

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7592

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN EL SECTOR MINAS PUCUCHO

Departamento: Apurímac
Provincia: Chincheros
Distrito: Ahuayro



ENERO
2025

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN EL SECTOR MINAS PUCUCHO

(Distrito Ahuayro, provincia Chincheros, departamento Apurímac)

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

Equipo de investigación:

David Prudencio Mendoza

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2025). Evaluación de peligros geológicos por movimiento en masa en el sector Minas Pucucho, distrito Ahuayro, provincia Chincheros, departamento Apurímac. Lima: INGEMMET, Informe Técnico A7592, 25p.

INDICE

RESUMEN	1
1. INTRODUCCIÓN	2
1.1. Objetivos del estudio	2
1.2. Antecedentes y trabajos anteriores	3
1.2.1. Ubicación.....	3
1.2.2. Accesibilidad	4
1.2.3. Clima	4
2. DEFINICIONES	5
3. ASPECTOS GEOLÓGICOS	6
3.1. Unidades litoestratigráficas	6
3.1.1. Granito San Miguel	7
3.1.2. Formación Tarma Copacabana.....	7
3.1.3. Depósitos coluvio-deluvial	7
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	8
4.1. Pendientes del terreno	8
4.2. Unidades geomorfológicas	8
4.2.1. Unidad de montaña	9
4.2.2. Unidad de piedemonte	10
5. PELIGROS GEOLÓGICOS Y/O GEOHIDROLÓGICOS	11
5.1. Peligros geológicos por derrumbes	11
5.2. Factores condicionantes	14
5.3. Factores detonantes o desencadenantes	14
6. CONCLUSIONES	17
7. RECOMENDACIONES	18
8. BIBLIOGRAFÍA	19
ANEXO 1: MAPAS	20
ANEXO 2: DESCRIPCIÓN DE FORMACIONES SUPERFICIALES	25

RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por deslizamientos y derrumbes, realizada en el sector Minas Pucucho del centro poblado de Ahuayro, perteneciente a la jurisdicción del distrito de Ahuayro, provincia Chincheros, departamento Apurímac. Con este trabajo, el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – Ingemmet, cumple con una de sus funciones que consiste en brindar asistencia técnica en peligros geológicos en los tres niveles de gobierno.

En el sector afloran granitos del Plutón intrusivo San Miguel, los cuales se presentan muy fracturados y moderadamente meteorizados, característica que hace susceptible las laderas del cerro Capillapata a movimientos en masa. Sobre este substrato rocoso se aprecian depósitos coluvio – deluviales conformados por bloques (30%) y gravas (40%), con formas subangulosas, envueltos en una matriz areno limosa (30%); se presentan no consolidados, de fácil erosión y remoción ante precipitaciones intensas.

Las sub unidades geomorfológicas identificadas corresponden a montañas en roca intrusiva, que presentan laderas con pendientes muy fuertes a muy escarpadas, además, vertientes coluvio – deluviales, con pendiente muy fuertes, los cuales hacen que los bloques caídos se trasladen hasta la base de la quebrada.

Como factores condicionantes se considera la naturaleza litológica de rocas intrusivas muy fracturadas, que modelan montaña en roca intrusiva y vertientes coluvio deluviales, que favorecen la desestabilización de las laderas de los cerros, generando mayor susceptibilidad a eventos de deslizamientos y derrumbes.

En enero del 2024, según versión de los pobladores, el sector evaluado empezó a presentar reactivación de derrumbe en el cuerpo de un deslizamiento antiguo; el cual presenta un escarpe con longitud de arranque de 32 m y una diferencia de elevación entre la zona de arranque y la base de la caída de rocas de 138 m, el avance con una dirección suroeste, genera un depósito en la base de la quebrada Ayahuayunca.

Por las características del terreno antes mencionadas, el sector Minas Pucucho se considera de **peligro alto a muy alto** a la ocurrencia de deslizamientos y derrumbes, que pueden ser desencadenados en la temporada de lluvias o sismos.

Finalmente, se brinda recomendaciones que se consideran importantes, las cuales deben ser tomadas en cuenta por las autoridades competentes; tales como evitar la construcción de infraestructura que no sea para reducir el peligro en el sector, realizar desquinche de rocas sueltas en laderas, no sin un previo estudio de estabilidad de taludes y de mecánica de rocas. Además, es necesario captar el agua de todos los puquiales y drenarlos hasta los canales más cercanos evitando infiltraciones al terreno. Para el poblado de Ahuayro realizar un EVAR dando mayor énfasis a los flujos de detritos que pueden desencadenarse desde las cabeceras de quebradas, entre otros.

1. INTRODUCCIÓN

El Ingemmet, ente técnico-científico que desarrolla a través de los proyectos de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR) el “Servicio de asistencia técnica en 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 Ahuayro según oficio N°052-2024-MDA/AL, es en el marco de nuestras competencias que se realiza una evaluación de peligros geológicos en el sector Minas Pucucho, distrito de Ahuayro, provincia Chincheros, departamento Apurímac, por encontrarse en peligro ante “deslizamiento y derrumbes”. con actividad desde enero del 2024 hasta la fecha, que afectó la captación de agua potable para el poblado de Ahuayro dejando desabastecidos a 430 viviendas y 60 m del canal de agua de regadío, que abastece a 560 usuarios.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designó al ingeniero David Prudencio Mendoza para realizar la evaluación de peligros geológicos. El trabajo de campo se realizó el 21 de abril del 2024 y se contó con la colaboración de la representante de la oficina de defensa civil del distrito, quien comentó lo ocurrido en el sector.

La evaluación técnica se realizó en tres etapas: etapa de pre-campo con la recopilación de antecedentes e información geológica y geomorfológica del INGEMMET; etapa de campo a través de la observación, toma de datos (puntos GPS, tomas fotográficas), cartografiado, recopilación de información y testimonios de población local afectada; etapa final de gabinete, donde se procedió a procesar toda información terrestre y aérea adquirida en campo, fotointerpretación de imágenes satelitales, cartografiado e interpretación, elaboración de mapas, figuras temáticas y redacción del presente informe

Este informe se pone a consideración de la Municipalidad Distrital de Ahuayro e instituciones técnico normativas del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres – Sinagerd, como el Instituto Nacional de Defensa Civil – INDECI y el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastre - CENEPRED, a fin de proporcionar información técnica de la inspección, conclusiones y recomendaciones que contribuyan con la reducción del riesgo de desastres en el marco de la Ley 29664.

1.1. Objetivos del estudio

El presente trabajo tiene como objetivos:

- a) Identificar, tipificar y caracterizar los peligros geológicos por movimientos en masa que se presenta en el sector Minas Pucucho.
- b) Determinar los factores condicionantes y detonantes que influyen en la ocurrencia de peligros geológicos por movimientos en masa.
- c) Proponer medidas de prevención, reducción y mitigación ante peligros geológicos evaluados en la etapa de campo.

1.2. Antecedentes y trabajos anteriores

Entre los principales estudios y publicaciones del Ingemmet realizados a nivel local y regional en el distrito de Ahuayro, se tienen:

- A) A partir del mapa regional de susceptibilidad a movimientos en masa (Geocatmin 2012), a escala 1:100 000, se puede señalar que el sector Minas Pucucho corresponde a una zona de **alta a muy alta susceptibilidad**. Entendiéndose, la susceptibilidad a movimientos en masa como la propensión que tiene una determinada zona a ser afectada por un determinado proceso geológico (movimiento en masa), expresado en grados cualitativos y relativos.

Cuadro 1. Niveles de susceptibilidad a movimientos en masa. Fuente: Vílchez, et al., 2020

CARACTERÍSTICAS DE LOS TERRENO	RECOMENDACIONES
Muy Alta susceptibilidad: presenta condiciones del terreno muy favorables para que se genere movimientos en masa. Concentrados donde ocurrieron deslizamientos pasados actualmente inactivos como también en ocurrencias recientes.	Prohibir el desarrollo de infraestructura, sin el conocimiento geológico detallado previo. Son necesarios estudios geológicos geotécnico al detalle para el desarrollo y construcción de infraestructura de cualquier tipo
Alta susceptibilidad: son sectores con la mayoría de condiciones favorable a generar movimientos en masa, en zonas con laderas desestabilizadas o por taludes modificados.	Restringir el desarrollo de infraestructura urbana y de otras instalaciones, de lo contrario debe tener una previa planificación, con estudios de zonificación por peligros geológicos a escala local. Donde se debe de realizar estudios geotécnicos de detalle.

