

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

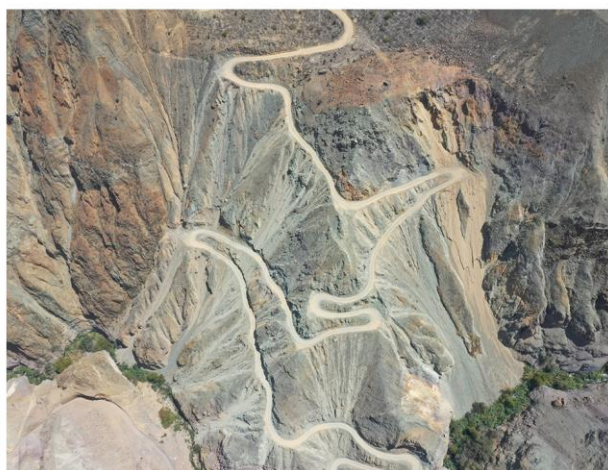
Informe Técnico N° A7628

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR DERRUMBES EN EL SECTOR MUZGA

Departamento: Lima

Provincia: Huaura

Distrito: Paccho



**MAYO
2025**

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR DERRUMBES EN EL SECTOR MUZGA

(Distrito Paccho, Provincia Huaura, Departamento Lima)



Elaborado por la Dirección de
Geología Ambiental y Riesgo
Geológico del INGEMMET

Equipo técnico:

*Wilson Gomez Cahuaya
Mauricio Núñez Peredo
Freddy Córdova Castro*

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2025). Evaluación de peligros geológicos por derrumbes en el sector Muzga. Distrito Paccho, provincia Huaura y departamento Lima. Ingemmet, Informe técnico N° A7628, 40 p.

ÍNDICE

RESUMEN.....	3
1. INTRODUCCIÓN.....	4
1.1. Objetivos del estudio	4
1.2. Antecedentes y trabajos anteriores	4
1.3. Aspectos generales.....	5
1.3.1. Ubicación.....	5
1.3.2. Población.....	7
1.3.3. Accesibilidad.....	8
1.3.4. Clima	8
1.3.5. Sismos.....	9
2. DEFINICIONES	10
3. ASPECTOS GEOLÓGICOS.....	13
2.1. Unidades litoestratigráficas	13
2.1.1. Formación Quilmaná	13
2.1.2. Depósitos cuaternarios	15
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS.....	16
4.1. Pendientes del terreno.....	16
4.2. Unidades geomorfológicas.....	18
4.2.1. Montaña en Roca Volcánica (RM-rv)	18
4.2.2. Vertiente Coluvio-deluvial (V-cd)	19
5. PELIGROS GEOLÓGICOS.....	19
5.1. Movimientos en masa en el sector Muzga.....	20
5.1.1. Deslizamiento antiguo.....	20
5.1.2. Derrumbes	22
5.1.3. Caída de rocas	25
6. CONCLUSIONES.....	28
7. RECOMENDACIONES.....	29
8. BIBLIOGRAFÍA.....	30
ANEXO 1: MAPAS.....	31
ANEXO 2: PROPUESTA DE MEDIDAS CORRECTIVAS.....	35

RESUMEN

El presente informe es el resultado de la evaluación de peligros geológicos asociados a movimientos en masa en el sector Muzga, ubicado en el distrito Paccho, provincia Huaura y departamento Lima. Con este trabajo, el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – Ingemmet, a través de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico cumple con la función de brindar asistencia en materia de peligros geológicos a los tres niveles de gobierno, es decir: local, regional y nacional.

El sector Muzga se localiza dentro de una franja de dirección preferencial NNO-SEE constituida por rocas volcánicas y volcanoclásticas de naturaleza andesítica y dacítica, correspondientes a la Formación Quilmaná. Superficialmente, estas rocas se encuentran muy fracturadas y presentan una moderada a fuerte meteorización.

Los depósitos coluvio-deluviales descansan en contacto discordante sobre la Formación Quilmaná, y están constituidos por acumulaciones de bloques y bolones heterométricos de naturaleza volcánica, diámetro que varían entre 0.15 a 0.6 m, dispuestos aisladamente en una matriz de material incompetente conformado por gravas, arenas y limoarcillas poco cohesivas y que ofrecen baja resistencia a la erosión.

Geomorfológicamente, el sector Muzga se asienta sobre una montaña modelada en roca volcánica, caracterizada por un relieve relativamente escalonado con pendiente fuerte a escarpada que oscila entre 35° a 50°. En sectores específicos, particularmente hacia la cabecera del depósito de un antiguo deslizamiento, presenta una morfología flanqueada de paredes encañonadas con pendientes muy pronunciadas que favorecieron la generación de derrumbes y caída de rocas.

Los peligros geológicos identificados en el sector Muzga, corresponden principalmente a movimientos en masa tipo deslizamiento antiguo y zonas con cinco derrumbes (D1, D2, D3, D4 y D5); que evidencian una intensa actividad geodinámica que afecta negativamente las condiciones estructurales y la estabilidad del terreno en la ladera occidental del cerro Jaracoto, incrementando la susceptibilidad a remoción en masa.

Los derrumbes D1 y D2, se manifiestan con desprendimiento de material que ponen en peligro latente de obstrucción parcial e incluso destrucción total de la trocha carrozable que conduce a la comunidad de Muzga.

De acuerdo a las características geológicas, geomorfológicas y geodinámicas, se considera al sector Muzga como **Peligro Alto** por derrumbes, caída de rocas y deslizamientos.

Finalmente, se brindan las recomendaciones para las autoridades competentes y tomadores de decisiones, diferenciando para zonas como derrumbes; la construcción de canales de drenaje en la cabecera de la superficie de arranque con una sección de material impermeable, con el objetivo de derivar las aguas de escorrentía superficial a otro cauce. Para el deslizamiento, se recomienda implementar un sistema de drenaje a fin de disminuir la saturación del terreno en el cuerpo del deslizamiento antiguo y ante caída de rocas, realizar desquince de rocas sueltas potenciales a caída. Y, por último, reforestación con plantas nativas con raíces densas a fin de contribuir con una mayor resistencia y al suelo. Finalmente, se recomienda realizar el EVAR correspondiente.

1. INTRODUCCIÓN

El Ingemmet, ente técnico-científico que desarrolla a través de los proyectos de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR) la “Asistencia técnica en la evaluación de peligros geológicos a nivel nacional (ACT. 16)”, contribuye de esta forma con entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno mediante el reconocimiento, caracterización y diagnóstico del peligro geológico (movimientos en masa) en zonas que tengan elementos vulnerables.

Atendiendo la solicitud de la Municipalidad Distrital de Paccho según Oficio N°050-2024-ALCG-MDP, es en el marco de nuestras competencias que se realiza la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa y otros peligros geológicos en el sector de Muzga.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designó a los Ingenieros Wilson Gomez Cahuaya, Mauricio Núñez Peredo y al Bach. Freddy Córdova Castro para realizar la evaluación de peligros geológicos respectiva el 02 de octubre del 2024, en el sector antes mencionado, el cual, se realizó en coordinación con las autoridades locales de la comunidad de Muzga.

La evaluación técnica se ejecutó en 03 etapas: i) Pre-campo, con la recopilación de antecedentes de estudios de geología, geodinámica externa y geomorfología por parte del INGEMMET; ii) Campo, el cual consistió en la observación geológica, toma y medición de datos estructural, cartografiado al detalle, recopilación de información y testimonios de población local afectada; iii) etapa final de gabinete donde se realizó el procesamiento digital e interpretación de toda la data extraída en campo, que involucra fotointerpretación cartográfica geológica y geodinámica para la identificación de procesos de movimientos en masa a través de imágenes satelitales que ofrece la plataforma Google Earth y Sentinel 2, elaboración de mapas, figuras temáticas y finalmente redacción del informe final.

1.1. Objetivos del estudio

El presente estudio tiene como objetivos:

- a) Evaluar y caracterizar los peligros geológicos por movimientos en masa en el sector de Muzga del distrito Paccho, provincia Huaura y departamento Lima.
- b) Determinar los factores condicionantes y desencadenantes de la ocurrencia de peligros geológicos.
- c) Proponer medidas de prevención, reducción y mitigación ante peligros geológicos evaluados en la etapa de campo.

1.2. Antecedentes y trabajos anteriores

Existen trabajos previos y publicaciones del Ingemmet, que incluyen sectores aledaños a las zonas de evaluación (informes técnicos) y otros estudios regionales relacionados a la geología y geodinámica externa (boletines), de los cuales destacan los siguientes:

- A) Peligro Geológico en la región Lima INGENMET (Luque et al., 2020). Señala que el sector Muzga presenta susceptibilidad a movimientos en masa con grado alto a muy alto (**Figura 1**).
- B) Boletín N°26 serie A, Carta Geológica Nacional: “Geología de los cuadrángulos de Barranca, Ámbar, Oyón, Huacho, Huaral y Canta (hojas 22-h, 22-i, 22-j, 23-h, 23-i, 23-j)” de Cobbing (1973). Describe, reconoce y correlaciona las principales unidades litoestratigráficas en el borde oeste de la Cordillera del Occidental del centro del Perú a escala 1:100,000.

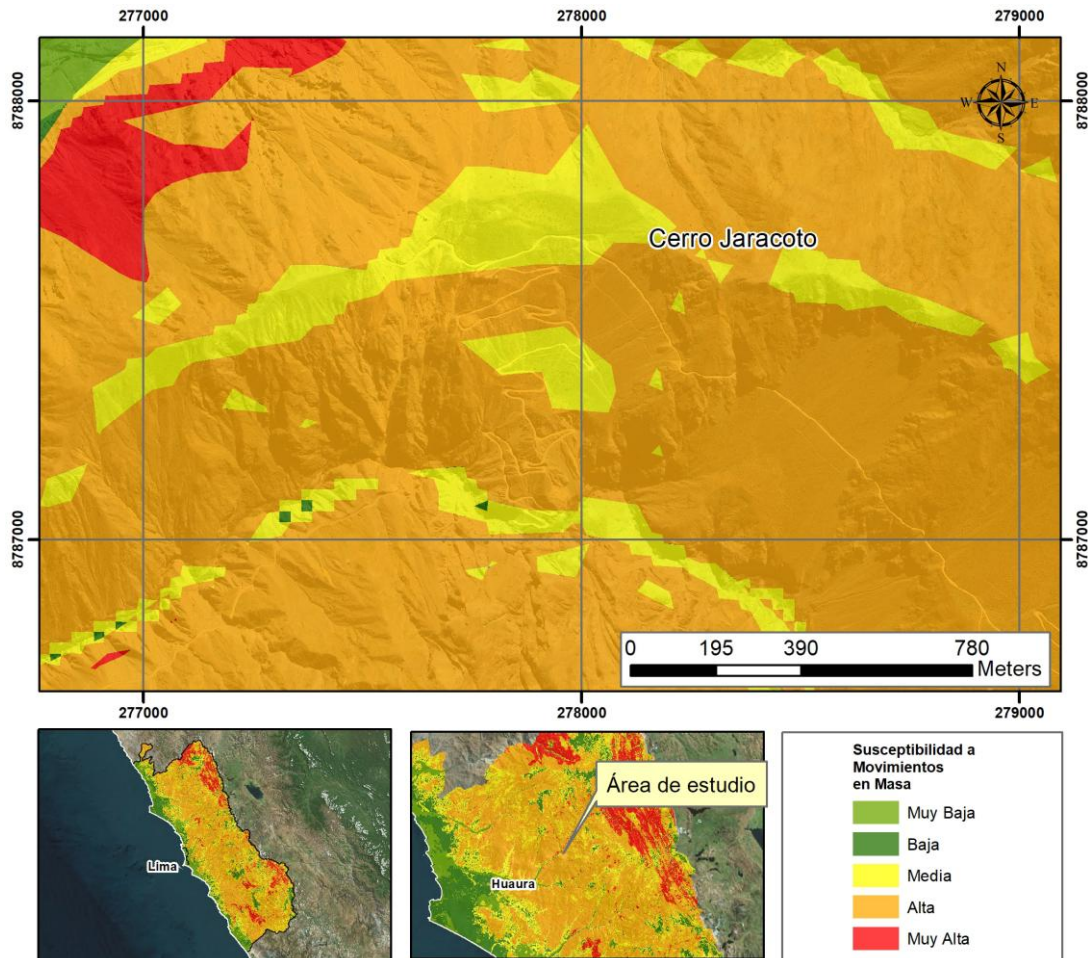


Figura 1. Corte del mapa de susceptibilidad por movimientos en masa de la región Lima para el sector Muzga (valores de susceptibilidad tomados de Luque et al., 2020).

