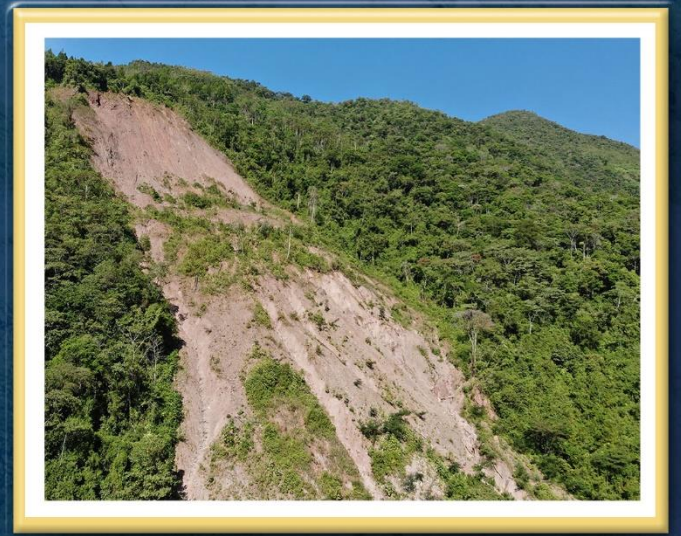


DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7430

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN EL SECTOR DE ACCESO AL ANEXO UNIÓN MANTUS

Departamento Junín
Provincia Chanchamayo
Distrito Vitoc



SETIEMBRE
2023

**EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN
EL SECTOR DE ACCESO AL ANEXO UNIÓN MANTUS**
Distrito Vítoc, provincia Chanchamayo, departamento Junín

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

Equipo de investigación:

Ángel Gonzalo Luna Guillén

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2023). *Evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa en el sector de acceso al anexo Unión Mantus, distrito Vítoc, provincia Chanchamayo, departamento Junín*. Lima: Ingemmet, Informe Técnico A7430, 44 p.

ÍNDICE

RESUMEN.....	4
1. INTRODUCCIÓN.....	5
1.1. Objetivos del estudio	5
1.2. Antecedentes y trabajos anteriores	5
1.3. Aspectos generales	9
1.3.1. Ubicación	9
1.3.2. Accesibilidad.....	10
1.3.3. Población.....	11
1.3.4. Clima	11
2. DEFINICIONES	13
3. ASPECTOS GEOLÓGICOS.....	15
3.1. Unidades litoestratigráficas	15
3.1.1. Grupo Mitu (PET-m).....	15
3.1.2. Formación La Merced (NQ-lm)	16
3.1.3. Depósito coluvio-deluvial (Qh-cd).....	17
3.1.4. Depósito proluvial (Qh-pl).....	17
3.1.5. Depósito aluvial (Qh-al).....	19
3.1.6. Depósito fluvial (Qh-fl).....	19
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS.....	19
4.1. Pendientes del terreno.....	19
4.1. Unidades geomorfológicas	21
4.1.1. Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional	21
4.1.2. Geoformas de carácter depositacional y agradacional	22
5. PELIGROS GEOLÓGICOS.....	24
5.1. Peligros geológicos por movimientos en masa.....	24
5.1.1. Deslizamientos	24
5.1.2. Flujo de detritos (huaicos).....	31
5.2. Factores condicionantes.....	35
5.3. Factores desencadenantes	36
6. CONCLUSIONES	37
7. RECOMENDACIONES.....	38
8. BIBLIOGRAFÍA	39

RESUMEN

El presente informe técnico, es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa realizado en el sector de acceso al anexo Unión Mantus, margen derecha del río Aynamayo, perteneciente a la jurisdicción del distrito de Vitoc provincia Chanchamayo, departamento Junín. 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 para los tres niveles de gobierno.

En el área evaluada, se presenta un substrato volcano-sedimentario conformado por la intercalación de areniscas, tobas y brechas volcánicas con alto grado de fracturamiento y meteorización que generan suelos residuales arcillo-arenosos de fácil erosión.

Sobre el substrato se observan depósitos coluvio-deluviales susceptibles a generar movimientos en masa por diversos factores. En primer lugar, la presencia de la matriz arcillo-arenosa confiere al depósito una baja cohesión, lo que significa que las partículas individuales tienen poca capacidad para adherirse entre sí, esto sumado a la presencia de infiltraciones y escorrentía de agua por los drenajes dendríticos de la ladera este cerro C°1, y la pendiente fuerte de la misma (25° y 45°).