- B) En el Boletín N° 83, serie A, Carta Geológica Nacional: “Geología del cuadrángulo de San Miguel” hoja: 27-o (Marocco, et al., 1996); y la “Memoria descriptiva de la revisión y actualización de los cuadrángulos de Guadalupe(28-l), Huancapi (28-ñ), Chincheros (28-o),Castrovirreyna (27-m), San Miguel (27-o), Tupe (26-l), Conaica (26-m), Huarochirí (25-k),Yauyos (25-l) Y Huancayo (25-m)”, a escala 1:100 000 (Quispesivana, L., et al., 2003); describe la geología e información relacionada a los cambios más resaltantes sobre la estratigrafía del sector. Además, señala de manera regional las unidades geomorfológicas donde se ubica el sector Minas Pucucho y alrededores del centro poblado de Ahuayro.

Aspectos generales

1.2.1. Ubicación

El sector Minas Pucucho, se sitúa a 6 km al noreste del poblado de Ahuayro, capital del distrito del mismo nombre, parte media y baja de la quebrada Ayahuayunca.

Políticamente se encuentra dentro del distrito Ahuayro, provincia Chincheros, departamento Apurímac. (Figura 1), cuyas coordenadas centrales UTM (WGS84 – Zona 18S) son (Tabla 1):

Tabla 1. Coordenadas del área de estudio

N°	UTM - WGS84 - Zona 18S		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	632710	8511360	-13.462741°	-73.773978°
2	634306	8511360	-13.462668°	-73.759236°
3	634306	8509971	-13.475225°	-73.759171°
4	632710	8509971	-13.475298°	-73.773914°
COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA				
C	633580	8510608	-13.469500°	-73.765907°

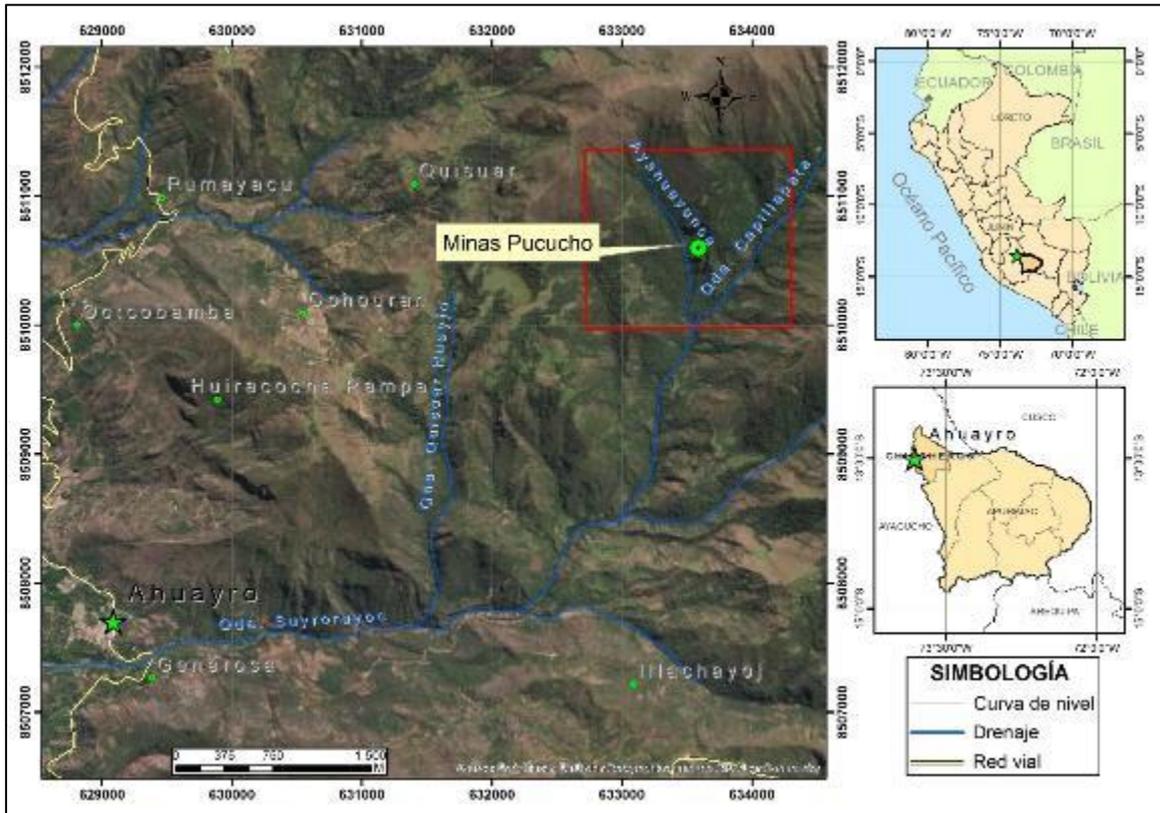


Figura 1. Ubicación del sector Minas Pucucho del distrito de poblado Ahuayro.

1.2.2. Accesibilidad

Se accede a la zona de estudio por vía terrestre, desplazándose desde la ciudad del Cusco (Ingemmet - OD Cusco), mediante la siguiente ruta (cuadro 2):

Cuadro 2. Rutas y accesos a la zona evaluada.

<i>Ruta</i>	<i>Tipo de vía</i>	<i>Distancia (km)</i>	<i>Tiempo estimado</i>
Cusco – Abancay	Asfaltada	196	4 h 21 min
Abancay – Andahuaylas	Asfaltada	146	3 h 12 min
Andahuaylas – Ahuayro	Asfaltada	104	2 h 24 min
Ahuayro – sector Minas Pucucho	Afirmado y Camino de trocha	15.5	30 min

1.2.3. Clima

De acuerdo con el mapa climático del SENAMHI (2020), y detallando la información local, se puede observar que, el centro poblado de Ahuayro y el sector Minas Pucucho se encuentran entre dos tipos de climas. El poblado y la parte baja de la quebrada presenta un clima templado, semiseco con invierno seco mientras que la parte alta de la quebrada, presenta un clima templado, semiseco con humedad abundante todas las estaciones del año.

El primero presenta una frecuencia de precipitación entre los meses de diciembre a marzo, cuyas lluvias acumuladas anuales son de 300 mm a 700 mm aproximadamente, además, en los meses de junio a setiembre presenta temperaturas máximas que oscilan entre 15°C a 21°C y mínimas entre 7°C a 11°C, con humedad atmosférica relativa de otoño e inviernos secos.

El segundo presenta una frecuencia de precipitación entre los meses de diciembre a marzo, cuyas lluvias acumuladas anuales son de 700 mm a 2000 mm aproximadamente, además, en los meses de junio a setiembre presenta temperaturas máximas que oscilan entre 21°C a 25°C y mínimas entre 7°C a 11°C, con humedad atmosférica relativa de tipo húmeda en todas las estaciones del año.

Esta clasificación climática es sustentada con información meteorológica recolectada de aproximadamente 20 años a partir de la cual se formulan “Índices Climáticos” de acuerdo a la clasificación climática por el método de Thornthwaite.

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, para la elaboración de informes y documentos técnicos en el marco de la gestión de riesgos de desastres. Todas estas denominaciones tienen como base el libro: “Movimientos en masa en la región Andina: Una guía para la evaluación de amenazas” desarrollado en el Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007), donde participó la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico-Ingemmet. Los términos y definiciones se detallan a continuación:

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

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

Condicionante: Se refiere a todos aquellos factores naturales o antrópicos que condicionan o contribuyen a la inestabilidad de una ladera o talud, pero que no constituyen el evento detonante del movimiento.

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.

Derrumbe Movimiento en masa en el cual uno o varios bloques de suelo o roca se desprenden de una ladera. El material se desplaza por el aire, golpeando, rebotando o rodando. Se le conoce también como desprendimiento de rocas, suelos y/o derrumbes.

Deslizamientos: Movimiento ladera debajo de una masa de suelo o roca cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla. Según la forma de la superficie de falla se clasifican en traslacionales (superficie de falla plana u ondulada) y rotacionales (superficie de falla curva y cóncava).

Escarpa: 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.

Flujos: Es un tipo de movimiento en masa que durante su desplazamiento exhibe un comportamiento semejante al de un fluido; puede ser rápido o lento, saturado o seco. En muchos casos se originan a partir de otro tipo de movimiento, ya sea deslizamiento o una caída. Los flujos pueden ser canalizados (huaicos) y no canalizados (avalanchas).