1.3. Aspectos generales

1.3.1. Ubicación

El sector Muzga, políticamente pertenece al distrito Paccho, provincia Huaura y departamento Lima. Morfoestructuralmente, se ubican en el borde oeste de la Cordillera Occidental del Centro del Perú (**Figura 2**).

El sector se enmarca dentro de las siguientes coordenadas UTM (WGS84 – Zona 18S).

Tabla 1. Coordenadas del área de estudio.

N°	UTM - WGS84 - Zona 18L		Geográficas	
	Este	Norte	Longitud	Latitud
1	277931	8787526	-76.02751°	-9.52710°
2	277967	8787253	-75.95593°	-9.52730°
3	277931	8787526	-75.95606°	-9.57581°
4	277967	8787253	-76.02765°	-9.51561°
COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA				
Muzga	277931	8787526	-76.02751°	-9.52710°

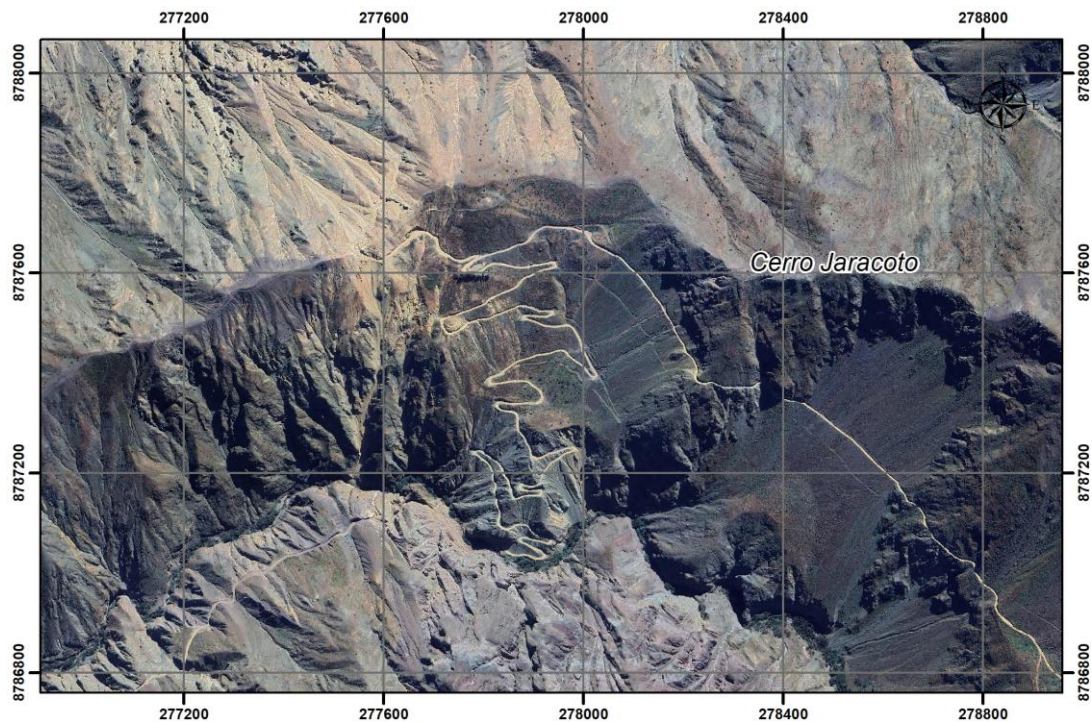


Figura 2. Imagen satelital de Google Earth donde se ubica el sector de Muzga y la carretera que accede al poblado.

1.3.2. Población

Si bien es cierto, no existe población vulnerable asentada al pie del talud, sin embargo, la trocha carrozable que conduce hacia la comunidad de Muzga, es utilizada regularmente por los pobladores, lo que implica un peligro significativo para la vida y la infraestructura en caso de reactivación de movimientos en masa.

Además, de suscitarse un evento que afecte o destruya parte de la única vía carrozable que da acceso a la comunidad de Muzga, este último sufriría un aislamiento temporal de alrededor de 256 habitantes (Según el INEI censo 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas).

Asimismo, en la parte media de la ladera del cerro Jaracoto se ubica una vivienda habitada por una familia de dos integrantes, situación que los coloca en una posición de alta susceptibilidad frente a potenciales eventos de tipo deslizamientos o derrumbes.



Fotografía 1. Vivienda ubicada en la parte media de la ladera del cerro Jaracoto que queda expuesta antes la ocurrencia de movimientos en masa.

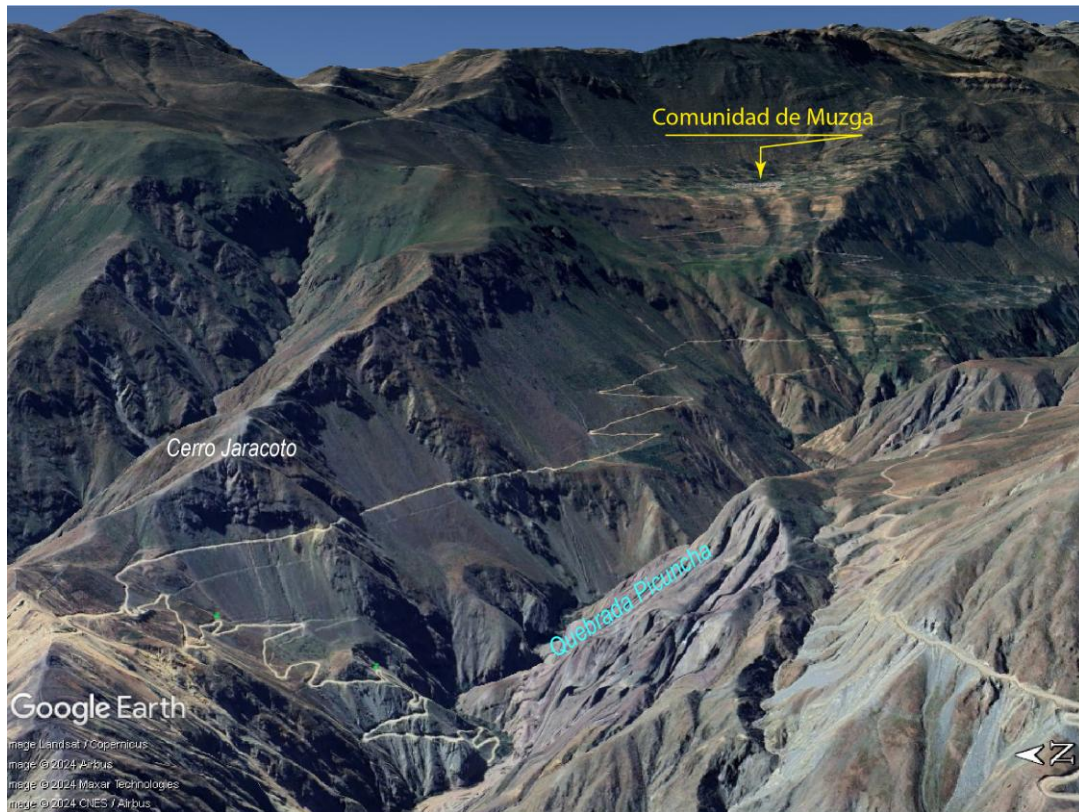


Figura 3. Comunidad de Muzga aislada de ocurrir un evento en la trocha carrozable, única vía de acceso a la comunidad. Imagen satelital en vista tridimensional, tomado de Google Earth.

1.3.3. Accesibilidad

El acceso se realizó por vía terrestre desde la ciudad de Lima, mediante la siguiente ruta (**Tabla 2**).

Tabla 2. Ruta de acceso.

Ruta	Tipo de vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Lima – Huaral	Asfaltada	75	1 horas 40 min
Huaral– Sayán	Asfaltada	60	1 hora
Sayán – Fundo Picunche	Asfaltada	28	30 min
Fundo Picunche – Sector Antacoto y Ucrus (Muzga)	Trocha	3	10 min

1.3.4. Clima

De manera general y de acuerdo a la clasificación climática de Thornthwaite (SENAMHI, 2020), el sector de Muzga presenta un clima árido con deficiencia de humedad en todas las estaciones del año, conocido también como templado. Presenta una altitud promedio de 1700 m.s.n.m. y una temperatura máxima de 19 °C en la zona norte.

Respecto a las precipitaciones pluviales, según la data extraída de datos meteorológicos y pronóstico del tiempo del servicio de aWhere (que analiza datos de 2 millones de estaciones meteorológicas virtuales en todo el mundo, combinándolos con datos ráster y de satélite). Se tiene registro de los años 2022, 2023 y 2024 entre los meses más

lluviosos, es decir, de enero a abril. Los resultados muestran que se tiene anomalías de precipitaciones diarias en los meses de marzo y abril del 2024 con valores de hasta 11.5 mm, fechas en las que se reportaron los eventos en el sector de Muzga.

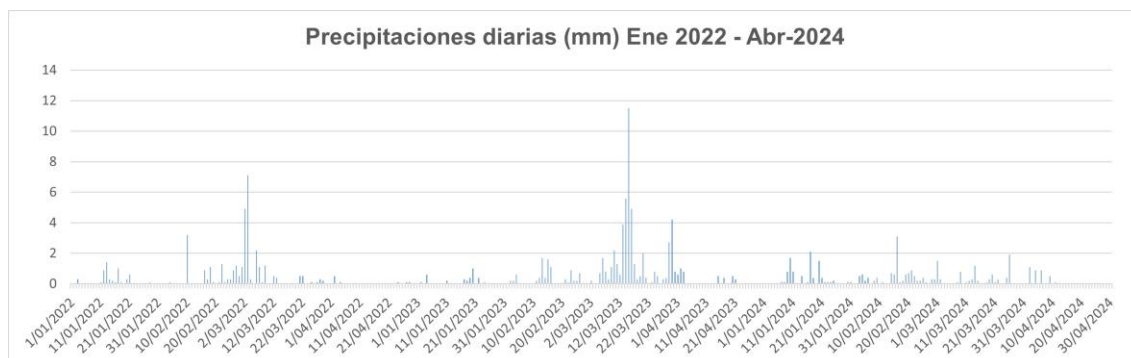


Figura 4. Medidas de precipitación (mm) diaria durante los años 2022 al 2024 en el sector Muzga. Fuente: elaboración propia. Datos a partir de: <https://crop-monitoring.eos.com/weather-history>

1.3.5. Sismos

Según la base de datos del IGP, la distribución espacial de los epicentros de sismos ocurridos entre los años 1960 a junio del 2024 y de la traza de las fallas regionales y locales provenientes de la Carta Geológica Nacional (Geocatmin-Ingemmet), se logra identificar que en esta zona, se presentarían sismos superficiales (menores a 30 km de profundidad) con magnitudes entre 4 y 5, el cual, podrían estar asociados a las fallas regionales de dirección NO-SE, como el Sistema de Fallas Chonta y a las fallas de dirección NE-SO, atribuidas al Sistema de Fallas Ambar y el Sistema de Fallas Lima-Acos (**Tabla 3 y Figura 5**).

Las disparadas sísmicas podrían estar relacionadas a la ocurrencia de movimientos en masa, sobre todo en el sector Muzga que se encuentra entre tres sistemas de fallas como se muestra en la figura 5. Estos movimientos causan inestabilidad en las laderas cubiertas con depósitos cuaternarios, de material semiconsolidado y dispuestos en pendientes fuertes a abruptas (**Figura 5**).

Tabla 3. Sismos según su profundidad.

