a los peligros (< a 5m), de materiales precarios, en mal estado y pésima conservación, mayormente deshabitados e ingreso familiar promedio mensual < a S/ 200. Viviendas sin áreas de vegetación, erosión de suelos sin cobertura vegetal, sin conservación de áreas verdes y conocimiento nulo en temas ambientales. Gran volumen de material dejado por deslizamientos en la Quebrada del rio Palma Real depositándose en el cauce del rio y ocasionando colmatación y posterior desplazamiento de flujo de detritos, la pendiente es menor igual a 5°, tipo de geomorfología (llanura de inundación) tipo de litología cuaternario (depósitos coluviales recientes), cerca de áreas urbanas y márgenes del cauce del rio. Lluvias extremas anómalas mayores al 44.8 mm/h.	**0.070 ≤ P ≤ 0.242**
ALTO	Predios con 7 a 10 habitantes, acceso a solo un servicio básico, conocimiento equivocado en temas de GRD y mala organización de la población. Edificaciones cercanas a los peligros (5 a 15m), de adobe como material de construcción, en mal estado de conservación, ocupados por cuidantes e ingreso familiar promedio mensual de S/ 200 a S/ 750. Viviendas en áreas de vegetación, suelos con cobertura vegetal, conservación de áreas verdes y conocimiento erróneo en temas ambientales. Moderado a gran volumen de material dejado por deslizamientos en la en la Quebrada del rio Palma Real depositándose en el cauce del rio y ocasionando colmatación y posterior desplazamiento de flujo de detritos, la pendiente está entre 5° a 15°, tipo de geomorfología (vert. Piedemonte aluvio-torrencial) tipo de litología cuaternario (depósitos aluviales), bosques con vegetación algunos pastizales, caminos rurales y arboles con Lluvias muy fuertes de 26.6 a 44.8 mm/h.	**0.019 ≤ P < 0.070**
MEDIO	Moderado volumen de material dejado por deslizamientos en la Quebrada del rio Palma Real depositándose en el cauce del rio y ocasionando colmatación y posterior desplazamiento de flujo de detritos, la pendiente está entre 15° a 25°, tipo de geomorfología (piedemonte coluvio-deluvial) tipo de litología (deposito coluvio deluvial), con áreas agrícolas y algunos caminos y viviendas rurales y parte de la población y rio. Lluvioso a moderadamente lluvioso de 19.8 mm/h.	**0.005 ≤ P < 0.019**

BAJO	Predios con menos de 4 habitantes, acceso a todos los servicios básicos, con conocimiento en temas de GRD y participación permanente en la organización de la población. Edificaciones alejadas a los peligros (> 30m), construcción de material noble, en buen estado y conservación buena, habitados por familias e ingreso familiar promedio mensual > a S/ 1500. Viviendas con áreas de vegetación maduras, sin degradación de suelos con cobertura vegetal, con áreas verdes y conservación de especies nativas y conocimiento en temas ambientales. Moderado volumen de material dejado por deslizamientos en la Quebrada del rio Palma Real depositándose en el cauce del rio y ocasionando colmatación y posterior desplazamiento de flujo de detritos, la pendiente está entre 15° a 25°, tipo de geomorfología (piedemonte coluvio-deluvial) tipo de litología (deposito coluvio deluvial), con áreas agrícolas y algunos caminos y viviendas rurales y parte de la población y rio. moderadamente lluvioso a poco lluvioso de 10.7mm/h.	**$0.001 \leq P < 0.005$**

Figura 94: Mapa de riesgos



3.14.4. Control del Riesgo

3.14.4.1. Aceptabilidad y Tolerancia del Riesgo

Tipo de Peligro : Movimiento de Masas

Tipo de Fenómeno : Geodinámica Externa

a) Valoración de consecuencias

MUY ALTA

Según Varnes, D.J. (1978) los flujos de detritos (o flujo de escombros) son movimientos en masa caracterizado por un rápido desplazamiento de una mezcla no consolidada de suelo, rocas, sedimentos y materia orgánica, que se comporta como un fluido espeso y altamente viscoso.

Tabla 130: 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	Medio	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

De la tabla anterior, obtenemos que las consecuencias debido al impacto de un fenómeno natural son catastróficas, es decir, posee el nivel 4 – Muy Alto.

a) valoración de frecuencia

ALTA

Según Zavala et al (2012), los flujos de detritos son muy recurrentes, dando una valorización de frecuencia alta.

La boloneria, y sus características morfológicas y físicas, son indicadores que en el rio Palma Real acumula una cantidad de energía cinetica elevada en temporadas de lluvias intensas, desencadenando fenómenos de geodinámica externa.

Las pendientes altas rigen el comportamiento hidráulico del rio Palma Real, asi como los deslizamientos recientes aportan material coluvial y por consecuente la colmatación del Rio Palma Real.

Tabla 131: Valoración de consecuencias

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	Medio	Puede ocurrir en periodos de tiempo largos según las circunstancias.
1	Baja	Puede ocurrir en circunstancias excepcionales.

Fuente CENEPRED

De la tabla anterior, se obtiene que el evento de Flujo de detritos pueda ocurrir en periodos de tiempo medianamente largos según las circunstancias, es decir, posee el nivel 3 – Alta.

A) Nivel de consecuencias y daños

MUY ALTA

La intersección de la Consecuencia y Frecuencia da como resultado un nivel Muy Alto

Tabla 132: Nivel de consecuencias y daños

Consecuencias	Nivel	Zona 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

De la tabla anterior da como resultado un nivel de consecuencia y daño Muy Alto – de nivel 4

a) Aceptabilidad y/o tolerancia

INADMISIBLE

La tolerancia de esta evaluación de riesgos es INADMISIBLE, ya que el nivel de consecuencia y daño es Muy Alta.

Siendo una zona de Vulnerabilidad alta, donde los procesos geodinámicos son frecuentes y que la ocurrencia de fenómenos climatológicos incrementa el comportamiento del Rio Palma Real y alteran su arrastre de materiales.

Tomando en cuenta la reacción de la población ante posibles desastres naturales, y la dificultad que supondría una posible reubicación, esta ha aceptado convivir con el peligro. Por lo que es necesario que las autoridades competentes tomen medidas inmediatas que mitiguen el nivel de riesgo.

Tabla 133: Aceptabilidad y/o tolerancia

Valor	Descriptor	Descripción
4	Inadmisible	Se debe aplicar inmediatamente medida de control físico y de ser posible transferir inmediatamente los riesgos.
3	Inaceptable	Se deben desarrollar actividades INMEDIATAS y PRIORITARIAS para el manejo de riesgos
2	Tolerable	Se deben desarrollar actividades para el manejo de riesgos
1	Aceptable	El riesgo no presenta un peligro significativo

Fuente CENEPRED

Basandose en la tabla anterior, el nivel de aceptabilidad y/o tolerancia del Riesgo por Flujo de detritos es de nivel 4 – Inadmisible, lo que infiere se debe aplicar medidas inmediatas para el control físico y mitigar los niveles de riesgos.

a) Prioridad de intervención

El nivel de Aceptabilidad y/o Tolerancia de esta evaluación de riesgos exige una intervención inmediata acorde a la tabla siguiente

Tabla 134: Prioridad de Intervención

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

Fuente CENEPRED

La prevención y/o Mitigación del Riesgo de Desastres, con la presente evaluación, se constituye como prioritaria, por lo que se sugiere la acción inmediata a proyectos que abarquen y afronten directamente en esta problemática.

3.15. Medidas de Prevención y Mitigación

a) Medidas de carácter estructural

- Descolmatación del cauce del Rio Palma Real para evitar la saturación y acumulación de material arrastrable por la corriente y los deslizamientos que ocurren en las laderas del rio

Figura 95: Imagen referencial de descolmatación de un rio



Fuente ANA inicia acciones de limpieza y descolmatación en Lima Provincias

- Obras de Estabilización de deslizamientos (muros secos, gaviones) para evitar la erosión lateral y saturación de sedimentos coluviales en el cauce.

Figura 96: Imagen referencial de creación de muros al cauce de un rio

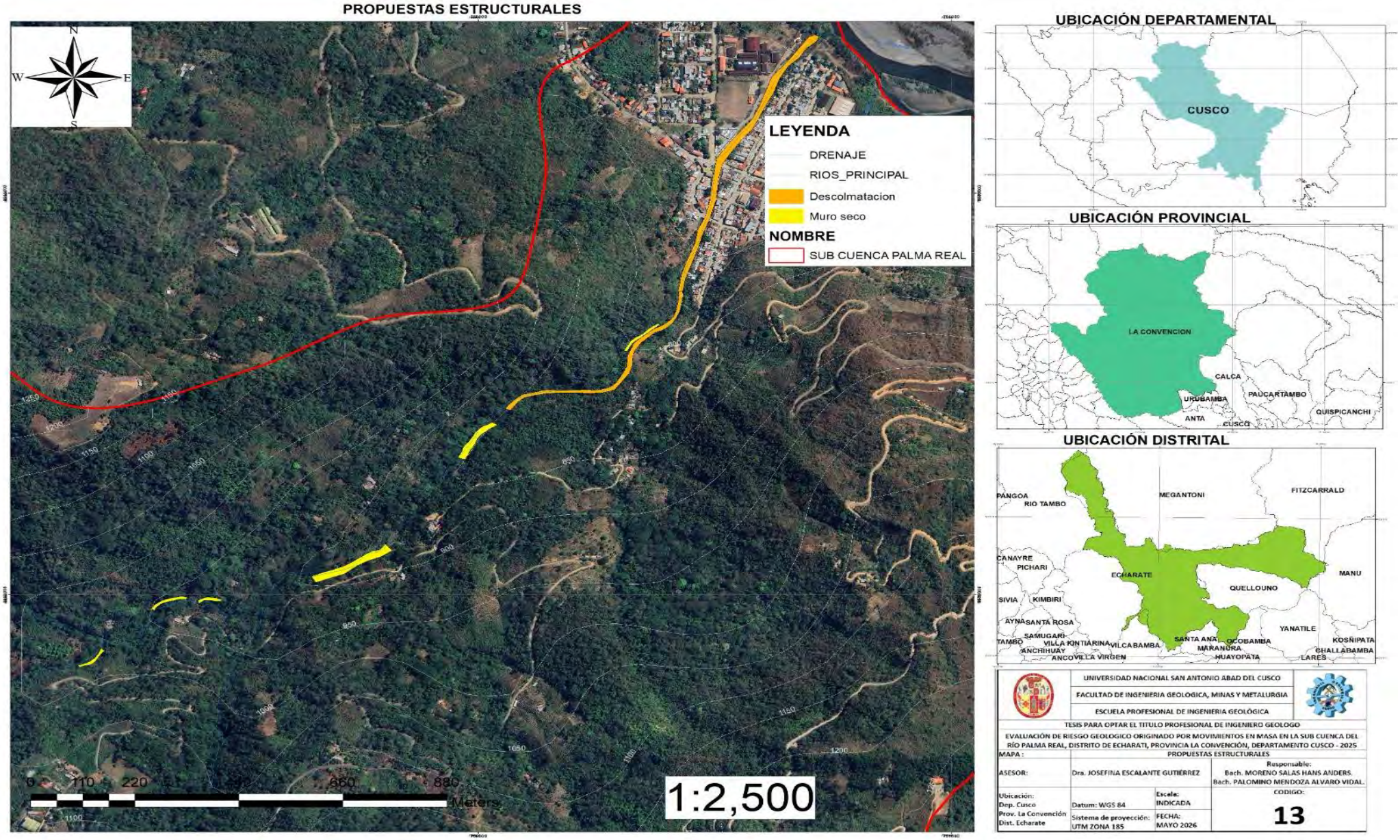


Fuente Gobernación de Córdova busca mitigar erosión fluvial en el Municipio de Tierralta

a) Medidas de Carácter No Estructural

- Observación continua de cauces, quebradas, deslizamientos activos y acumulaciones de material suelto.
- Talleres sobre qué hacer antes, durante y después de un flujo de detritos.
- Elaboración de Planes de Gestión del Riesgo y Planes de Contingencia específicos para flujos de detritos.
- Simulacros de evacuación y rutas seguras.
- Evaluaciones periódicas de estabilidad de laderas, erosión y cambios geomorfológicos.

Figura 97: Mapa de propuestas estructurales



3.16. Aportes profesionales de la investigación

La presente investigación no solo permitió identificar y evaluar los niveles de peligro, vulnerabilidad y riesgo geológico asociados a movimientos en masa en el centro poblado Palma Real. Los aportes profesionales propuestos constituyen herramientas involucrada en la prevención y mitigación del riesgo asociados a movimientos en masa.

3.16.1. Zonificación de áreas criticas

Se elaboro una zonificación y un cartografiado de los mapas de peligro, vulnerabilidad y riesgo geológico que permite identificar áreas con mayor susceptibilidad a la ocurrencia de movimientos en masa en donde la información pueda ser utilizada por las autoridades locales, regionales y nacionales para la toma de planificación urbana y territorial.

3.16.2. Implementación de un sistema de monitoreo geológico.

Se propone implementar un equipo técnico permanente de monitoreo geológico y geotectónico en los sectores identificados con alto riesgo y muy alto en donde tengan actividades de inspecciones periódicas de laderas, control de grietas, monitoreo de deformaciones, registro de precipitaciones en el cual traerá beneficios en la mitigación de la vulnerabilidad con detección temprana de suelos y laderas inestables, prevención de emergencias y reducción de perdidas económicas.

3.16.3. Implementación de sistema de alerta temprana

Se propone el diseño e implementación de un proyecto con sistema de alerta temprana (SAT), que tenga componentes para fortalecer la protección de vidas humanas, respuestas oportunas ante emergencias. Con los siguientes componentes (pluviómetros automáticos, sensores de desplazamiento, alarmas comunitarias, protocolos de evacuación).

CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSION

1. El primer objetivo específico fue identificar y analizar las características geológicas y geomorfológicas que influyen en los niveles de peligrosidad originados por movimientos en masa en el centro poblado de Palma Real, distrito de Echarati, provincia La Convención, Departamento Cusco. El resultado obtenido del estudio realizado de la evaluación del riesgo geológico originado por movimientos en masa en el centro poblado de Palma Real evidencia las principales características que influyen en la peligrosidad por movimientos en masa desde el punto de vista geomorfológico esta denominada por geoformas deposicionales , principalmente un pie de monte proluvial asociado a terrazas aluviales y llanuras de inundación lo que evidencia un ambiente dinamico influenciado por procesos fluviales y aluvio torrenciales, en las zonas altas predominan geoformas montañosas en roca sedimentaria con pendientes pronunciadas que presentan inestabilidad en laderas empinadas (25° a 45°) como deslizamientos y derrumbes materiales trasportados a las partes bajas contribuyendo a la formación de depósitos proluviales y aluviales sobre el cual se asienta centro poblado de Palma Real incrementando la susceptibilidad por movimientos en masa. Desde el punto de vista geológico, esta denominado por depósitos aluviales y coluviales cuaternarios distribuidos en los márgenes y terrazas bajas del rio y sus afluentes conformado por gravas, arenas, limos y arcillas poco consolidado, en la formación ananea que es una unidad sedimentaria más antigua con afloramiento principalmente en laderas altas conformada por pizarras y meta areniscas con alto grado de meteorización y fracturamiento el cual se tiene alta probabilidad de erosion y movimientos en masa, y los depósitos cuaternarios que son depósitos no consolidados o materiales inconsolidados que influye en la dinámica geomorfológica susceptibles a movimientos en masa. Esto demuestra que la peligrosidad está directamente condicionada por la

interacción entre pendiente pronunciadas, inestabilidad de laderas, depósitos cuaternarios inconsolidados, donde la precipitación intensa incrementa la presión de poros y disminuye la resistencia al corte activado y ocasiona caída de rocas, deslizamientos y flujo de detritos (movimientos en masa). En este contexto la hipótesis queda validada por que efectivamente las condiciones geológicas, geomorfológicas originan los peligros propuestos en la tesis de investigación. Este resultado coincide con el antecedente local propuesto de (INGEMMET, EVALUACION DE PELIGROS GEOLOGICOS Y GEOHIDROLOGICOS EN LOS SECTORES DE ICHIQUIATO BAJO, CORIBENI, TALANCATO Y PALMA REAL, 2023), donde se reporta condiciones similares a la subcuenca del rio Palma Real con peligro alto a muy alto por movimientos en masa.

Concluimos que las características geológicas y geomorfológicas del centro poblado de Palma Real influyen de manera directa en la generación de movimientos en masa debido a la presencia de laderas empindas, materiales con suelos meteorizados y depósitos cuaternarios inconsolidados. Estas condiciones favorecen la ocurrencia de movimientos en masa como son deslizamientos, caída de rocas, flujo de detritos (movimientos en masa) y así de esa manera incrementa los niveles de peligrosidad en la zona de estudio.

5. El segundo objetivo específico fue evaluar los niveles de vulnerabilidad originado por movimientos en masa que se presenta en el centro poblado de Palma Real, distrito de Echarati, provincia La Convención, departamento Cusco. El resultado demuestra que el análisis de vulnerabilidad muestra un nivel muy alto con predios de 10 habitantes a más sin acceso a servicios básicos, con nulo conocimiento en temas de GRD y pésima organización de la población, un nivel alto con predios de 7 a 10 habitantes sin acceso a servicios básicos, conocimientos equivocados de GRD y mala organización de la población, con edificaciones cercanas a los peligros, viviendas en mal estado de

conservación. En este sentido respaldamos los antecedentes regionales utilizados el cual coincide con (CENEPRED, Evaluación de riesgos por movimientos en masa (deslizamientos) del anexo Callacunca, C.C. Patasachac y Llactasachac, distrito de Quiquijana, 2022), donde se reportó vulnerabilidad alta en zonas con ocupación informal y laderas inestables.

Concluimos que la población e infraestructura existente en el centro poblado de Palma Real presenta un nivel alto de vulnerabilidad, principalmente por la ocupación de áreas expuestas al peligro, insuficiente infraestructura de protección y la limitada capacitación en gestión del riesgo de desastres. Esta situación incrementa la exposición de la población frente a eventos de movimientos en masa y reduce su capacidad de respuesta ante emergencias de desastres naturales.

6. El tercer objetivo específico fue determinar los niveles de riesgo geológico originados por movimientos en masa y elaborar el mapa de riesgos en centro poblado de Palma Real, distrito de Echarati, provincia La Convención, departamento Cusco. Como resultado tenemos que la integración del mapa de peligros con el mapa de vulnerabilidad permitió determinar un nivel de riesgo geológico alto a muy alto donde las zonas más críticas corresponden al centro poblado de Palma Real que se encuentra cerca al cauce del rio, terrazas bajas y pie de laderas inestables. Esto significa que la ocurrencia de un evento extremo de precipitación puede generar daños severos a viviendas, vías de acceso, infraestructura pública, medios de vida, el riesgo aumenta por la coincidencia espacial entre el peligro alto y ocupación urbana. La hipótesis queda validada, dado que el nivel de peligro fue clasificado como alto y este asociado a pendientes fuertes y materiales susceptibles a la gravedad. Los antecedentes quedan respaldados con los estudios realizados por él (CENEPRED, EVALUACION DE RIESGO POR FLUJO DE DETRITOS EN EL SECTOR DE COCABAMBILLA Y PAN DE AZUCAR,

DISTRITO DE ECHARATI, PROVINCIA LA CONVENCION Y DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2021) y (INGEMMET, EVALUACION DE PELIGROS GEOLOGICOS Y GEOHIDROLOGICOS EN LOS SECTORES DE ICHIQUIATO BAJO, CORIBENI, TALANCATO Y PALMA REAL, 2023), donde se determina niveles de riesgo alto y muy ante en condiciones semejantes.

Concluimos que el nivel de riesgo geológico en el centro poblado de Palma Real es alto a muy alto, como resultado de la interacción entre la elevada peligrosidad natural del terreno y la alta vulnerabilidad de la población. La presencia de pendientes pronunciadas según los resultados obtenidos tenemos una pendiente media del cauce en un rango 21.80% (Empinado), precipitaciones intensas en los meses de noviembre y abril con precipitaciones máximas acumulada anual de 1886.98 mm/a y una acumulación máxima mensual en los meses de diciembre con 405 mm/d y asentamientos humanos ubicados en zonas críticas que genera una condición de riesgo permanente que puede afectar la seguridad de la población, la infraestructura y medios de vida.

7. El cuarto objetivo específico fue determinar las medidas correctivas estructurales y no estructurales más adecuadas para la mitigación del riesgo geológico originado por movimientos en masa en el centro poblado de Palma Real, distrito de Echarati, provincia La Convención, departamento Cusco. Como resultado se determinó realizar las medidas estructurales que son muros de contención y/o muros secos, descolmatación del cauce del rio y las medidas no estructurales se plantearon realizar un ordenamiento territorial, sistemas de alerta temprana, capacitación comunitaria, monitoreo geotécnico y educación en gestión del riesgo. Estas medidas estructurales y no estructurales nos sirven para reducir y/o mitigar el riesgo geológico. Validamos la hipótesis porque las medidas estructurales y no estructurales nos permiten reducir tanto el peligro como la vulnerabilidad. Este resultado está respaldado por los antecedentes que sirvió para

realizar la tesis de investigación que está respaldado por CENEPRED e INGEMMET, que recomienda estrategias similares en zonas con flujo de detritos y deslizamientos.

Concluimos que la implementación de medidas estructurales y no estructurales, tales como muros de contención y/o muros secos, descolmatación del cauce del rio, ordenamiento territorial, sistema de alerta temprana, monitoreo geotécnico, capacitación comunitaria entre otros, permitirá reducir de manera significativa los niveles de riesgo geológico en el centro poblado de Palma Real al intervenir tanto en los factores de peligrosidad como en la vulnerabilidad de la población.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- El centro poblado de Palma Real presenta una marcada actividad de movimientos en masa, destacando deslizamientos, caídas y flujos de detritos. Estos procesos se activan principalmente por lluvias intensas y sostenidas durante la temporada húmeda, lo que convierte al área en una zona con muy alto peligro geológico y requiere seguimiento continuo.
- La susceptibilidad del terreno es elevada debido a la interacción de factores geológicos, geomorfológicos y climáticos. Las fuertes pendientes, la presencia de litologías inestables y la ocurrencia periódica de lluvias torrenciales favorecen la inestabilidad de laderas y el desprendimiento de material, incrementando la frecuencia y magnitud de los eventos.
- La población asentada dentro del centro poblado presenta condiciones de alta vulnerabilidad, principalmente por ocupar zonas no recomendables para el desarrollo urbano, como conos coluviales, terrazas inestables y depósitos aluviales. A ello se suman deficiencias en infraestructura, limitados sistemas de drenaje, viviendas poco resistentes y un bajo nivel de preparación comunitaria para la gestión de riesgos.
- Al combinar estos elementos —alto peligro e igualmente alta vulnerabilidad— se concluye que el riesgo geológico en el centro poblado es extremadamente alto, ya que los movimientos en masa pueden ocasionar afectaciones severas en la seguridad de las familias, sus bienes, redes de comunicación, áreas agrícolas y actividades económicas esenciales.
- Asimismo, la constante movilización de sedimentos producto de los deslizamientos contribuye a la colmatación del cauce del río Palma Real. Este proceso incrementa el riesgo de flujos de detritos durante la temporada de lluvias, los cuales pueden llegar a desbordar el cauce y generar daños directos en viviendas, caminos, puentes, infraestructura básica y medios de sustento locales.