Formación geológica: Es una unidad litoestratigráfica formal que define cuerpos de rocas caracterizados por unas propiedades litológicas comunes (composición y estructura) que las diferencian de las adyacentes.

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.

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.

Movimientos en masa: Son procesos que incluyen todos aquellos movimientos ladera abajo, de una masa de rocas o suelos por efectos de la gravedad. En el territorio peruano, los tipos más frecuentes corresponden a caídas, deslizamientos, flujos, reptación de suelos, entre otros.

Peligro o amenaza geológica: Es un proceso o fenómeno geológico que podría ocasionar la muerte, lesiones u otros impactos a la salud, al igual que daños a la propiedad, la pérdida de medios de sustento y de servicios, trastornos sociales y económicos, o daños ambientales.

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.

3. ASPECTOS GEOLÓGICOS

El análisis geológico del área de estudio se elaboró teniendo como base la Carta Geológica Nacional: "Geología del cuadrángulo de San Miguel" hoja: 27-o (Marocco, et al., 1996); y la "Memoria descriptiva de la revisión y actualización de los cuadrángulos de Guadalupe(28-l), Huancapi (28-ñ), Chincheros (28-o),Castrovirreyna (27-m), San Miguel (27-o), Tupe (26-l), Conaica (26-m), Huarochirí (25-k),Yauyos (25-l) Y Huancayo (25-m)", a escala 1:100 000 (Quispesivana, L., et al., 2003); donde se aprecian principalmente unidades de naturaleza intrusiva como el Plutón San Miguel y rocas sedimentarias cubiertas por depósitos cuaternarios. La geología se complementó con trabajos de interpretación de imágenes satelitales, fotografías aéreas y observaciones de campo.

3.1. Unidades litoestratigráficas

En la zona inspeccionada y alrededores afloran rocas intrusivas. La principal es el Plutón San Miguel conformada por rocas graníticas los que generan depósitos recientes como

los coluvio-deluviales, que han sido acumulados desde el Pleistoceno hasta la actualidad (Anexo 1 - Mapa 1).

3.1.1. Granito San Miguel

Este Plutón intrusivo circunda el cerro Capillapata donde se encuentra la zona evaluada, sector Minas Pucucho, se puede ver afloramientos de granitos color gris rosado, con textura fanerítica, estos se presentan muy fracturados y moderadamente meteorizados, debido a la presencia de diques, los bloques sueltos están generando caídas de rocas y derrumbes (Fotografía 1).



Fotografía 1: Roca granítica, muy fracturada y moderadamente meteorizada.

3.1.2. Formación Tarma Copacabana

Su nombre se debe a que no se puede distinguir las divisiones, la Formación Tarma constituida por lutitas negras silicificadas y la Formación Copacabana conformada por calizas intercaladas con lutitas, se aprecian fuera de la zona de estudio en cimas y cubriendo las laderas de la quebrada Quisuar Huayjo.

3.1.3. Depósitos coluvio-deluvial

Depósitos poco compactos que se aprecian cubriendo las laderas de los cerros circundantes y llegan hasta la base de las quebradas, siendo originado por procesos de remoción de masas pendiente abajo, accionado por las aguas infiltradas y de escorrentía sobre sustrato rocoso muy fracturado, como también por sismos, generando depósitos de materiales coluvio-deluviales, constituida en la zona evaluada por bloques de hasta 30 cm de diámetro (30 %), gravas heterométricas (40%), con formas angulosas a sub angulosas, envueltos en matriz areno limosa (30%) (Fotografía 2) (Anexo 2 – descripción de formaciones superficiales 1).



Fotografía 2: Depósitos coluvio-deluviales compuesto por bloques y gravas envueltas en matriz areno limosa.

4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

4.1. Pendientes del terreno

La pendiente es un parámetro importante en la evaluación de peligros por movimientos en masa, actúa como factor condicionante y dinámico en la generación de movimientos en masa por la diferencia de alturas que presenta la zona de estudio.

Se presenta el mapa de pendientes (Anexo 1 - Mapa 2) y el de elevaciones (Anexo 1 - Mapa 3), que se realizó con ayuda de un modelo de elevación digital de 12.5 m de resolución; tomada del satélite Alos Palsar (USGS).

A partir del mapa de elevaciones, se puede señalar el punto medio de los derrumbes en el sector Minas Pucucho con una elevación aproximada de 3227 m; las zonas más bajas junto al río presentan una elevación de 3098 m y la zona de cabecera desde donde se producen caídas de rocas se encuentra con una elevación de 3271 m.

De acuerdo a las pendientes, las áreas donde se generan los derrumbes en el sector Minas Pucucho, presenta aproximadamente terrenos con pendiente muy escarpada ($45^\circ - 90^\circ$) y caen por la ladera que presentan pendientes del terreno muy fuerte ($25^\circ - 45^\circ$) hasta llegar al canal de la quebrada Ayahuayunca.

4.2. Unidades geomorfológicas

Para la caracterización de las unidades y subunidades geomorfológicas en el área de estudio, se realizó la complementación y actualización del mapa geomorfológico regional a escala 1:100 000 (Ingemmet, 2012). Asimismo, se consideraron criterios de control como: la homogeneidad litológica y caracterización conceptual, en base a aspectos del relieve en relación a la erosión, denudación y sedimentación, diferenciándose montañas y piedemonte (Anexo 1 - Mapa 4).

4.2.1. Unidad de montaña

Son geofomas de carácter degradacional y erosional. Se consideran dentro de esta unidad elevaciones del terreno con alturas mayores a 300 m con respecto al nivel de base local, diferenciándose la siguiente subunidad según el tipo de roca que la conforma y procesos que han originado su forma actual.

Subunidad de montañas en roca sedimentaria (RM-rs): representado por un relieve modelado en afloramientos rocosos del Grupo Tarma Copacabana, conformado por secuencia de calizas bioclásticas, areniscas y lutitas negras.

Se aprecia hacia el suroeste fuera de la zona de estudio, circundando parte de las laderas de la quebrada Quisuar Huayjo, presentando laderas con pendientes de muy fuertes a muy escarpadas. (Fotografía 3).



Fotografía 3: Montaña en roca sedimentarias con afloramientos del Grupo Copacabana, con pendientes muy fuertes.

Subunidad de montañas en roca intrusiva (RM-ri): representado por un relieve modelado en afloramientos rocosos del Plutón San Miguel, conformada por granitos.

Se encuentra circundando casi toda la zona de estudio, presentando pendientes muy fuertes a muy escarpadas en el sector, siendo susceptible a movimientos en masa tipo derrumbes. (Fotografía 4).



Fotografía 4: Ladera de montaña en roca intrusiva, donde se aprecia un derrumbe; en primer plano bloques de rocas del Plutón granítico de San Miguel.

4.2.2. Unidad de piedemonte

Son geformas de carácter depositacional y agradacional. Se consideran como formas de terrenos que constituyen la transición entre los relieves montañosos accidentados y las zonas planas, predominan los terrenos generados por fuerzas de desplazamiento como depósitos coluviales antiguos y recientes y depósitos de tipo glacial – fluvial.

Subunidad de vertiente coluvio-deluvial (V-cd): Están formadas por acumulaciones al pie de laderas o acantilados de quebradas, conformado por materiales de origen coluvial y deluvial, donde no es posible distinguirlas como unidades individuales. Proviene de procesos de movimientos en masa de tipo derrumbes y deslizamientos, donde fueron trasladados por acción de las aguas de escorrentía y gravedad.

En el sector Minas Pucucho, esta sub unidad se presenta cubriendo las laderas y alcanza hasta la base de la quebrada Ayahuayunca y aguas abajo hasta la confluencia con quebrada Capillapata. Las laderas presentan pendientes muy fuertes a muy escarpadas (25°- 90°) (Fotografía 5).



Fotografía 5: Depósito coluvio-deluvial, presenta ladera con pendiente del terreno muy fuerte.

5. PELIGROS GEOLÓGICOS Y/O GEOHIDROLÓGICOS

Los peligros geológicos reconocidos en la zona evaluada, corresponden a movimientos en masa, como reactivación de derrumbes (PMA: GCA, 2007). Estos procesos son resultado del modelamiento del terreno, así como la incisión sufrida en los cursos de agua en la Cordillera de los Andes, que conllevó a la generación de diversos movimientos en masa, que modificaron la topografía de los terrenos y movilizaron cantidades variables de materiales desde las laderas hacia el curso de los ríos.