Tipo	Profundidad (km)
Superficiales	0 a 30
Intermedios	30 a 100
Profundos	> 100

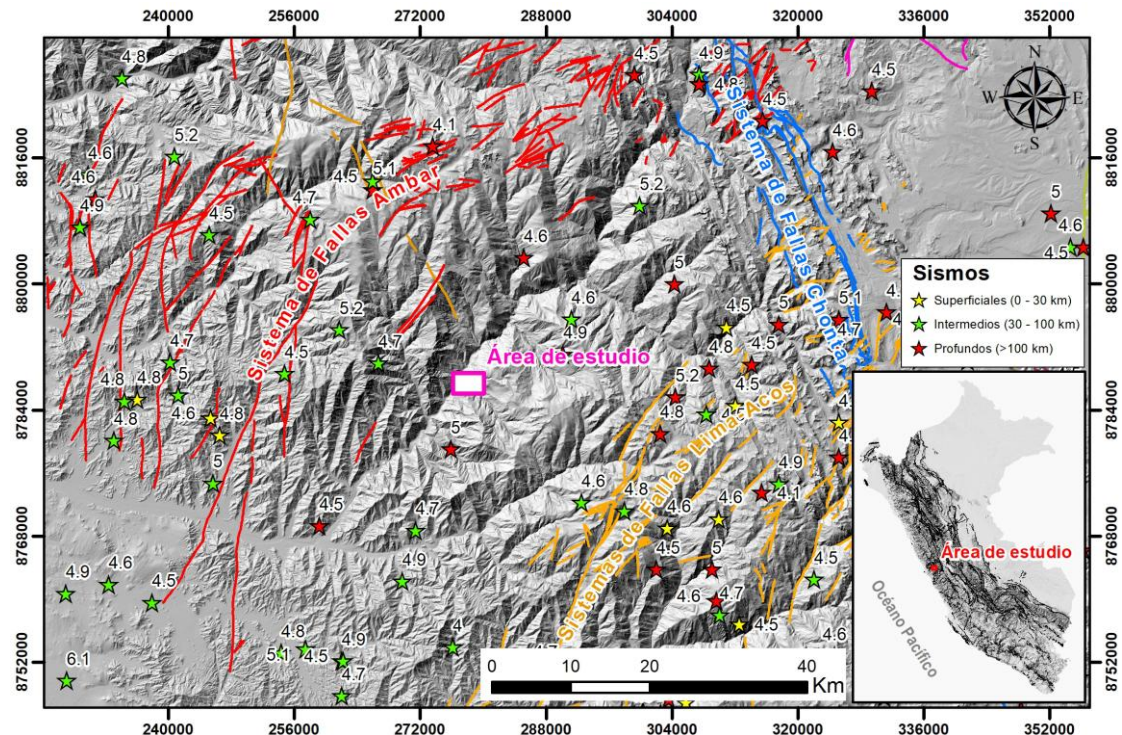


Figura 5. Sismos que podrían estar relacionados a estructuras corticales y Sistema de Fallas (SF) con los movimientos en masa en el sector Muzga. Los datos fueron descargados de la plataforma del IGP (<https://ultimosismo.igp.gob.pe/descargar-datos-sismicos>). Fuente: Elaboración propia.

2. DEFINICIONES

El presente informe técnico está dirigido a entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno, así como personal no especializado, no necesariamente geólogos; en el cual se desarrollan diversas terminologías y definiciones vinculadas a la identificación, tipificación y caracterización de peligros geológicos; es por ese motivo, considerando como base el libro de “Movimientos en masa en la región andina: una guía para la evaluación de amenazas” del Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007), se desarrolla algunas definiciones relevantes en términos sencillos como son:

Actividad. La actividad de un movimiento en masa se refiere a tres aspectos generales del desplazamiento en el tiempo de la masa de material involucrado: el estado, la distribución y el estilo de la actividad. El primero describe la regularidad o irregularidad temporal del desplazamiento; el segundo describe las partes o sectores de la masa que se encuentran en movimiento; y el tercero indica la manera como los diferentes movimientos dentro de la masa contribuyen al movimiento total. El estado de actividad de un movimiento en masa puede ser: activo, reactivado, suspendido, inactivo latente, inactivo abandonado, inactivo estabilizado e inactivo relicto (WP/WLI, 1993).

Activo. Movimiento en masa que actualmente se está moviendo, bien sea de manera continua o intermitente.

Agrietamiento. Formación de grietas causada por esfuerzos de tensión o de compresión sobre masas de suelo o roca, o por desecación de materiales arcillosos.

Caída. Tipo de movimiento en masa en el cual uno o varios bloques de suelo o roca se desprenden de la superficie de un talud, sin que a lo largo de esta superficie ocurra desplazamiento cortante apreciable. Una vez desprendido, el material cae desplazándose principalmente por el aire, pero con algunos golpes, rebotes y rodamiento. Dependiendo del material desprendido se habla de una caída de roca, o una caída de suelo.

Corona. Zona adyacente arriba del escarpe principal de un deslizamiento que prácticamente no ha sufrido desplazamiento de ladera abajo. Sobre ella suelen presentarse algunas grietas paralelas o semi paralelas conocidas como grietas de tensión o de tracción.

Derrumbe. Son desprendimientos de masas de roca, suelo o ambas, a lo largo de superficies irregulares de arranque o desplome como una sola unidad, que involucra desde pocos metros hasta decenas y centenas de metros. Se presentan en laderas de montañas de fuerte pendiente y paredes verticales a subverticales en acantilados de valles encañonados. También se presentan a lo largo de taludes de corte realizados en laderas de montaña de moderada a fuerte pendiente, con afloramientos fracturados y alterados de diferentes tipos de rocas; así como en depósitos poco consolidados.

Deslizamiento. Son movimientos de masas de roca, residuos o tierra, hacia abajo de un talud (Cruden, 1991; Cruden et al., 1996). Los deslizamientos producen cambios en la morfología del terreno, diversos daños ambientales, daños en las obras de infraestructura, destrucción de viviendas, puentes, bloqueo de ríos, etc.

Erosión de laderas. Se manifiesta a manera de láminas, surcos y cárcavas en los terrenos. Un intenso patrón de estos tipos de erosiones se denomina tierras malas. Este proceso comienza con canales muy delgados cuyas dimensiones, a medida que persiste la erosión, pueden variar y aumentar desde estrechas y poco profundas (< 1 m) hasta amplias y de varios metros de profundidad.

Escarpe. Superficie vertical o semi vertical que se forma en macizos rocosos o de depósitos de suelo debido a procesos denudativos (erosión, movimientos en masa, socavación), o a la actividad tectónica. En el caso de deslizamientos se refiere a un rasgo morfométrico de ellos.

Factor condicionante. Se refiere al factor natural o antrópico que condiciona o contribuye a la inestabilidad de una ladera o talud, pero que no constituye el evento detonante del movimiento.

Factor detonante. Acción o evento natural o antrópico, que es la causa directa e inmediata de un movimiento en masa. Entre ellos pueden estar, por ejemplo, los terremotos, la lluvia, la excavación del pie de una ladera, la sobrecarga de una ladera, entre otros.

Fractura. Corresponde a una estructura de discontinuidad menor en la cual hay separación por tensión, pero sin movimiento tangencial entre los cuerpos que se separan.

Inactivo. Estado de actividad de un movimiento en masa en el cual la masa de suelo o roca actualmente no presenta movimiento, o que no presenta evidencias de movimientos en el último ciclo estacional (WP/WLI, 1993).

Inactivo latente. Movimiento en masa actualmente inactivo, pero en donde las causas o factores contribuyentes aún permanecen (WP/WPI, 1993).

Meteorización. Se designa así a todas aquellas alteraciones que modifican las características físicas y químicas de las rocas y suelos. La meteorización puede ser física, química y biológica. Los suelos residuales se forman por la meteorización in situ de las rocas subyacentes.

Movimiento en masa. Son procesos que incluyen todos aquellos movimientos ladera abajo, de una masa de rocas o suelos por efectos de la gravedad. Los tipos más frecuentes son: caídas, deslizamientos, flujos, vuelcos, expansiones laterales, reptación de suelos, entre otros. Existen movimientos extremadamente rápidos (más de 5 m por segundo) como avalanchas y/o deslizamientos, hasta extremadamente lentos (menos de 16 mm por año) a imperceptibles como la reptación de suelos.

Peligros geológicos. Son procesos o fenómenos geológicos que podrían ocasionar la muerte, lesiones u otros impactos a la salud. Daños a la propiedad, pérdida de medios de sustento y servicios, trastornos sociales y económicos o daños materiales. Pueden originarse al interior (endógenos) o en la superficie de la tierra (exógenos). Al grupo de endógenos pertenecen los terremotos, tsunamis, actividad y emisiones volcánicas; en los exógenos se agrupan los movimientos en masa (deslizamientos, aludes, desprendimientos de rocas, derrumbes, avalanchas, aluviones, huaicos, flujos de lodo, hundimientos, entre otros), erosión e inundaciones.

Susceptibilidad. Está definida como la propensión o tendencia de una zona a ser afectada o hallarse bajo la influencia de un proceso de movimientos en masa determinado.

Talud. Superficie artificial inclinada de un terreno que se forma al cortar una ladera, o al construir obras como por ejemplo un terraplén.

3. ASPECTOS GEOLÓGICOS

A partir del análisis geológico, el sector Muzga se localiza en una franja de dirección NO-SE constituida por rocas volcánicas y volcanoclásticas, atribuidas a la Formación Quilmaná perteneciente al Grupo Casma del Cretácico inferior-superior. Por otro lado, las unidades del Cuaternario están representadas por los Depósitos Coluvio-deluviales, que descansan discordantemente sobre la Formación Quilmaná (**Figura 6**).

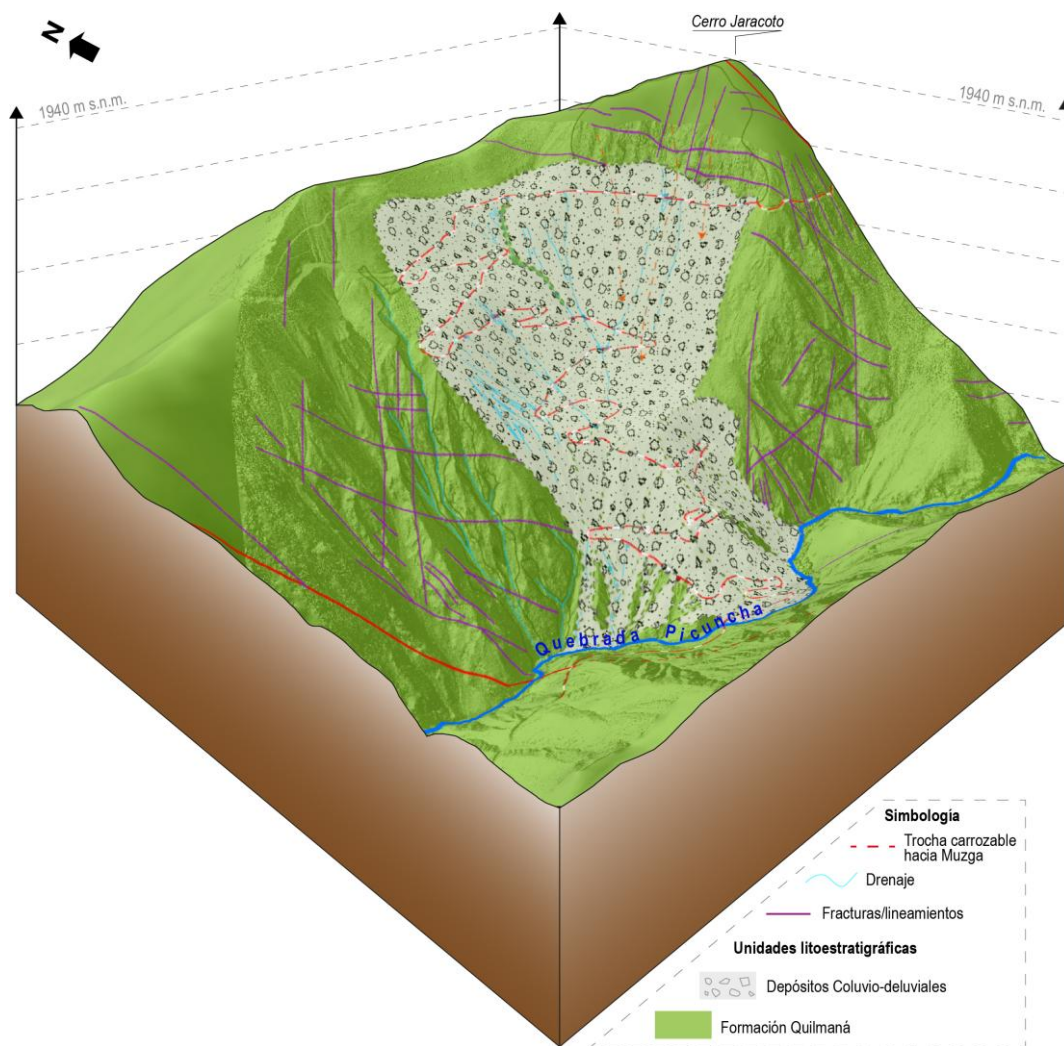


Figura 6. Block diagrama tridimensional donde se muestra las unidades litoestratigráficas que afloran en el sector Muzga. Nótese, el nivel de fracturamiento del macizo rocoso atribuido a la Formación Quilmaná, particularmente en los alrededores del cerro Jaracoto que se relaciona a procesos de caída de rocas.