Las geoformas identificadas son montañas modeladas en roca volcano-sedimentaria (en ambos márgenes del río Aynamayo). La ladera esta, del cerro C°1 presenta pendientes fuertes de 25° a 45° conformando por vertientes con depósitos de deslizamientos. Estos son evidencias de movimientos en masa pasados y recientes que indican la dinámica y la inestabilidad en la ladera. Además, la ocurrencia de los deslizamientos en esta ladera generó la pérdida de cobertura vegetal, lo que disminuyó la capacidad de infiltración y aumento la escorrentía en la misma, a través de drenajes ramificados que vierten sus aguas a las quebradas 1 y 2, generando flujo de detritos los últimos registrados en febrero de 2022.

Geodinamicamente se puede interpretar que la inestabilidad en la ladera este del cerro C°1, comenzó entre los años 2011 y 2018 con agrietamientos desencadenados en un deslizamientos rotacional ocurrido entre 2018 y 2022, el cual genero la pérdida de cobertura vegetal y un primer daño a la vía de acceso al sector Unión Mantus, lo que a su vez aumento la inestabilidad de la ladera, produciendo un segundo deslizamiento de mayores dimensiones (D2) en la parte alta de la ladera entre 2022 y 2023, posteriormente se produjeron dos flujos de detritos y un tercer deslizamiento (D3) apegado al cuerpo del deslizamiento D2.

Cuantitativamente los deslizamientos D1, D2 y D3 tienen saltos de escarpe de 18, 20 y 9 m, ocupan áreas de 2.12, 5.54 y 0.67 ha, estimando volúmenes de masas deslizadas de 206 000, 382 000 y 47 000 m³, que juntamente con los flujos de detritos afectan 273 m de la vía de acceso a Unión Mantus (carretera usada mayoritariamente para mantener contacto entre los anexos de Aynamayo y Unión Mantus)

Por las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas en el sector de acceso al anexo Unión Mantus, este se considera de **Peligro Alto** a movimientos en masa.

Finalmente es necesario tomar en cuenta las recomendaciones estructurales y no estructurales citadas en el presente informe como: a) Establecer sistemas de monitoreo geotécnico para detectar cambios en la estabilidad de la ladera y activar alertas tempranas en caso de movimientos o condiciones peligrosas, así como considerar un nuevo trazo de carretera dado que el trazado actual está afectado por deslizamientos y huacos

1. INTRODUCCIÓN

El Ingemmet, ente técnico-científico desarrolla a través de los proyectos de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR), la “Evaluación de peligros geológicos a nivel nacional (ACT. 11)”, 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 los Oficios N° 219-2023-A/MDV y N° 402-2023-A/MDV Municipalidad distrital de Vitoc, la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet, designó a los Ingenieros: Ángel Gonzalo Luna Guillen, Segundo Núñez Juárez y el Bach. Freddy Cordova, , realizar la evaluación de peligros geológicos, llevados a cabo el 09 de agosto del 2023, en coordinación con autoridades de la municipalidad distrital de Vitoc (representantes de defensa civil), con acompañamiento de moradores del anexo Unión Mantus.

La evaluación técnica se realizó en 03 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 (sobrevuelos dron, puntos GPS, tomas fotográficas), cartografiado, recopilación de información y testimonios de población local afectada; y para la etapa final de gabinete se realizó el procesamiento de toda información terrestre y aérea adquirida en campo, fotointerpretación de imágenes satelitales, cartografiado e interpretación, elaboración de mapas, figuras temáticas y redacción del informe.

Este informe se pone a consideración de la Municipalidad Distrital de Vitoc 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 que se presentan en la vía de acceso al anexo Unión Mantus.
- b) Determinar los factores condicionantes y desencadenantes que influyen en la ocurrencia de los peligros geológicos por movimientos en masa.
- c) Proponer medidas de prevención, reducción y mitigación ante peligros geológicos por movimientos en masa identificados en la etapa de campo.

1.2. Antecedentes y trabajos anteriores

Entre los principales estudios realizados a nivel local y regional en los alrededores del sector evaluado se tienen:

- A) Informe de emergencia N° 254 - 6/3/2022 / COEN - INDECI / 23:20 HORAS (Informe N° 1), describe que el 22 de febrero de 2022, a las 9 horas se registraron lluvias intensas que produjo el deslizamiento de tierra y lodo afectando el camino vecinal que une los poblados de Unión Mantus con Aynamayo en aproximadamente 120 m (fotografías 1-3).