Los movimientos en masa, tienen como causas o condicionantes factores intrínsecos, como son la geometría del terreno, la pendiente, el tipo de roca, el tipo de suelos, el drenaje superficial-subterráneo y la cobertura vegetal. Se tiene como “detonantes” de estos eventos las precipitaciones pluviales periódicas y extraordinarias que caen en la zona, así como la sismicidad.

5.1. Peligros geológicos por derrumbes

En la zona de evaluación se puede apreciar un deslizamiento antiguo con longitud de escarpa de al menos 700 m y una altura de la corona al pie del deslizamiento de 180 m donde el cuerpo del evento se encuentra con abundante vegetación. En el depósito de este evento se evaluó un primer derrumbe denominado D1 ubicado en coordenadas UTM zona 18L: 633608 E; 8510397 N, que generó la obstrucción de la línea de conducción y la poza de acumulación de agua potable para el poblado de Ahuayro y un segundo derrumbe denominado D2 ubicado en coordenadas UTM zona 18L: 633641 E; 8510542 N, que afecta la infraestructura para el traslado de agua de riego, en especial un puente colgante para conducir la tubería de agua de regadío. Se aprecia arreglos en la tubería por rajaduras que presentó, lo que indica que el terreno está presentando movimientos (figura 2).



Figura 2: Se aprecia el segundo derrumbe D2 que afectó al puente colgante para agua de regadío, con arreglos en la tubería por rajaduras.

La encargada de la Oficina de Defensa Civil manifestó que dentro del evento antiguo de deslizamiento se viene presentando reactivaciones en dos puntos desde hace ya 30 años, entre los principales fueron los que se generaron en los años 2014, 2022 y el 2024. Este último es donde se comienza a apreciar un movimiento mayor, además por las condiciones topográficas del sector, los materiales caídos son trasladados hasta la base de la quebrada pudiendo generar flujos de detritos al ser removidos por la escorrentía durante el período lluvioso.

Estos derrumbes descritos evidencian la reactivación en el cuerpo del de un deslizamiento antiguo que afectó a la quebrada Ayahuayunca (figura 3).



Figura 3: se aprecia un deslizamiento antiguo donde se está presentando reactivaciones.

El derrumbe D1, afectó a la línea de conducción de agua potable y la poza de acumulación que se encuentra en la base de la quebrada, dejando desabastecidos a 430 viviendas del poblado de Ahuayro. Presenta una zona de arranque de 18 m y la diferencia entre la elevación de la zona de arranque y la base del derrumbe de 69 m y abarca un área de 894 m² alcanzando el canal de la quebrada (figura 4).



Figura 4: Derrumbe que afecto a la línea de conducción de agua potable que se encuentra en la parte baja de la quebrada.

El derrumbe D2 que afecta al puente colgante para aguas de regadío, dejó 560 usuarios sin este servicio. Presenta una zona de arranque de 32 m y una diferencia de elevación entre la zona de arranque y la base del derrumbe de 138 m y abarca un área de 2586 m² alcanzando el canal de la quebrada, su avance presenta dirección suroeste (figura 5).



Figura 5: Derrumbe que afectó al puente colgante para agua de regadío.

5.2. Factores condicionantes

Factor litológico-estructural

- Substrato rocoso compuesto por granitos del Plutón San Miguel, muy fracturados y moderadamente meteorizados.

Factor geomorfológico

- Zona circundada por montañas modeladas en rocas intrusivas, cuyas laderas presentan pendientes muy fuertes ($25^\circ - 45^\circ$) a muy escarpadas ($45^\circ - 90^\circ$), permitiendo que los bloques sueltos inestables sean fácilmente removidos.
- Subunidad de piedemonte coluvio-deluvial, modelando depósitos recientes con pendientes muy fuertes ($25^\circ - 45^\circ$) donde el material caído se desplaza hasta la base de la quebrada.

5.3. Factores detonantes o desencadenantes

- Presencia de lluvias intensas y/o prolongadas. Lo que genera saturación y erosión de los suelos quitando estabilidad a las rocas sueltas.

Según el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (Senamhi, 2023), en la estación meteorológica Vilcas Huaman, la más cercana a la comunidad evaluada y ubicada en del centro poblado del mismo nombre, se registró entre diciembre y abril del 2024 un total mensual acumulado de 595.6 mm de precipitación, observando una mayor precipitación en los meses de diciembre enero y febrero. Por lo que, la activación de estos eventos coincide con las lluvias registradas. (Figura 6, 7, 8 y 9).

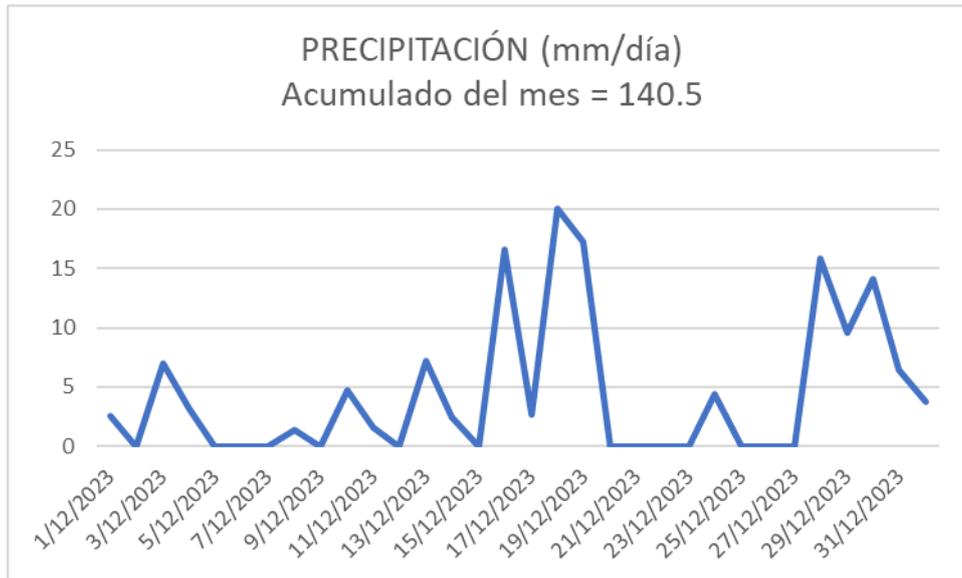


Figura 6. Registro de precipitaciones acumuladas diarias del mes de diciembre del año 2023 en la estación Vilcas Huaman.

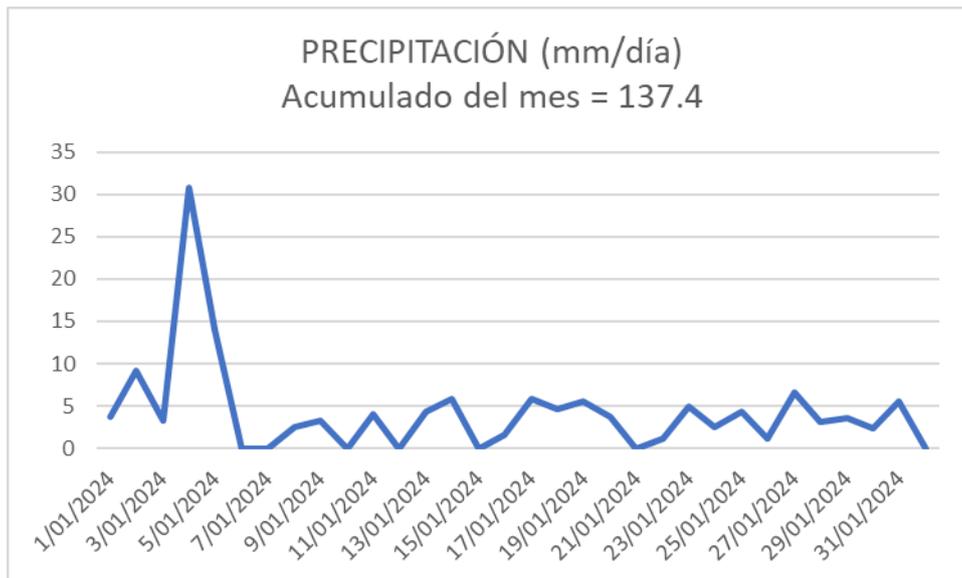


Figura 7. Registro de precipitaciones acumuladas diarias del mes de enero del año 2024 en la estación Vilcas Huaman.