2.1. Unidades litoestratigráficas

Las unidades litoestratigráficas están representadas por la Formación Quilmaná del Grupo Casma, cubiertos por Depósitos coluvio-deluviales que se describen a continuación:

2.1.1. Formación Quilmaná

Esta unidad geológica representa el substrato rocoso de la zona de estudio, conformado por una secuencia compuesta de rocas volcánicas y volcanoclásticas, las cuales afloran

ampliamente a lo largo de la ladera oeste del cerro Jaracoto. Estas rocas se presentan en estructuras masivas a ligeramente estratificadas.

En la ladera media del cerro Jaracoto, se observa un macizo rocoso compuesto de lavas andesíticas de color gris negras con tonalidades verdosas de textura afanítica a porfírica en estratos potentes que van de 0.5 a 1.5 m de espesor. Este macizo de encuentra muy fracturado, identificándose hasta 5 sistemas de discontinuidades y a su vez presenta superficialmente una moderada meteorización (**Figura 7**).



Figura 7. Afloramiento de lavas andesíticas de color gris oscuro muy fracturadas y moderadamente meteorizadas, atribuidas a la Formación Quilmaná situadas al sur del cerro Jaracoto (E: 278377, N: 8787365). Vista mirando al noreste.

Por otra parte, aproximadamente 100 metros más hacia el oeste del punto descrito anteriormente, se observa un macizo rocoso en estructura triturada con evidencias de estructura cataclástica, muy posiblemente afectado por una falla geológica que atraviesa el cerro Jaracoto (**Figura 6**). Este macizo rocoso presenta características físicas de muy fracturado y fuertemente meteorizado. No se logra distinguir los estratos y las fracturas representativas. Asimismo, estas rocas se extienden hacia la zona donde se han registrado deslizamientos antiguos, lo que sugiere una posible influencia en la estabilidad del terreno (**Fotografía 3**).



Fotografía 2. Macizo rocoso ubicado en la ladera media superior del cerro Jaracoto, se observa en estructura masiva con aspecto triturado y fragmentado con una superficie fuertemente meteorizada (E: 278232, N: 8787382). Vista mirando al norte.

2.1.2. Depósitos cuaternarios

a. Depósitos coluvio-deluviales (Q-cd)

Estos depósitos se alojan en la parte baja de la ladera del cerro Jaracoto. Se trata de secuencias acumuladas de manera sucesiva y alternada de materiales de origen coluvial combinados con la dinámica deluvial. Estos depósitos están conformados por fragmentos heterométricos de formas subangulosas y subredondeadas constituidos principalmente de rocas andesitas y brechas andesíticas dispuestos de manera disarmónica y caótica envueltos en una matriz limo-arenosa.

Desde el punto de vista geotécnico, estos depósitos presentan una estructura poco consolidada, con una alta porosidad y permeabilidad variable, lo que favorece la infiltración de agua y reduce su estabilidad, asociándose con una alta susceptibilidad a los movimientos en masa y deformaciones diferenciales en la ladera del cerro Jaracoto.



Fotografía 3. Afloramiento de los depósitos coluvio-deluviales en la margen izquierda de la trocha carrozable que se dirige hacia la comunidad de Muzga (E: 277909, N: 8787685). Vista mirando al norte.

4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

4.1. Pendientes del terreno

El análisis de la pendiente del terreno es un parámetro importante en la evaluación de procesos por movimientos en masa, ya que actúa como factor condicionante y dinámico en la propagación de las mismas.

Se consideraron seis rangos de pendientes que van de 0°-1° considerados terrenos llanos; 1°a 5° terrenos inclinados con pendiente suave; 5°a 15° pendiente moderada; 15°a 25° pendiente fuerte; 25°a 45° pendiente muy fuerte a escarpado; finalmente, mayor a 45° terreno como muy escarpado.

Para el sector de Muzga se elaboró un mapa de pendientes a partir de un modelo de elevación digital (DEM) de resolución 5.8 cm del dron (**Figura 8**).

En tanto, la zona de estudio presenta un relieve accidentado con pendientes que van de 5° a mayores de 45° de inclinación. Los principales eventos de movimientos en masa ocurrieron en zonas de pendientes fuertes a abruptas (**Figura 8**).

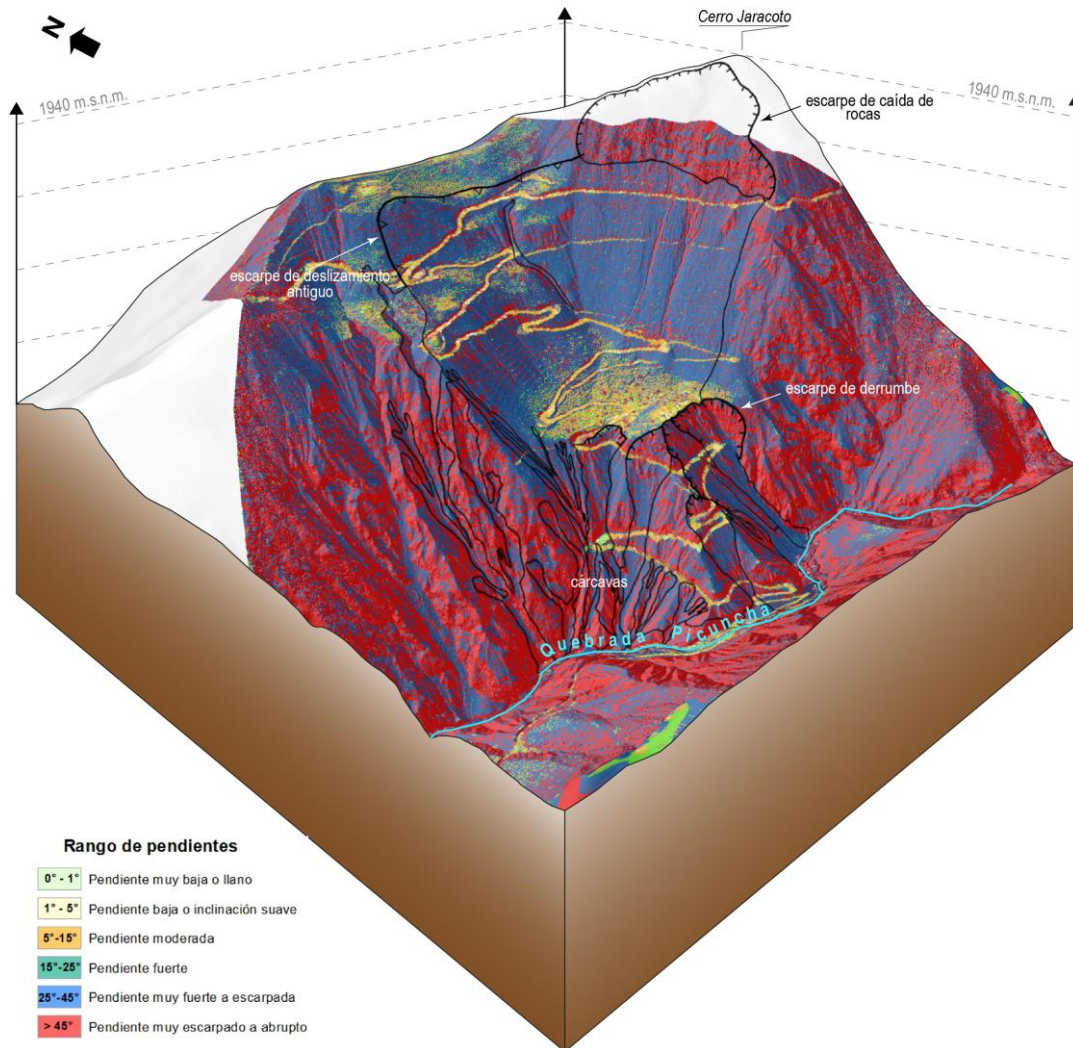


Figura 8. Bloque diagrama tridimensional donde se muestra el rango de pendientes en el sector Muzga, generado a partir de un DEM de 0.5 cm de resolución, proveniente de un levantamiento fotogramétrico con dron. Nótese, el cambio brusco de pendiente entre la quebrada Picuncha y el cerro Jaracoto, relacionado con el desarrollo de los movimientos en masa en la ladera occidental.



Fotografía 4. Pendientes fuertes a abruptas en la ladera media superior del cerro Jaracoto en el sector Muzga. Nótese la pendiente del escarpe de un deslizamiento antiguo. Vista mirando al sureste.

4.2. Unidades geomorfológicas

Las geoformas presentes en el área de estudio, comprenden unidades de relieves montañosos, emplazadas en rocas sedimentarias, que conforman ambientes propios de las zonas altitudinales que han sido modelados por la dinámica de los procesos exógenos, en la que se agrupan geoformas de carácter degradacional y agradacional. En el área de estudio se ha identificado y agrupado una unidad carácter degradacional, es decir, montaña en roca volcánica. Agradacional, vertiente coluvial-deluvial.

4.2.1. Montaña en Roca Volcánica (RM-rv)

Geoforma ocupada por el sector Muzga en el cerro Jaracoto. Se extiende a lo largo de una franja de dirección andina NNO-SSE. Esta unidad está conformada por rocas volcánicas de la Formación Quilmaná. Sus cimas se caracterizan por presentar un relieve accidentado con pendientes escarpadas, el cual se encuentra disectado transversalmente por la quebrada Picuncha, formando en algunos casos paredes subverticales, el cual propiciaron los movimientos en masa, es decir, deslizamientos, caída de rocas y derrumbes (**Figura 9**).



Figura 9. Unidades geomorfológicas resultado de la actividad geológica y geodinámica pasada en la ladera occidental del cerro Jaracoto del sector Muzga. Montaña en roca volcánica y Vertiente coluvio-deluvial. Vista mirando al noreste.

4.2.2. Vertiente Coluvio-deluvial (V-cd)

Estas geoformas se emplazan en la parte media y baja de la ladera norte del cerro Jaracoto que da hacia la quebrada Picuncha. Están conformadas por depósitos de antiguos deslizamientos y derrumbes que ocurrieron en el pasado en el sector Muzga. Se trata de secuencias inconsolidadas de material de origen coluvial y deluvial alojadas en pendientes escarpadas. Los principales eventos que se reactivaron en esta unidad fueron derrumbes (**Figura 9**).

5. PELIGROS GEOLÓGICOS

En el área estudiada se identificaron y cartografiaron varios procesos de movimientos en masa, lo que configuran como peligros geológicos según la clasificación sugerida por el “Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas, 2007”.

En el presente informe, se describen los principales peligros geológicos en el sector Muzga, entre los parajes Antacoto y Ucrus, ambas localizadas en el trayecto de la trocha carrozable Fundo Picunche-Muzga.

En la zona de inspección se identificaron eventos de movimientos en masa denominados como derrumbes, caída de rocas, deslizamiento antiguos y erosión de ladera tipo cárcava y surcos (**Figura 10**).