RECOMENDACIONES

- Implementar medidas estructurales prioritarias, como la descolmatación del cauce del río Palma Real, con el fin de reducir la acumulación de sedimentos y evitar el arrastre de grandes volúmenes de material que favorecen la formación de flujos de detritos durante la temporada de lluvias. Esta acción permitirá mejorar la capacidad hidráulica del río y disminuir el riesgo para las zonas ribereñas.
- Construir obras de estabilización de taludes y defensas ribereñas, empleando muros secos, gaviones u otras técnicas apropiadas para el tipo de terreno. Estas estructuras ayudan a fortalecer las laderas inestables, disminuir la erosión lateral del cauce y prevenir la saturación de los suelos, contribuyendo así a minimizar la posibilidad de deslizamientos y proteger áreas pobladas e infraestructura cercana.
- Fomentar una adecuada ordenación territorial y una planificación urbana responsable, evitando el establecimiento de viviendas o actividades económicas en zonas identificadas como de alto riesgo. A su vez, se recomienda impulsar planes integrales de gestión del riesgo que orienten el crecimiento urbano de manera segura y sostenible, protegiendo a la población y reduciendo futuras vulnerabilidades.
- Desarrollar campañas de sensibilización, educación y capacitación comunitaria, dirigidas a mejorar la comprensión de la población sobre los riesgos asociados a los movimientos en masa. Estas acciones fortalecen la preparación ante emergencias, promueven una mayor cultura de prevención y contribuyen a generar una comunidad más organizada y resiliente frente a eventos naturales.
- Incorporar medidas no estructurales complementarias, como la vigilancia continua del comportamiento de cauces y taludes, la elaboración y difusión de planes de contingencia actualizados, la realización de simulacros de evacuación y la evaluación periódica de la estabilidad de las laderas. Estas acciones permiten una respuesta más oportuna y eficaz ante señales tempranas de inestabilidad, reduciendo significativamente los posibles impactos.

REGERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Bibliografía

CENEPRED. (2014). *Manual para evaluacion de riesgos originado por fenomenos naturales.* Lima: Centro Nacional de Estimacion y Reduccion del Riesgo de Desastres.

CENEPRED. (2021). *EVALUACION DE RIESGO POR FLUJO DE DETRITOS EN EL SECTOR DE COCABAMBILLA Y PAN DE AZUCAR, DISTRITO DE ECHARATI, PROVINCIA LA CONVENCION Y DEPARTAMENTO DEL CUSCO.* CUSCO: CENEPRED.

CENEPRED. (2022). *Evaluación de riesgos por movimientos en masa (deslizamientos) del anexo Callacunca, C.C. Patasachac y Llactasachac, distrito de Quiquijana.* CUSCO: CENEPRED.

CENEPRED. (2023). *INFORME DE EVALUACION DEL RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA DE LA CIUDAD DE SANTA ROSA, DISTRITO DE SANTA ROSA-PROVINCIA DE JAEN-DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA.* CAJAMARCA: CENEPRED.

Creswell, J. W., & Plano Clark, V. L. (2018). *Designing and conducting mixed methods research.* SAGE Publications.

Croizier, M. J., & Glade, T. (1999). *frecuency and magnitude of landsliding: Fundamental research issues.* Bologna: Internatioanl Conference on Geomorphology.

Cruden, D. M. (1991). *A Simple Definition of a Landslide.* Bulletin of the International Association of Engineering Geology.

Cruden, D. M., & Varnes, D. J. (1996). *Landslide types and processes. En A. K. Turner & R. L. Schuster (Eds.), Landslides: Investigation and mitigation (Special Report.* Transportation Research Board, National Academy Press.

Don Leet, L., & Judson, S. (1995). *Fundamentos de la Geologia Fisica.* Limusa.

Florez Delgado, D. F., & Fernandez Garcia, D. K. (2017). The geographical information systems. A review. *FAGROPEC. 2017 Artículo de Revisión*.

Hernandez Sampieri, R., Fernandez Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2004). *metodologia de la investigacion.* mexico: McGraw-Hill Interamericana.

Hoek, E., & Bray, J. W. (1981). *Rock slope engineering* . Institution of Mining and Metallurgy.

Hungr, O., Evans, S. G., Bovis, M. J., & Hutchinson, J. N. (2001). A review of the classification of landslides of the flow type. *Environmental & Engineering Geoscience*, 221-238.

INDECI. (2023). *Informe de emergencia N. 2939: lluvias intensas en el distrito de echarati.* Cusco: COEN.

INGEMMET. (2022). *Evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa en la cuenca del río Delicias–Huacayoc–Terevinto, distrito de Echarati.* CUSCO: CENEPRED.

INGEMMET. (2023). *EVALUACION DE PELIGROS GEOLOGICOS Y GEOHIDROLOGICOS EN LOS SECTORES DE ICHIQUIATO BAJO, CORIBENI, TALANCATO Y PALMA REAL.* CUSCO: INGEMMET.

PATIÑO FRANCO, A. S., & RODRIGUEZ PINEDA, C. E. (2016). METODOLOGIA PARA LA EVALUACION DE RIESGO POR FLUJO DE DETRITOS DETONADOS POR

LLUVIA: CASO UTICA, CUNDIMARCA, COLOMBIA. *Methodology for debris flow risk assessment triggered by rainfall: Utica case study,*, 43.

Rojas, O., Mardones, M., Arumi, J. L., & Aguayo, M. (2014). *Una Revision de inundaciones Fluviale en Chile.* Santiago: Revista de Geografia Norte Grande.

Sammartano, V., Liuzzo, L., & Freni, G. (2019). *Comparison between Different Distributed Methods for Flood Susceptibility Mapping.* Water Resources Management.

SENAMHI. (2023). *Boletib Climatico Nacional.* Lima: Servicio Nacional de Meteorologia e Hidrologia del Peru.

Sharpe , C. f. (1938). *Landslides and Related Phenomena: A Study of Mass-Movements of Soil and Rock.* Nueva York: Columbia Geomorphic Studies.

Spikerman, J. P. (2010). *Elementos de Geologia General 1a Ed.* . Buenos Aires: Universidad Maimonides.

Spikermann, J. P. (2010). *Elementos de Geologia General.* Buenos Aires: Fundacion de historia natural.

Varnes, D. J. (1978). *Slope movement types and processes.* Transportation Research Board, National Academy of Sciences.

ANEXOS

MATRIZ DE CONSISTENCIA

MARCO TEORICO - CONCEPTUAL	PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS GENERAL	REPRESENTACION DE VARIABLE	METODOLOGIA
Peligro “Probabilidad de ocurrencia de un fenómeno natural o tecnológico potencialmente dañino, para un período específico y una localidad o zona conocidas. Se identifica, en la mayoría de los casos, con el apoyo de la ciencia y tecnología”. Vulnerabilidad “Es el grado de pérdida de un elemento o grupo de elementos bajo riesgo resultado de la posible ocurrencia de un suceso desastroso, expresada en una escala desde 0 o sin daño a 1 o pérdida total”. Riesgo “la estimación o evaluación matemática de probables pérdidas de vidas, de daños a los bienes materiales, a la propiedad y la economía, para un período específico y un área conocida.”	**PROBLEMA GENERAL** ¿Cuál es el riesgo geológico originado por movimiento en masa que está expuesta el centro poblado de Palma Real, distrito de Echarati, provincia La Convención, departamento Cusco? **PROBLEMAS ESPECÍFICOS** **Problema Especifico 1** ¿Cuáles son las características geológicas y geomorfológicas que influyen en los niveles de peligrosidad originados por movimientos en masa en el centro poblado de Palma Real, distrito de Echarati, provincia La Convención, departamento Cusco? **Problema específico 2.** ¿Cuáles son los niveles de vulnerabilidad originado por movimientos en masa en el centro poblado de Palma Real, distrito de Echarati, provincia La Convención, departamento Cusco? **Problema específico 3.** ¿Cuáles son los niveles de riesgo geológico originado por movimiento en masa que se presenta en el centro poblado de Palma Real, distrito de Echarati, provincia La Convención, departamento Cusco? **Problema específico 4.** ¿Cuáles son las medidas correctivas estructurales y no estructurales para la mitigación del riesgo geológico originados por movimientos en masa en el centro poblado de Palma Real, distrito de Echarati, provincia La Convención, departamento Cusco?	**OBJETIVO GENERAL** Determinar el riesgo geológico originado por movimiento en masa en el centro poblado de Palma Real, distrito de Echarati, provincia La Convención, departamento Cusco. . **OBJETIVOS ESPECÍFICOS** 1.Identificar y analizar las características geológicas y geomorfológicas que influyen en los niveles de peligrosidad originados por movimientos en masa en el centro poblado de Palma Real, distrito de Echarati, provincia La Convención, departamento Cusco.. 2.Evaluar los niveles de vulnerabilidad originado por movimientos en masa que se presenta en el centro poblado de Palma Real, distrito de Echarati, provincia La Convención, departamento Cusco. 3.Determinar los niveles de riesgo geológico originados por movimientos en masa y elaborar el mapa de riesgos en el centro poblado de Palma Real, distrito de Echarati, provincia La Convención, departamento Cusco.. 4.Determinar las medidas correctivas estructurales y no estructurales más adecuadas para la mitigación del riesgo geológico originado por movimientos en masa en el centro poblado de Palma Real, distrito de Echarati, provincia La Convención, departamento Cusco..	El centro poblado de Palma Real presenta un riesgo geológico originado por movimientos en masa, debido a factores como la pendiente del terreno, litología inestable, uso inadecuado del suelo y la presencia de precipitaciones pluviales intensas, lo que expone a la población y a la infraestructura local y medio de vida a potenciales daños. **HIPOTESIS ESPECIFICAS** **HIPOTESIS ESPECIFICA 1.** Por las características geológicas, geomorfológicas y geodinámica, se puede originar los siguientes peligros: caída de rocas, deslizamientos y flujo de detritos que puedan llegar a infraestructura existente, medios de vida y población del centro poblado de Palma Real. **HIPOTESIS ESPECIFICA 2.** El nivel de peligro en el centro poblado de Palma Real se clasifica como alto, atribuible a las condiciones topográficas que caracterizan la zona. Estas condiciones están marcadas por la presencia de geoformas con pendientes pronunciadas y esto hace que los materiales litológicos sean altamente susceptibles a la influencia de la gravedad. Incrementando así el riesgo de caída de rocas, deslizamientos y flujo de detritos a lo largo del rio Palma Real **HIPOTESIS ESPECIFICA 3.** La vulnerabilidad de la población en el centro poblado de Palma Real, se manifiesta de manera significativa debido a la inexistencia de infraestructura adecuada y la falta de capacitación en gestión de riesgo de desastres por la limitada conciencia colectiva sobre la ocurrencia de fenómenos naturales, lo que indica una vulnerabilidad elevada ante eventos de movimientos en masa, dejando a la población expuesta a impactos adversos. **HIPOTESIS ESPECIFICA 4.** La implementación de las medidas estructurales y no estructurales (ordenamiento territorial, sistema de alerta temprana, capacitación comunitaria, monitoreo geotectónico) ayudaran a reducir los niveles de riesgo geológico originado por movimientos en masa en el centro poblado de Palma Real, al intervenir directamente sobre los factores de peligrosidad y vulnerabilidad en el área de estudio **JUSTIFICACIÓN** **Justificación Teórica** Esta investigación se ha realizado con el propósito de aportar conocimiento sobre la situación actual que se encuentra la subcuenca del río Palma Real, usando metodología de CENEPRED (manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales – 2da versión), para estimar sus niveles de riesgo, cuyos resultados pueden ser incorporados como conocimiento a las entidades, lo cual se estaría demostrando que la subcuenca del río Palma Real necesita ser atendido. **Justificación practica** Esta investigación se realiza porque existe la necesidad de concientizar sobre el nivel de peligro que se encuentra expuesto la subcuenca del río Palma Real; este estudio pueda constituir como base para que las autoridadespuedan hacer uso de esta información y tomar acciones correspondientes para prevenir y/o mitigar el peligro. **Justificación Social** El desarrollo del trabajo de investigación, beneficiara a toda la población de la subcuenca del río Palma Real, esta investigación proporcionara información sobre la situación actual.	**INDEPENDIENTE** Movimientos en masa indicadores:Pendiente Litología Geomorfología Geología Vegetación Hidrología hidrogeologia **DEPENDIENTES** • Evaluación de Riesgos Geológicos en el centro poblado de Palma Real **DIMENSIONES** • Peligro • Vulnerabilidad • Niveles de Riesgo por movimiento en masa	**MÉTODOLOGIA:** • Enfoque de la investigación El enfoque de investigación utilizada en esta tesis es mixto, por que consta de un proceso de recolección, análisis y vinculación de datos para responder a un planteamiento del problema. Alcance de la investigación Correlacional: Porque nos permite analizar y estudiar la relación que existe entre los hechos y las variables con el fin de conocer su nivel de influencia que podría tener en el centro poblado de Palma Real. Descriptivo: En esta tesis de investigación se describe fenómeno, situaciones, contextos y sucesos como son y se manifiestan. Busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis. Tipo y Diseño de la Investigación : Tipo transversal por que se recolectan datos en un momento, en un tiempo determinado. Diseño No experimental el tesista no manipula deliberadamente las variables. Es decir, se trata de estudios en los que no hacemos variar en forma intencional las variables independientes para ver su efecto sobre otras variables, lo que hacemos en la investigación es observar fenómenos tal coo se dan en su contexto natural para analizarlos **METODO** La metodo de trabajo se realizara en 3 etapas: • primera etapade gabinete I • segunda etapa campo • tercera estapa gabinete II

MAPA DE UBICACIÓN GEOGRÁFICA

N
W E
S

LEYENDA

- VIAS
- DRENAJE
- RIOS_PRINCIPAL

SUBCUENCA PALMA REAL

- <all other values>

NOMBRE

- SUB CUENCA PALMA REAL
- RIOS_SECUNDARIO

SUB CUENCA SANGANATO

SUB CUENCA IVANQUI

SUB CUENCA TALANCATO

SUB CUENCA PALMA REAL

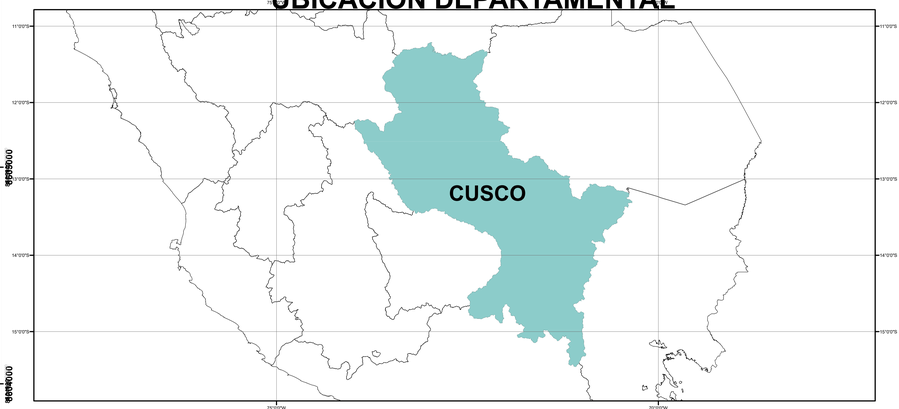
Río Urubamba

Text

0 445 890 1,780 2,670 3,560 Meters

1:10,000

UBICACIÓN DEPARTAMENTAL



UBICACIÓN PROVINCIAL



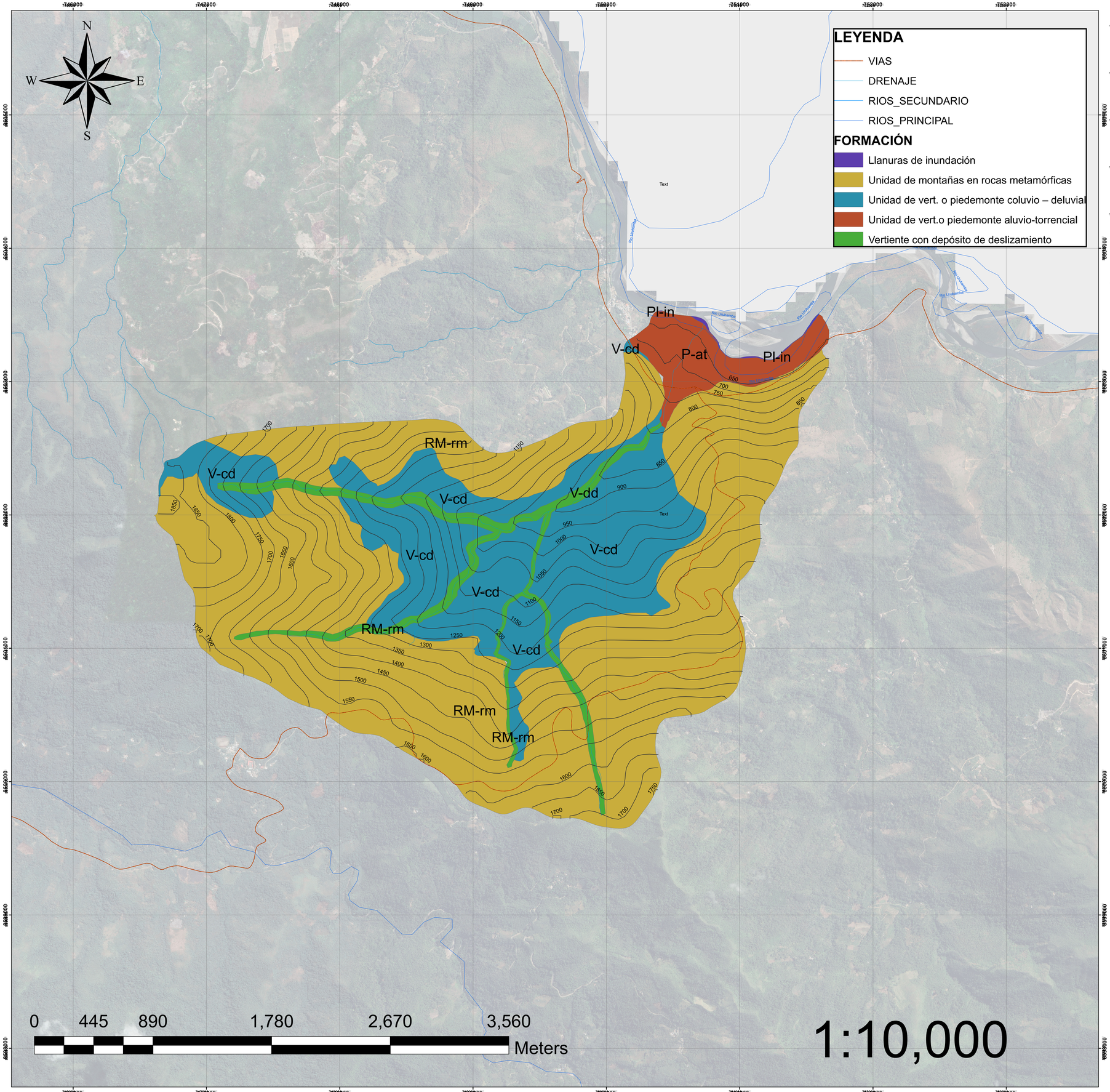
UBICACIÓN DISTRITAL



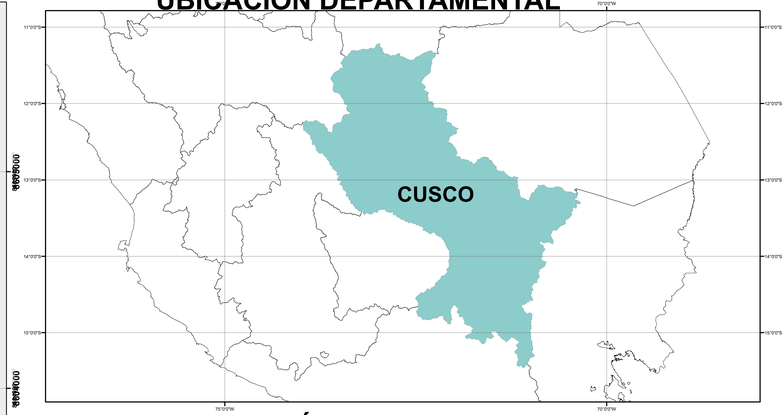
UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO	
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALURGIA	
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA	
TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO GEÓLOGO	
EVALUACIÓN DEL RIESGO GEOLÓGICO ORIGINADO POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LA SUB CUENCA DEL RÍO PALMA REAL, DISTRITO DE ECHARATI, PROVINCIA LA CONVENCIÓN, DEPARTAMENTO CUSCO - 2025	
MAPA	UBICACIÓN
ASESOR: Dra. JOSEFINA ESCALANTE GUTIÉRREZ	Responsable: Bach. MORENO SALAS HANS ANDERS Bach. PALOMINO MENDOZA ALVARO VIDAL

Ubicación: Dep. cusco Prov. La Convención Dist. Echarate	Datum: WGS 84 Sistema de proyección: UTM ZONA 18S	Escala: INDICADA FECHA: JULIO 2025	CODIGO: 01

MAPA DE GEOMORFOLOGIA LOCAL



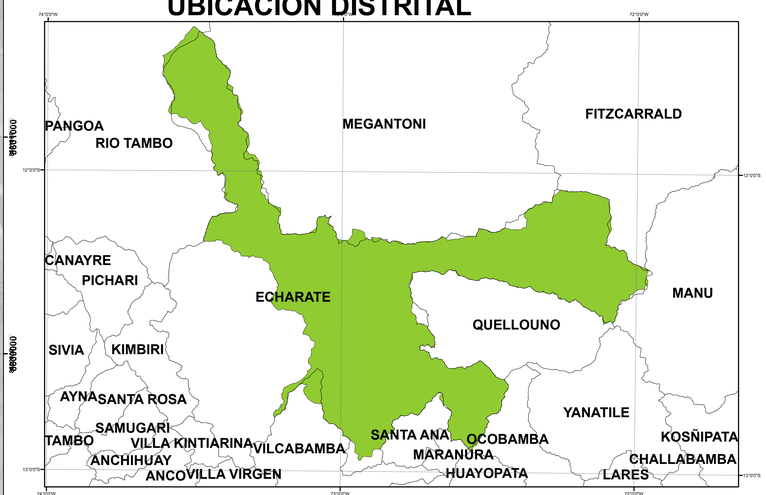
UBICACIÓN DEPARTAMENTAL



UBICACIÓN PROVINCIAL



UBICACIÓN DISTRITAL



UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO	
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGIA	
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLÓGICA	
TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO GEOLOGO	
EVALUACIÓN DE RIESGO GEOLOGICO ORIGINADO POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LA SUB CUENCA DEL RÍO PALMA REAL, DISTRITO DE ECHARATI, PROVINCIA LA CONVENCIÓN, DEPARTAMENTO CUSCO - 2025	
MAPA :	GEOMORFOLOGIA LOCAL
ASESOR: Dra. JOSEFINA ESCALANTE GUTIÉRREZ	Responsable: Bach. MORENO SALAS HANS ANDERS. Bach. PALOMINO MENDOZA ALVARO VIDAL.
Ubicación: Dep. Cusco Prov. La Convención Dist. Echarate	Datum: WGS 84 / Escala: INDICADA
Sistema de proyección: UTM ZONA 185	FECHA: OCTUBRE 2025
CODIGO:	02

MAPA GEOLOGICO LOCAL

N
W
E
S

LEYENDA

VIAS
DRENAJE
RIOS_SECUNDARIO
RIOS_PRINCIPAL

FORMACIÓN

- Depositos Aluviales
- Depositos Coluviales Recientes
- Depositos Fluvio - Aluviales
- Depósitos coluvio - Deluviales
- Formación Ananea

Fm - An
Dep. C-d
Dep. C-r
Dep - Fl.Al
Dep - Al
Dep. - Fl.Al
Dep. - Fl.Al
Text
Río Urubamba

0 445 890 1,780 2,670 3,560
Meters

1:10,000

UBICACIÓN DEPARTAMENTAL

CUSCO

UBICACIÓN PROVINCIAL

LA CONVENCION
CALCA
URUBAMBA
PAUCARTAMBO
QUISPICANCHI
ANTA
CUSCO

UBICACIÓN DISTRITAL

PANGOA
RIO TAMBO
MEGANTONI
FITZCARRALD
CANAYRE
PICHARI
ECHARATE
MANU
QUELLOUNO
SIVIA
KIMBIRI
AYNA
SANTA ROSA
SAMUGARI
YANATILE
TAMBO
VILLA KINTIARINA
VILCABAMBA
SANTA ANA
OCOBAMBA
KOSÑIPATA
ANCHIHUAY
MARANURA
CHALLABAMBA
ANCOVILLA VIRGEN
HUAYOPATA
LARES

UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLÓGICA

TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO GEOLOGO

EVALUACIÓN DE RIESGO GEOLOGICO ORIGINADO POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LA SUB CUENCA DEL RÍO PALMA REAL, DISTRITO DE ECHARATI, PROVINCIA LA CONVENCIÓN, DEPARTAMENTO CUSCO - 2025