Fotografía 1. Escarpa de deslizamiento registrado el 22 de febrero del 2022 (fuente: Informe de emergencia N° 254 - 6/3/2022 / COEN - INDECI)



Fotografía 2. Flujo de detritos registrado el 22 de febrero del 2022 (fuente: Informe de emergencia N° 254 - 6/3/2022 / COEN - INDECI)



Fotografía 3. Trabajos de limpieza de la vía obstruida el 22 de febrero del 2022 (fuente: Informe de emergencia N° 254 - 6/3/2022 / COEN - INDECI)

- B) Boletín N° 78, Serie A, Geología de los cuadrángulos de Chuchurras, Ulcumayo, Oxapampa y La Merced” (Monje et al., 1996). Describe las unidades litoestratigráficas en el área de inspección, resaltando la presencia del Grupo Mitu y La Formación La Merced.
- C) Boletín N° 72, Serie C, Peligro geológico en la región Junín (Luque et al., 2020). Describe los peligros geológicos en la región Junín, así mismo realiza el mapa de susceptibilidad en la misma, donde se observa que el sector de acceso al anexo Unión Mantus se encuentra en un área de susceptibilidad Alta a movimientos en masa (figura 1).

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.

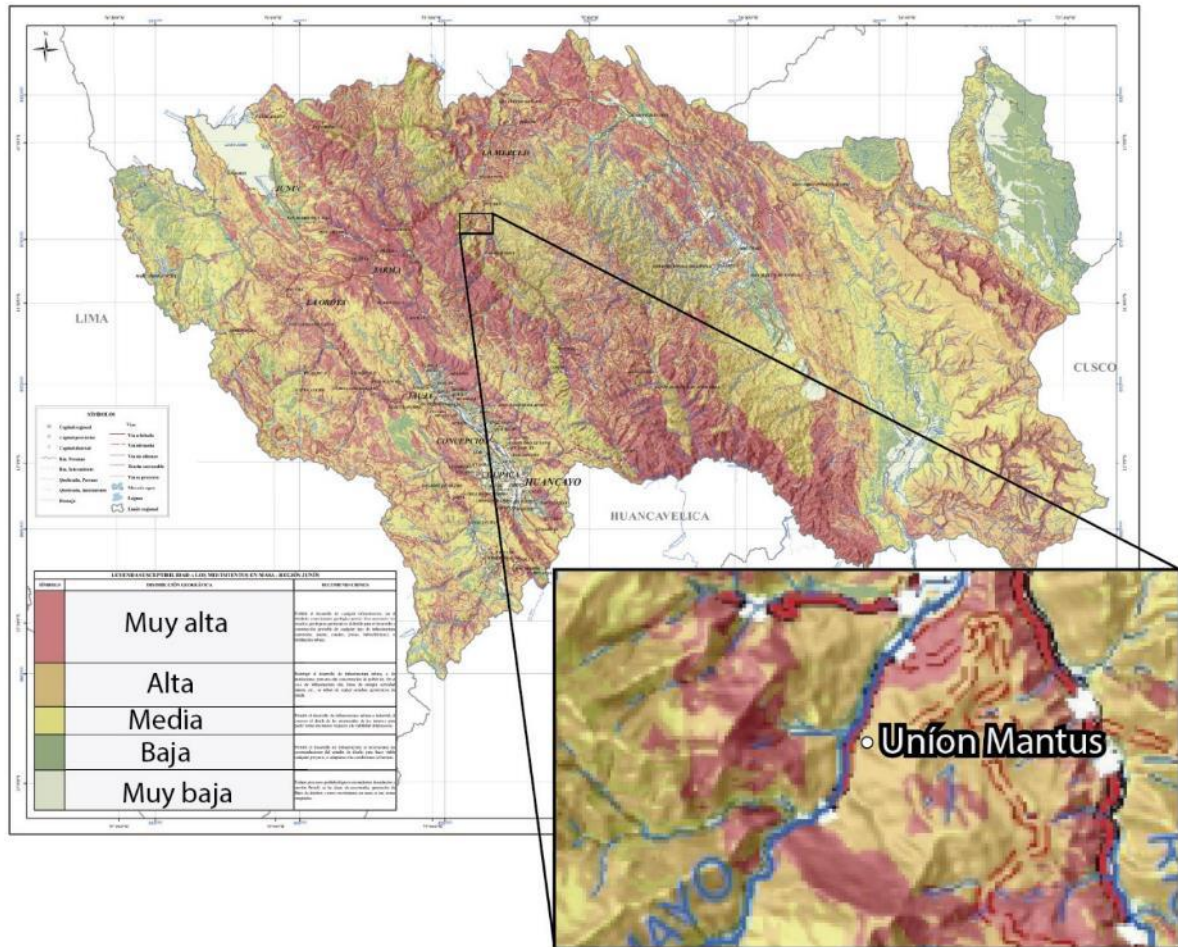


Figura 1. Mapa de susceptibilidad a movimientos en masa del departamento de Junín (Fuente: Luque., et al 2020).

1.3. Aspectos generales

1.3.1. Ubicación