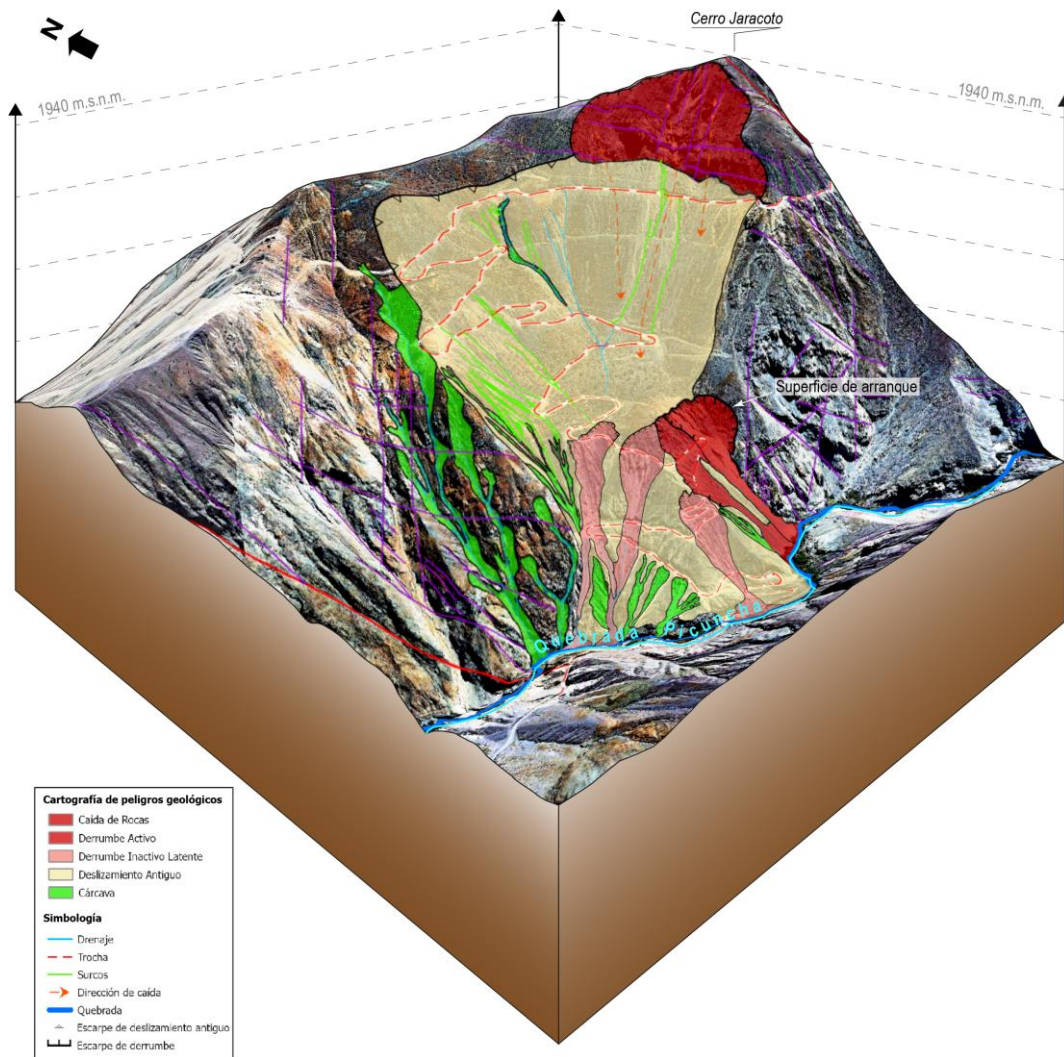


Figura 10. Cartografía de peligros geológicos identificados en el sector Muzga. Las líneas en color morado representan las fracturas que afectan al macizo rocoso, mientras que, las líneas rojas a las fallas y zonas de mayor debilidad.

5.1. Movimientos en masa en el sector Muzga

La caracterización de estos eventos suscitados en este sector, se realizó en base a la información obtenida durante los trabajos de campo, donde se identificaron y registraron los tipos de movimientos en masa a través del cartografiado geológico y geodinámico, basado en la observación y descripción morfométrica in situ; de igual modo se tomó datos GPS, fotografías panorámicas aéreas con dron y convencionales a nivel de terreno, que fue complementada con el análisis de imágenes satelitales de Google Earth, y Sentinel 2 de 10m de resolución.

5.1.1. Deslizamiento antiguo

Son procesos de movimientos en masa que se desconoce la cronología del evento, sin embargo, según los rasgos geológico-estructurales y geoformas del terreno expresadas en superficie, hacen suponer tentativamente que ocurrieron en una escala de cientos a miles de años antes del presente. Asimismo, sus depósitos heredados conforman zonas de inestabilidad en la que actualmente se emplazan y ocurren los derrumbes.

En la ladera oeste del cerro Jaracoto, se instaló un deslizamiento que involucró gran volumen de material rocoso constituido de rocas volcánicas y volcanoclásticas de la Formación Quilmaná (Grupo Casma), que previamente fueron afectados por la actividad tectónica y geodinámica externa que dieron lugar al diaclasamiento y fracturamiento intenso y meteorización de sus estratos que buzan hacia el este (**Figura 10**).

Según la geometría del deslizamiento, sugiere un mecanismo de movimiento tipo rotacional, evidenciado por las características morfológicas y morfométricas del material desplazado, el cual presenta una configuración circular elongada en su trayectoria ladera abajo (**Figuras 10 y 11**).

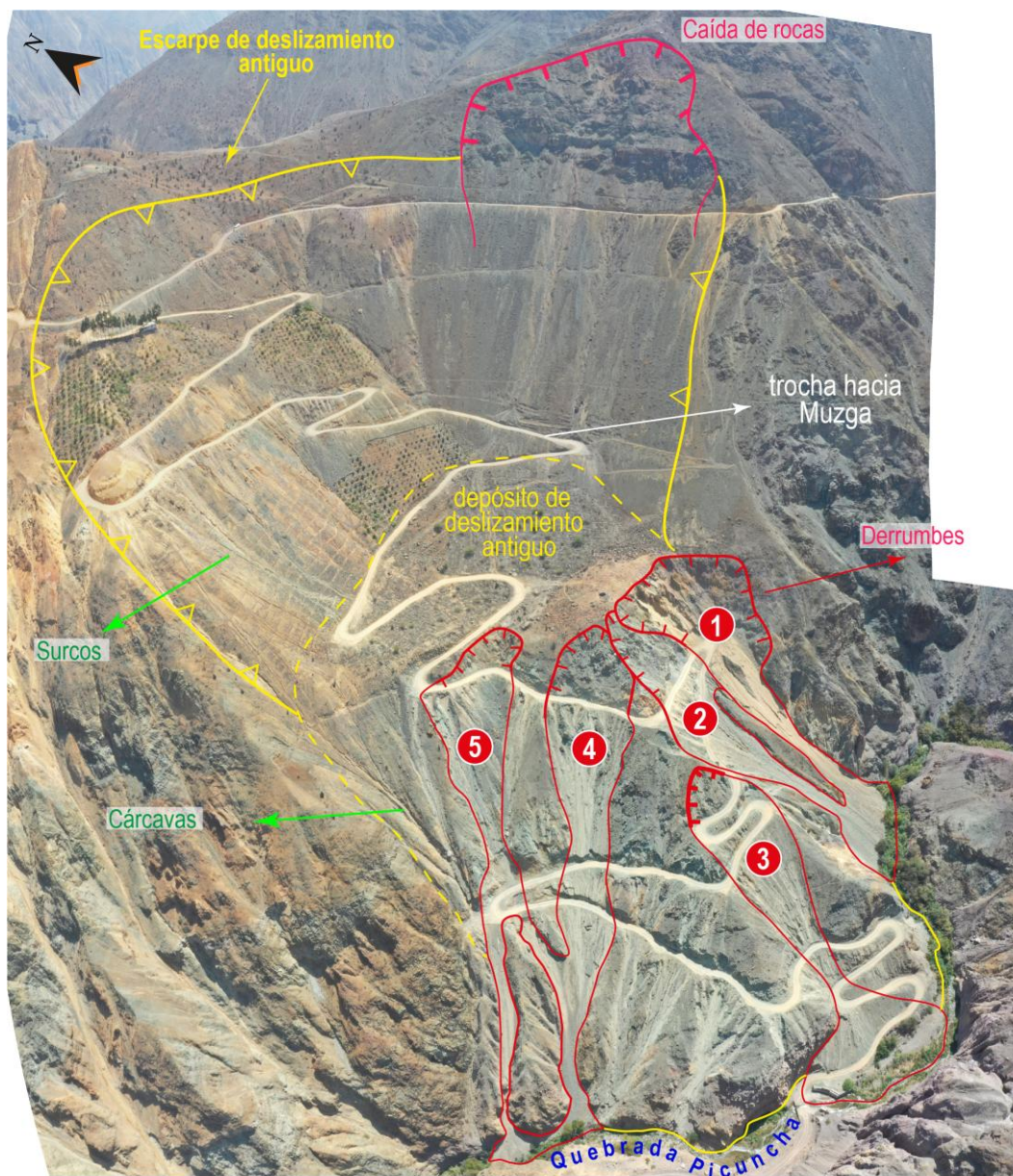


Figura 11. Movimientos en masa en el sector Muzga. Deslizamiento antiguo, derrumbes, caída de rocas instalado en la ladera oeste del cerro Jaracoto. Imagen panorámica tomada con dron. Vista mirando al noreste.

La cicatriz de su escarpe presenta forma semicircular e irregular de manera continua, dándole un aspecto rugoso que se distingue en la ladera media cerca de la cresta del cerro Jaracoto y que a su vez dejó un desnivel de ~250 m (**Figura 11**).

Este deslizamiento antiguo originó cambios geomorfológicos en la ladera, dejando una zona de depresión con morfología y estructura tipo subsidencia que se deslizó al oeste del cerro Jaracoto. El depósito de este evento dejó una estructura tipo meseta con un frente de talud subvertical, en la que actualmente presentan reactivaciones a manera de derrumbes que van desprendiéndose periódicamente ladera abajo (**Figuras 11 y 12**).



Figura 12. Zona de depresión con estructura de subsidencia del deslizamiento que ocasionó cambios morfológicos en la ladera occidental del cerro Jaracoto. Vista panorámica mirando al oeste.

5.1.2. Derrumbes

En la cresta del depósito del deslizamiento antiguo que da hacia la vertiente de la quebrada Picuncha, presenta una pendiente muy escarpada superior a los 45° de inclinación, aquí se puede evidenciar superficies de ruptura que reflejan zonas de arranque de material que afectaron el depósito del deslizamiento antiguo (**Figuras 10 y 11**).

Se ha identificado cinco derrumbes, de los cuales dos de ellos se encuentran en estado activo, mientras que los tres restantes presentan condiciones inactivo latentes, con alto potencial de reactivación, especialmente durante periodos de precipitaciones anómalas. Estas condiciones de terreno, representan zonas de inestabilidad del talud y de la ladera baja del cerro Jaracoto (**Figura 11**).

Los derrumbes de carácter más crítico se alojan en la parte oriental del depósito antiguo, el **D1** tiene una superficie de arranque de 216 m de longitud con una geometría que compromete un área de 0.74 ha, el último verano del 2023 tubo reactivaciones a manera de desprendimiento que removilizó material coluvio-deluvial desembocándolo en dirección de la quebrada Picuncha. Como consecuencia de este evento, la trocha carrozable de acceso a la comunidad de Muzga se vio parcialmente afectada (**Figura 11**).

El **D2** tiene una superficie de arranque de 160 m de longitud y compromete un área de 0.76 ha, presenta una geometría semicircular muy elongada con 200 m largo y un ancho que varía de 15 a 65 m, este evento compromete en total 138 m de vía carrozable.

Los **D3, D4 y D5** son derrumbes con actividad inactivo latente, sin embargo, podrían reactivarse considerablemente debido a precipitaciones anómalas y prolongadas y ante sismos. Estos eventos remobilizan material semiconsolidado de depósitos coluvio-deluviales de un antiguo deslizamiento. Asimismo, comprometen vía carrozable que da acceso a la comunidad de Muzga.



Figura 13. Superficie de ruptura y zona de arranque de derrumbe (D1) en estado activo que afecta parte del depósito de un antiguo deslizamiento. Vista mirando al este.