MAPA :	GEOLOGICO LOCAL		
ASESOR:	Dra. JOSEFINA ESCALANTE GUTIÉRREZ		Responsable: Bach. MORENO SALAS HANS ANDERS. Bach. PALOMINO MENDOZA ALVARO VIDAL.
Ubicación: Dep. Cusco Prov. La Convención Dist. Echarate	Datum: WGS 84	Escala: INDICADA	CODIGO: 03
	Sistema de proyección: UTM ZONA 185	FECHA: OCTUBRE 2025	

MAPA DE GEOLOGIA ESTRUCTURAL

N
W
E
S

Falla inferida
Falla inferida
Falla inferida
Lineamiento
Lineamiento
Lineamiento
Lineamiento
Falla de rumbo dextral
Flechas
Flechas

0 445 890 1,780 2,670 3,560
Meters

1:10,000

LEYENDA

- Anticlinal
- Pliegues
- Falla de rumbo dextral
- Falla de rumbo sinestral
- Falla inferida
- Falla inversa
- Falla inversa inferida
- Falla normal
- Flechas
- Lineamiento
- DRENAJE

NOMBRE

- SUB CUENCA PALMA REAL

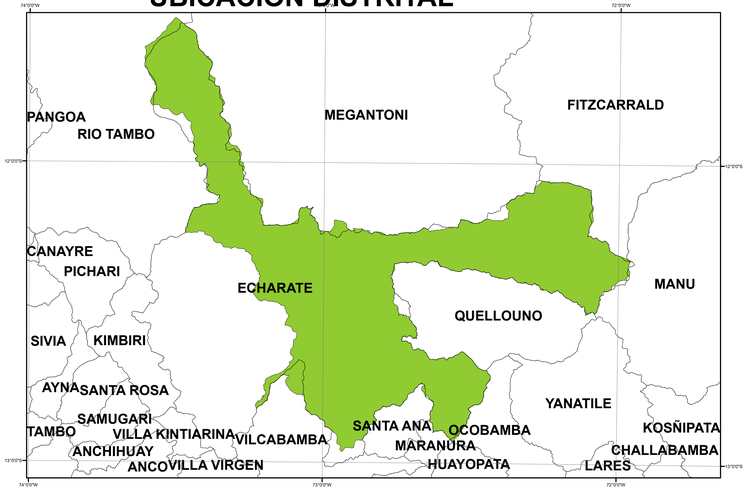
UBICACIÓN DEPARTAMENTAL



UBICACIÓN PROVINCIAL



UBICACIÓN DISTRITAL



	UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO		
	FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGIA		
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLÓGICA		
TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO GEOLOGO			
EVALUACIÓN DE RIESGO GEOLOGICO ORIGINADO POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LA SUB CUENCA DEL RÍO PALMA REAL, DISTRITO DE ECHARATI, PROVINCIA LA CONVENCIÓN, DEPARTAMENTO CUSCO - 2025			
MAPA :	GEOLOGIA ESTRUCTURAL		
ASESOR:	Dra. JOSEFINA ESCALANTE GUTIÉRREZ		Responsable: Bach. MORENO SALAS HANS ANDERS. Bach. PALOMINO MENDOZA ALVARO VIDAL.
Ubicación: Dep. Cusco Prov. La Convención Dist. Echarate	Datum: WGS 84	Escala: INDICADA	CODIGO: 04
	Sistema de proyección: UTM ZONA 185	FECHA: OCTUBRE 2025	

MAPA HIDROLOGICO

LEYENDA

- DRENAJE
- top_map2
- RIOS_PRINCIPAL

SUBCUENCA PALMA REAL

NOMBRE

- SUB CUENCA PALMA REAL

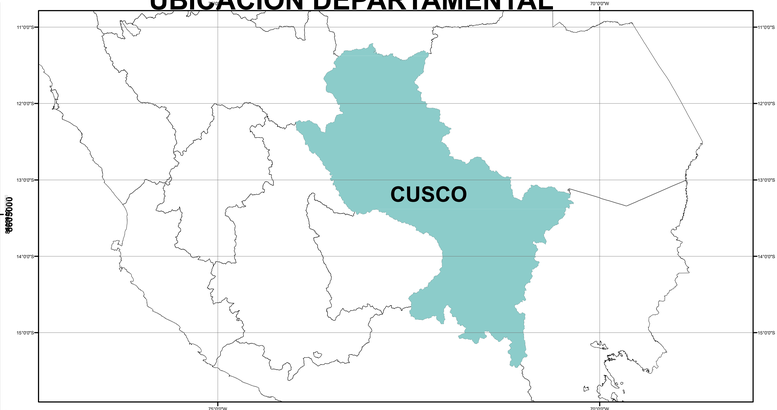
N W E S

0 445 890 1,780 2,670 3,560

Meters

1:10,000

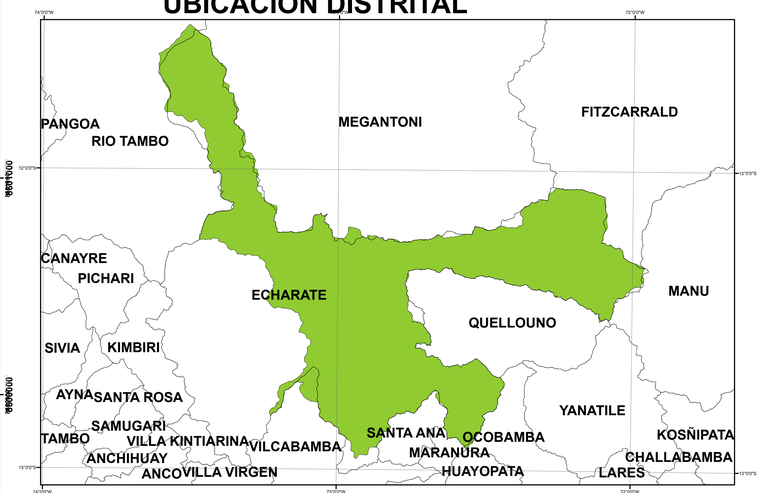
UBICACIÓN DEPARTAMENTAL



UBICACIÓN PROVINCIAL

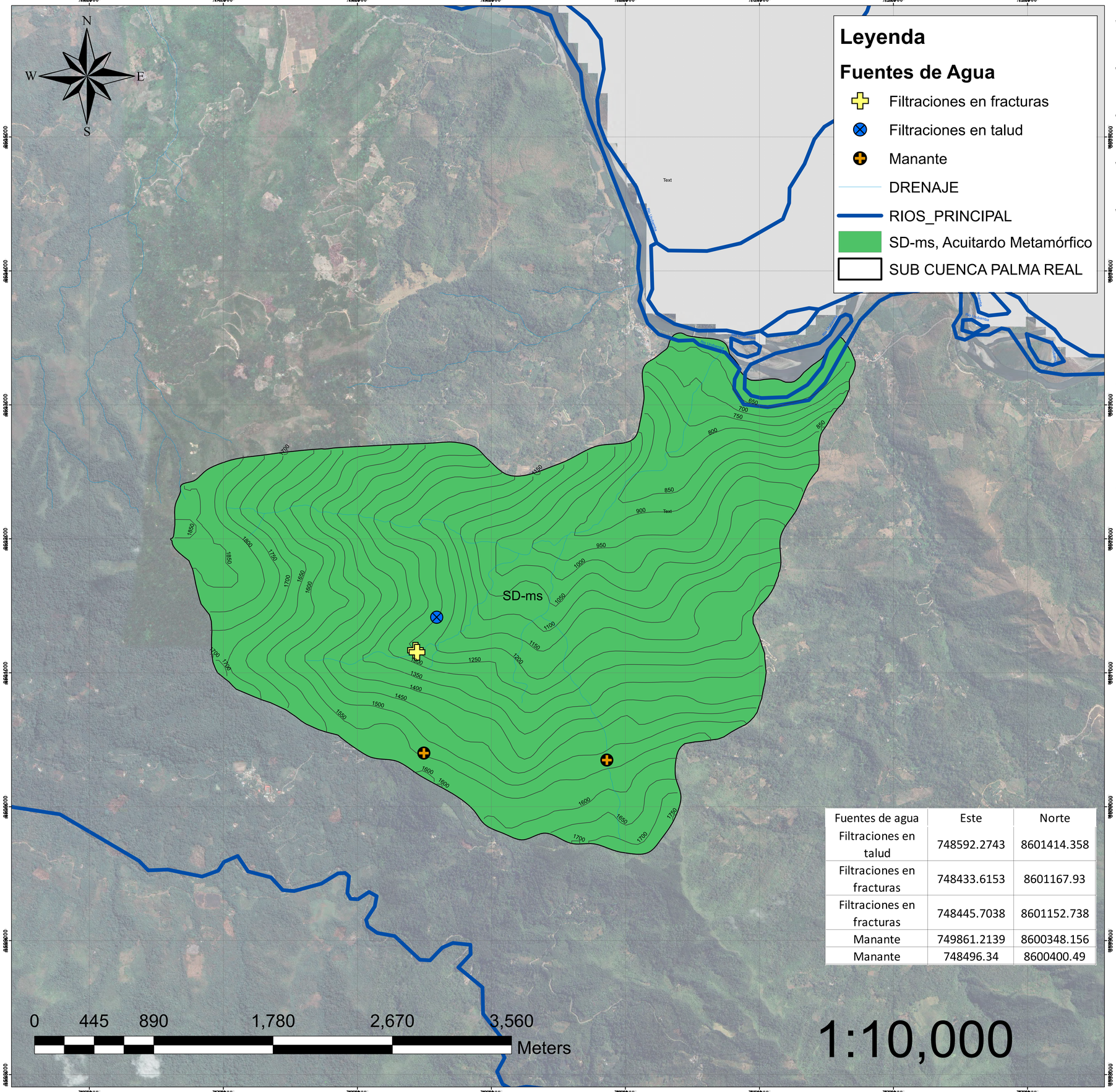


UBICACIÓN DISTRITAL



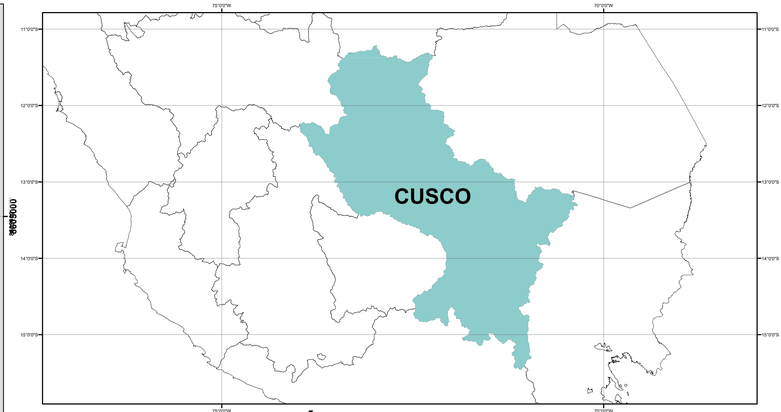
UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO	
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGIA	
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLÓGICA	
TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO GEOLOGO	
EVALUACIÓN DE RIESGO GEOLOGICO ORIGINADO POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LA SUB CUENCA DEL RÍO PALMA REAL, DISTRITO DE ECHARATI, PROVINCIA LA CONVENCIÓN, DEPARTAMENTO CUSCO - 2025	
MAPA :	HIDROLOGICO
ASESOR:	Dra. JOSEFINA ESCALANTE GUTIÉRREZ
Responsable:	Bach. MORENO SALAS HANS ANDERS. Bach. PALOMINO MENDOZA ALVARO VIDAL.
Ubicación: Dep. Cusco Prov. La Convención Dist. Echarate	Datum: WGS 84 Sistema de proyección: UTM ZONA 185
Escala: INDICADA FECHA: OCTUBRE 2025	CODIGO: 05

MAPA HIDROGEOLOGICO



Fuentes de agua	Este	Norte
Filtraciones en talud	748592.2743	8601414.358
Filtraciones en fracturas	748433.6153	8601167.93
Filtraciones en fracturas	748445.7038	8601152.738
Manante	749861.2139	8600348.156
Manante	748496.34	8600400.49

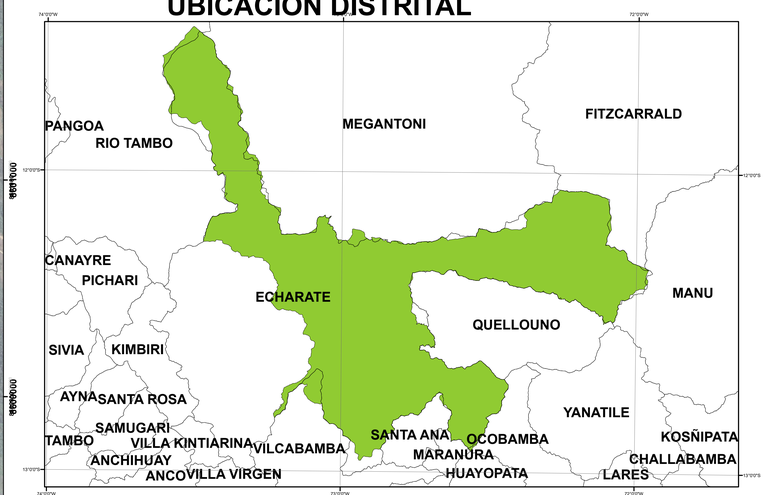
UBICACIÓN DEPARTAMENTAL



UBICACIÓN PROVINCIAL



UBICACIÓN DISTRITAL



UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGIA

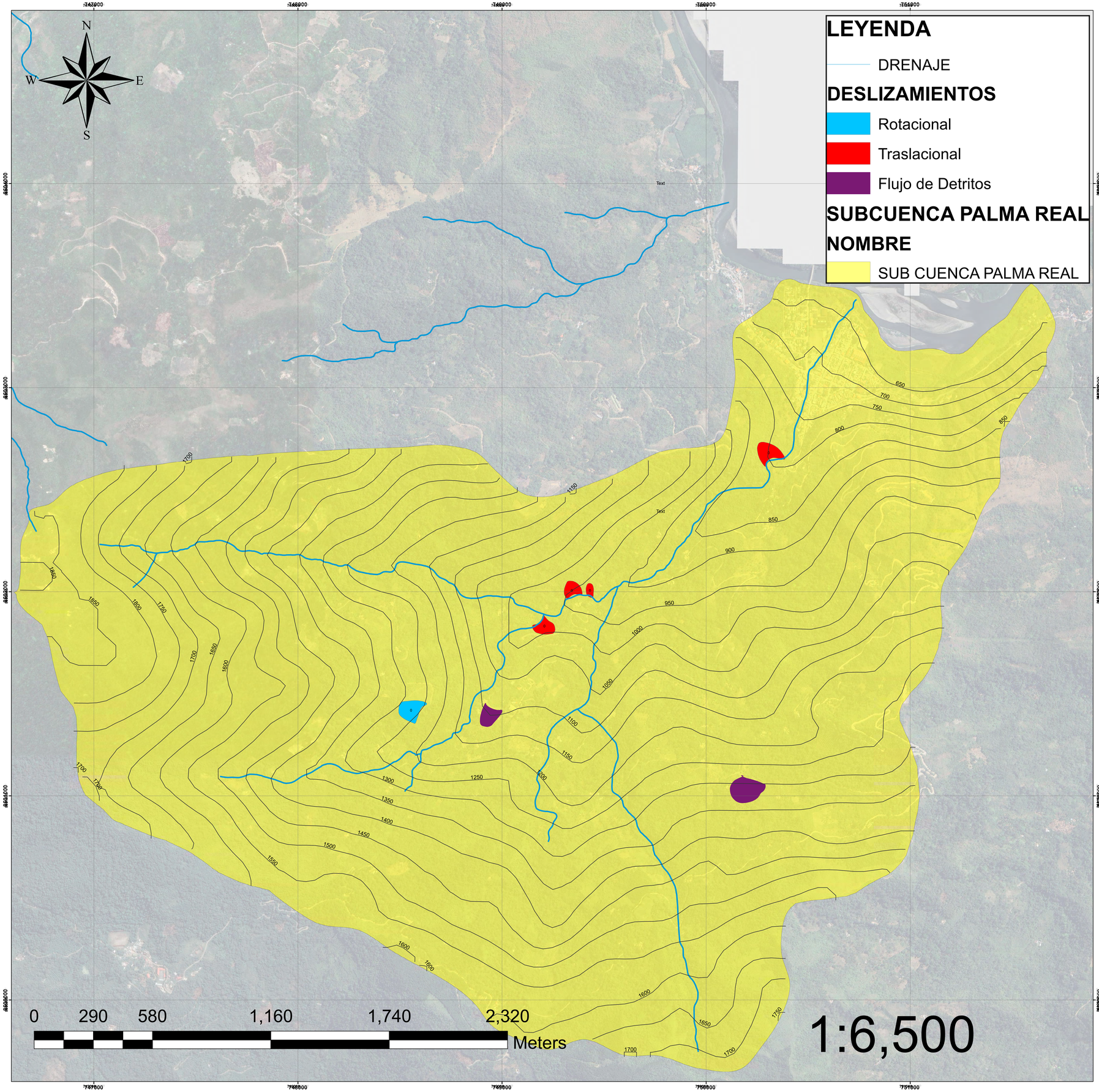
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLÓGICA

TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO GEOLOGO

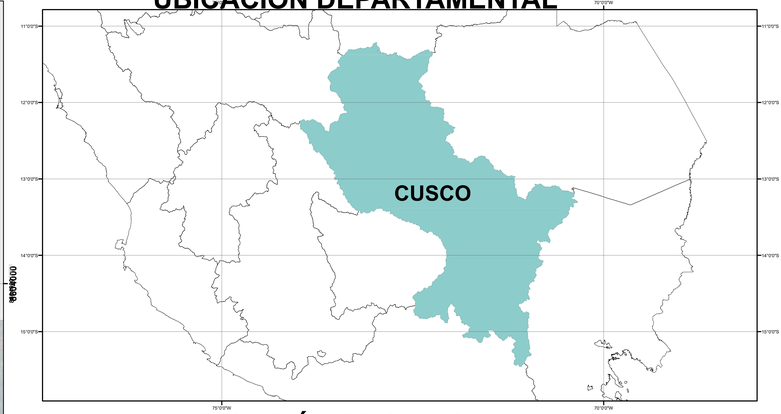
EVALUACIÓN DE RIESGO GEOLOGICO ORIGINADO POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LA SUB CUENCA DEL RÍO PALMA REAL, DISTRITO DE ECHARATI, PROVINCIA LA CONVENCIÓN, DEPARTAMENTO CUSCO - 2025

MAPA :	HIDROGEOLOGICO		
ASESOR:	Dra. JOSEFINA ESCALANTE GUTIÉRREZ		Responsable: Bach. MORENO SALAS HANS ANDERS. Bach. PALOMINO MENDOZA ALVARO VIDAL.
Ubicación: Dep. Cusco Prov. La Convención Dist. Echarate	Datum: WGS 84	Escala: INDICADA	CODIGO: 06
	Sistema de proyección: UTM ZONA 185	FECHA: OCTUBRE 2025	

MAPA GEODINAMICO



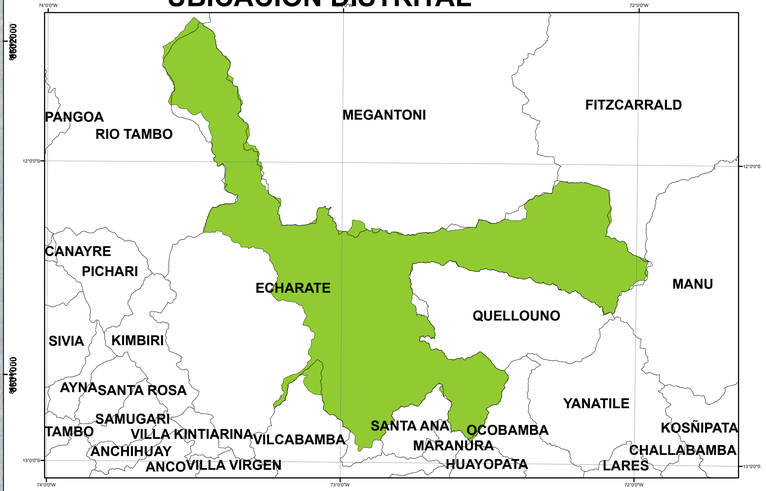
UBICACIÓN DEPARTAMENTAL



UBICACIÓN PROVINCIAL



UBICACIÓN DISTRITAL



	UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO		
	FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGIA		
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLÓGICA		
TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO GEOLOGO			
EVALUACIÓN DE RIESGO GEOLOGICO ORIGINADO POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LA SUB CUENCA DEL RÍO PALMA REAL, DISTRITO DE ECHARATI, PROVINCIA LA CONVENCIÓN, DEPARTAMENTO CUSCO - 2025			
MAPA :	GEODINAMICO		
ASESOR:	Dra. JOSEFINA ESCALANTE GUTIÉRREZ		Responsable: Bach. MORENO SALAS HANS ANDERS. Bach. PALOMINO MENDOZA ALVARO VIDAL.
Ubicación: Dep. Cusco Prov. La Convención Dist. Echarate	Datum: WGS 84 Sistema de proyección: UTM ZONA 185	Escala: INDICADA FECHA: OCTUBRE 2025	CODIGO: 07

MAPA DE PENDIENTES

LEYENDA

SUBCUENCA PALMA REAL

NOMBRE

SUB CUENCA PALMA REAL

Pendientes

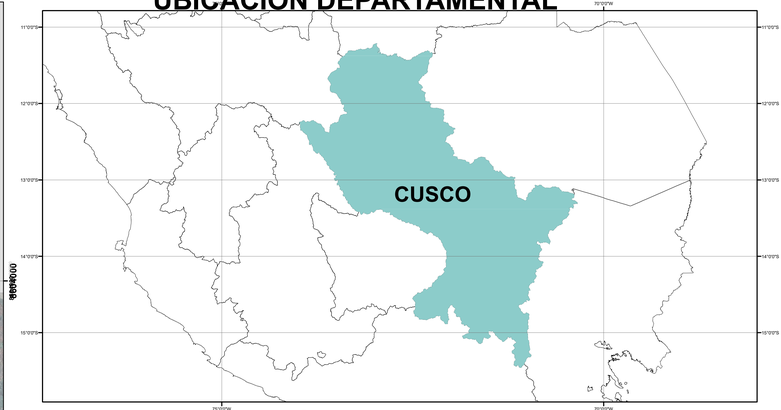
- De 0 a 5
- De 15 a 25
- De 25 a 45
- De 5 a 15
- Mayor a 45

0 310 620 1,240 1,860 2,480

Meters

1:7,000

UBICACIÓN DEPARTAMENTAL



UBICACIÓN PROVINCIAL



UBICACIÓN DISTRITAL



UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO			
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGIA			
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLÓGICA			
TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO GEOLOGO			
EVALUACIÓN DE RIESGO GEOLOGICO ORIGINADO POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LA SUB CUENCA DEL RÍO PALMA REAL, DISTRITO DE ECHARATI, PROVINCIA LA CONVENCIÓN, DEPARTAMENTO CUSCO - 2025			
MAPA :	DE PENDIENTES		
ASESOR:	Dra. JOSEFINA ESCALANTE GUTIÉRREZ		Responsable: Bach. MORENO SALAS HANS ANDERS. Bach. PALOMINO MENDOZA ALVARO VIDAL.
Ubicación: Dep. Cusco Prov. La Convención Dist. Echarate	Datum: WGS 84	Escala: INDICADA	CODIGO: 08
	Sistema de proyección: UTM ZONA 185	FECHA: OCTUBRE 2025	

MAPA DE COBERTURA

LEYENDA

- Areas de no bosque amazónico
- Bosque de montaña basimontano
- Río
- Zona urbana
- Zonas de cultivo