Geográficamente el área evaluada (sector de ingreso al Anexo Unión Mantus), se ubica circunscrita por lomadas y montañas en la margen derecha del río Aynamayo.

Políticamente pertenece al distrito Vitoc, provincia Chanchamayo y departamento Junín El área de la elaboración de mapas se estima en 250 ha (figura 2).

Las coordenadas límites del área de inspección se detallan en la tabla 1.

Tabla 1. Coordenadas del área que cubre, la inspección y evaluación satelital y de campo en el sector de estudio en el caserío Utcubamba

N°	UTM - WGS84 - Zona 18S		Geográficas	
	Este	Sur	Latitud	Longitud
1	460661.00 m E	8756439.00 m S	-11.249228°	-75.360407°
2	460458.00 m E	8755939.00 m S	-11.253747°	-75.362272°
3	461329.00 m E	8755819.00 m S	-11.254842°	-75.354294°
4	461467.00 m E	8756236.00 m S	-11.251072°	-75.353025°
COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL				
C	460774.00 m E	8756163.00 m S	-11.251725°	-75.359374°

1.3.2. Accesibilidad

El acceso se realiza por vía terrestre desde la ciudad de Lima, a través de vías asfaltadas, trochas carrozables y caminos vecinales, siguiendo la ruta y accesos del cuadro 1.

Cuadro 1. Rutas y accesos a la zona de evaluación

Ruta	Tipo de vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Lima-San Ramon	Carretera asfaltada	353 km	7 horas, 46 min.
San Ramon - Vitoc	Carretera asfaltada	20 km	41 min
Vitoc Unión Mantus	Trocha carrozable	30 km	1 hora