Figura 14. Derrumbe (D1) que se activó el 22 de abril del 2023. Este evento afectó la carretera que da acceso a la comunidad de Muzga.

5.1.2.1. Factores condicionantes

Los factores condicionantes que están relacionados a los procesos de movimientos en masa, tipo derrumbes y deslizamientos; se describen en la siguiente tabla.

Tabla 7. Factores condicionantes de los procesos de movimientos en masa.

Factores	Características asociadas
Litológico	- Depósitos inconsolidados poco cohesivos con una baja resistencia a la erosión compuestos de material coluvio-deluvial procedente de un antiguo deslizamiento. - Los bloques heterométricos dispuestos en una matriz inconsolidada de material areno arcilloso que están sometidas a intensas precipitaciones hacen que pierdan cohesión dando lugar a desprendimientos y derrumbes de rocas y detritos ladera abajo.
Geomorfológicos	El deslizamiento antiguo dejó un depósito en la parte baja de ladera del cerro Jaracoto, que presenta geoformas en estructura tipo meseta con paredes encañonadas y con pendientes escarpados superiores a 45°. Estas zonas constituyen fuentes activas y potenciales a desprendimientos de bloques rocosos y material inestable.

5.1.2.2. Factores desencadenantes

Los principales factores desencadenantes que están asociadas a la ocurrencia de movimientos en masa se detallan a continuación.

Tabla 8. Factores desencadenantes por movimientos en masa.

Factores	Características asociadas
Precipitaciones	Intensas precipitaciones pluviales y/o excepcionales prolongadas, principalmente entre los meses de diciembre a abril de cada año, en especial ocurridos en marzo del 2023, donde se observa valores superiores a 10 mm (ver figura 4).
Sismos	Ocurrencia de sismos superficiales con magnitudes entre 4 a 5, que podrían estar relacionados a los sistemas de fallas 4 y 5, el cual, podrían estar asociados a las fallas regionales de dirección NO-SE, como el Sistema de Fallas Chonta y a las fallas de dirección NE-SO, así como el Sistema de Fallas Ambar y el Sistema de Fallas Lima-Acos (ver figura 5). Estas características conducen a la inestabilidad de laderas y con depósitos coluvio-deluviales acumulados sobre pendientes muy pronunciadas,
Hidrológicos	Aguas de escorrentía superficial que discurren sobre las cárcavas y surcos que sobresaturan el depósito semiconsolidado de material coluvio-deluvial proveniente de un antiguo deslizamiento.
Antrópicos	- Cortes y ensanchamiento de trocha que remueven material y desestabiliza la base en la que está asentada el depósito antiguo. - Captación y almacenamiento de agua en reservorios rústicos pobremente revestidos que ocasion sobresaturación del suelo. - Riego inadecuado implementado con mangueras en mal estado causan filtración de agua hacia la ladera inestable, tal como se muestra en la figura 15.



Figura 15. A), B) y C) Puntos de captación y almacenamiento de agua en cubetas de concreto pobremente revestido, en donde se observa filtraciones y fugas de agua hacia la ladera inestable. D) Mangueras de PVC en mal estado que son usadas para riego de cultivos de árboles.

5.1.3. Caída de rocas

Se localiza inmediatamente encima de la trocha carrozable a la comunidad de Muzga, que conforma la ladera y cresta del cerro Jaracoto. La fuente de bloques propensos a caída tiene una geometría semicircular con un escarpe de 495 m de longitud y compromete un área de 2.7 ha de macizo (**Figura 15**).

Este sector presenta pendientes fuertes a escarpados con un talud natural muy inestable, los estratos subhorizontales de las rocas volcánicas se inclinan en contra de la pendiente y muestran un aspecto rugoso que evidencian un intenso fracturamiento posiblemente asociado a una falla que se localiza a pocos metros al sureste (**Figura 15**).

Este conjunto de discontinuidades, han dado lugar a la formación de bloques sueltos e inestables que sobresalen al relieve abrupto y quedan propensos a caída. Las evidencias de estos procesos se dejan ver ladera abajo, justo en la cresta del depósito del deslizamiento antiguo. Se trata de bloques caídos que van de 0.3 a 0.6 m de diámetro, aunque también se observa un megabloque de 3.5 m de diámetro. Esto representa un peligro latente para los pobladores ladera abajo y para los transeúntes que usan la vía de acceso (**Figura 16**).



Figura 16. A) Al fondo se observa la fuente de rocas propensas a caída en la parte alta del cerro Jaracoto. B) Las evidencias de bloques caídos se aprecian ladera abajo, justo en la cresta del depósito de un deslizamiento antiguo.



Figura 17. Evidencia de megabloque de 3.5 de diámetro desprendido de la parte alta del cerro Jaracoto que ponen en peligro la vida de los poblados que se trasladan hacia la comunidad Muzga.

6. CONCLUSIONES

En base al análisis de información geológica, geomorfológica de la zona de estudio, así como a los trabajos de campo, y la evaluación de peligros geológicos, emitimos las siguientes conclusiones.

- 1) El sector Muzga, regionalmente se localiza dentro de una franja de dirección preferencial NNO-SEE constituida por rocas volcánicas y volcanoclásticas de naturaleza andesítica y dacítica, atribuidas a la Formación Quilmaná. Superficialmente, estas rocas se encuentran muy fracturadas y presentan una moderada a fuerte meteorización.
- 2) Los depósitos coluvio-deluviales, comprenden acumulaciones de bloques y bolones heterométricos de naturaleza volcánica, con diámetros que varían entre 0.15 a 0.6 m, dispuestos aisladamente en una matriz de material incompetente conformado por gravas, arenas y limoarcillas poco cohesivas que ofrecen baja resistencia a la erosión.
- 3) Geomorfológicamente, el sector Muzga se emplaza sobre una montaña modelada en roca volcánica, caracterizada por un relieve relativamente escalonado con pendientes fuertes a escarpadas que oscilan entre 35° a 50°. En sectores específicos, hacia la cabecera del depósito de un antiguo deslizamiento, presenta una morfología con paredes encañonadas con pendientes muy pronunciadas que favorecieron la generación de derrumbes y caída de rocas.
- 4) Los peligros geológicos identificados en el sector Muzga, corresponden principalmente a movimientos en masa tipo deslizamiento (antiguo) y zonas con cinco derrumbes (D1, D2, D3, D4 y D5), que condicionan y determinan una intensa actividad geodinámica en la ladera oeste del cerro Jaracoto.
- 5) Los derrumbes D1 y D2 se manifiestan con desprendimiento de material que compromete negativamente la estabilidad de la ladera y pone en peligro latente de obstrucción e incluso destrucción total de la trocha carrozable que conecta con la comunidad de Muzga.
- 6) De acuerdo con las características geológicas, geomorfológica y geodinámicas, se considera al sector Muzga como **Peligro Alto** ante la ocurrencia de derrumbes, caída de rocas y deslizamientos.

7. RECOMENDACIONES

A continuación, se brindan recomendaciones con la finalidad de mitigar el impacto de los peligros geológicos identificados en el sector Muzga. En tanto, la implementación de estas mismas permitirá darle mayor seguridad a la población e infraestructura y medios de vida expuesta.

Transversales a autoridades y población

- 1) Incluir la información de peligros geológicos identificados por el Ingemmet en los planes específicos de la Gestión del Riesgo de Desastres de la Municipalidad Distrital de Paccho.
- 2) Implementar Sistemas de Alerta Temprana-SAT en coordinación con el INDECI, para la inmediata información de ocurrencia de peligros geológicos en el sector Muzga.
- 3) Elaborar evaluaciones de riesgo (EVAR) con el fin de determinar las medidas de control de riesgo definitivas frente a los peligros geológicos.

Ante derrumbes

- a) Construir canales de drenaje en la cabecera de la superficie de arranque con una sección de material impermeable (geomembranas o arcillas), con el objetivo de derivar las aguas de escorrentía superficial a otro cauce.
- b) Realizar la estabilización de taludes a través de la reforestación con plantas nativas y raíces densas a fin de contribuir con una mayor resistencia y cohesión a los suelos incompetentes.
- c) Estudios geotécnicos y estabilidad de taludes antes de realizar cortes de carretera al pie de una ladera con pendiente muy pronunciada.

Ante deslizamientos

- a) Implementar un sistema de drenaje a fin de disminuir la saturación del terreno en el cuerpo del deslizamiento antiguo y alrededores.
- b) Construir zanjas de drenaje/coronación con una sección de concreto armado u otro material impermeable (como geomembranas o arcillas), a fin de evitar filtraciones, además de continuos trabajos de mantenimiento de estos.

Ante caída de rocas

- a) Dadas las condiciones del terreno, realizar desquinche de rocas sueltas potenciales a caída y considerar la instalación de mallas ancladas y red de anillos. Estas acciones deben ser ejecutados por profesionales entendidos en la materia.

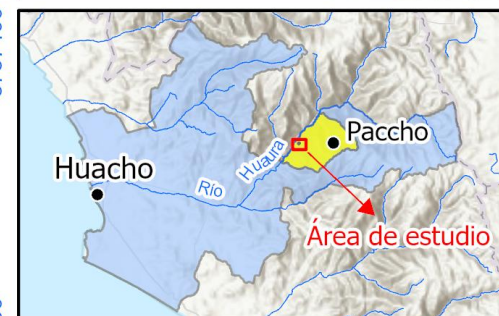
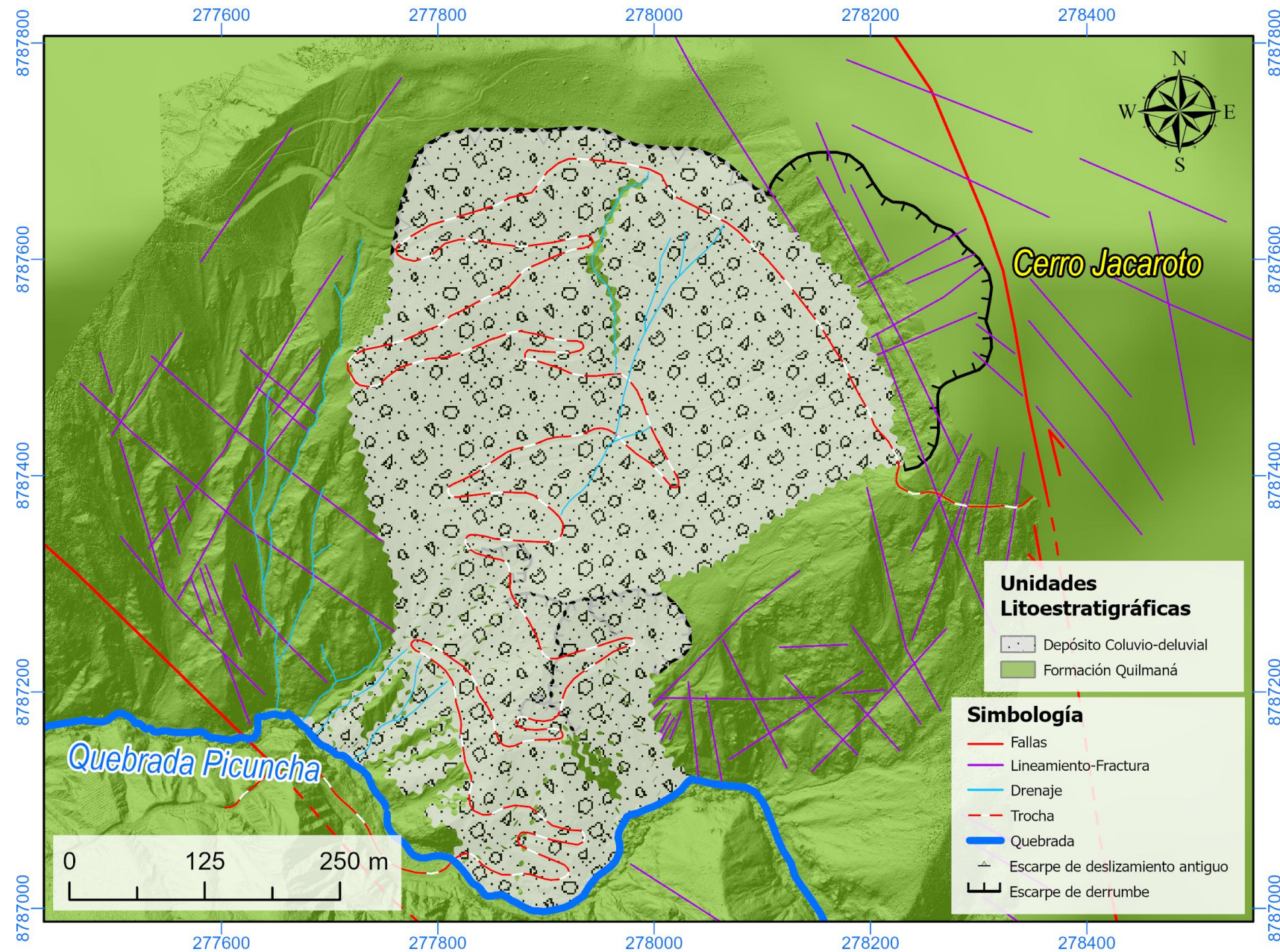