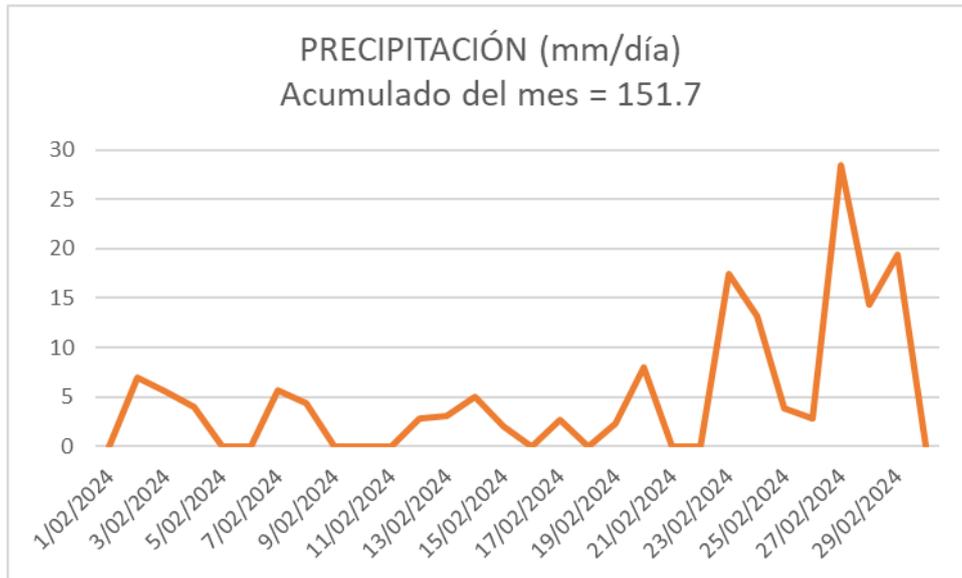


Figura 8. Registro de precipitaciones acumuladas diarias del mes de febrero del año 2024 en la estación Vilcas Huaman.

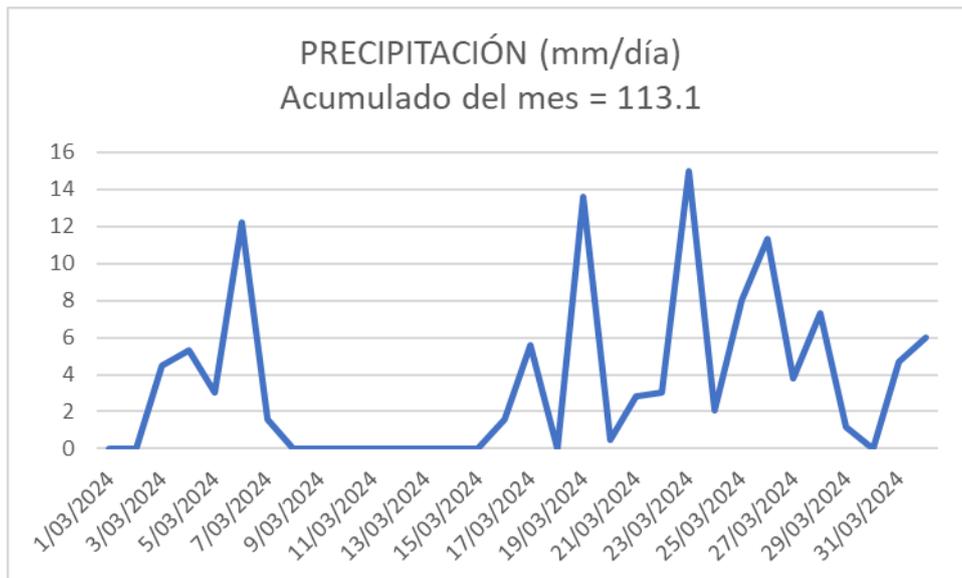


Figura 9. Registro de precipitaciones acumuladas diarias del mes de marzo del año 2024 en la estación Vilcas Huaman.

- Los sismos inducen o desencadenan derrumbes ya que generan desestabilización en los taludes o laderas compuestas por rocas sueltas; más aún, cuando las pendientes del sector son muy fuertes, como las que se presentan en el sector.

6. CONCLUSIONES

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

- a) En el sector Minas Pucucho, se identificó un deslizamiento antiguo con dos eventos de reactivación de derrumbes (D1 y D2). De los cuales el primero derrumbe D1 afectó la captación de agua potable para el poblado de Ahuayro, dejando desabastecidos a 430 viviendas y el segundo derrumbe D2 afectó a 60 m de un puente que es parte de la línea de conducción de agua de riego quedando 560 usuarios sin este servicio.
- b) El primer derrumbe D1 ubicado en coordenadas UTM: 633608 E; 8510397 N, presenta zona de arranque de 18 m y la longitud de la zona de arranque y el pie del derrumbe es de 69 m.
- c) El segundo derrumbe D2 ubicado en coordenadas UTM: 633641 E; 8510542 N, presenta longitud de zona de arranque de 32 m y la distancia entre la zona de arranque y el pie de la caída es de 138 m.
- d) Debido a las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas, el sector Minas Pucucho del centro poblado Ahuayro, se considera de **peligro alto a muy alto** a la ocurrencia de derrumbes, los que pueden ser desencadenados en presencia de lluvias intensas y/o prolongadas; o por eventos sísmicos.
- e) Los factores condicionantes del movimiento en masa son:
 - Presencia de substrato rocoso compuesto por granitos muy fracturados y moderadamente meteorizados.
 - Depósitos coluvio - deluviales compuestos por bloques de hasta 30 cm de diámetro (30%), gravas heterométricas (40%), envueltos en matriz arena limosa (30%), poco consolidados, adosados a las laderas de las quebradas, que puede generar nuevos eventos.
 - Laderas de montañas en roca intrusiva con pendientes muy fuertes a muy escarpadas (25°- 90°), que contribuyen a la generación de caída de rocas y derrumbes, generando el rodamiento de los bloques caídos hasta la base de las quebradas.
 - Saturación del terreno, esto incrementa los procesos de erosión laminar de ladera en la margen izquierda de la quebrada, generando inestabilidad de los bloques sueltos que se aprecian en coordenadas UTM: 633593 E; 8510598 N.

7. RECOMENDACIONES

Las recomendaciones que a continuación se brindan tienen por finalidad mitigar el impacto de los peligros geológicos. Así mismo, la implementación de dichas medidas permitirá darle mayor seguridad a la población e infraestructura expuesta a los peligros antes mencionados.

- a) El sector de Minas Pucucho, se muestra muy inestable e inseguro para la instalación de infraestructuras. Por lo que, se debe buscar otro punto para captación de agua y retirar paulatinamente la línea de conducción y las pozas de acumulación de agua potable que se conduce al poblado de Ahuayro. Complementando además el cambio de trazo de la línea de conducción de agua de regadío, sobre todo la línea que pasa por el sector Minas Pucucho.
- b) Drenar todos los puquiales ubicados en el sector Minas Pucucho y trasladarlos por canales impermeabilizados hasta el río o drenar a la quebrada Ayahuayunca. Con ello se busca que el agua de escorrentía se drene del terreno.
- c) Con estudios previos de mecánica de rocas y con el apoyo de personal especializado realizar el desquinche de las rocas sueltas en el derrumbe D2, que bajo las condiciones actuales pueda generar nuevos procesos de caída de rocas.
- d) Para evitar generar nuevos derrumbes en las laderas del cerro Capillapata, evitar realizar cortes del talud, y si se tiene que realizar, contar con una supervisión técnica especializada.
- e) Realizar trabajos de sensibilización con los pobladores del sector y de zona cercanas a la quebrada Suyruruyoc en temas de peligros geológicos y gestión del riesgo de desastres, con la finalidad de que estén preparados ante la ocurrencia de flujos de detritos o huaicos.
- f) Implementar un Sistema de Alerta Temprana (SAT), con el fin de verificar la aparición de nuevos derrumbes y brindar en tiempo real información ante la ocurrencia de cualquier movimiento, para la evacuación de personas que se encuentren en el área de influencia de los derrumbes, que pueden desencadenar en flujos en la quebrada Capillapata y hasta alcanzar la quebrada Suyruruyoc.
- g) Realizar la evaluación de riesgos (EVAR) por movimientos en masa con énfasis en flujo de detritos que abarque desde las cabeceras de la quebrada Suyruruyoc y sus afluentes, ya que los flujos en la cabecera de la quebrada Ayahuayunca podrían llegar hasta la quebrada Suyruruyoc afectando el poblado de Ahuayro.