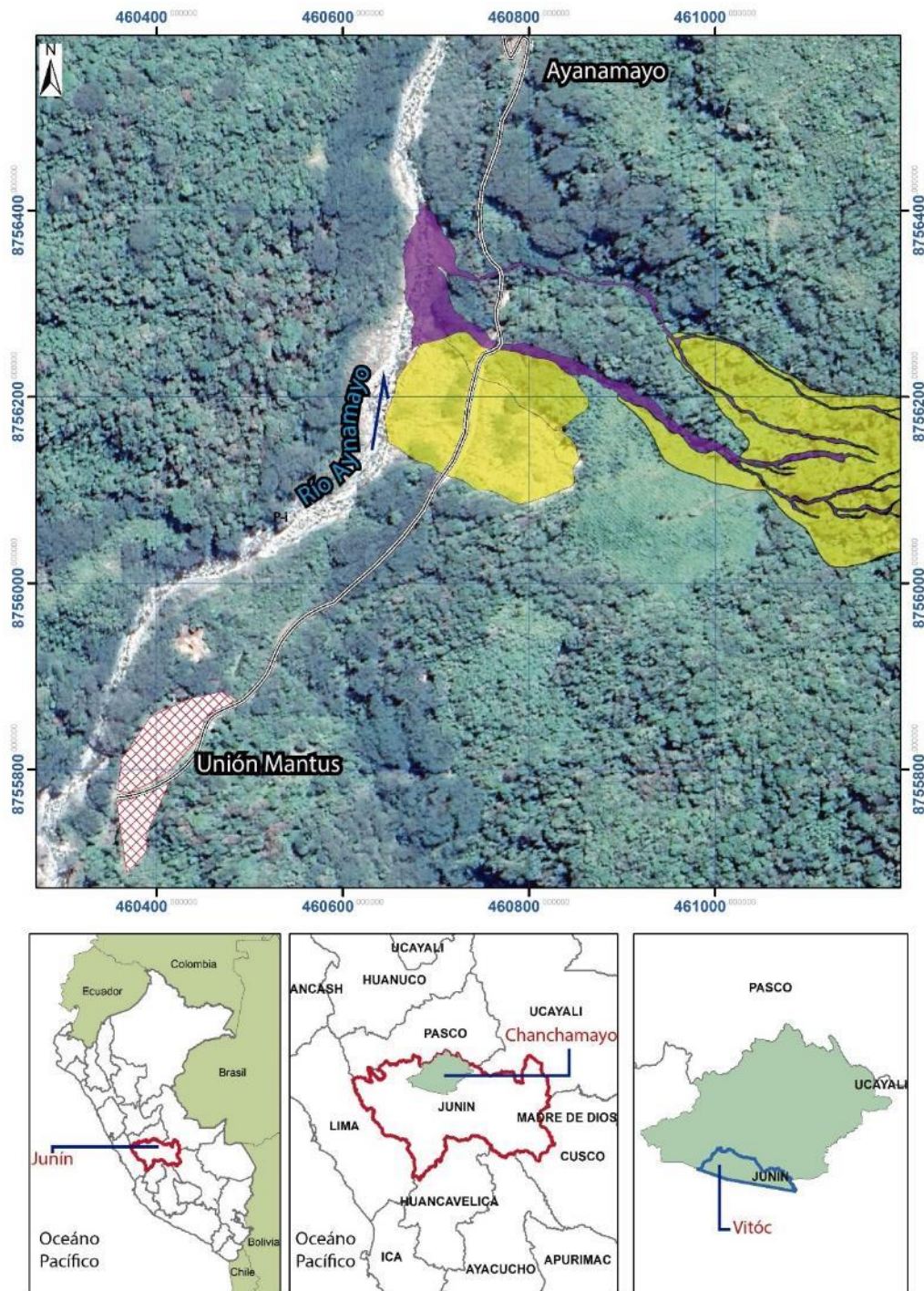


Figura 2. Mapa de ubicación del área de inspección.

1.3.3. Población

El Anexo de Unión Mantus tiene un código de Ubigeo de 1203060021 (<http://sige.inei.gob.pe/test/atlas/>), sin categoría registrada con 25 viviendas y una población de 50 personas entre hombres y mujeres, cuenta con un centro educativo primario. La carretera de acceso que conecta San Ramón y Unión Mantus actualmente es el único acceso al centro poblado

Cuadro 2. Características censales 2017, fuente: INEI

Descripción	Total
DEPARTAMENTO	JUNÍN
PROVINCIA	CHANCHAMAYO
DISTRITO	VITOC
CATEGORIA	-
POBLACIÓN	50
VIVIENDAS	25
AGUA POR RED PUBLICA	NO
ENERGÍA EN VIVIENDA	SI
DESAGÜE POR RED PUBLICA	SI
VÍA DE MAYOR USO	CAMINO DE HERRADURA/TROCHA
TRANSPORTE DE MAYR USO	MOTO/MOTOTAXI
FRECUENCIA	DIARIO
IDIOMA DE MAYOR HABLA	CASTELLANO
DISTANCIA DEL CENTRO POBLADO HACIA LA CAPITAL DEL DISTRITO	14. Km
TIEMPO DEL CENTRO POBLADO HACIA LA CAPITAL DEL DISTRITO	45 min

1.3.4. Clima

En cuanto a la cantidad de lluvia local en el sector Unión Mantus, según datos meteorológicos y pronóstico del tiempo del servicio de aWhere (que analiza los datos de 2 millones de estaciones meteorológicas virtuales en todo el mundo, combinándolos con datos ráster y de satélite), la precipitación máxima registrada en el periodo enero, 2022 -2023 (septiembre) fue de 52.6 mm el 09 de febrero del 2023. Si analizamos el registro de precipitaciones diarias vemos intervalos de lluvia y calma bien marcados entre los meses de enero y junio.

La última reactivación del deslizamiento se dio el 09 de febrero de 2022, que tiene relación con el día mayor precipitación diaria en el sector

La temperatura anual oscila entre mínimos y máximos de 15° y 30°C (figura 3). Así mismo, presenta una humedad promedio de 74.44% durante casi todo el año, (Servicio aWhere).