SUBCUENCA PALMA REAL

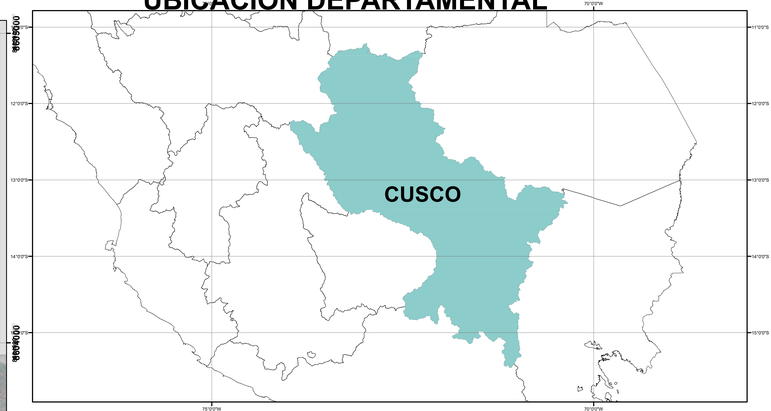
NOMBRE

- SUB CUENCA PALMA REAL

0 310 620 1,240 1,860 2,480 Meters

1:7,000

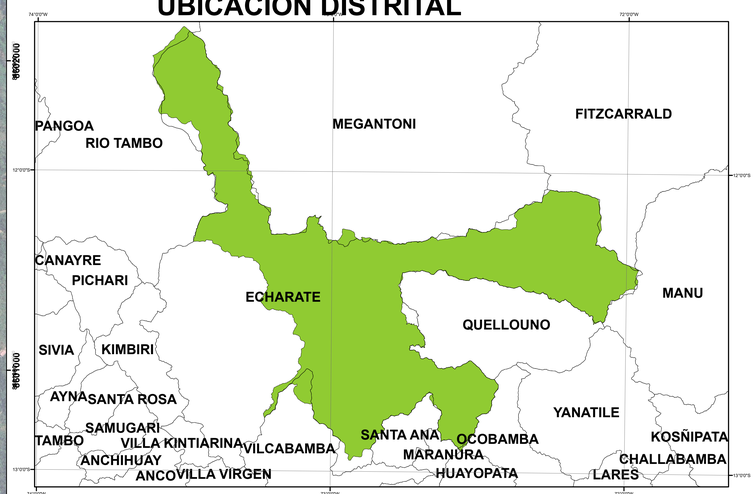
UBICACIÓN DEPARTAMENTAL



UBICACIÓN PROVINCIAL



UBICACIÓN DISTRITAL



UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO			
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGIA			
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLÓGICA			
TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO GEOLOGO			
EVALUACIÓN DE RIESGO GEOLOGICO ORIGINADO POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LA SUB CUENCA DEL RÍO PALMA REAL, DISTRITO DE ECHARATI, PROVINCIA LA CONVENCIÓN, DEPARTAMENTO CUSCO - 2025			
MAPA :	DE COBERTURA		
ASESOR:	Dra. JOSEFINA ESCALANTE GUTIÉRREZ		Responsable: Bach. MORENO SALAS HANS ANDERS. Bach. PALOMINO MENDOZA ALVARO VIDAL.
Ubicación: Dep. Cusco Prov. La Convención Dist. Echarate	Datum: WGS 84	Escala: INDICADA	CODIGO: 09
	Sistema de proyección: UTM ZONA 185	FECHA: OCTUBRE 2025	

MAPA DE PELIGROS

N

W E

S

LEYENDA

N_Pelig

- Bajo
- Medio
- Alto
- Muy Alto

NOMBRE

- SUB CUENCA PALMA REAL

0 310 620 1,240 1,860 2,480

Meters

1:7,000

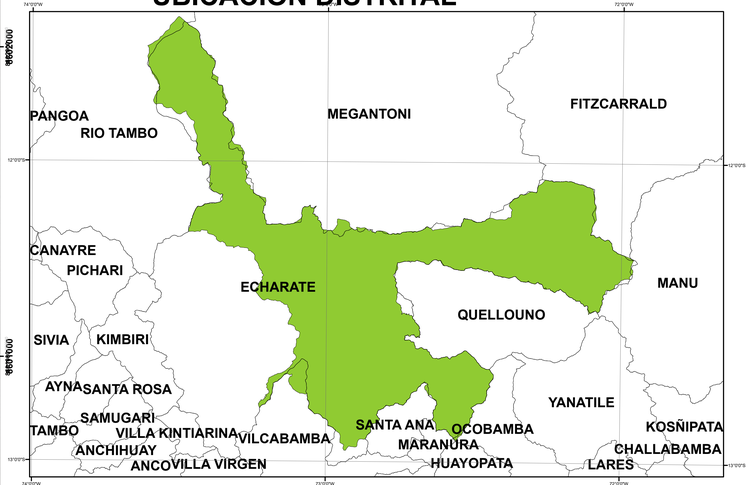
UBICACIÓN DEPARTAMENTAL



UBICACIÓN PROVINCIAL

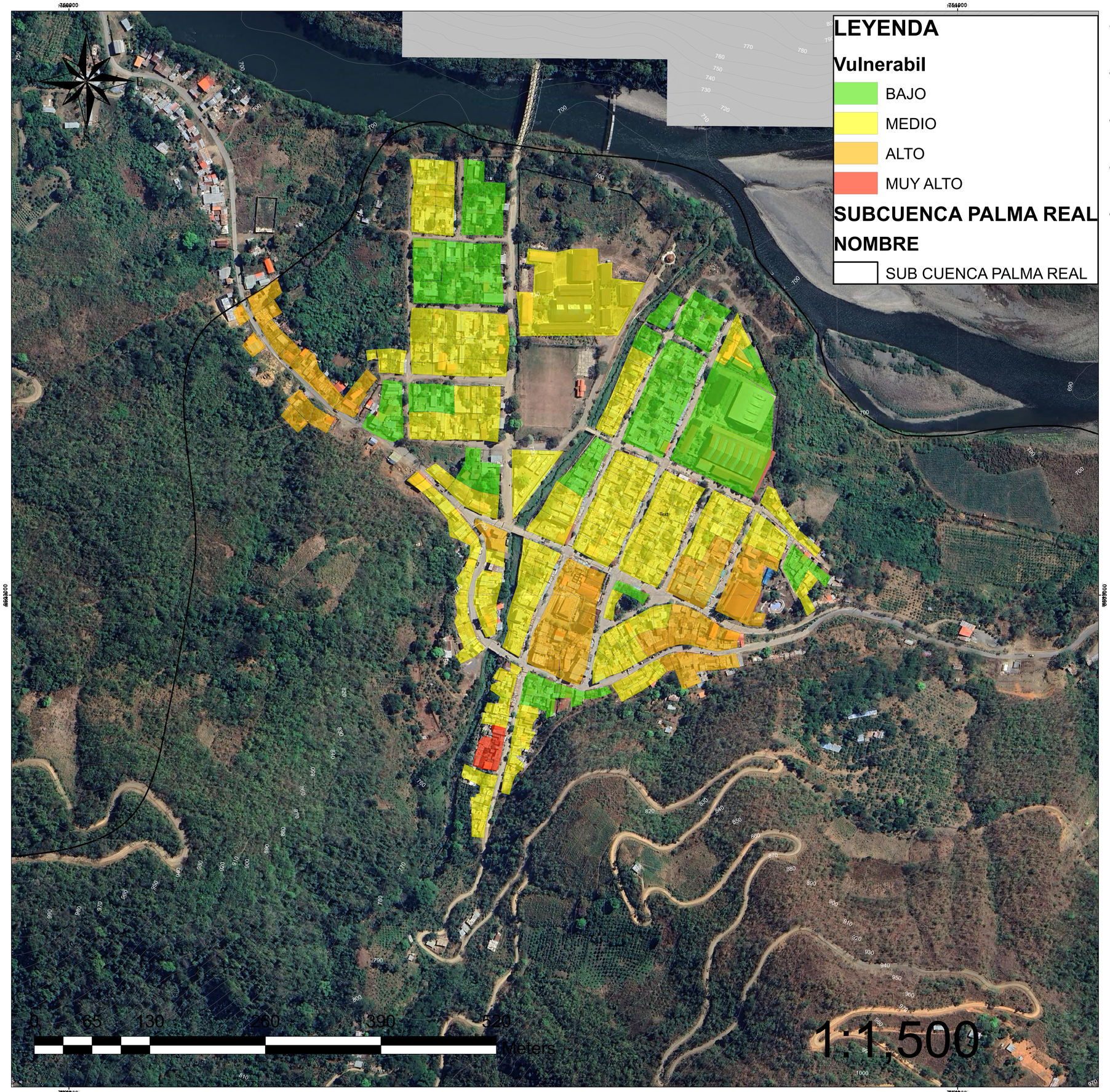


UBICACIÓN DISTRITAL

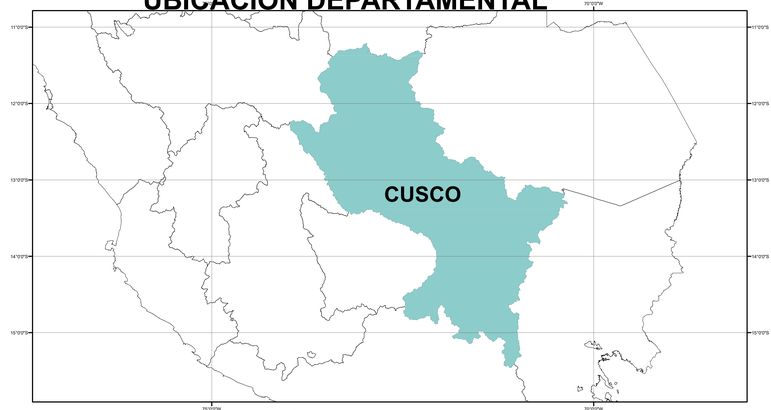


UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO			
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGIA			
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLÓGICA			
TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO GEOLOGO			
EVALUACIÓN DE RIESGO GEOLOGICO ORIGINADO POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LA SUB CUENCA DEL RÍO PALMA REAL, DISTRITO DE ECHARATI, PROVINCIA LA CONVENCIÓN, DEPARTAMENTO CUSCO - 2025			
MAPA :	PELIGROS		
ASESOR:	Dra. JOSEFINA ESCALANTE GUTIÉRREZ		Responsable: Bach. MORENO SALAS HANS ANDERS. Bach. PALOMINO MENDOZA ALVARO VIDAL.
Ubicación: Dep. Cusco Prov. La Convención Dist. Echarate	Datum: WGS 84	Escala: INDICADA	CODIGO: 10
	Sistema de proyección: UTM ZONA 185	FECHA: OCTUBRE 2025	

MAPA DE VULNERABILIDAD



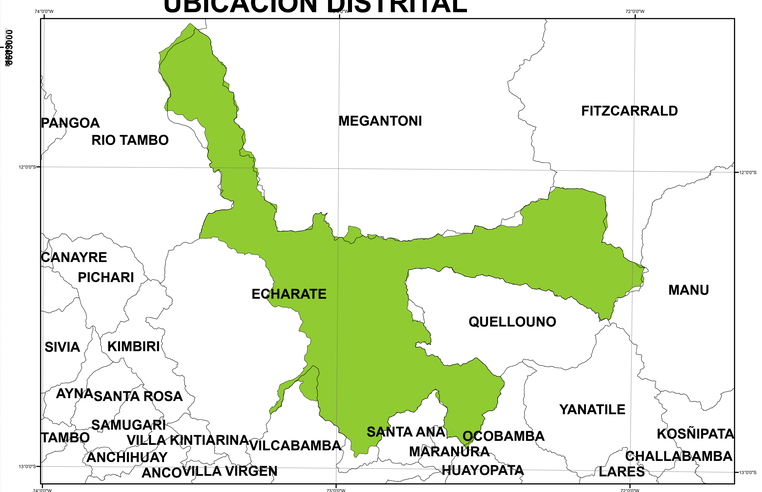
UBICACIÓN DEPARTAMENTAL



UBICACIÓN PROVINCIAL

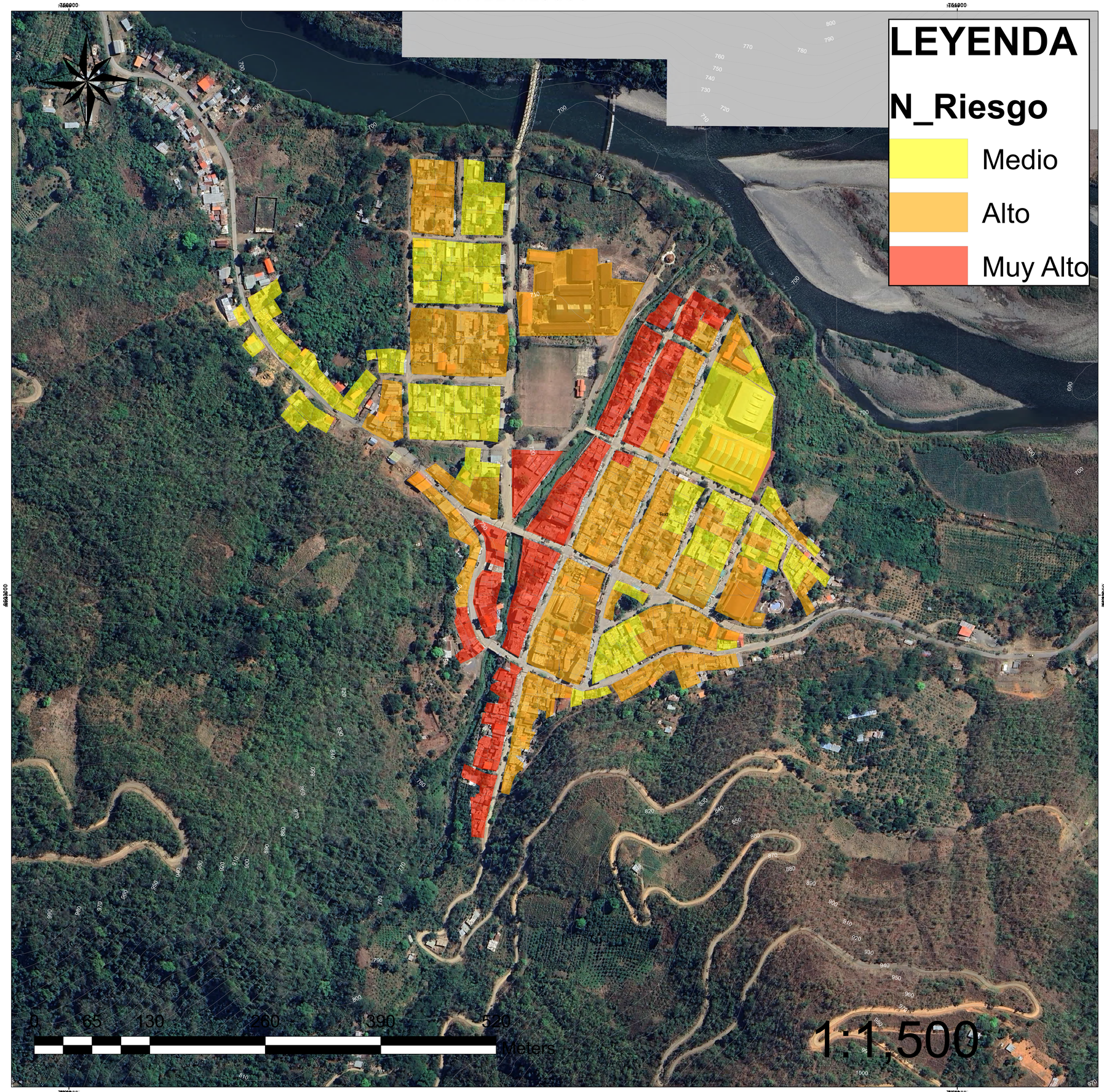


UBICACIÓN DISTRITAL

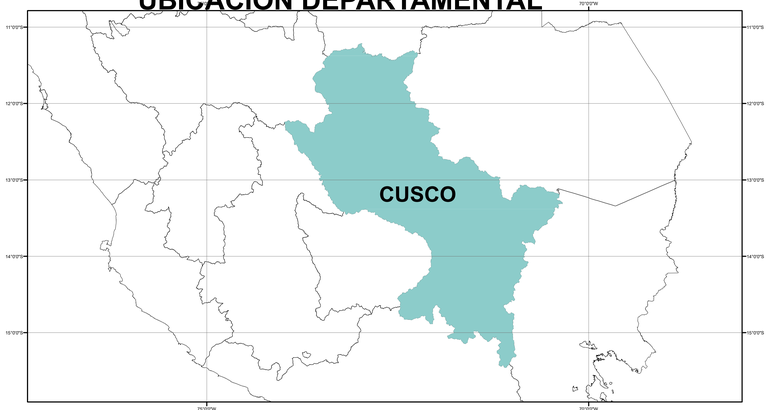


UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO			
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGIA			
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLÓGICA			
TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO GEOLOGO			
EVALUACIÓN DE RIESGO GEOLOGICO ORIGINADO POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LA SUB CUENCA DEL RÍO PALMA REAL, DISTRITO DE ECHARATI, PROVINCIA LA CONVENCIÓN, DEPARTAMENTO CUSCO - 2025			
MAPA :	VULNERABILIDAD		
ASESOR:	Dra. JOSEFINA ESCALANTE GUTIÉRREZ		Responsable: Bach. MORENO SALAS HANS ANDERS. Bach. PALOMINO MENDOZA ALVARO VIDAL.
Ubicación: Dep. Cusco Prov. La Convención Dist. Echarate	Datum: WGS 84	Escala: INDICADA	CODIGO: 11
	Sistema de proyección: UTM ZONA 185	FECHA: OCTUBRE 2025	

MAPA DE RIESGOS



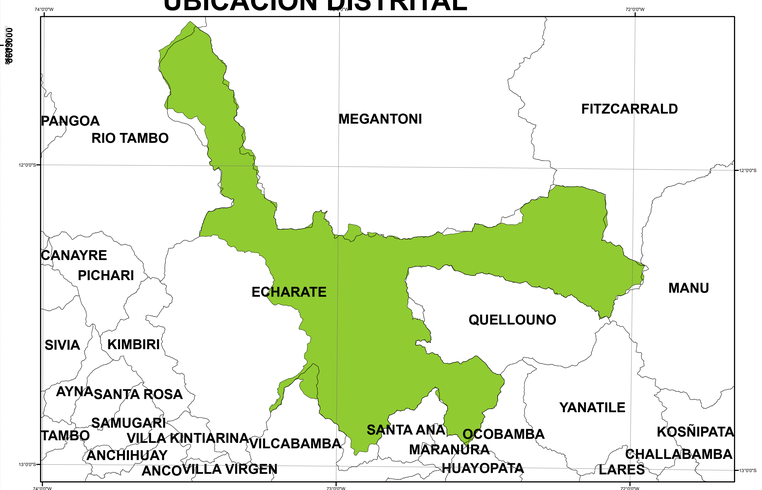
UBICACIÓN DEPARTAMENTAL



UBICACIÓN PROVINCIAL

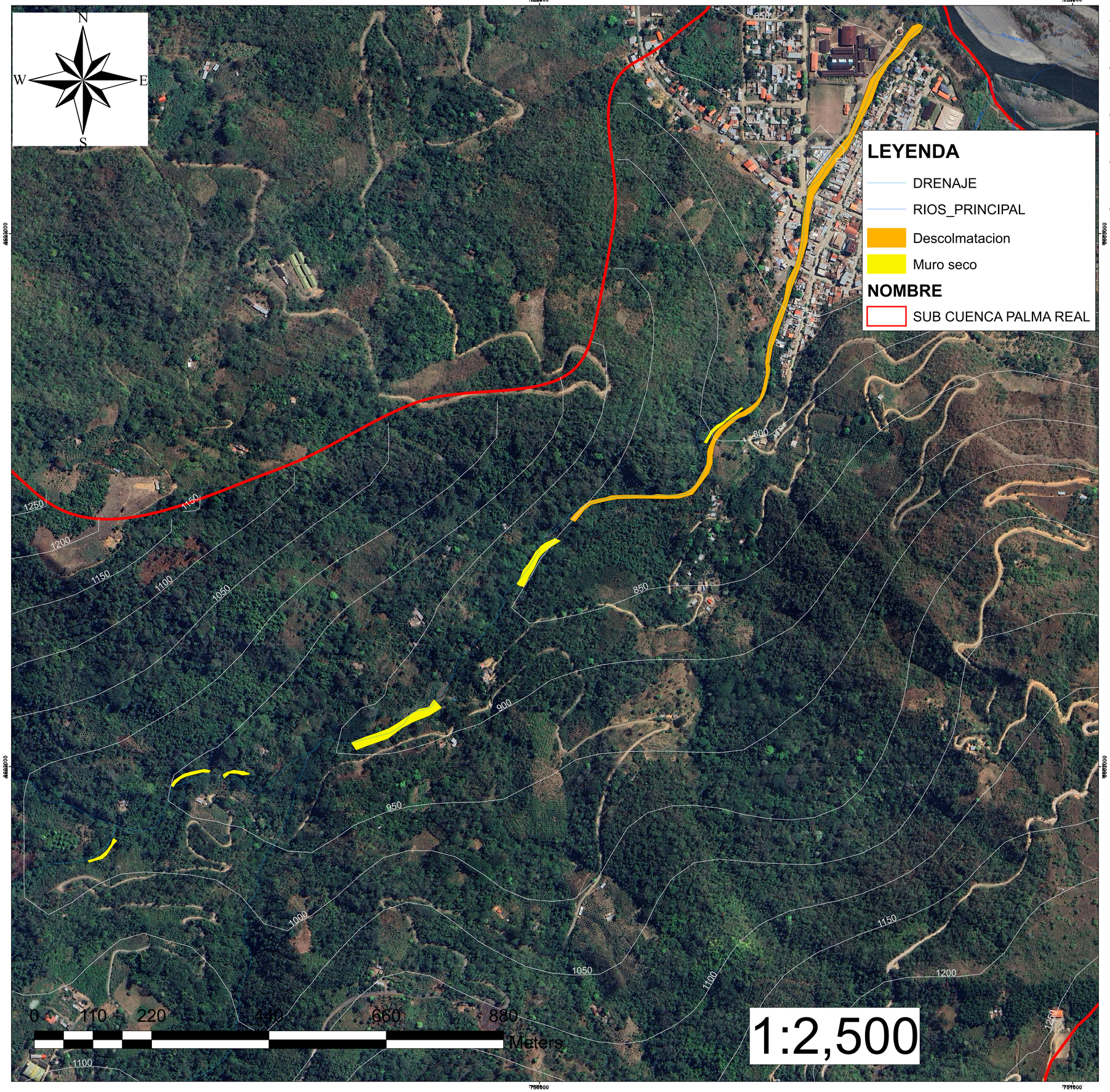


UBICACIÓN DISTRITAL

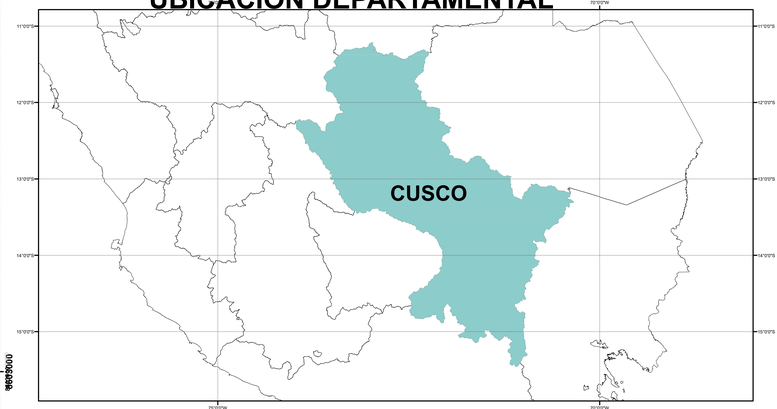


	UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO		
	FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGIA		
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLÓGICA		
TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO GEOLOGO			
EVALUACIÓN DE RIESGO GEOLOGICO ORIGINADO POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LA SUB CUENCA DEL RÍO PALMA REAL, DISTRITO DE ECHARATI, PROVINCIA LA CONVENCIÓN, DEPARTAMENTO CUSCO - 2025			
MAPA :	RIESGOS		
ASESOR:	Dra. JOSEFINA ESCALANTE GUTIÉRREZ		Responsable: Bach. MORENO SALAS HANS ANDERS. Bach. PALOMINO MENDOZA ALVARO VIDAL.
Ubicación: Dep. Cusco Prov. La Convención Dist. Echarate	Datum: WGS 84	Escala: INDICADA	CODIGO: 12
	Sistema de proyección: UTM ZONA 185	FECHA: OCTUBRE 2025	