Segundo A. Núñez Juárez
Jefe de Proyecto-Act. 11



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

8. BIBLIOGRAFÍA

Cruden, D.M. & Varnes, D.J. (1996) - Landslides types and processes, en Turner, K., y Schuster, R.L., ed., Landslides investigation and mitigation: Washintong D. C, National Academy Press, Transportati3n researchs board Special Report 247, p. 36-75.

Marocco, R., Lipa. V. & Quispe, A. (1996). Boletín N° 83, serie A, Carta Geológica Nacional: “Geología del cuadrángulo de San Miguel” hoja: 27-o (Marocco, et al., 1996); y la “

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2013). Segundo reporte de zonas críticas por peligros geológicos y geo-hidrologicos en la región Apurímac. Lima: INGEMMET, Informe Técnico A6624, 46p.

Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007) - Movimientos en masa en la región andina: una guía para la evaluación de amenazas. Santiago: Servicio Nacional de Geología y Minería, 432 p., Publicación Geológica Multinacional, 4.

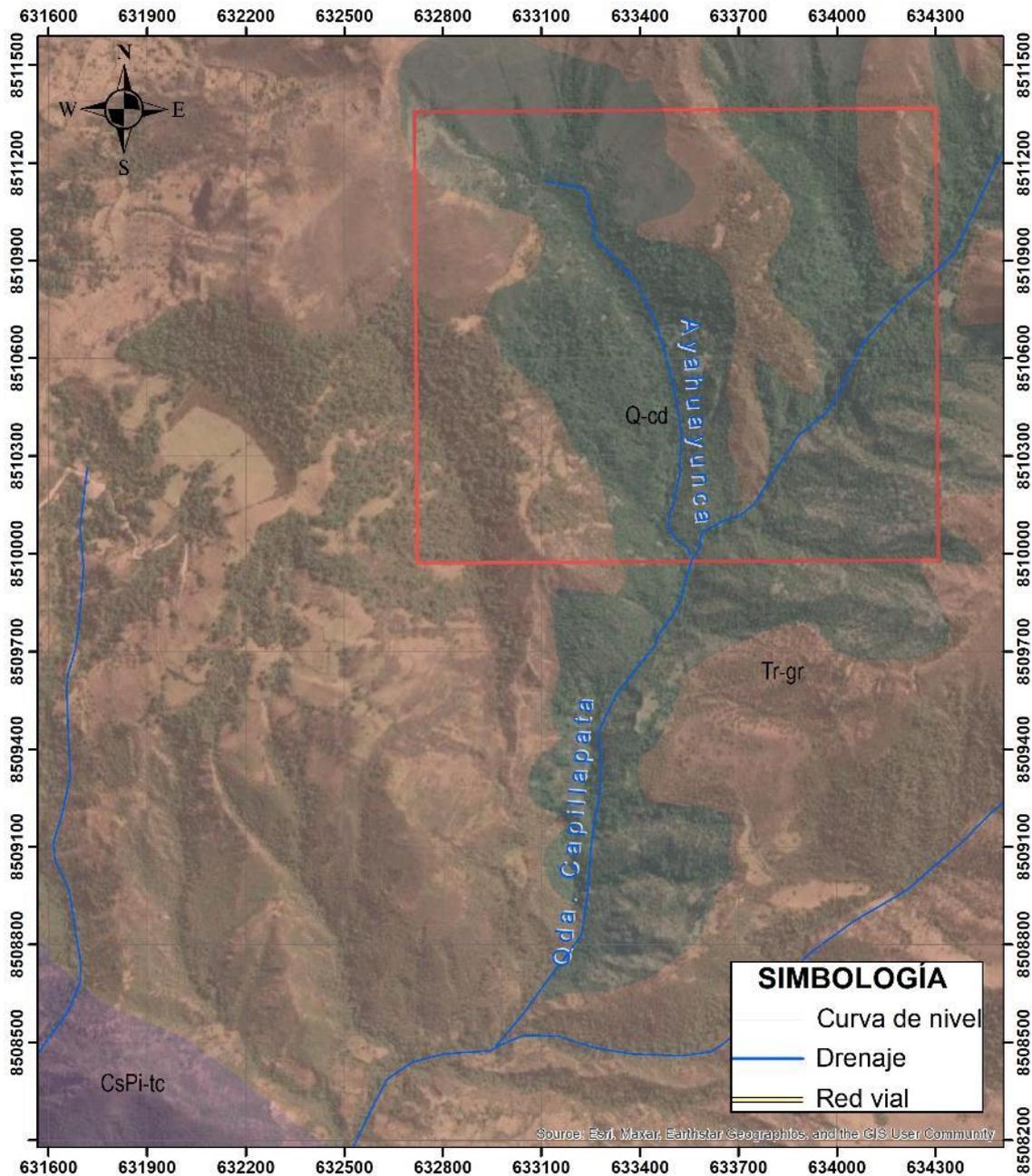
Quispesivana, L. & Navarro, P. (2003). Memoria descriptiva de la revisión y actualización de los cuadrángulos de Guadalupe(28-l), Huancapi (28-ñ), Chincheros (28-o), Castrovirreyna (27-m), San Miguel (27-o), Tupe (26-l), Conaica (26-m), Huarochirí (25-k), Yauyos (25-l) Y Huancayo (25-m), Escala 1:100 000. INGEMMET

SENAMHI, 2020. Climas del Perú Mapa de Clasificación Climática Nacional. Resumen Ejecutivo. 7 p.

Villacorta, S.; Valderrama, P, & Ronni, R. (2012) – Primer reporte de zonas críticas por peligros geológicos y geo-hidrologicos en la Región Apurímac, INGEMMET, 46 p.

Villacorta, s. Valderrama, p. Vásquez, E. Y Madueño, M (2013). Segundo reporte de Zonas críticas por peligros geológicos y geo-hidrologicos en la región Apurímac. INGEMMET, 46 p.

ANEXO 1: MAPAS



SIMBOLOGÍA

- Curva de nivel
- Drenaje
- Red vial

Source: Esri, Maxar, Earthstar Geographics, and the GIS User Community

ERATEMA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES LITOESTRATIGRAFICAS		
CENOZOICO	CUATERNARIO	Holoceno	Dep. Aluvial	Q-al	Material acumulado en los cauces antiguos y recientes de las laderas de los valles y quebradas.
		Plenistoceno	Dep. Coluvio-deluvial	Q-co	Material de ladera removido por eventos de mov. en masa y trasladados hacia zonas más bajas.
MEZOSOICO	CRETÁCICO	Oligoceno			
		Eoceno			
		Palaeoceno			
PALEOZOICO	PERMIANO	Superior	Tr-gr	Granito San miguel - Ongoy	
		Inferior	CsPi-tc	Lutitas negras endurecidas con intercalaciones de calizas	
			Grupo Tarma y Copacabana		