Segundo A. Núñez Juárez
ESPECIALISTA EN PELIGROS GEOLÓGICOS


Ing. BILBERTO ZAVALA CARRIÓN
Director (e)
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico
INGEMMET

8. BIBLIOGRAFÍA

- Cobbing (1973). Geología de los cuadrángulos de Barranca, Ámbar, Oyón, Huacho, Huaral y Canta (hojas 22-h, 22-i, 22-j, 23-h, 23-i, 23-j). Boletín N°26 serie A, Carta Geológica Nacional: INGEMMET, 171p.
- Cruden, D. M. (1991). A Simple Definition of a Landslide. Bulletin of the International Association of Engineering Geology, 43, 27-29.
- Cruden, D.M. & Varnes, D.J. (1996). Landslides Types and Processes in Turner, A.K and Schuster, R.L. Editores (1996). Landslides Investigation and Mitigation, Special Report 247, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C., 672 p.
- Fuente de Datos Meteorológicos y Pronostico del tiempo del Servicio de Awhere. Disponible en: <https://crop-monitoring.eos.com>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI (2017). Directorio Nacional de Centros Poblados. Censos Nacionales 2017: XII de Población; VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas.
- Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (2000) - Estudio de riesgos geológicos del Perú, Franja N° 1. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 23, 330 p.
- Luque, G.; Rosado, M.; Pari, W.; Peña, F. & Huamán, M. (2020) - Peligro geológico en la región Lima. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica, 76, 298 p., 9 mapas.
- ISRM (1981). Suggest method for the quantitative description of discontinuities in rock masses: International Journal of Rock Mechanics, Min. Sci. & Geomech. Abstr. V. 18, p. 85-110.
- Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007) Movimientos en Masa en la Región Andina: Una guía para la evaluación de amenazas. Servicio Nacional de Geología y Minería, Publicación Geológica Multinacional, No. 4, 432 p., 1 CD-ROM.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrológica, SENAMHI (2020). Mapa de clasificación climática del Perú (Texto). Lima, Perú.
- Suárez Díaz, J. (2007). Deslizamientos - Técnicas de Remediación (1a ed.). Erosion.com.
- Varnes, D. J. (1978). Slope movement types and processes, en Shuster R.L., y Krizek R.J., ed, Landslides analysis and control: Washington D.C, National Academy Press, Transportation Research Board Special Report 176, p. 9-23.
- WP/WLI, (1993). A suggest method for describing the activity of a landslide: Bulletin of the International Association of Engineering Geology, N°47. p. 53-57.

ANEXO 1: MAPAS MAPAS DEL SECTOR MUZGA



SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

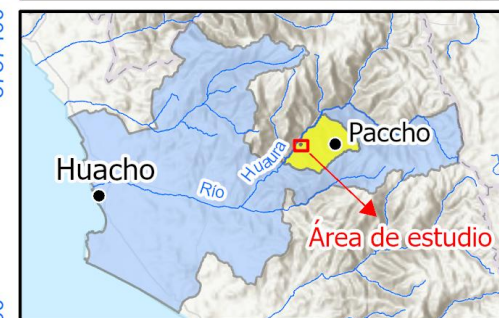
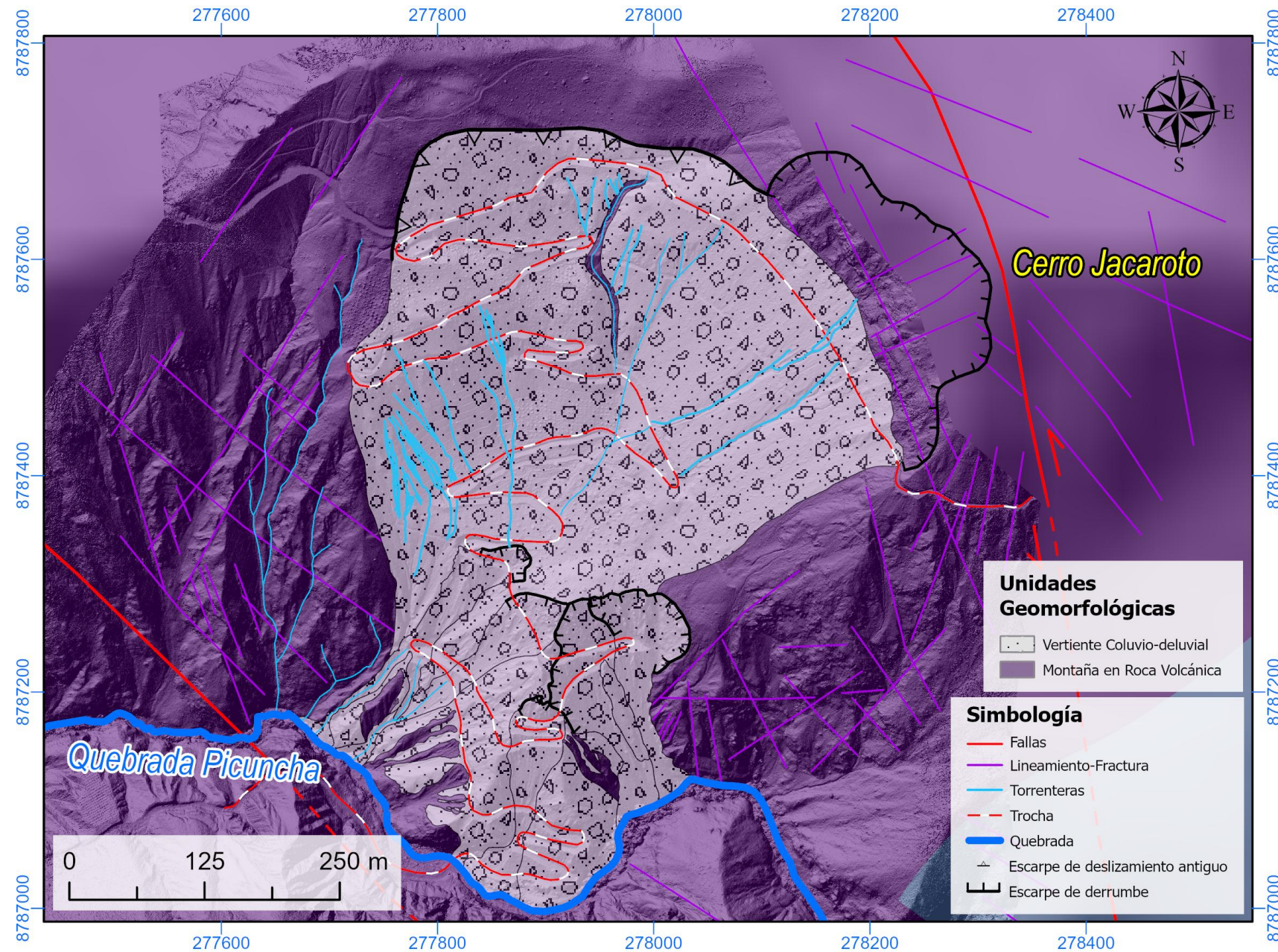
DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

ACT16: Servicio de asistencia técnica en la evaluación de peligros geológicos a nivel nacional

Mapa Geológico

Datum: UTM-WGS84, Zona 18s
Versión digital: año 2024. Versión impresa: 2024

01



SECTOR ENERGÍA Y MINAS

INGEMMET

INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

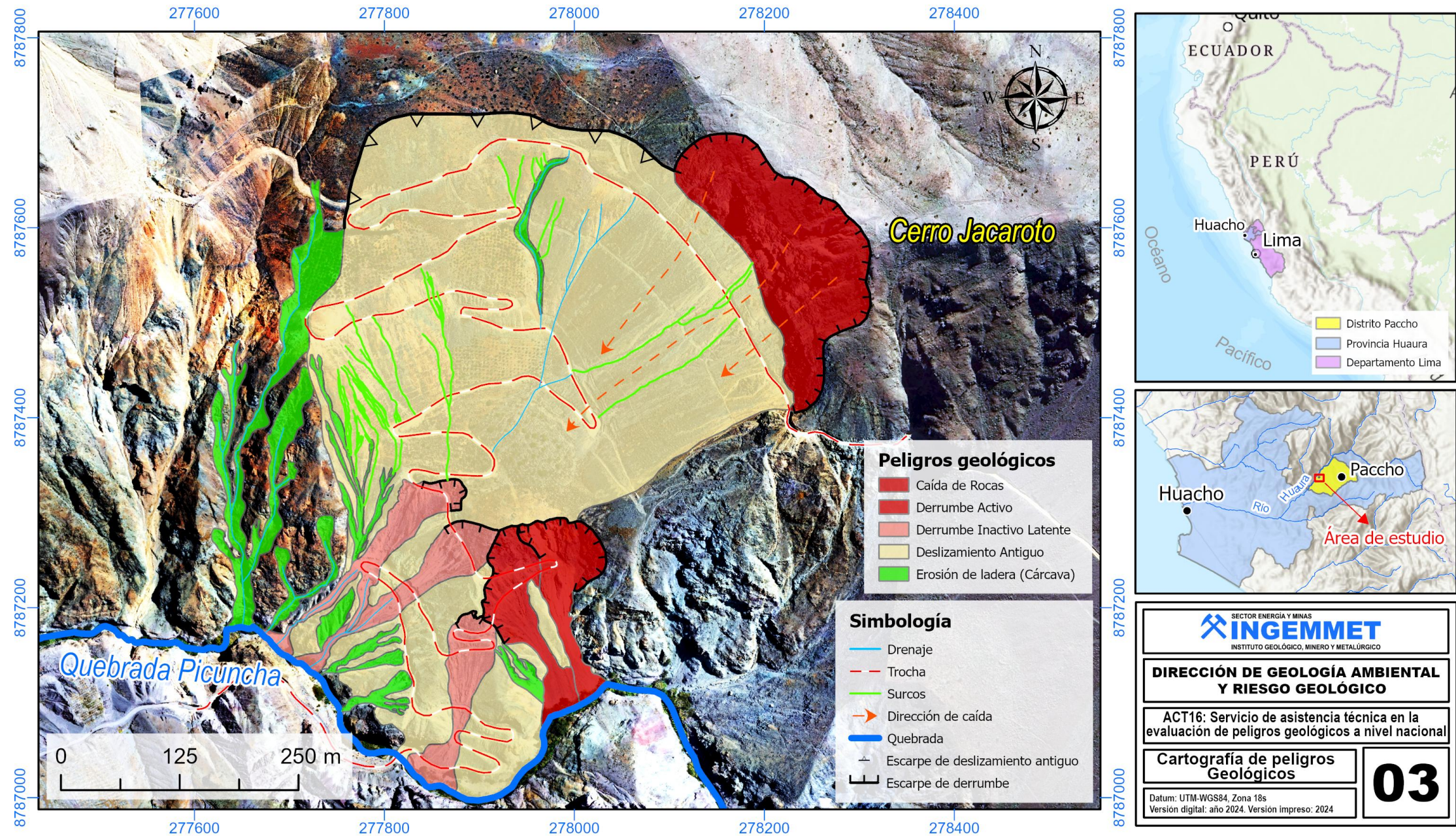
DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

ACT16: Servicio de asistencia técnica en la evaluación de peligros geológicos a nivel nacional

Mapa Geomorfológico

Datum: UTM-WGS84, Zona 18s
Versión digital: año 2024. Versión impreso: 2024

02



ANEXO 2: PROPUESTA DE MEDIDAS CORRECTIVAS

Zanjas de coronación

Las zanjas de coronación, ubicadas en la corona, encima del escarpe o superficies de ruptura en la parte superior de un talud, cumplen la función de interceptar y canalizar eficientemente y de manera adecuada las aguas de pluviales, evitando su infiltración y luego debilitar el talud. Estas estructuras no deben construirse demasiado próximos al borde superior del talud, ya que podría contribuir a la inestabilidad y desequilibrio del talud, lo que actuaría como factor desencadenante ante nuevos derrumbes y deslizamientos o desarrollo de nuevas superficies de falla de movimientos en masa (**Figura 18**).