PROPUESTAS ESTRUCTURALES



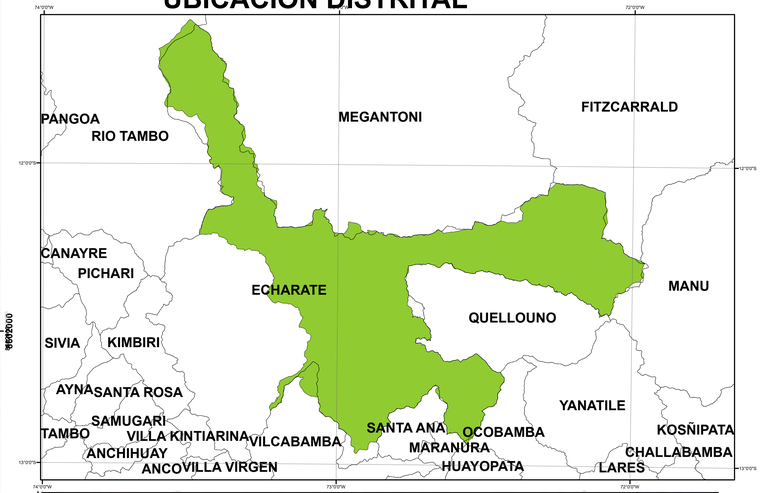
UBICACIÓN DEPARTAMENTAL



UBICACIÓN PROVINCIAL

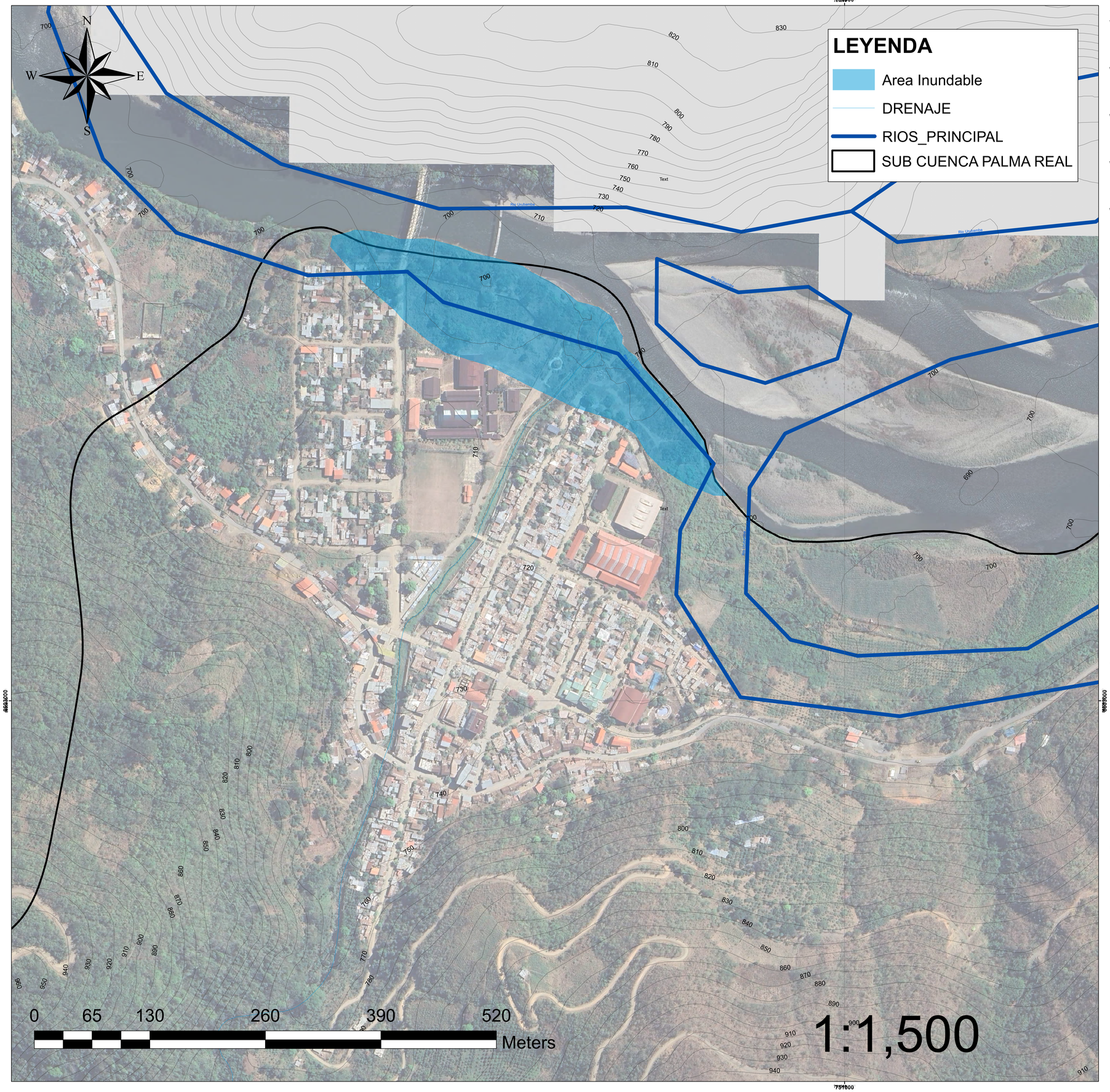


UBICACIÓN DISTRITAL



	UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO	
	FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGIA	
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLÓGICA	
TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO GEOLOGO		
EVALUACIÓN DE RIESGO GEOLOGICO ORIGINADO POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LA SUB CUENCA DEL RÍO PALMA REAL, DISTRITO DE ECHARATI, PROVINCIA LA CONVENCIÓN, DEPARTAMENTO CUSCO - 2025		
MAPA :	PROPUESTAS ESTRUCTURALES	
ASESOR:	Dra. JOSEFINA ESCALANTE GUTIÉRREZ	Responsable: Bach. MORENO SALAS HANS ANDERS. Bach. PALOMINO MENDOZA ALVARO VIDAL.
Ubicación: Dep. Cusco Prov. La Convención Dist. Echarate	Datum: WGS 84 / Sistema de proyección: UTM ZONA 185	Escala: INDICADA / FECHA: MAYO 2026
		CODIGO: 13

MAPA DE INUNDACIONES



UBICACIÓN DEPARTAMENTAL



UBICACIÓN PROVINCIAL



UBICACIÓN DISTRITAL



	UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO		
	FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGIA		
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLÓGICA		
TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO GEOLOGO			
EVALUACIÓN DE RIESGO GEOLOGICO ORIGINADO POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LA SUB CUENCA DEL RÍO PALMA REAL, DISTRITO DE ECHARATI, PROVINCIA LA CONVENCIÓN, DEPARTAMENTO CUSCO - 2025			
MAPA :	INUNDACIONES		
ASESOR:	Dra. JOSEFINA ESCALANTE GUTIÉRREZ		Responsable: Bach. MORENO SALAS HANS ANDERS. Bach. PALOMINO MENDOZA ALVARO VIDAL.
Ubicación: Dep. Cusco Prov. La Convención Dist. Echarate	Datum: WGS 84	Escala: INDICADA	CODIGO: 14
	Sistema de proyección: UTM ZONA 185	FECHA: MAYO 2026	

MAPA DE SIMULACIONES Y CONSECUENCIAS

LEYENDA

- Colmatacion del Cauce
- Posibles Deslizamientos
- DRENAJE
- RIOS_PRINCIPAL
- SUB CUENCA PALMA REAL

N W E S

0 290 580 1,160 1,740 2,320 Meters

1:6,500

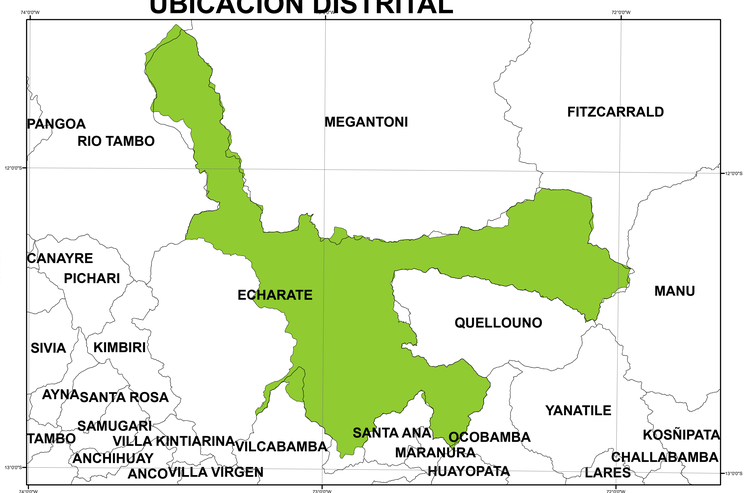
UBICACIÓN DEPARTAMENTAL



UBICACIÓN PROVINCIAL



UBICACIÓN DISTRITAL



UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO			
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGIA			
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLÓGICA			
TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO GEOLOGO			
EVALUACIÓN DE RIESGO GEOLOGICO ORIGINADO POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LA SUB CUENCA DEL RÍO PALMA REAL, DISTRITO DE ECHARATI, PROVINCIA LA CONVENCIÓN, DEPARTAMENTO CUSCO - 2025			
MAPA :	SIMULACIONES Y CONSECUENCIAS		
ASESOR:	Dra. JOSEFINA ESCALANTE GUTIÉRREZ		Responsable: Bach. MORENO SALAS HANS ANDERS. Bach. PALOMINO MENDOZA ALVARO VIDAL.
Ubicación: Dep. Cusco Prov. La Convención Dist. Echarate	Datum: WGS 84	Escala: INDICADA	CODIGO: 15
	Sistema de proyección: UTM ZONA 185	FECHA: MAYO 2026	

MAPA DE AREA DE REUBICACIÓN

N
W
E
S

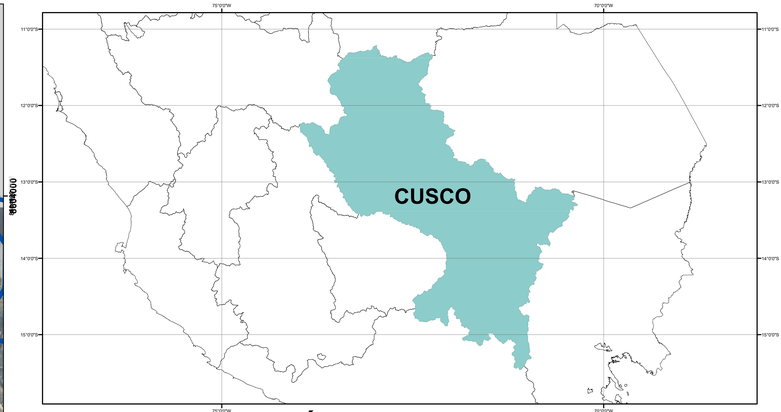
LEYENDA

- Area de Reubicación
- Población Actual
- DRENAJE
- RIOS_PRINCIPAL
- SUB CUENCA PALMA REAL

0 330 660 1,320 1,980 2,640
Meters

1:7,500

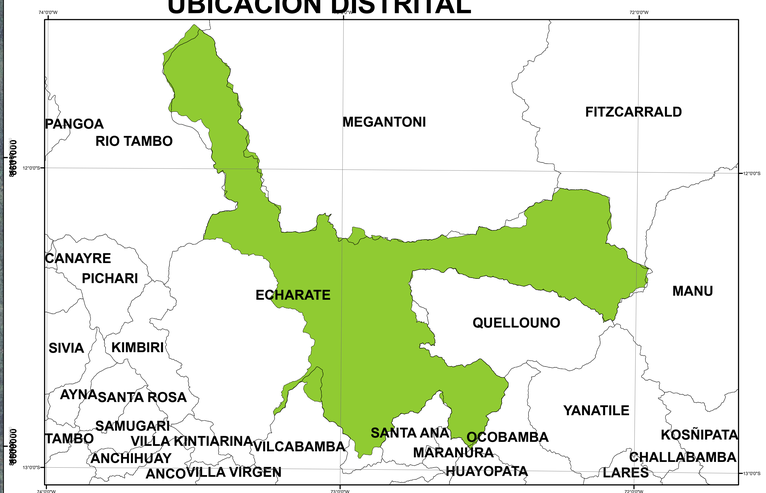
UBICACIÓN DEPARTAMENTAL



UBICACIÓN PROVINCIAL



UBICACIÓN DISTRITAL



UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO			
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGIA			
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLÓGICA			
TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO GEOLOGO			
EVALUACIÓN DE RIESGO GEOLOGICO ORIGINADO POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LA SUB CUENCA DEL RÍO PALMA REAL, DISTRITO DE ECHARATI, PROVINCIA LA CONVENCIÓN, DEPARTAMENTO CUSCO - 2025			
MAPA :	AREA DE REUBICACIÓN		
ASESOR:	Dra. JOSEFINA ESCALANTE GUTIÉRREZ		Responsable: Bach. MORENO SALAS HANS ANDERS. Bach. PALOMINO MENDOZA ALVARO VIDAL.
Ubicación: Dep. Cusco Prov. La Convención Dist. Echarate	Datum: WGS 84	Escala: INDICADA	CODIGO: 16
	Sistema de proyección: UTM ZONA 185	FECHA: MAYO 2026	

Geoincosur Ingenieros
Consultora Constructora S.C.R.Ltda

Dirección: Urb. San Borja Jirón Ica Lote G-14 Wanchaq - Cusco
Teléfono: 084-225640
Celular: 974-733962 ó 984994719
email: geoincosurings@gmail.com

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

CONTENIDO DE HUMEDAD

(MTC E-108 / ASTM D-2216)

PROYECTO	: **MEJORAMIENTO DEL RIESGO GEOLOGICO ORIGINADO POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LA SUBCUENCA DEL RIO PALMA REAL DEL DISTRITO DE ECHARATI PROVINCIA LA CONVENCION DEPARTAMENTO CUSCO - 2025**		
CALICATA	:	**INFORME**	: GNCO-0871
MUESTRA	: M-1	**ING. RESP.**	: ING VERIOSKA VELASQUEZ P.
PROFUNDIDAD	: 1.20m - 1.40m	**TÉCNICO**	: YULIANA PAZO PUMA
UBICACIÓN	: SUB CUENCA DE PALMA REAL, DISTRITO DE ECHARATI, PROVINCIA LA CONVENCION, DEPARTAMENTO CUSCO	**FECHA**	: 30/10/2025
PROGRESIVA	: ---		
SOLICITADO POR	: BACH. ALVARO VIDAL PALOMINO MENDOZA Y BACH HANS ANDERS MORENO SALAS		
ESTRUCTURA	:		

1. Contenido de Humedad Muestra Integral :

Descripción	1	2
Peso de tara (gr)	43.40	40.70
Peso de la tara + muestra húmeda (gr)	354.40	351.30
Peso de la tara + muestra seca (gr)	321.60	320.00
Peso del agua contenida (gr)	32.80	31.30
Peso de la muestra seca (gr)	278.20	279.30
Contenido de Humedad (%)	11.79	11.21
Contenido de Humedad Promedio (%)	**11.50**	

OBSERVACIONES: Las muestras fueron proporcionadas por el Solicitante.

Geoincosur Ingenieros Consultora Constructora S.C.R.Ltda. LABORATORIO GEOTECNICO

Geoincosur Ingenieros
Consultora Constructora S.C.R.Ltda.
Ing. VERIOSKA VELASQUEZ PAUCAR
JEFE DE LABORATORIO

Geoincosur Ingenieros
Consultora Constructora S.C.R.Ltda
Ing. ANGEL FERNANDO VILAVILA NORJEGA
CIP. 93194
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA

Geoincosur Ingenieros
Consultora Constructora S.C.R.Ltda

Dirección: Urb. San Borja Jirón Ica Lote G-14 Wanchaq - Cusco
Teléfono: 084-225640
Celular: 974-733962 ó 984994719
email: geoincosurings@gmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

CONTENIDO DE HUMEDAD

(MTC E-108 / ASTM D-2216)

PROYECTO	**: MEJORAMIENTO DEL RIESGO GEOLOGICO ORIGINADO POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LA SUBCUENCA DEL RIO PALMA REAL DEL DISTRITO DE ECHARATI PROVINCIA LA CONVENCION DEPARTAMENTO CUSCO - 2025**
CALICATA	:
MUESTRA	: M-2
PROFUNDIDAD	: 0.00m - 1.00m
UBICACIÓN	: SUB CUENCA DE PALMA REAL, DISTRITO DE ECHARATI, PROVINCIA LA CONVENCION, DEPARTAMENTO CUSCO
PROGRESIVA	: ---
SOLICITADO POR	: BACH. ALVARO VIDAL PALOMINO MENDOZA Y BACH HANS ANDERS MORENO SALAS
ESTRUCTURA	:

INFORME : GNCO-0871
ING. RESP. : ING VERIOSKA VELASQUEZ P.
TÉCNICO : YULIANA PAZO PUMA
FECHA : 30/10/2025

** GNCO-0871 **

1. Contenido de Humedad Muestra Integral :

Descripción	1	2
Peso de tara (gr)	43.40	34.60
Peso de la tara + muestra húmeda (gr)	403.40	354.70
Peso de la tara + muestra seca (gr)	362.20	318.30
Peso del agua contenida (gr)	41.20	36.40
Peso de la muestra seca (gr)	318.80	283.70
Contenido de Humedad (%)	12.92	12.83
Contenido de Humedad Promedio (%)	**12.88**	

OBSERVACIONES: Las muestras fueron proporcionadas por el Solicitante.

Geoincosur Ingenieros Consultora Constructora S.C.R.Ltda. LABORATORIO GEOTECNICO

Geoincosur Ingenieros
Consultora Constructora S.C.R.Ltda.
Ing. VERIOSKA VELASQUEZ PAUCAR
JEFE DE LABORATORIO

Geoincosur Ingenieros
Consultora Constructora S.C.R.Ltda
Ing. ANGEL FERNANDO VILAVILA NORIEGA
CIP. 93194
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA

Geoincosur Ingenieros
Consultora Constructora S.C.R Ltda

Dirección: Urb. San Borja Jirón Ica Lote G-14 Wanchaq - Cusco
Teléfono: 084-225640
Celular: 974-733962 ó 984994719
email: geoincosurings@gmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

(MTC E-107 / ASTM D-422, C-117 / AASHTO T-27, T-88)

PROYECTO : MEJORAMIENTO DEL RIESGO GEOLOGICO ORIGINADO POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LA SUBCUENCA DEL RIO PALMA REAL DEL DISTRITO DE ECHARATI PROVINCIA LA CONVENCION DEPARTAMENTO CUSCO - 2025

CALICATA :
MUESTRA : M-1
PROFUNDIDAD : 1.20m - 1.40m
UBICACIÓN : SUB CUENCA DE PALMA REAL, DISTRITO DE ECHARATI, PROVINCIA LA CONVENCION, DEPARTAMENTO CUSCO
PROGRESIVA : ---
SOLICITADO POR : BACH. ALVARO VIDAL PALOMINO MENDOZA Y BACH HANS ANDERS MORENO SALAS
ESTRUCTURA :

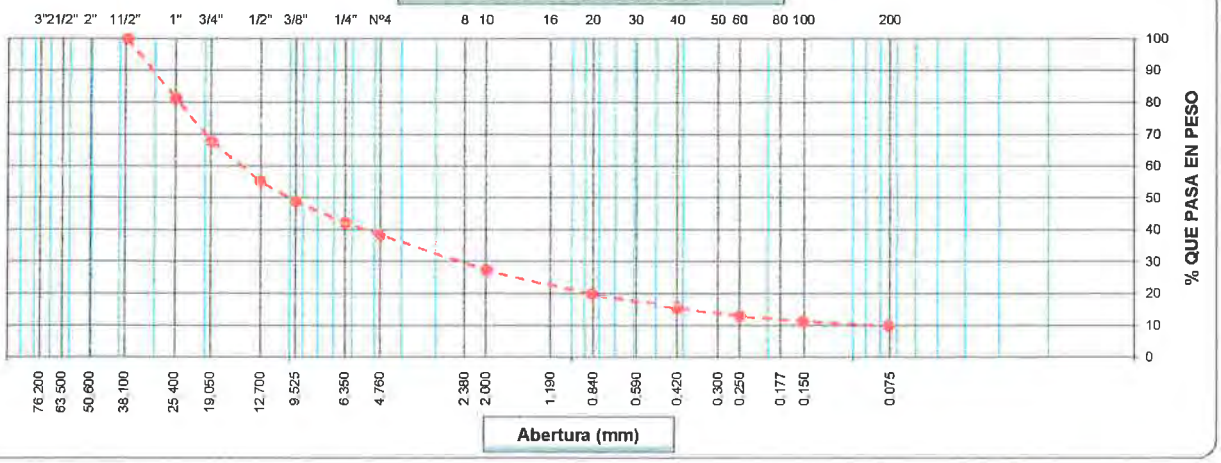
INFORME : GNCO-0871
ING. RESP. : ING VERIOSKA VELASQUEZ P.
TÉCNICO : YULIANA PAZO PUMA
FECHA : 30/10/2025

** GNCO-0871 **

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa	Material sin Especificacion	
5"	127.000						
4"	101.600						
3"	73.000						
2 1/2"	60.300						
2"	50.800						
1 1/2"	37.500				100.00		
1"	25.400	860.70	18.63	18.63	81.37		
3/4"	19.000	627.30	13.58	32.21	67.79		
1/2"	12.700	572.20	12.39	44.60	55.40		
3/8"	9.520	299.10	6.47	51.07	**48.93**		
1/4"	6.350	309.60	6.70	57.77	42.23		
N° 4	4.750	175.50	3.80	61.57	38.43		
N° 8	2.360						
N° 10	2.000	507.30	10.98	72.55	27.45		
N° 16	1.190						
N° 20	0.850	349.90	7.57	80.12	19.88		
N° 30	0.600						
N° 40	0.420	201.60	4.36	84.48	15.52		
N° 50	0.300						
N° 60	0.250	113.60	2.46	86.94	13.06		
N° 80	0.180						
N° 100	0.150	84.10	1.82	88.76	11.24		
N° 200	0.075	62.00	1.34	90.10	9.90		
Pasante		457.00	9.89	99.99			

Descripción	
1. Peso de Material	
Peso Inicial Total (gr)	4,619.90
Peso Fracción Fina Para Lavar (gr)	0.00
2. Características	
Tamaño Máximo	1 1/2"
Tamaño Máximo Nominal	1"
Grava (%)	61.57
Arena (%)	28.53
Finos (%)	9.90
Modulo de Fineza (%)	
Contenido de Humedad (%)	11.50
3. Clasificación	
Límite Líquido (%)	35.41
Límite Plástico (%)	22.49
Índice de Plasticidad (%)	12.92
Clasificación SUCS	GP-GC
Clasificación AASHTO	A-2-6 (0)

CURVA GRANULOMETRICA



OBSERVACIONES: Las muestras fueron proporcionadas por el Solicitante.

LABORATORIO GEOTECNICO
Geoincosur Ingenieros Consultora Constructora S.C.R. Ltda.