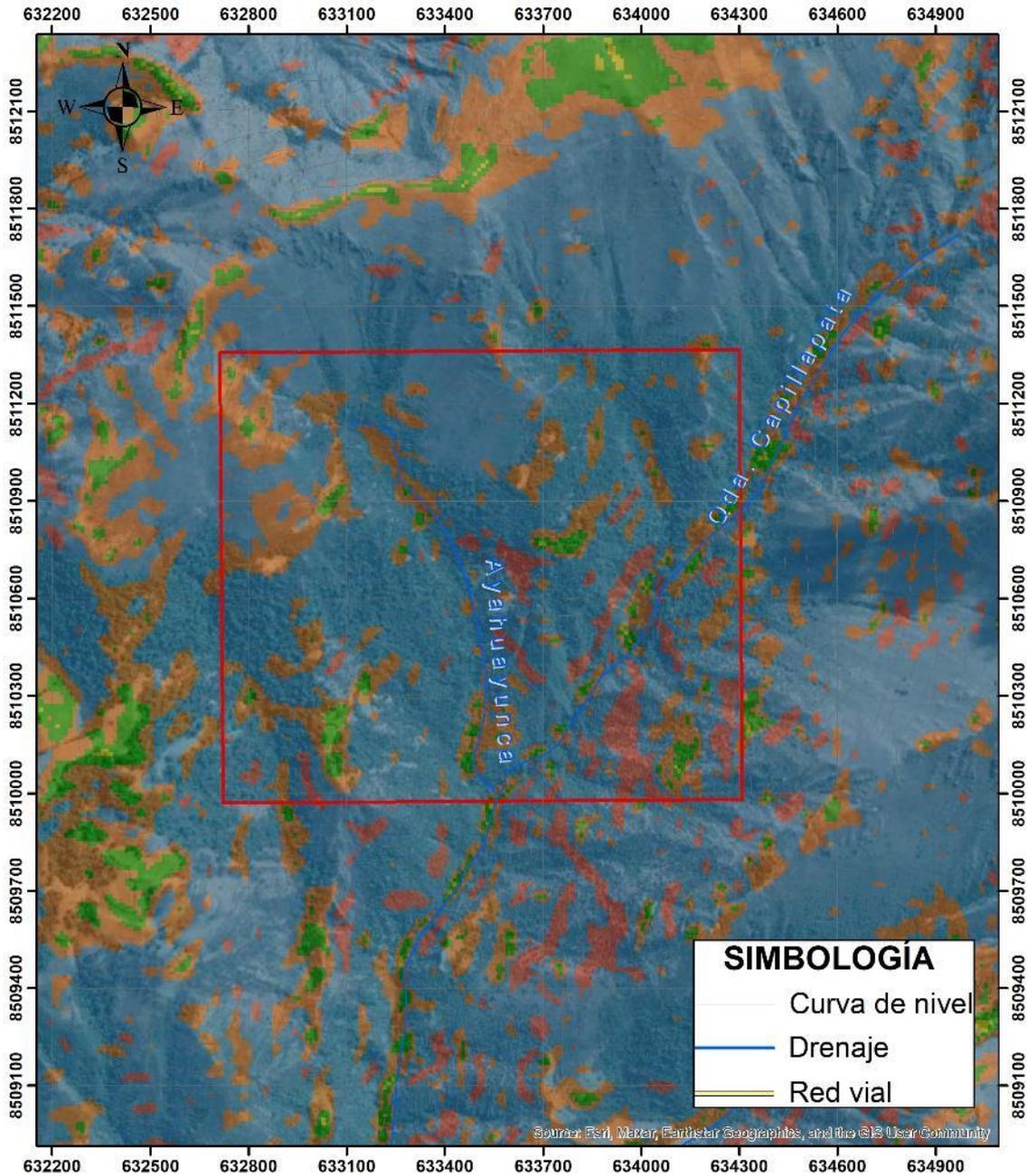
SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

ACT. 16: SERVICIO DE EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL

Mapa Geológico

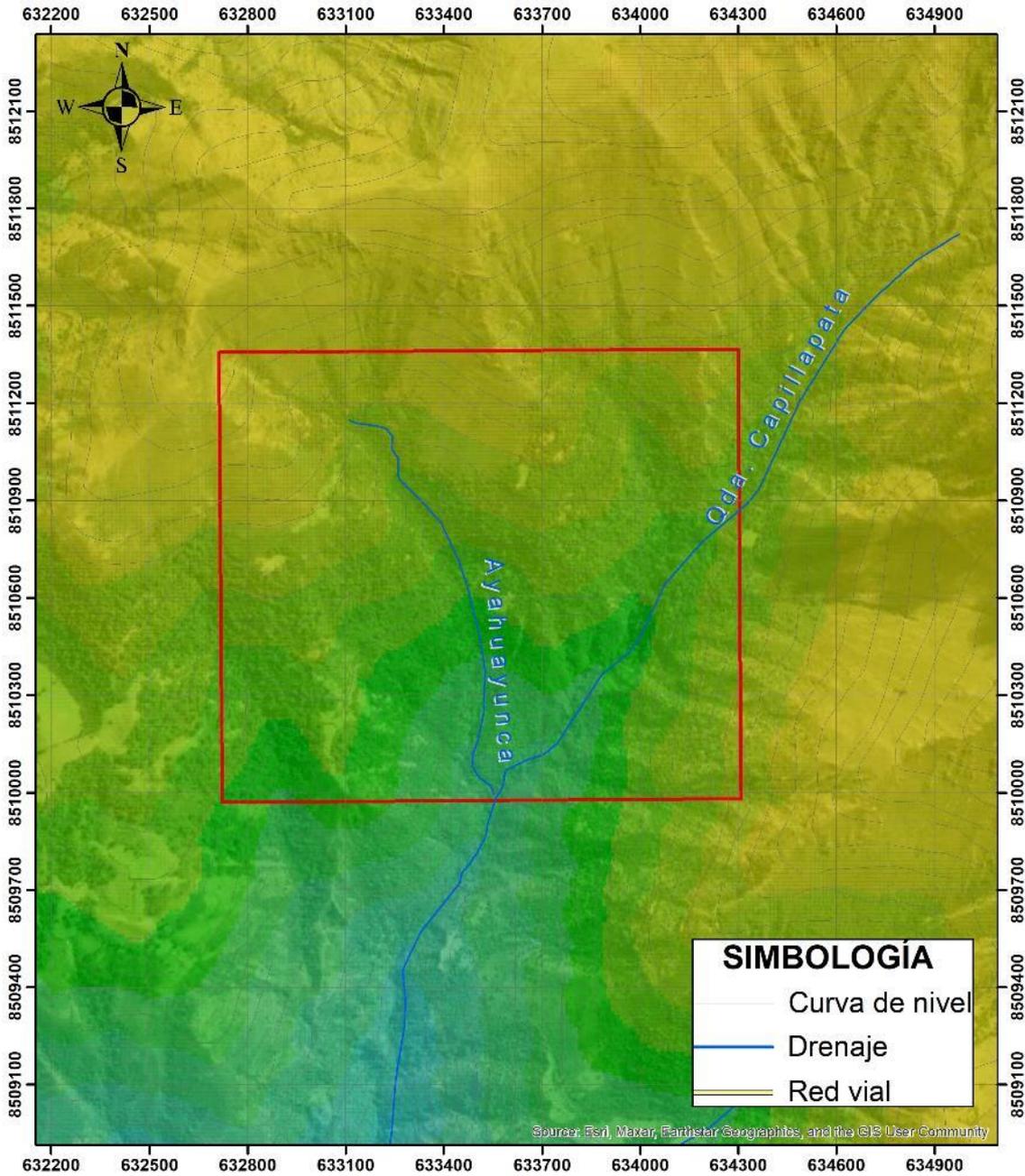
Figura: **1**

Escala 1:15 000 Datum UTM WGS 84 Zona 18S
 Versión digital: año 2024 Impreso: Diciembre 2024