Es fundamental realizar un mantenimiento periódico que debe efectuarse en las zanjas de coronación, con el objetivo de garantizar su funcionamiento eficazmente y prevenir obstrucciones o deterioros que puedan comprometer la estabilidad del talud. La acumulación de sedimentos, colapso parcial de las paredes o la misma erosión interna pueden alterar su capacidad de drenaje, lo que aumentaría significativamente su infiltración y afectar la resistencia del suelo.

Pueden ser de dos tipos:

- **Zanjas de talud.** Son las que siguen la línea de máxima pendiente del talud y son aplicables cuando los derrumbes o deslizamientos están situados a poca profundidad (**Figura 19**).
- **Zanjas horizontales.** Son paralelas al talud y se sitúan próximos al hombro del talud. Son útiles los drenes en forma de “*espina de pescado*” (**Figura 20**), que combinan una zanja drenante según la línea de máxima pendiente con zanjas secundarias (espinas) ligeramente inclinadas que convergen en la espina central. Su construcción y mantenimiento en zonas afectadas debe tener buena vigilancia.

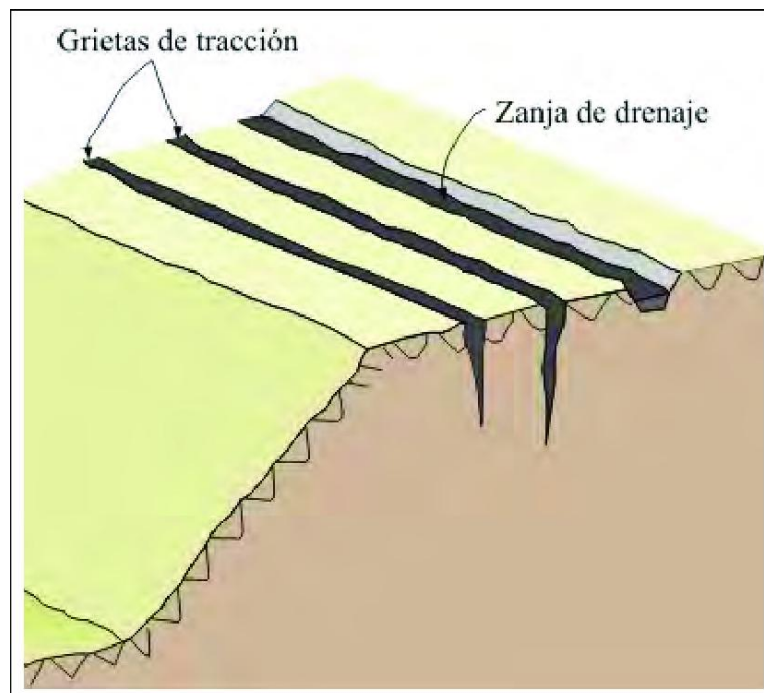


Figura 18. Zanjas o canales de coronación para derrumbes o deslizamientos. Tomado de INGEMMET (2000).

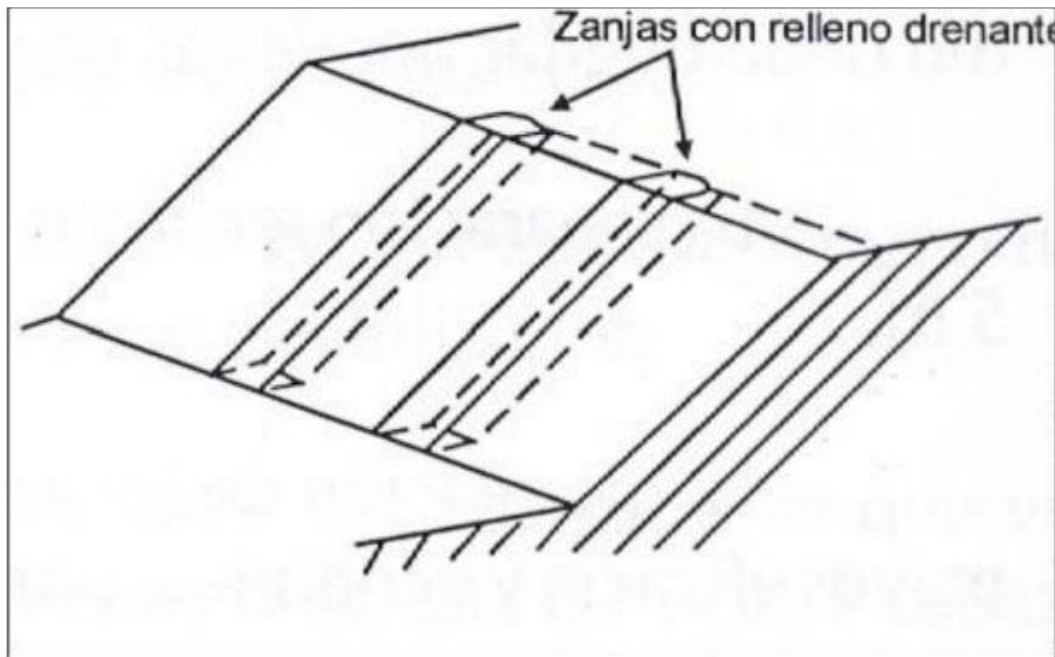


Figura 19. Zanjas de talud. Tomado de INGEMMET (2000).



Figura 20. Drenaje tipo espina de pescado. Tomado de INGEMMET (2000).

Reforestación o revegetación

Los árboles y arbustos de raíz profunda aportan una resistencia cohesiva significativa a los mantos de suelo más superficiales y al mismo tiempo, facilitan el drenaje subterráneo, reduciendo en esta forma la probabilidad de movimientos en masa poco profundos (Suárez Díaz, 2007).

El control de erosión con plantas debe considerar la utilización de plantas locales y de raíces densas (**Figuras 21 y 22**).

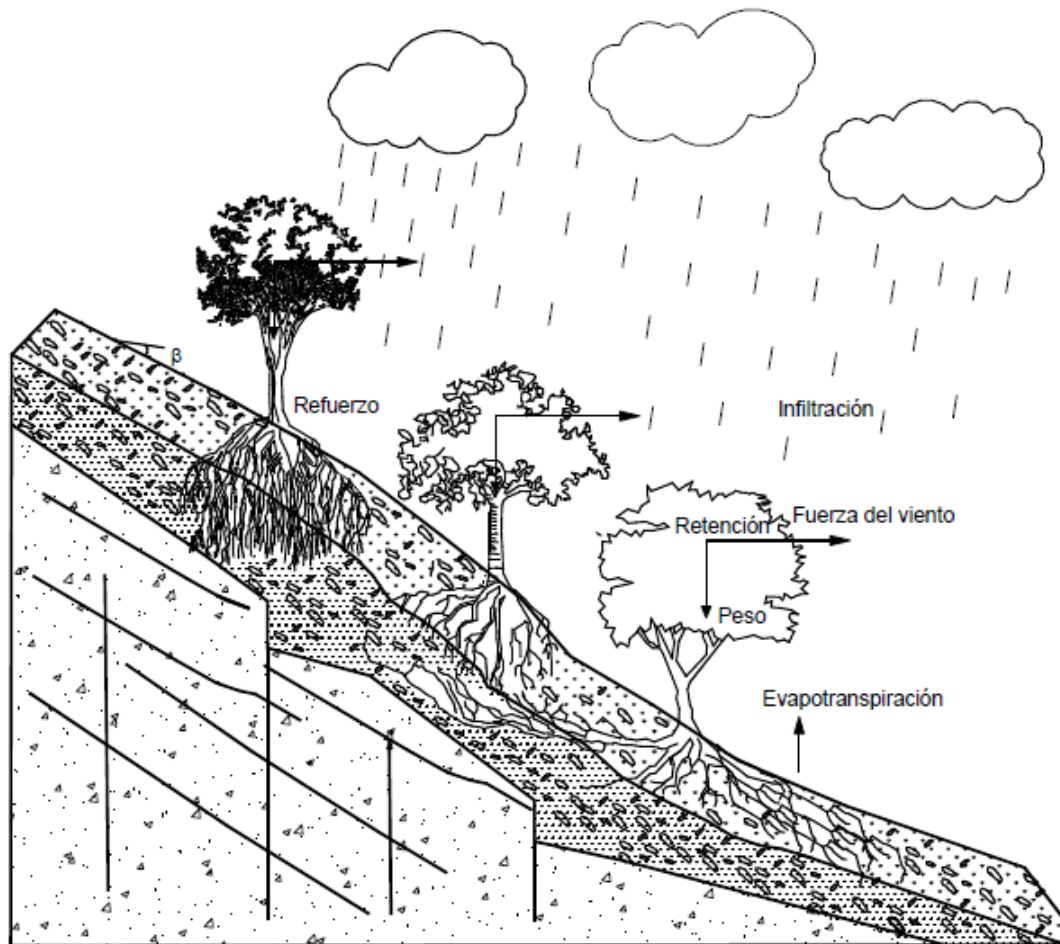


Figura 21. Estabilización de taludes utilizando vegetación. Fuente: Suarez, Díaz (2007).



Figura 22. Ejemplo de bioingeniería con arbusto (vetiver) para reforestación de taludes inestables.

Mallas ancladas

Es un sistema de protección frente a desprendimientos rocosos o que cubre la superficie afectada del talud/ladera por medio de una malla de alambre de acero galvanizado de triple torsión, reforzada con anclajes cortos dispuestos en una grilla, que además se vinculan diagonal y perimetralmente por los extremos con cables de acero (**Figura 23**).

Debe tenerse en cuenta que los anclajes de mallas protegen de la caída de bloques superficiales, pero no representan estabilidad para el caso de fallas de bloques grandes o movimientos de grandes masas de suelo o roca.

Todos estos elementos poseen recubrimiento anticorrosivo salvo los elementos de anclaje (bulones intermedios, los anclajes superiores, tuerca y placas de anclaje).

Las mantas de malla ancladas pueden utilizarse para impedir el movimiento de bloques pequeños (menos de 0.6 a 1 m de diámetro) o masas o bloques subsuperficiales de roca. Sin embargo, en ocasiones las mallas ayudan a atenuar el movimiento de grandes bloques. En principio la malla anclada actúa como una membrana alrededor de la masa o bloque inestable; a su vez pueden ser reforzadas con cables, los cuales se amarran a los anclajes.



Figura 23. Ejemplo de implementación de mallas ancladas para el control de caída de rocas o bloques rocosos.

Red de anillos

Es un sistema de protección utilizado en taludes con riesgo de caída grande rocas, el que, actuando directamente sobre la zona afectada, permita fijar in situ los bloques rocosos inestables, conteniendo los mismos y por tanto eliminando el riesgo de desprendimientos.

Está constituida por anillos de acero entrelazados entre sí, sin solución de continuidad y de elevada resistencia. Su configuración permite gran adaptabilidad a la morfología del talud en laderas irregulares. Los anillos trabajan en conjunto en la red, y por ello son ideales para soportar altas cargas e impactos de alta energía ya sea de forma concentrada y distribuida. La red es colocada con anclajes al terreno, conteniendo el macizo fracturado o con riesgo de desprendimiento, la resistencia de la red de anillos es muy elevada (**Figura 24**).



Figura 24. Ejemplo de estabilización de rocas o bloques rocosos con red de anillos.