Geoincosur Ingenieros
Consultora Constructora S.C.R.Ltda.
Ing. VERIOSKA VELASQUEZ PAUCAR
JEFE DE LABORATORIO

Geoincosur Ingenieros
Consultora Constructora S.C.R.Ltda
Ing. ANGEL FERNANDO VILAVILA NORJEGA
CIP: 93194
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA

Geoincosur Ingenieros
Consultora Constructora S.C.R Ltda

Dirección: Urb. San Borja Jirón Ica Lote G-14 Wanchaq - Cusco
Teléfono: 084-225640
Celular: 974-733962 ó 984994719
email: geoincosurings@gmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

(MTC E-107 / ASTM D-422, C-117 / AASHTO T-27, T-88)

PROYECTO : MEJORAMIENTO DEL RIESGO GEOLOGICO ORIGINADO POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LA SUBCUENCA DEL RIO PALMA REAL DEL DISTRITO DE ECHARATI PROVINCIA LA CONVENCION DEPARTAMENTO CUSCO - 2025

CALICATA :
MUESTRA : M-2
PROFUNDIDAD : 0.00m - 1.00m
UBICACIÓN : SUB CUENCA DE PALMA REAL, DISTRITO DE ECHARATI, PROVINCIA LA CONVENCION, DEPARTAMENTO CUSCO
PROGRESIVA : ---
SOLICITADO POR : BACH. ALVARO VIDAL PALOMINO MENDOZA Y BACH HANS ANDERS MORENO SALAS
ESTRUCTURA :

INFORME : GNCO-0871
ING. RESP. : ING VERIOSKA VELASQUEZ P.
TÉCNICO : YULIANA PAZO PUMA
FECHA : 30/10/2025

* * G N C O - 0 8 7 1 *

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa	Material sin Especificacion	
5"	127.000						
4"	101.600						
3"	73.000						
2 1/2"	60.300						
2"	50.800				100.00		
1 1/2"	37.500	328.90	6.13	6.13	93.87		
1"	25.400	651.10	12.14	18.27	81.73		
3/4"	19.000	280.50	5.23	23.50	76.50		
1/2"	12.700	617.30	11.51	35.01	64.99		
3/8"	9.520	348.30	6.49	41.50	**58.50**		
1/4"	6.350	584.10	10.89	52.39	47.61		
N° 4	4.750	294.70	5.49	57.88	42.12		
N° 8	2.360						
N° 10	2.000	883.50	16.47	74.35	25.65		
N° 16	1.190						
N° 20	0.850	524.90	9.79	84.14	15.86		
N° 30	0.600						
N° 40	0.420	324.90	6.06	90.20	9.80		
N° 50	0.300						
N° 60	0.250	105.90	1.97	92.17	7.83		
N° 80	0.180						
N° 100	0.150	68.70	1.28	93.45	6.55		
N° 200	0.075	63.70	1.19	94.64	5.36		
Pasante		287.30	5.36	100.00			

Descripción

1. Peso de Material

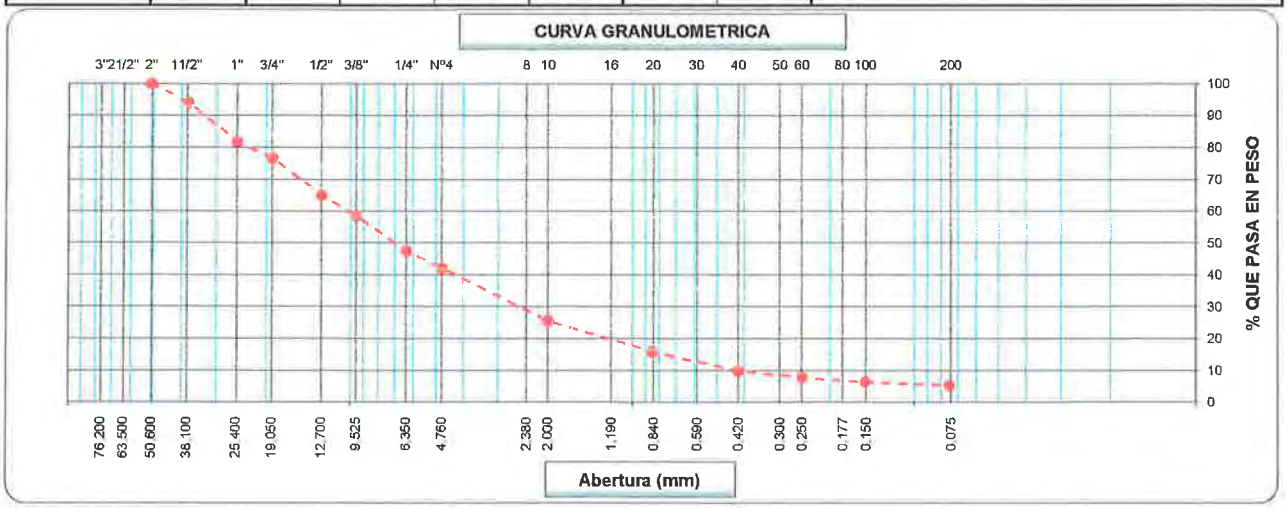
Peso Inicial Total (gr)	5,363.80
Peso Fracción Fina Para Lavar (gr)	0.00

2. Características

Tamaño Máximo	2"
Tamaño Máximo Nominal	1 1/2"
Grava (%)	57.68
Arena (%)	36.76
Finos (%)	5.36
Modulo de Fineza (%)	
Contenido de Humedad (%)	12.88

3. Clasificación

Limite Liquido (%)	33.19
Limite Plástico (%)	21.58
Indice de Plasticidad (%)	11.61
Clasificación SUCS	GP-GC
Clasificación AASHTO	A-2-6 (0)



OBSERVACIONES: Las muestras fueron proporcionadas por el Solicitante.

Geoincosur Ingenieros Consultora Constructora S.C.R. Ltda. LABORATORIO GEOTECNICO

Geoincosur Ingenieros
Consultora Constructora S.C.R.Ltda.
Ing. VERIOSKA VELASQUEZ PAUCAR
JEFE DE LABORATORIO

Geoincosur Ingenieros
Consultora Constructora S.C.R.Ltda
Ing. ANGEL FERNANDO VILAVILA NORJEGA
CIP: 93194
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA

Geoincosur Ingenieros
Consultora Constructora S.C.R Ltda

Dirección: Urb. San Borja Jirón Ica Lote G-14 Wanchaq - Cusco
Teléfono: 084-225640
Celular: 974-733962 ó 984994719
email: geoincosurings@gmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

LIMITES DE CONSISTENCIA

(MTC E-110,111 / ASTM D-4318 / AASHTO T-90, T-89)

PROYECTO	: MEJORAMIENTO DEL RIESGO GEOLOGICO ORIGINADO POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LA SUBCUENCA DEL RIO PALMA REAL DEL DISTRITO DE ECHARATI PROVINCIA LA CONVENCION DEPARTAMENTO CUSCO - 2025		
CALICATA	:	**INFORME**	: GNCO-0871
MUESTRA	: M-1	**ING. RESP.**	: ING VERIOSKA VELASQUEZ P.
PROFUNDIDAD	: 1.20m - 1.40m	**TÉCNICO**	: YULIANA PAZO PUMA
UBICACIÓN	: SUB CUENCA DE PALMA REAL, DISTRITO DE ECHARATI, PROVINCIA LA CONVENCION, DEPARTAMENTO CUSCO	**FECHA**	: 30/10/2025
PROGRESIVA	: ---		
SOLICITADO POR	: BACH. ALVARO VIDAL PALOMINO MENDOZA Y BACH HANS ANDERS MORENO SALAS		
ESTRUCTURA	:		

* GNCO-0871 *

DETERMINACIÓN DEL LIMITE LIQUIDO

N° de Tarro		T-37	T-11	T-6	
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	28.81	26.57	24.60	
Peso de Tarro + Suelo Seco	gr.	25.20	23.40	21.30	
Peso de Tarro	gr.	15.68	14.58	11.36	
Peso de Agua	gr.	3.61	3.17	3.30	
Peso del Suelo Seco	gr.	9.52	8.82	9.92	**Limite Liquido**
Contenido de Humedad	%	37.92	35.94	33.27	**35.41**
Numero de Golpes		18	24	35	

DETERMINACIÓN DEL LIMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD

N° de Tarro		V-4	A-6		
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	14.25	13.70		
Peso de Tarro + Suelo seco	gr.	12.87	12.24		
Peso de Tarro	gr.	6.31	6.14		
Peso de Agua	gr.	1.38	1.46		
Peso de Suelo seco	gr.	6.56	6.10		**Limite Plástico**
Contenido de Humedad	%	21.04	23.93		**22.49**



Constantes Fisicas de la Muestra	
Limite Liquido	35.41
Limite Plástico	22.49
Indice de Plasticidad	12.92

Observaciones

Pasante Tamiz N° 40

OBSERVACIONES: Las muestras fueron proporcionadas por el Solicitante.

Geoincosur Ingenieros Consultora Constructora S.C.R. Ltda. LABORATORIO GEOTECNICO

Geoincosur Ingenieros
Consultora Constructora S.C.R.Ltda.
Ing. VERIOSKA VELASQUEZ PAUCAR
JEFE DE LABORATORIO

Geoincosur Ingenieros
Consultora Constructora S.C.R.Ltda
Ing. ANGEL FERNANDO VILAVILA NORJEGA
CIP. 93194
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA

Geoincosur Ingenieros
Consultora Constructora S.C.R.Ltda

Dirección: Urb. San Borja Jirón Ica Lote G-14 Wanchaq - Cusco
Teléfono: 084-225640
Celular: 974-733962 ó 984994719
email: geoincosurings@gmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

LIMITES DE CONSISTENCIA

(MTC E-110,111 / ASTM D-4318 / AASHTO T-90, T-89)

PROYECTO	: MEJORAMIENTO DEL RIESGO GEOLOGICO ORIGINADO POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LA SUBCUENCA DEL RIO PALMA REAL DEL DISTRITO DE ECHARATI PROVINCIA LA CONVENCION DEPARTAMENTO CUSCO - 2025		
CALICATA	:	**INFORME**	: GNCO-0871
MUESTRA	: M-2	**ING. RESP.**	: ING VERIOSKA VELASQUEZ P.
PROFUNDIDAD	: 0.00m - 1.00m	**TÉCNICO**	: YULIANA PAZO PUMA
UBICACIÓN	: SUB CUENCA DE PALMA REAL, DISTRITO DE ECHARATI, PROVINCIA LA CONVENCION, DEPARTAMENTO CUSCO	**FECHA**	: 30/10/2025
PROGRESIVA	: —		
SOLICITADO POR	: BACH. ALVARO VIDAL PALOMINO MENDOZA Y BACH HANS ANDERS MORENO SALAS		
ESTRUCTURA	:		

** GNCO-0871 **

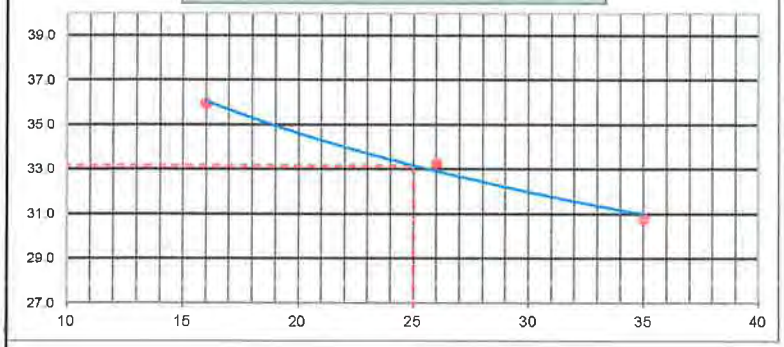
DETERMINACIÓN DEL LIMITE LIQUIDO

N° de Tarro		T-27	T-26	T-21	
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	29.85	25.61	28.66	
Peso de Tarro + Suelo Seco	gr.	26.20	22.20	25.70	
Peso de Tarro	gr.	16.05	11.95	16.09	
Peso de Agua	gr.	3.65	3.41	2.96	
Peso del Suelo Seco	gr.	10.15	10.25	9.61	**Limite Liquido**
Contenido de Humedad	%	35.96	33.27	30.80	**33.19**
Numero de Golpes		16	26	35	

DETERMINACIÓN DEL LIMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD

N° de Tarro		V-3	R-2		
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	13.66	14.06		
Peso de Tarro + Suelo seco	gr.	12.24	12.70		
Peso de Tarro	gr.	5.58	6.47		
Peso de Agua	gr.	1.42	1.36		
Peso de Suelo seco	gr.	6.66	6.23		**Limite Plástico**
Contenido de Humedad	%	21.32	21.83		**21.58**

CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES



Constantes Fisicas de la Muestra	
Limite Liquido	33.19
Limite Plástico	21.58
Indice de Plasticidad	11.61

Observaciones

Pasante Tamiz N° 40

OBSERVACIONES: Las muestras fueron proporcionadas por el Solicitante.

Geoincosur Ingenieros Consultora Constructora S.C.R. Ltda. LABORATORIO GEOTECNICO

Geoincosur Ingenieros
Consultora Constructora S.C.R.Ltda.
Ing. VERIOSKA VELASQUEZ PAUCAR
JEFE DE LABORATORIO

Geoincosur Ingenieros
Consultora Constructora S.C.R.Ltda
Ing. ANGEL FERNANDO VILAVILA NORJEGA
CIP. 93194
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA

Geoincosur Ingenieros
Consultora Constructora S.C.R.Ltda

ENSAYO DE CONSOLIDACIÓN PRIMARIA PARA DETERMINAR LA VELOCIDAD DE CORTE DIRECTO EN CONDICIÓN CONSOLIDADA DRENADA (CD)
ASTM D 3080/D3080M

CÓDIGO:	GNCO-0871
FECHA:	8/08/2025
VERSIÓN:	V 2.1
PÁGINA 1 DE 4	

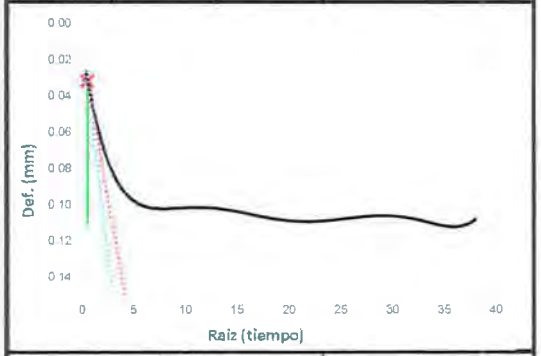
OBRA/PROYECTO:	MEJORAMIENTO DEL RIESGO GEOLOGICO ORIGINADO POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LA SUBCUENCA DEL RIO PALMA REAL DEL DISTRITO DE ECHARATI PROVINCIA LA CONVENCION DEPARTAMENTO CUSCO - 2025					FECHA DE ENSAYO :	31/10/2025
UBICACIÓN:	SUB CUENCA DE PALMA REAL, DISTRITO DE ECHARATI, PROVINCIA LA CONVENCION, DEPARTAMENTO CUSCO	SONDEO / CALICATA N°:		MUESTRA:	M-1	PROFUNDIDAD (m):	1.20m - 1.40m
SOLICITANTE:	BACH. ALVARO VIDAL PALOMINO MENDOZA Y BACH HANS ANDERS MORENO SAL	DESCRIPCIÓN:	GRAVA MAL GRADADA A ARCILLOSA				

CONSOLIDACIÓN PRIMARIA PRESIÓN NORMAL 0,5 Kg/cm²

Taylor — **Aplicado**

Casagrande — **No Aplicado**

Tiempo, Seg, miins hr	t (min)	√t	Deformación (mm)
7seg	0.12	0.342	-0.021
15 seg	0.25	0.500	-0.027
30 seg	0.50	0.707	-0.038
1 min	1.00	1.000	-0.051
2 min	2.00	1.414	-0.065
4 min	4.00	2.000	-0.080
8 min	8.00	2.828	-0.086
15 min	15.00	3.873	-0.092
30 min	30.00	5.477	-0.096
1 hr	60.00	7.746	-0.102
2 hr	120.00	10.954	
4 hr	240.00	15.492	
8 hr	480.00	21.909	
24 hr	1440.00	37.947	



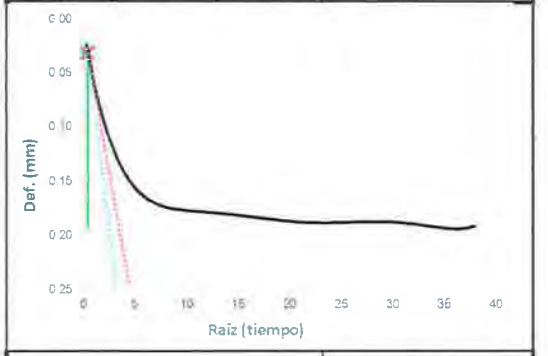
t90 (min) :	0.2
TIEMPO DE CORTE (min) :	2.9
Desplazamiento lateral relativo, mm :	5.0
Velocidad de desplazamiento máximo (mm/min):	1.72414

CONSOLIDACIÓN PRIMARIA PRESIÓN NORMAL 1,0 Kg/cm²

Taylor — **Aplicado**

Casagrande — **No Aplicado**

Tiempo, Seg, miins hr	t (min)	√t	Deformación (mm)
7seg	0.12	0.342	-0.026
15 seg	0.25	0.500	-0.033
30 seg	0.50	0.707	-0.040
1 min	1.00	1.000	-0.052
2 min	2.00	1.414	-0.068
4 min	4.00	2.000	-0.097
8 min	8.00	2.828	-0.130
15 min	15.00	3.873	-0.158
30 min	30.00	5.477	-0.167
1 hr	60.00	7.746	-0.175
2 hr	120.00	10.954	
4 hr	240.00	15.492	
8 hr	480.00	21.909	
24 hr	1440.00	37.947	



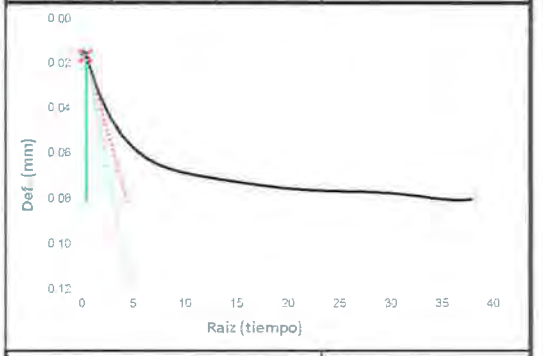
t90 (min)	0.2
TIEMPO DE CORTE (min)	2.9
Desplazamiento lateral relativo, mm :	5.0
Velocidad de desplazamiento máximo (mm/min):	1.72414

CONSOLIDACIÓN PRIMARIA PRESIÓN NORMAL 1,5 Kg/cm²

Taylor — **Aplicado**

Casagrande — **No Aplicado**

Tiempo, Seg, miins hr	t (min)	√t	Deformación (mm)
7seg	0.12	0.342	-0.014
15 seg	0.25	0.500	-0.015
30 seg	0.50	0.707	-0.018
1 min	1.00	1.000	-0.024
2 min	2.00	1.414	-0.032
4 min	4.00	2.000	-0.041
8 min	8.00	2.828	-0.047
15 min	15.00	3.873	-0.053
30 min	30.00	5.477	-0.060
1 hr	60.00	7.746	-0.067
2 hr	120.00	10.954	
4 hr	240.00	15.492	
8 hr	480.00	21.909	
24 hr	1440.00	37.947	



t90 (min)	0.2
TIEMPO DE CORTE (min)	2.9
Desplazamiento lateral relativo, mm :	5.0
Velocidad de desplazamiento máximo (mm/min):	1.72414

Se estima el desplazamiento lateral relativo requerido para llevar el espécimen a falla. Este desplazamiento depende de muchos factores, incluidas el tipo de material y la historia de esfuerzos. En ausencia de experiencia específica con las condiciones del ensayo, se recomienda usar, como guía, df = 10 mm (0.5") si el material es un suelo arcilloso normalmente consolidado ligeramente pre-consolidado. En todos los casos, se debe usar df = 5 mm (0.2").

Geoincosur Ingenieros
Consultora Constructora S.C.R.Ltda

REALIZADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR :
	Ing. VERIOSKA VELASQUEZ PAULAR JEFE DE LABORATORIO	Ing. ANGEL FERNANDO VILAVILA NORIEGA CIP. 93194 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA

LABORATORIO GEOTECNICO

Geoincosur Ingenieros Consultora Constructora S.C.R.Ltda	ENSAYO DE CORTE DIRECTO EN CONDICIÓN CONSOLIDADA DRENADA (CD) - DATOS DE LA MUESTRA ASTM D 3080/D3080M	CODIGO	GNCO-0871
		FECHA:	8/08/2025
		REVISIÓN:	V 2.1
		PÁGINA 2 DE 4	

OBRA/PROYECTO:	**MEJORAMIENTO DEL RIESGO GEOLOGICO ORIGINADO POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LA SUBCUENCA DEL RIO PALMA REAL DEL DISTRITO DE ECHARATI PROVINCIA LA CONVENCION DEPARTAMENTO CUSCO - 2025**	**FECHA DE ENSAYO :**	31/10/2025
UBICACIÓN:	SUB CUENCA DE PALMA REAL, DISTRITO DE ECHARATI, PROVINCIA LA CONVENCION, DEPARTAMENTO CUSCO	**SONDEO / CALICATA**	
SOLICITANTE:	BACH. ALVARO VIDAL PALOMINO MENDOZA Y BACH HANS ANDERS MORENO SALAS	**MUESTRA:**	M-1
DESCRIPCIÓN:	GRAVA MAL GRADADA A ARCILLOSA	**PROFUNDIDAD (m):**	1.20m - 1.40m

CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO DE CORTE DIRECTO					
Nombre/ Marca del Equipo:	PINZUAR	Modelo:	P-S 107	No. Serie:	110

PROPIEDADES DEL SUELO					
Clasificación S.U.C.S. :	GP-GC	% Grava :	61.57	Límite Líquido, % :	35.41
Clasificación AASHTO :	A-2-6(0)	% Arena :	28.53	Límite Plástico, % :	22.49
Tamaño máximo, mm		% Finos:	9.9	Índice de Plasticidad, % :	12.92

Tipo de caja de corte:	Circular	Tipo de Muestra:	Remoldeado

Descripción	Und	ESPECIMEN No. 01		ESPECIMEN No. 02		ESPECIMEN No. 03	
		Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
DIMENSIONES DEL ESPECIMEN							
Diámetro (D)	cm	5.00	–	5.00	–	5.00	–
Espesor (e)	cm	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60
Area	cm^2	19.65	17.15	19.65	17.15	19.65	17.15
Volumen	cm^3	51.09	44.60	51.09	44.60	51.09	44.60
PESO DEL ESPECIMEN							
Peso húmedo suelo + M.	g	218.10	90.90	218.10	91.20	218.10	90.60
Peso del molde	g	132.60	0.00	132.60	0.00	132.60	0.00
Peso húmedo especimen	g	85.40	90.90	85.40	91.20	85.40	90.60
CONTENIDO DE HUMEDAD							
Peso Suelo húm + recip.	g	116.5	106.8	116.5	111.5	116.5	110.7
Peso Suelo seco + recip.	g	107.8	89.9	107.8	96.0	107.8	96.3
Peso del recipiente	g	23.9	15.9	23.9	20.3	23.9	20.1
Humedad (w)	%	**10.4**	**22.9**	**10.4**	**20.4**	**10.4**	**18.9**
PESO UNITARIO							
Peso Unitario húmedo (γh)	g/cm^3	**1.67**	**2.04**	**1.67**	**2.04**	**1.67**	**2.03**
Peso Unitario seco (γd)	g/cm^3	**1.51**	**1.66**	**1.51**	**1.70**	**1.51**	**1.71**

OBSERVACIONES:

Los resultados presentados corresponden unicamente a la muestra entregada al laboratorio y sometida a ensayo.
Esta muestra no es reproducible ni total ni pacial sin la autorización de *Geoincosur Ingenieros Consultora Constructora SRL*

REALIZADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
LABORATORIO GEOTECNICO	Geoincosur Ingenieros Consultora Constructora S.C.R.Ltda.	Geoincosur Ingenieros Consultora Constructora S.C.R.Ltda
Laboratorista	Ing. VERIOSKA VELASQUEZ PAUCAR JEFE DE LABORATORIO	Ing. ANGEL FERNANDO VILAVILA NORJEGA CIP. 93194 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Especialista en Geotecnia

Geoincosur Ingenieros
Consultoría Constructora S.C.R.Ltda.