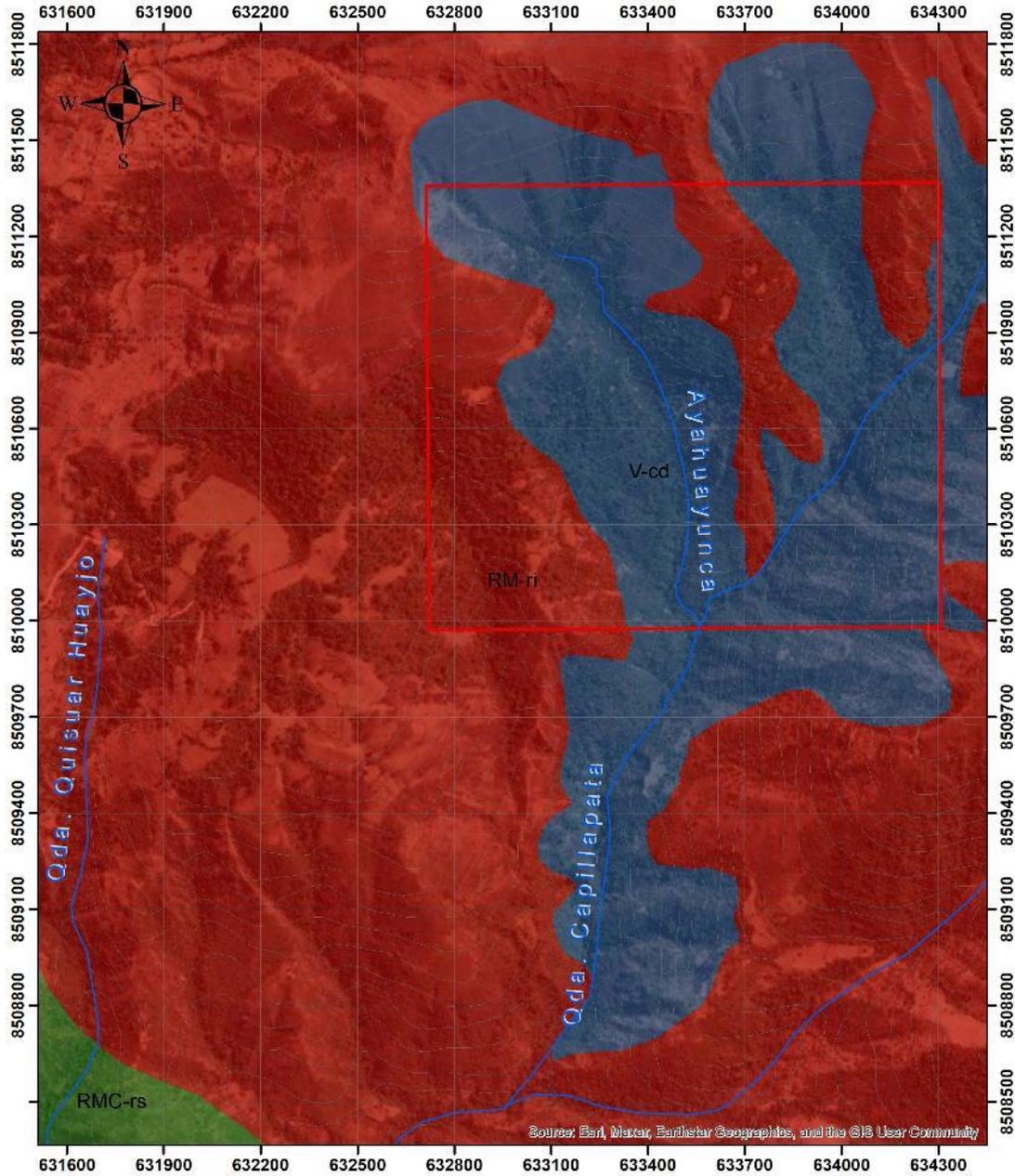
LEYENDA	
	(< 1°) Terreno llano
	(1° - 5°) Terreno inclinado con pendiente suave
	(5° - 15°) Pendiente moderada
	(15° - 25°) Pendiente fuerte
	(25° - 45°) Pendiente muy fuerte o escarpada
	(45° - 90°) Terreno muy escarpado

SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO	
ACT. 16: SERVICIO DE EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL	
Mapa de Pendientes	Figura: 2
Escala 1:15 000 Datum UTM WGS 84 Zona 18S Versión digital: año 2024 Impreso: Diciembre 2024	



LEYENDA		
2,200.000001 - 2,300	2,900.000001 - 3,000	3,600.000001 - 3,700
2,300.000001 - 2,400	3,000.000001 - 3,100	3,700.000001 - 3,800
2,400.000001 - 2,500	3,100.000001 - 3,200	3,800.000001 - 3,900
2,500.000001 - 2,600	3,200.000001 - 3,300	3,900.000001 - 4,000
2,600.000001 - 2,700	3,300.000001 - 3,400	4,000.000001 - 4,100
2,700.000001 - 2,800	3,400.000001 - 3,500	4,100.000001 - 4,200
2,800.000001 - 2,900	3,500.000001 - 3,600	4,200.000001 - 4,300

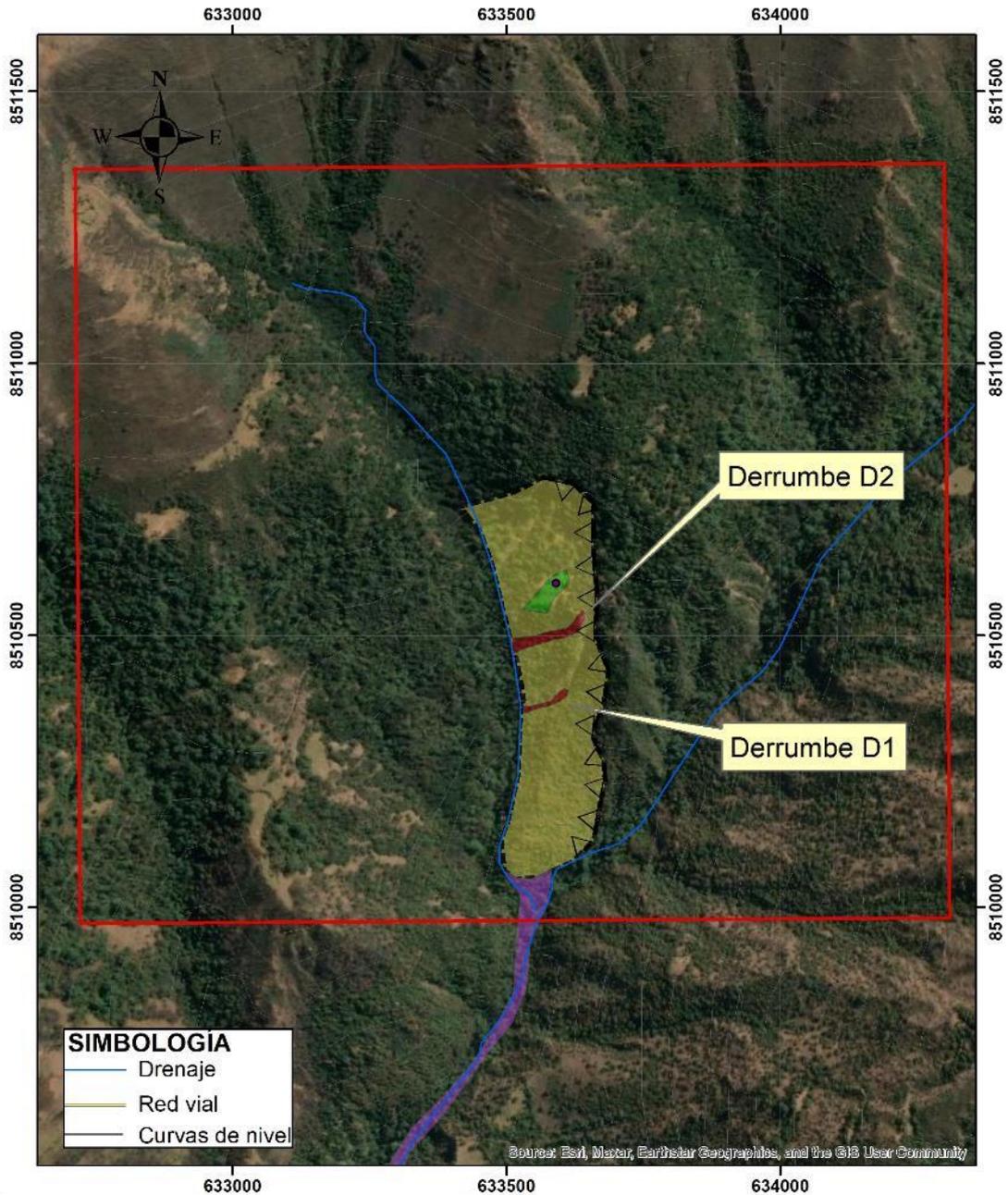
SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO	
ACT. 16: SERVICIO DE EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL	
Mapa de Elevación del Terreno	Figura: 3
Escala 1:15 000 Datum UTM WGS 84 Zona 18S Versión digital: año 2024 Impreso: Diciembre 2024	



LEYENDA	
RM-ri	Montaña en roca intrusiva
RMC-rs	Montaña en roca sedimentaria
V-cd	Vertiente coluvio deluvial

SIMBOLOGÍA	
	Curva de nivel
	Drenaje
	Red vial

SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO	
ACT. 16: SERVICIO DE EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL	
Mapa Geomorfológico	Figura: 4
Escala 1:15 000 Datum UTM WGS 84 Zona 18S Versión digital: año 2024 Impreso: Diciembre 2024	



LEYENDA	
	Erosión laminar
	Derrumbe
	Deslizamiento
	Flujo de detritos
	Escarpa antigua de deslizamiento

SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO	
ACT. 16: SERVICIO DE EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL	
Cartografía de peligros	Figura: 5
Escala 1:9 000 Datum UTM WGS 84 Zona 18S Versión digital: año 2024 Impreso: Diciembre 2024	