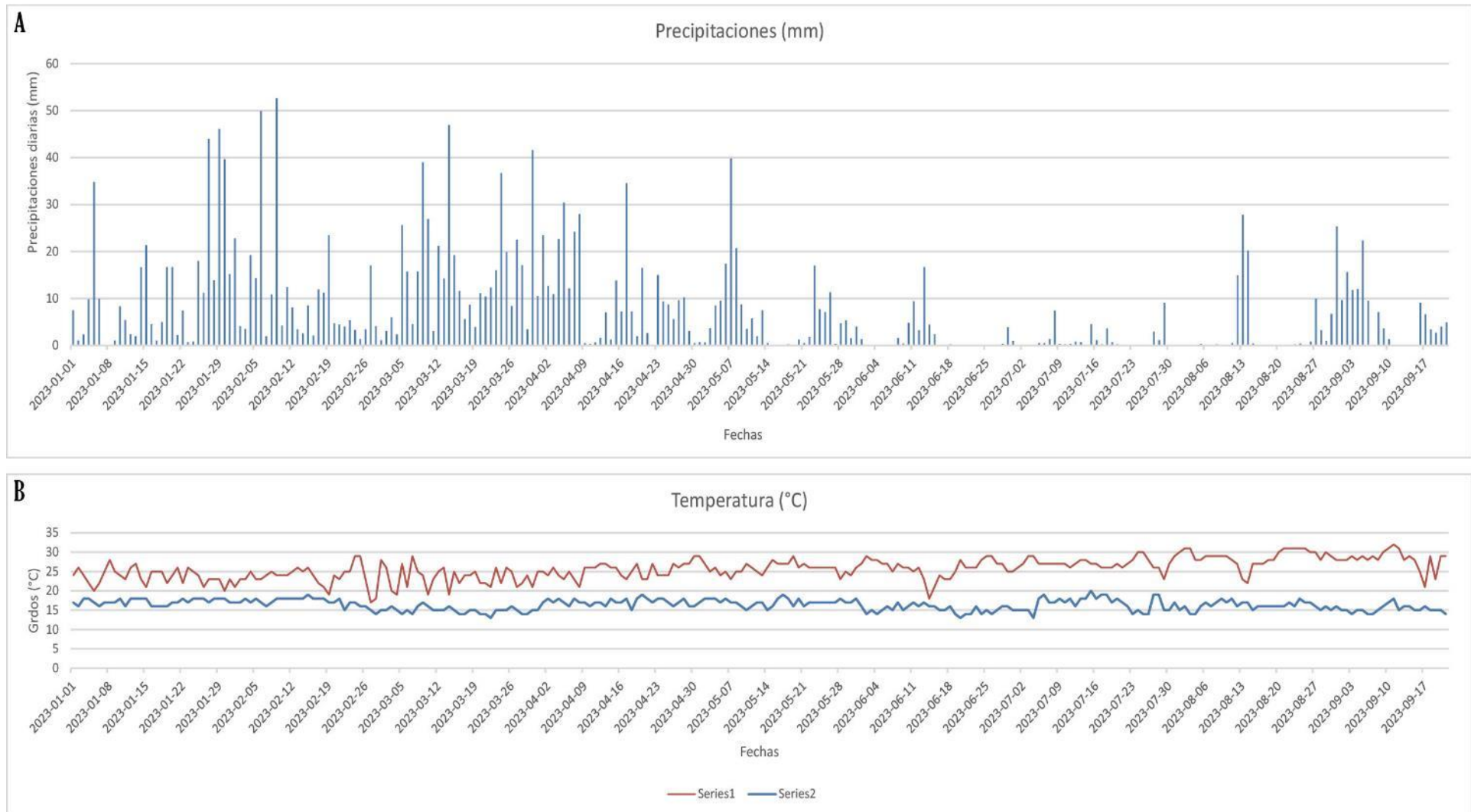


Figura 3. A) precipitación en el sector de acceso al anexo Unión Mantus y B) temperaturas en el sector Unión Mantus (periodo 2022-2023). Fuente: análisis espacial de datos meteorológicos AWERE (Fuente: <https://crop-monitoring.eos.com/weather-history/field/7337354>).