ENSAYO DE CORTE DIRECTO EN CONDICIÓN CONSOLIDADA DRENADA (CD) - LECTURAS DE ENSAYO

ASTM D 3080/D3080M

CÓDIGO:	GNCO-0871
FECHA:	9/08/2025
REVISIÓN:	V 2.1
PÁGINA 3 DE 4	

OBRA/PROYECTO:	**MEJORAMIENTO DEL RIESGO GEOLOGICO ORIGINADO POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LA SUBCUENCA DEL RIO PALMA REAL DEL DISTRITO DE ECHARATI PROVINCIA LA CONVENCION DEPARTAMENTO CUSCO - 2025**	**SONDEO / CALICATA**		**FECHA DE ENSAYO :**	31/10/2025
UBICACIÓN:	SUB CUENCA DE PALMA REAL, DISTRITO DE ECHARATI, PROVINCIA LA CONVENCION, DEPARTAMENTO CUSCO	**MUESTRA:**	M-1	**PROFUNDIDAD (m):**	1.20m - 1.40m

ESPECIMEN No. 01 — **Esfuerzo Normal:** 0.51 kg/cm²

Tiempo	Deformación Horizontal	Deformación Vertical	Carga		Área corregida	Esfuerzo cortante
Hrs./ Min	(mm)	(%)	(mm)	N	kN	cm²	kg/cm²
0 : 0	0.00	0.0	0.000	0.00	0.00	19.65	0.00
0 : 10	0.10	0.2	-0.030	51.60	0.05	19.60	0.27
0 : 20	0.20	0.4	-0.057	59.80	0.06	19.55	0.31
0 : 30	0.40	0.8	-0.087	67.20	0.07	19.45	0.35
0 : 40	0.50	1.0	-0.118	71.00	0.07	19.40	0.37
0 : 50	0.60	1.2	-0.141	76.40	0.08	19.35	0.40
1 : 0	0.70	1.4	-0.161	80.80	0.08	19.30	0.43
1 : 10	0.80	1.6	-0.174	86.40	0.09	19.25	0.46
1 : 20	1.00	2.0	-0.184	90.40	0.09	19.15	0.48
1 : 30	1.10	2.2	-0.187	94.60	0.09	19.10	0.51
1 : 40	1.20	2.4	-0.190	97.60	0.10	19.05	0.52
1 : 50	1.30	2.6	-0.195	100.60	0.10	19.00	0.54
2 : 0	1.40	2.8	-0.199	103.40	0.10	18.95	0.56
2 : 10	1.60	3.2	-0.205	105.60	0.11	18.85	0.57
2 : 20	1.70	3.4	-0.208	107.20	0.11	18.80	0.58
2 : 30	1.80	3.6	-0.209	109.20	0.11	18.75	0.59
2 : 40	1.90	3.8	-0.210	110.80	0.11	18.70	0.60
2 : 50	2.00	4.0	-0.210	112.40	0.11	18.65	0.61
3 : 0	2.20	4.4	-0.210	115.00	0.12	18.55	0.63
3 : 10	2.30	4.6	-0.217	116.60	0.12	18.50	0.64
3 : 20	2.40	4.8	-0.224	118.80	0.12	18.45	0.66
3 : 30	2.50	5.0	-0.226	121.00	0.12	18.40	0.67
3 : 40	2.60	5.2	-0.228	121.20	0.12	18.35	0.67
3 : 50	2.80	5.6	-0.228	123.00	0.12	18.25	0.69
4 : 0	2.90	5.8	-0.227	123.80	0.12	18.20	0.69
4 : 10	3.00	6.0	-0.223	125.00	0.13	18.15	0.70
4 : 20	3.10	6.2	-0.227	126.20	0.13	18.10	0.71
4 : 30	3.20	6.4	-0.228	126.40	0.13	18.05	0.71
4 : 40	3.40	6.8	-0.228	127.80	0.13	17.95	0.73
4 : 50	3.50	7.0	-0.227	129.20	0.13	17.90	0.74
5 : 0	3.60	7.2	-0.205	119.20	0.12	17.85	0.68
5 : 10	3.70	7.4	-0.206	122.60	0.12	17.80	0.70
5 : 20	3.80	7.6	-0.206	124.80	0.12	17.75	0.72
5 : 30	4.00	8.0	-0.207	126.00	0.13	17.65	0.73
5 : 40	4.10	8.2	-0.208	127.40	0.13	17.60	0.74
5 : 50	4.20	8.4	-0.214	127.40	0.13	17.55	0.74
6 : 0	4.30	8.6	-0.220	127.40	0.13	17.50	0.74
6 : 10	4.40	8.8	-0.223	127.60	0.13	17.45	0.75
6 : 20	4.60	9.2	-0.223	128.40	0.13	17.35	0.75
6 : 30	4.70	9.4	-0.221	128.20	0.13	17.30	0.76
6 : 40	4.80	9.6	-0.220	128.40	0.13	17.25	0.76
6 : 50	4.90	9.8	-0.226	129.60	0.13	17.20	0.77
7 : 0	5.00	10.0	-0.230	130.20	0.13	17.15	0.77

ESPECIMEN No. 02 — **Esfuerzo Normal:** 1.02 kg/cm²

Tiempo	Deformación Horizontal	Deformación Vertical	Carga		Área corregida	Esfuerzo cortante
Hrs./ Min	(mm)	(%)	(mm)	N	kN	cm²	kg/cm²
0 : 0	0.00	0.0	0.000	0.00	0.00	19.65	0.00
0 : 10	0.10	0.2	-0.012	68.20	0.07	19.60	0.35
0 : 20	0.20	0.4	-0.039	80.60	0.08	19.55	0.42
0 : 30	0.40	0.8	-0.063	89.20	0.09	19.45	0.47
0 : 40	0.50	1.0	-0.085	95.00	0.10	19.40	0.50
0 : 50	0.60	1.2	-0.108	99.20	0.10	19.35	0.52
1 : 0	0.70	1.4	-0.120	101.80	0.10	19.30	0.54
1 : 10	0.80	1.6	-0.129	105.80	0.11	19.25	0.56
1 : 20	1.00	2.0	-0.148	110.40	0.11	19.15	0.59
1 : 30	1.10	2.2	-0.165	115.20	0.12	19.10	0.62
1 : 40	1.20	2.4	-0.179	120.40	0.12	19.05	0.64
1 : 50	1.30	2.6	-0.192	124.80	0.12	19.00	0.67
2 : 0	1.40	2.8	-0.202	128.00	0.13	18.95	0.69
2 : 10	1.60	3.2	-0.210	132.00	0.13	18.85	0.71
2 : 20	1.70	3.4	-0.218	135.80	0.14	18.80	0.74
2 : 30	1.80	3.6	-0.226	139.80	0.14	18.75	0.76
2 : 40	1.90	3.8	-0.236	144.20	0.14	18.70	0.79
2 : 50	2.00	4.0	-0.240	137.60	0.14	18.65	0.75
3 : 0	2.20	4.4	-0.246	135.60	0.14	18.55	0.75
3 : 10	2.30	4.6	-0.252	135.60	0.14	18.50	0.75
3 : 20	2.40	4.8	-0.255	135.60	0.14	18.45	0.75
3 : 30	2.50	5.0	-0.258	135.60	0.14	18.40	0.75
3 : 40	2.60	5.2	-0.261	135.20	0.14	18.35	0.75
3 : 50	2.80	5.6	-0.237	134.80	0.13	18.25	0.75
4 : 0	2.90	5.8	-0.236	136.40	0.14	18.20	0.76
4 : 10	3.00	6.0	-0.242	137.40	0.14	18.15	0.77
4 : 20	3.10	6.2	-0.246	138.00	0.14	18.10	0.78
4 : 30	3.20	6.4	-0.250	137.20	0.14	18.05	0.78
4 : 40	3.40	6.8	-0.254	139.60	0.14	17.95	0.79
4 : 50	3.50	7.0	-0.256	140.20	0.14	17.90	0.80
5 : 0	3.60	7.2	-0.260	141.00	0.14	17.85	0.81
5 : 10	3.70	7.4	-0.263	141.60	0.14	17.80	0.81
5 : 20	3.80	7.6	-0.266	142.20	0.14	17.75	0.82
5 : 30	4.00	8.0	-0.266	142.20	0.14	17.65	0.82
5 : 40	4.10	8.2	-0.242	142.80	0.14	17.60	0.83
5 : 50	4.20	8.4	-0.236	140.00	0.14	17.55	0.81
6 : 0	4.30	8.6	-0.236	137.80	0.14	17.50	0.80
6 : 10	4.40	8.8	-0.240	137.60	0.14	17.45	0.80
6 : 20	4.60	9.2	-0.242	137.60	0.14	17.35	0.81
6 : 30	4.70	9.4	-0.242	136.60	0.14	17.30	0.81
6 : 40	4.80	9.6	-0.243	133.60	0.13	17.25	0.79
6 : 50	4.90	9.8	-0.244	133.40	0.13	17.20	0.79
7 : 0	5.00	10.0	-0.244	132.00	0.13	17.15	0.78

ESPECIMEN No. 03 — **Esfuerzo Normal:** 2.04 kg/cm²

Tiempo	Deformación Horizontal	Deformación Vertical	Carga		Área corregida	Esfuerzo cortante
Hrs / Min	(mm)	(%)	(mm)	N	kN	cm²	kg/cm²
0 : 0	0.00	0.0	0.000	0.00	0.00	19.65	0.00
0 : 10	0.10	0.2	-0.026	77.80	0.08	19.60	0.40
0 : 20	0.20	0.4	-0.052	93.40	0.09	19.55	0.49
0 : 30	0.40	0.8	-0.089	105.20	0.11	19.45	0.55
0 : 40	0.50	1.0	-0.121	118.60	0.12	19.40	0.62
0 : 50	0.60	1.2	-0.157	127.20	0.13	19.35	0.67
1 : 0	0.70	1.4	-0.188	139.60	0.14	19.30	0.74
1 : 10	0.80	1.6	-0.214	148.60	0.15	19.25	0.79
1 : 20	1.00	2.0	-0.242	157.80	0.16	19.15	0.84
1 : 30	1.10	2.2	-0.278	168.80	0.17	19.10	0.90
1 : 40	1.20	2.4	-0.309	174.40	0.17	19.05	0.93
1 : 50	1.30	2.6	-0.347	185.80	0.19	19.00	1.00
2 : 0	1.40	2.8	-0.364	195.80	0.20	18.95	1.05
2 : 10	1.60	3.2	-0.383	204.20	0.20	18.85	1.10
2 : 20	1.70	3.4	-0.404	214.60	0.21	18.80	1.16
2 : 30	1.80	3.6	-0.424	221.80	0.22	18.75	1.21
2 : 40	1.90	3.8	-0.441	228.80	0.23	18.70	1.25
2 : 50	2.00	4.0	-0.458	236.00	0.24	18.65	1.29
3 : 0	2.20	4.4	-0.474	241.80	0.24	18.55	1.33
3 : 10	2.30	4.6	-0.486	247.80	0.25	18.50	1.37
3 : 20	2.40	4.8	-0.499	250.80	0.25	18.45	1.39
3 : 30	2.50	5.0	-0.514	254.60	0.25	18.40	1.41
3 : 40	2.60	5.2	-0.524	260.20	0.26	18.35	1.45
3 : 50	2.80	5.6	-0.536	266.20	0.27	18.25	1.49
4 : 0	2.90	5.8	-0.549	240.40	0.24	18.20	1.35
4 : 10	3.00	6.0	-0.557	252.20	0.25	18.15	1.42
4 : 20	3.10	6.2	-0.566	258.40	0.26	18.10	1.46
4 : 30	3.20	6.4	-0.574	260.40	0.26	18.05	1.47
4 : 40	3.40	6.8	-0.581	264.60	0.26	17.95	1.50
4 : 50	3.50	7.0	-0.588	270.00	0.27	17.90	1.54
5 : 0	3.60	7.2	-0.596	270.60	0.27	17.85	1.55
5 : 10	3.70	7.4	-0.606	272.40	0.27	17.80	1.56
5 : 20	3.80	7.6	-0.589	276.80	0.28	17.75	1.59
5 : 30	4.00	8.0	-0.597	278.80	0.28	17.65	1.61
5 : 40	4.10	8.2	-0.605	280.80	0.28	17.60	1.63
5 : 50	4.20	8.4	-0.611	279.20	0.28	17.55	1.62
6 : 0	4.30	8.6	-0.621	277.20	0.28	17.50	1.61
6 : 10	4.40	8.8	-0.625	278.40	0.28	17.45	1.63
6 : 20	4.60	9.2	-0.627	278.40	0.28	17.35	1.64
6 : 30	4.70	9.4	-0.593	272.90	0.27	17.30	1.61
6 : 40	4.80	9.6	-0.597	270.80	0.27	17.25	1.60
6 : 50	4.90	9.8	-0.603	272.00	0.27	17.20	1.61
7 : 0	5.00	10.0	-0.605	273.00	0.27	17.15	1.62

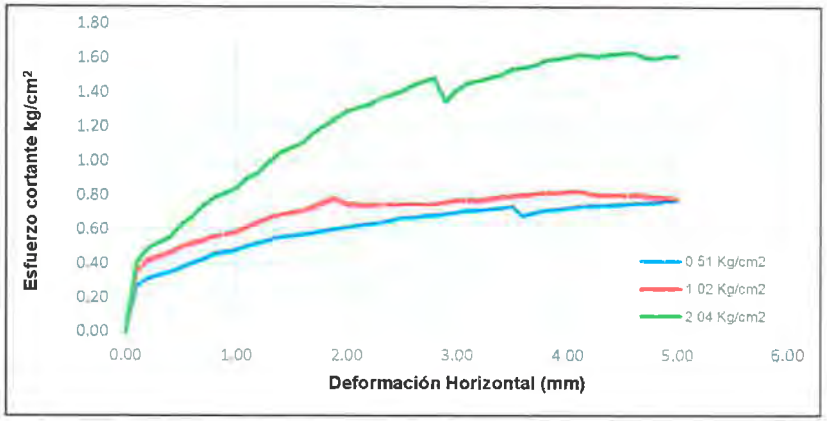
REALIZADO POR:	REVISADO POR :	APROBADO POR :
	Ing. VERIOSKA VELASQUEZ PAULAR JEFE DE LABORATORIO	Ing. ANGEL FERNANDO VILAVILA NORJEGA CIP. 53194 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA

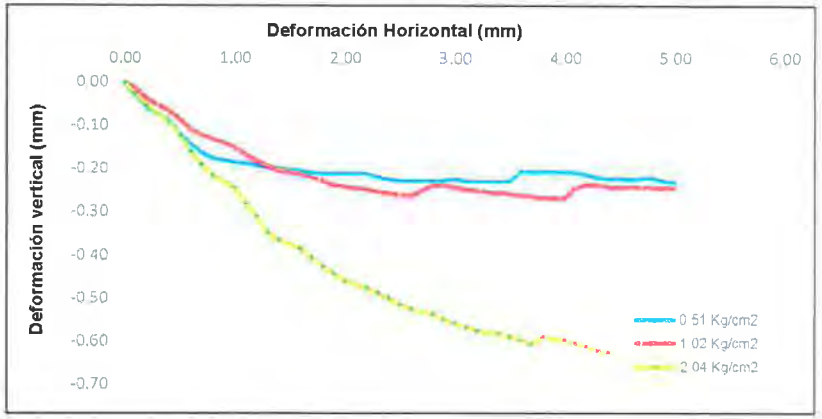
Geoincosur Ingenieros
Consultora Constructora S.C.R.Ltda.

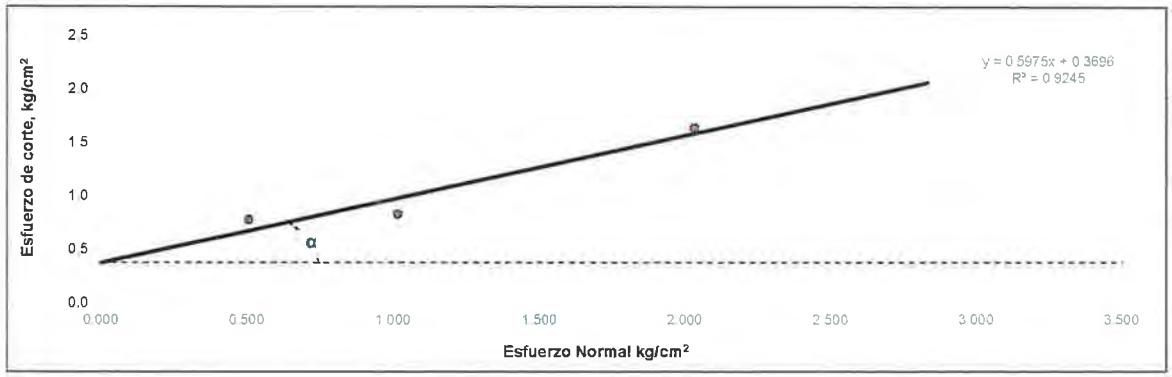
ENSAYO DE CORTE DIRECTO EN CONDICIÓN CONSOLIDADA DRENADA (CD) -
ASTM D 3080/D3080M

CÓDIGO	GNCO-0871
VERSIÓN	8/08/2025
FECHA	V.2.1
Página 4 de 4	

NOMBRE CLIENTE :	MEJORAMIENTO DEL RIESGO GEOLOGICO ORIGINADO POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LA SUBCUENCA DEL RIO PALMA REAL DEL DISTRITO DE ECHARATI PROVINCIA LA CONVENCION DEPARTAMENTO CUSCO - 2025	**FECHA DE ENSAYO :**	31/10/2025
OBRA/PROYECTO:	SUB CUENCA DE PALMA REAL, DISTRITO DE ECHARATI, PROVINCIA LA CONVENCION, DEPARTAMENTO CUSCO	**SONDEO No:**	
LOCALIZACIÓN:	BACH. ALVARO VIDAL PALOMINO MENDOZA Y BACH HANS ANDERS MORENO SALAS	**MUESTRA No:**	M-1
DESCRIPCIÓN:	GRAVA MAL GRADADA A ARCILLOSA	**PROFUNDIDAD (m):**	1.20m - 1.40m







ESFUERZO NORMAL (kg/cm²)	RESISTENCIA AL CORTE (kg/cm²)
0.5	0.774
1.0	0.827
2.0	1.636

COHESIÓN (kg/cm²)	ANGULO DE FRICCIÓN INTERNA (α)
0.37	30.86 °
	30° 51' 24"

OBSERVACIONES:

Los resultados presentados corresponden únicamente a la muestra entregada al laboratorio y sometida a ensayo.
Esta muestra no es reproducible ni total ni parcial sin autorización de *Geoincosur Ingenieros Consultora Constructora S.R.L.*

REALIZADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
LABORATORIO GEOTECNICO	Ing. VERIOSKA VELASQUEZ PAUCAR JEFE DE LABORATORIO	Ing. ANGEL FERNANDO VILAVILA NORIEGA CIP. 93191 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA
Laboratorista	Jefe de Laboratorio	Especialista en Geotecnia

Dirección: Urbanización San Borja Jiron Ica Lote G-14, Distrito de Wanchaq - Cusco / Celulares: 974733962 ó 984994719 / email: geoincosurings@gmail.com

Geoincosur Ingenieros
Consultora Constructora S.C.R.Ltda

ENSAYO DE CONSOLIDACIÓN PRIMARIA PARA DETERMINAR LA VELOCIDAD DE CORTE DIRECTO EN CONDICIÓN CONSOLIDADA DRENADA (CD)
ASTM D 3080/D3080M

CÓDIGO:	GNCO-0871
FECHA:	8/08/2025
VERSIÓN:	V 2.1
PÁGINA 1 DE 4	

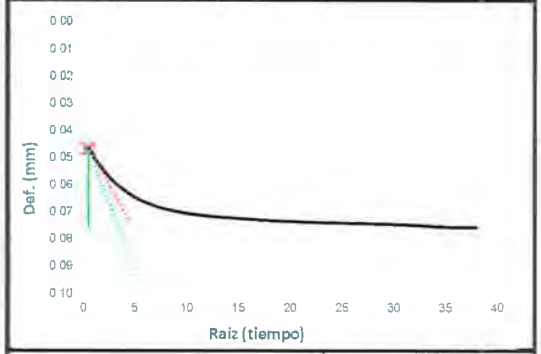
OBRA/PROYECTO:	MEJORAMIENTO DEL RIESGO GEOLOGICO ORIGINADO POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LA SUBCUENCA DEL RIO PALMA REAL DEL DISTRITO DE ECHARATI PROVINCIA LA CONVENCION DEPARTAMENTO CUSCO - 2025					FECHA DE ENSAYO :	3/11/2025
UBICACIÓN:	SUB CUENCA DE PALMA REAL, DISTRITO DE ECHARATI, PROVINCIA LA CONVENCION, DEPARTAMENTO CUSCO	SONDEO / CALICATA Nº:		MUESTRA:	M-2	PROFUNDIDAD (m):	0.00m - 1.00m
SOLICITANTE:	BACH. ALVARO VIDAL PALOMINO MENDOZA Y BACH HANS ANDERS MORENO SAL	DESCRIPCIÓN:	GRAVAS MAL GRADADAS ARCILLOSAS				

CONSOLIDACIÓN PRIMARIA PRESIÓN NORMAL 0,5 Kg/cm²

Taylor — **Aplicado**

Casagrande — **No Aplicado**

Tiempo, Seg, mins hr	t (min)	√t	Deformación (mm)
7seg	0.12	0.342	-0.045
15 seg	0.25	0.500	-0.046
30 seg	0.50	0.707	-0.048
1 min	1.00	1.000	-0.051
2 min	2.00	1.414	-0.054
4 min	4.00	2.000	-0.057
8 min	8.00	2.828	-0.059
15 min	15.00	3.873	-0.063
30 min	30.00	5.477	-0.066
1 hr	60.00	7.746	-0.070
2 hr	120.00	10.954	
4 hr	240.00	15.492	
8 hr	480.00	21.909	
24 hr	1440.00	37.947	



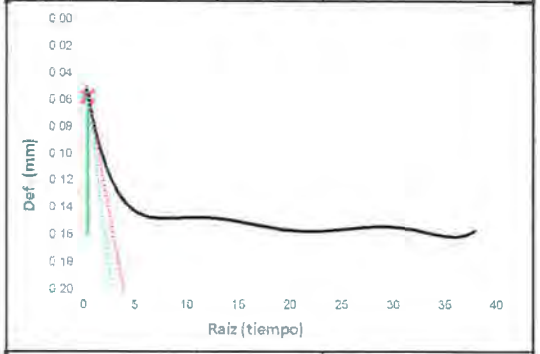
t90 (min) :	0.2
TIEMPO DE CORTE (min) :	2.9
Desplazamiento lateral relativo, mm :	5.0
Velocidad de desplazamiento máximo (mm/min):	1.72414

CONSOLIDACIÓN PRIMARIA PRESIÓN NORMAL 1,0 Kg/cm²

Taylor — **Aplicado**

Casagrande — **No Aplicado**

Tiempo, Seg, mins hr	t (min)	√t	Deformación (mm)
7seg	0.12	0.342	-0.049
15 seg	0.25	0.500	-0.057
30 seg	0.50	0.707	-0.067
1 min	1.00	1.000	-0.077
2 min	2.00	1.414	-0.091
4 min	4.00	2.000	-0.111
8 min	8.00	2.828	-0.129
15 min	15.00	3.873	-0.135
30 min	30.00	5.477	-0.141
1 hr	60.00	7.746	-0.147
2 hr	120.00	10.954	
4 hr	240.00	15.492	
8 hr	480.00	21.909	
24 hr	1440.00	37.947	



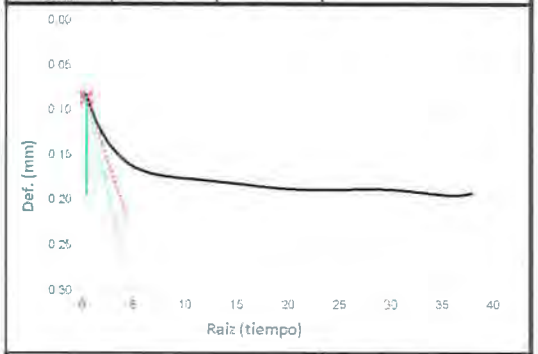
t90 (min)	0.2
TIEMPO DE CORTE (min)	2.9
Desplazamiento lateral relativo, mm :	5.0
Velocidad de desplazamiento máximo (mm/min)	1.72414

CONSOLIDACIÓN PRIMARIA PRESIÓN NORMAL 1,5 Kg/cm²

Taylor — **Aplicado**

Casagrande — **No Aplicado**

Tiempo, Seg, mins hr	t (min)	√t	Deformación (mm)
7seg	0.12	0.342	-0.078
15 seg	0.25	0.500	-0.084
30 seg	0.50	0.707	-0.095
1 min	1.00	1.000	-0.106
2 min	2.00	1.414	-0.119
4 min	4.00	2.000	-0.131
8 min	8.00	2.828	-0.145
15 min	15.00	3.873	-0.155
30 min	30.00	5.477	-0.165
1 hr	60.00	7.746	-0.175
2 hr	120.00	10.954	
4 hr	240.00	15.492	
8 hr	480.00	21.909	
24 hr	1440.00	37.947	



t90 (min)	0.2
TIEMPO DE CORTE (min)	2.9
Desplazamiento lateral relativo, mm :	5.0
Velocidad de desplazamiento máximo (mm/min)	1.72414

Se estima el desplazamiento lateral relativo requerido para llevar el espécimen a la falla. Este desplazamiento depende de muchos factores, incluidos la textura del material, la historia de esfuerzos. En ausencia de experiencia específica sobre las condiciones del ensayo, se recomienda usar, como guía, df = 10 mm (0.5") si el material es un suelo fino normalmente consolidado o ligeramente sobreconsolidado; en los demás casos, se debe usar df = 5 mm (0.2").

REALIZADO POR:	REVISADO POR :	APROBADO POR :
LABORATORIO GEOTECNICO	Ing. VERONIKA Y. ELASQUEZ PAUCAR JEFE DE LABORATORIO	Ing. ANGEL FERNANDO VILAVILA NORIEGA CIP : 93194 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA

Geoincosur Ingenieros Consultora Constructora S.C.R.Ltda

Dirección: Urbanización San Borja Viron Ice Lote G-14, Distrito de Wanchaq - Cusco / Celulares: 974733962 ó 984994719 / email: geoincosurings@gmail.com

Geoincosur Ingenieros Consultora Constructora S.C.R.Ltda	ENSAYO DE CORTE DIRECTO EN CONDICION CONSOLIDADA DRENADA (CD) - DATOS DE LA MUESTRA ASTM D 3080/D3080M	CÓDIGO:	GNCO-0871
		FECHA:	8/08/2025
		REVISIÓN:	V.2.1
		PÁGINA 2 DE 4	

OBRA/PROYECTO:	**MEJORAMIENTO DEL RIESGO GEOLOGICO ORIGINADO POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LA SUBCUENCA DEL RIO PALMA REAL DEL DISTRITO DE ECHARATI PROVINCIA LA CONVENCION DEPARTAMENTO CUSCO - 2025**	**FECHA DE ENSAYO :**	3/11/2025
UBICACIÓN:	SUB CUENCA DE PALMA REAL, DISTRITO DE ECHARATI, PROVINCIA LA CONVENCION, DEPARTAMENTO CUSCO	**SONDEO / CALICATA**	
SOLICITANTE:	BACH. ALVARO VIDAL PALOMINO MENDOZA Y BACH HANS ANDERS MORENO SALAS	**MUESTRA:**	M-2
DESCRIPCIÓN:	GRAVAS MAL GRADADAS ARCILLOSAS	**PROFUNDIDAD (m):**	0.00m - 1.00m

CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO DE CORTE DIRECTO

Nombre/ Marca del Equipo:	PINZUAR	Modelo;	P-S 107	No. Serie:	110

PROPIEDADES DEL SUELO

Clasificación S.U.C.S. :	GP-GC	% Grava :	57.88	Límite Líquido, % :	33.19
Clasificación AASHTO :	A-2-6(0)	% Arena :	36.76	Límite Plástico, % :	21.58
Tamaño máximo, mm		% Finos:	5.36	Índice de Plasticidad, % :	11.61

Tipo de caja de corte:	Circular	**Tipo de Muestra:**	Remoldeado

Descripción	Und	ESPECIMEN No. 01		ESPECIMEN No. 02		ESPECIMEN No. 03	
		Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
DIMENSIONES DEL ESPECIMEN							
Diámetro (D)	cm	5.00	--	5.00	--	5.00	--
Espesor (e)	cm	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60
Area	cm^2	19.65	17.15	19.65	17.15	19.65	17.15
Volumen	cm^3	51.09	44.60	51.09	44.60	51.09	44.60
PESO DEL ESPECIMEN							
Peso húmedo suelo + M.	g	217.97	91.89	217.97	90.81	217.97	91.02
Peso del molde	g	132.60	0.00	132.60	0.00	132.60	0.00
Peso húmedo especimen	g	85.39	91.89	85.39	90.81	85.39	91.02
CONTENIDO DE HUMEDAD							
Peso Suelo húm + recip.	g	133.0	111.6	133.0	110.4	133.0	106.9
Peso Suelo seco + recip.	g	124.1	96.6	124.1	96.1	124.1	92.7
Peso del recipiente	g	32.7	19.7	32.7	19.6	32.7	15.9
Humedad (w)	%	**9.8**	**19.5**	**9.8**	**18.7**	**9.8**	**18.5**
PESO UNITARIO							
Peso Unitario húmedo (γh)	g/cm^3	**1.67**	**2.06**	**1.67**	**2.04**	**1.67**	**2.04**
Peso Unitario seco (γd)	g/cm^3	**1.52**	**1.72**	**1.52**	**1.72**	**1.52**	**1.72**

OBSERVACIONES:

Los resultados presentados corresponden unicamente a la muestra entregada al laboratorio y sometida a ensayo.
Esta muestra no es reproducible ni total ni pacial sin la autorización de *Geoincosur Ingenieros Consultora Constructora S.R.L.*

REALIZADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
Laboratorista	Ing. VERIOSKA VELASQUEZ PAUCAR JEFE DE LABORATORIO	Ing. ANGEL FERNANDO VILAVILA NORJEGA CIP. 93194 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA

Geoincosur Ingenieros
Consultoría Construcción S.C.R Ltda

ENSAYO DE CORTE DIRECTO EN CONDICIÓN CONSOLIDADA DRENADA (CD) - LECTURAS DE ENSAYO

ASTM D 3080/D3080M

CODIGO:	GNCO-0871
FECHA:	8/08/2025
REVISIÓN:	V.2.1
PÁGINA 3 DE 4	

OBRA/PROYECTO:	**MEJORAMIENTO DEL RIESGO GEOLOGICO ORIGINADO POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LA SUBCUENCA DEL RIO PALMA REAL DEL DISTRITO DE ECHARATI PROVINCIA LA CONVENCION DEPARTAMENTO CUSCO - 2025**	**SONDEO / CALICATA**		**FECHA DE ENSAYO :**	3/11/2025
UBICACIÓN:	SUB CUENCA DE PALMA REAL, DISTRITO DE ECHARATI, PROVINCIA LA CONVENCION, DEPARTAMENTO CUSCO	**MUESTRA:**	M-2	**PROFUNDIDAD (m):**	0.00m - 1.00m

ESPECIMEN No. 01 — Esfuerzo Normal: 0.51 kg/cm²

Tiempo	Deformación Horizontal		Deformación Vertical	Carga		Área corregida	Esfuerzo cortante
Hrs./ Min	(mm)	(%)	(mm)	N	kN	cm²	kg/cm²
0 : 0	0.00	0.0	0.000	0.00	0.00	19.65	0.00
0 : 10	0.10	0.2	-0.031	70.20	0.07	19.60	0.37
0 : 20	0.20	0.4	-0.047	82.40	0.08	19.55	0.43
0 : 30	0.40	0.8	-0.077	88.40	0.09	19.45	0.46
0 : 40	0.50	1.0	-0.092	90.20	0.09	19.40	0.47
0 : 50	0.60	1.2	-0.111	90.60	0.09	19.35	0.48
1 : 0	0.70	1.4	-0.123	92.40	0.09	19.30	0.49
1 : 10	0.80	1.6	-0.138	95.80	0.10	19.25	0.51
1 : 20	1.00	2.0	-0.149	98.40	0.10	19.15	0.52
1 : 30	1.10	2.2	-0.155	101.60	0.10	19.10	0.54
1 : 40	1.20	2.4	-0.157	104.20	0.10	19.05	0.56
1 : 50	1.30	2.6	-0.157	106.20	0.11	19.00	0.57
2 : 0	1.40	2.8	-0.158	109.00	0.11	18.95	0.59
2 : 10	1.60	3.2	-0.160	111.80	0.11	18.85	0.60
2 : 20	1.70	3.4	-0.162	114.60	0.11	18.80	0.62
2 : 30	1.80	3.6	-0.162	116.60	0.12	18.75	0.63
2 : 40	1.90	3.8	-0.160	118.20	0.12	18.70	0.64
2 : 50	2.00	4.0	-0.136	119.80	0.12	18.65	0.65
3 : 0	2.20	4.4	-0.127	121.60	0.12	18.55	0.67
3 : 10	2.30	4.6	-0.127	122.80	0.12	18.50	0.68
3 : 20	2.40	4.8	-0.114	118.60	0.12	18.45	0.66
3 : 30	2.50	5.0	-0.117	121.80	0.12	18.40	0.67
3 : 40	2.60	5.2	-0.115	122.80	0.12	18.35	0.68
3 : 50	2.80	5.6	-0.111	125.40	0.13	18.25	0.70
4 : 0	2.90	5.8	-0.108	122.20	0.12	18.20	0.68
4 : 10	3.00	6.0	-0.105	122.80	0.12	18.15	0.69
4 : 20	3.10	6.2	-0.093	122.20	0.12	18.10	0.69
4 : 30	3.20	6.4	-0.093	122.80	0.12	18.05	0.69
4 : 40	3.40	6.8	-0.093	120.20	0.12	17.95	0.68
4 : 50	3.50	7.0	-0.097	119.20	0.12	17.90	0.68
5 : 0	3.60	7.2	-0.097	115.00	0.12	17.85	0.66
5 : 10	3.70	7.4	-0.094	117.60	0.12	17.80	0.67
5 : 20	3.80	7.6	-0.086	117.80	0.12	17.75	0.68
5 : 30	4.00	8.0	-0.081	118.00	0.12	17.65	0.68
5 : 40	4.10	8.2	-0.073	119.00	0.12	17.60	0.69
5 : 50	4.20	8.4	-0.071	119.00	0.12	17.55	0.69
6 : 0	4.30	8.6	-0.073	118.80	0.12	17.50	0.69
6 : 10	4.40	8.8	-0.074	119.60	0.12	17.45	0.70
6 : 20	4.60	9.2	-0.074	121.20	0.12	17.35	0.71
6 : 30	4.70	9.4	-0.081	121.60	0.12	17.30	0.72
6 : 40	4.80	9.6	-0.083	121.20	0.12	17.25	0.72
6 : 50	4.90	9.8	-0.079	121.60	0.12	17.20	0.72
7 : 0	5.00	10.0	-0.080	123.00	0.12	17.15	0.73

ESPECIMEN No. 02 — Esfuerzo Normal: 1.02 kg/cm²

Tiempo	Deformación Horizontal		Deformación Vertical	Carga		Área corregida	Esfuerzo cortante
Hrs./ Min	(mm)	(%)	(mm)	N	kN	cm²	kg/cm²
0 : 0	0.00	0.0	0.000	0.00	0.00	19.65	0.00
0 : 10	0.10	0.2	-0.014	68.20	0.07	19.60	0.35
0 : 20	0.20	0.4	-0.042	80.60	0.08	19.55	0.42
0 : 30	0.40	0.8	-0.073	89.20	0.09	19.45	0.47
0 : 40	0.50	1.0	-0.107	95.00	0.10	19.40	0.50
0 : 50	0.60	1.2	-0.121	99.20	0.10	19.35	0.52
1 : 0	0.70	1.4	-0.135	101.80	0.10	19.30	0.54
1 : 10	0.80	1.6	-0.157	105.80	0.11	19.25	0.56
1 : 20	1.00	2.0	-0.171	110.40	0.11	19.15	0.59
1 : 30	1.10	2.2	-0.180	115.20	0.12	19.10	0.62
1 : 40	1.20	2.4	-0.188	120.40	0.12	19.05	0.64
1 : 50	1.30	2.6	-0.196	124.80	0.12	19.00	0.67
2 : 0	1.40	2.8	-0.208	128.00	0.13	18.95	0.69
2 : 10	1.60	3.2	-0.216	132.00	0.13	18.85	0.71
2 : 20	1.70	3.4	-0.220	135.80	0.14	18.80	0.74
2 : 30	1.80	3.6	-0.230	139.80	0.14	18.75	0.76
2 : 40	1.90	3.8	-0.236	144.20	0.14	18.70	0.79
2 : 50	2.00	4.0	-0.242	137.60	0.14	18.65	0.75
3 : 0	2.20	4.4	-0.248	135.60	0.14	18.55	0.75
3 : 10	2.30	4.6	-0.258	135.60	0.14	18.50	0.75
3 : 20	2.40	4.8	-0.264	135.60	0.14	18.45	0.75
3 : 30	2.50	5.0	-0.268	135.60	0.14	18.40	0.75
3 : 40	2.60	5.2	-0.274	135.20	0.14	18.35	0.75
3 : 50	2.80	5.6	-0.278	134.80	0.13	18.25	0.75
4 : 0	2.90	5.8	-0.284	136.40	0.14	18.20	0.76
4 : 10	3.00	6.0	-0.287	137.40	0.14	18.15	0.77
4 : 20	3.10	6.2	-0.290	138.00	0.14	18.10	0.76
4 : 30	3.20	6.4	-0.291	137.20	0.14	18.05	0.78
4 : 40	3.40	6.8	-0.291	139.60	0.14	17.95	0.79
4 : 50	3.50	7.0	-0.287	140.20	0.14	17.90	0.80
5 : 0	3.60	7.2	-0.285	141.00	0.14	17.85	0.81
5 : 10	3.70	7.4	-0.285	141.60	0.14	17.80	0.81
5 : 20	3.80	7.6	-0.227	142.20	0.14	17.75	0.82
5 : 30	4.00	8.0	-0.272	142.20	0.14	17.65	0.82
5 : 40	4.10	8.2	-0.267	142.80	0.14	17.60	0.83
5 : 50	4.20	8.4	-0.262	140.00	0.14	17.55	0.81
6 : 0	4.30	8.6	-0.257	137.80	0.14	17.50	0.80
6 : 10	4.40	8.8	-0.253	137.60	0.14	17.45	0.80
6 : 20	4.60	9.2	-0.249	137.60	0.14	17.35	0.81
6 : 30	4.70	9.4	-0.244	136.60	0.14	17.30	0.81
6 : 40	4.80	9.6	-0.238	133.60	0.13	17.25	0.79
6 : 50	4.90	9.8	-0.238	133.40	0.13	17.20	0.79
7 : 0	5.00	10.0	-0.222	132.00	0.13	17.15	0.78

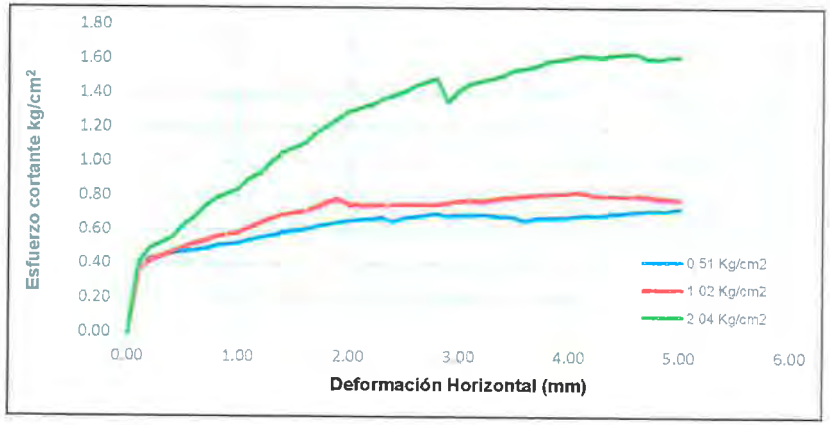
ESPECIMEN No. 03 — Esfuerzo Normal: 2.04 kg/cm²

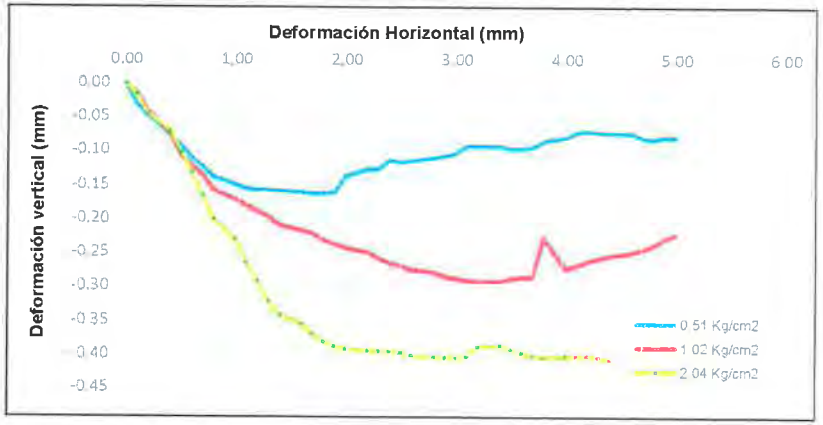
Tiempo	Deformación Horizontal		Deformación Vertical	Carga		Área corregida	Esfuerzo cortante
Hrs./ Min	(mm)	(%)	(mm)	N	kN	cm²	kg/cm²
0 : 0	0.00	0.0	0.000	0.00	0.00	19.65	0.00
0 : 10	0.10	0.2	-0.016	77.80	0.08	19.60	0.40
0 : 20	0.20	0.4	-0.045	93.40	0.09	19.55	0.49
0 : 30	0.40	0.8	-0.070	105.20	0.11	19.45	0.55
0 : 40	0.50	1.0	-0.101	118.60	0.12	19.40	0.62
0 : 50	0.60	1.2	-0.131	127.20	0.13	19.35	0.67
1 : 0	0.70	1.4	-0.164	139.60	0.14	19.30	0.74
1 : 10	0.80	1.6	-0.199	148.60	0.15	19.25	0.79
1 : 20	1.00	2.0	-0.230	157.80	0.16	19.15	0.84
1 : 30	1.10	2.2	-0.265	168.80	0.17	19.10	0.90
1 : 40	1.20	2.4	-0.292	174.40	0.17	19.05	0.93
1 : 50	1.30	2.6	-0.321	185.80	0.19	19.00	1.00
2 : 0	1.40	2.8	-0.341	195.80	0.20	18.95	1.05
2 : 10	1.60	3.2	-0.354	204.20	0.20	18.85	1.10
2 : 20	1.70	3.4	-0.369	214.60	0.21	18.80	1.16
2 : 30	1.80	3.6	-0.380	221.80	0.22	18.75	1.21
2 : 40	1.90	3.8	-0.387	228.80	0.23	18.70	1.25
2 : 50	2.00	4.0	-0.391	236.00	0.24	18.65	1.29
3 : 0	2.20	4.4	-0.394	241.80	0.24	18.55	1.33
3 : 10	2.30	4.6	-0.394	247.80	0.25	18.50	1.37
3 : 20	2.40	4.8	-0.395	250.80	0.25	18.45	1.39
3 : 30	2.50	5.0	-0.397	254.60	0.25	18.40	1.41
3 : 40	2.60	5.2	-0.401	260.20	0.26	18.35	1.45
3 : 50	2.80	5.6	-0.403	266.20	0.27	18.25	1.49
4 : 0	2.90	5.8	-0.404	240.40	0.24	18.20	1.35
4 : 10	3.00	6.0	-0.404	252.20	0.25	18.15	1.42
4 : 20	3.10	6.2	-0.402	258.40	0.26	18.10	1.46
4 : 30	3.20	6.4	-0.387	260.40	0.26	18.05	1.47
4 : 40	3.40	6.8	-0.385	264.60	0.26	17.95	1.50
4 : 50	3.50	7.0	-0.391	270.00	0.27	17.90	1.54
5 : 0	3.60	7.2	-0.396	270.60	0.27	17.85	1.55
5 : 10	3.70	7.4	-0.401	272.40	0.27	17.80	1.56
5 : 20	3.80	7.6	-0.403	276.80	0.28	17.75	1.59
5 : 30	4.00	8.0	-0.402	278.80	0.28	17.65	1.61
5 : 40	4.10	8.2	-0.401	280.80	0.28	17.60	1.63
5 : 50	4.20	8.4	-0.401	279.20	0.28	17.55	1.62
6 : 0	4.30	8.6	-0.403	277.20	0.28	17.50	1.61
6 : 10	4.40	8.8	-0.407	278.40	0.28	17.45	1.63
6 : 20	4.60	9.2	-0.409	278.40	0.28	17.35	1.64
6 : 30	4.70	9.4	-0.410	277.80	0.27	17.30	1.61
6 : 40	4.80	9.6	-0.409	270.80	0.27	17.25	1.60
6 : 50	4.90	9.8	-0.409	272.00	0.27	17.20	1.61
7 : 0	5.00	10.0	-0.409	272.00	0.27	17.15	1.62

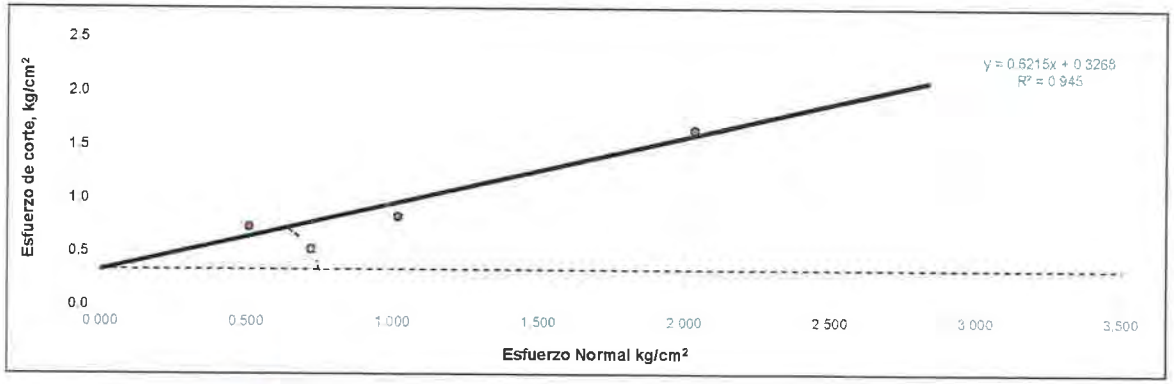
REALIZADO POR:	REVISADO POR :	APROBADO POR :
	Ing. VERIOSKA VELASQUEZ PAUCAR JEFE DE LABORATORIO	Ing. ANGEL FERNANDO VILAVILA NORJEGA CIP 93194 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA

Geoincosur Ingenieros Consultoría Consultora S.C.R.Ltda.	ENSAYO DE CORTE DIRECTO EN CONDICIÓN CONSOLIDADA DRENADA (CD) - ASTM D 3080/D3080M	CÓDIGO	GNCO-0871
		VERSIÓN	8/08/2025
		FECHA	V 2.1
		Página 4 de 4	

NOMBRE CLIENTE :	MEJORAMIENTO DEL RIESGO GEOLOGICO ORIGINADO POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LA SUBCUENCA DEL RIO PALMA REAL DEL DISTRITO DE ECHARATI PROVINCIA LA CONVENCION DEPARTAMENTO CUSCO - 2025	**FECHA DE ENSAYO :**	3/11/2025
OBRA/PROYECTO:	SUB CUENCA DE PALMA REAL, DISTRITO DE ECHARATI, PROVINCIA LA CONVENCION, DEPARTAMENTO CUSCO	**SONDEO No:**	
LOCALIZACIÓN:	BACH. ALVARO VIDAL PALOMINO MENDOZA Y BACH HANS ANDERS MORENO SALAS	**MUESTRA No:**	M-2
DESCRIPCIÓN:	GRAVAS MAL GRADADAS ARCILLOSAS	**PROFUNDIDAD (m):**	0.00m - 1.00m







ESFUERZO NORMAL (kg/cm^2)	RESISTENCIA AL CORTE (kg/cm^2)
0.5	0.731
1.0	0.827
2.0	1.636

COHESIÓN (kg/cm^2)	ANGULO DE FRICCIÓN INTERNA (α)
0.33	31.86 °
	31° 51' 38"

OBSERVACIONES:

Los resultados presentados corresponden unicamente a la muestra entregada al laboratorio y sometida a ensayo.
Esta muestra no es reproducible ni total ni pacial sin la autorizacion de *Geoincosur Ingenieros Consultora Constructora S.R.L.*

REALIZADO POR: LABORATORIO GEOTECNICO	REVISADO POR: Geoincosur Ingenieros Consultora Constructora S.C.R.Ltda.	APROBADO POR: Geoincosur Ingenieros Consultora Constructora S.C.R.Ltda.
Laboratorista	Ing. VERIOSKA VELASQUEZ PAUCAR Jefe de Laboratorio	Ing. ANGEL FERNANDO VILAVILA NORJEGA CIP. 93194 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Especialista en Geotecnia

Dirección: Urbanización San Borja Jiron Ica Lote G-14, Distrito de Wanchaq - Cusco / Celulares: 974733962 ó 984994719 / email: geoincosurings@gmail.com