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 del 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 ladero abajo. sobre ella suelen presentarse algunas grietas paralelas o semi paralelas conocidas como grietas de tensión o de tracción.

Deslizamiento: son movimientos de masas de roca, residuos o tierra, hacia abajo de un talud" (Cruden, 1991), son uno de los procesos geológicos más destructivos que afectan a los humanos, causando miles de muertes y daños en las propiedades, por valor de decenas de billones de dólares cada año (Brabb y Harrod, 1989). 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.

Los desplazamientos en masa se dividen en subtipos denominados deslizamientos rotacionales, deslizamientos traslacionales o planares y deslizamientos compuestos de rotación. esta diferenciación es importante porque puede definir el sistema de análisis y el tipo de estabilización que se va a emplear (Suarez, J., 2009).

Deslizamiento rotacional: Es un tipo de deslizamiento en el cual la masa se mueve a lo largo de una superficie de falla curva y cóncava; presentan una morfología distintiva caracterizada por un escarpe principal pronunciado y un contrapendiente de la superficie de la cabeza del deslizamiento hacia el escarpe principal.

La deformación interna de la masa desplazada es usualmente muy poca. Debido a que el mecanismo rotacional es auto estabilizante, y éste ocurre en rocas poco competentes, la tasa de movimiento es con frecuencia baja, excepto en presencia de materiales altamente frágiles como las arcillas sensitivas. (Suarez, J., 2009).

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.

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 o bad lands. 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: sin.: 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.

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.

Movimiento en masa.: fenómeno de remoción en masa, proceso de remoción en masa, fenómeno de movimiento en masa, movimientos de ladera, movimientos de vertiente. movimiento ladero abajo de una masa de roca, de detritos o de tierras (Cruden, 1991).

Retrogresivo: Tipo de actividad de un movimiento en masa, en el cual la superficie de falla se extiende en la dirección opuesta al movimiento del material desplazado (Cruden y Varnes, 1996).

Saturación: El grado de saturación refleja la cantidad de agua contenida en los poros de un volumen de suelo dado. Se expresa como una relación entre el volumen de agua y el volumen de vacíos.

Suelo residual: Suelo derivado de la meteorización o descomposición de la roca in situ. No ha sido transportado de su localización original, también llamado suelo tropical.

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

Zonas críticas: Son zonas o áreas con peligros potenciales de acuerdo con la vulnerabilidad asociada (infraestructura y centros poblados), que muestran una recurrencia, en algunos casos, entre periódica y excepcional. Algunas pueden presentarse durante la ocurrencia de lluvias excepcionales y puede ser necesario considerarlas dentro de los planes o políticas nacionales, regionales y/o locales sobre prevención y atención de desastres.

Estado de los movimientos en masa

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

Abandonado: Estado de actividad de un movimiento en masa en el cual la causa de la inestabilidad del movimiento ha dejado de actuar (WP/WLI, 1993).

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

Suspendido: Movimiento en masa que se desplazó durante el último ciclo anual de las estaciones climáticas, pero que en el momento no presenta movimiento (Varnes, 1978).

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).

3. ASPECTOS GEOLÓGICOS

El análisis geológico, se desarrolló en base al boletín N° 78, “Geología de los cuadrángulos de Chuchurras, Ulcumayo, Oxapampa y La Merced”, en específico la hoja 23m (cuadrángulo de La Merced), el boletín de “Peligros geológicos en la región Junín (Boletín C-72)” y los mapas a escala 1:100 000 y 50 000 publicados en el portal geo-científico del GEOCATMIN, complementando con datos de campo, con lo que finalmente se elaboró el mapa geológico (Anexo 1-mapa 1).

3.1. Unidades litoestratigráficas

Las unidades litoestratigráficas comprenden rocas volcano-sedimentarias del Pérmico-Triásico cubierto parcialmente por depósitos cuaternarios.

A continuación, se describe brevemente la composición y características litológicas de los depósitos y formaciones identificadas en los trabajos de campo:

3.1.1. Grupo Mitu (PET-m)

El Grupo Mitu esta caracterizado por la presencia de andesita púrpura y flujos de lava, andesita piroclástica, conglomerados de guijarros de andesita y areniscas rojas, así como intercalaciones de conglomerados, calizas, tobas y algunos horizontes de brecha volcánica (Luque et al., 2020).



Figura 4. Afloramientos de areniscas y brechas volcánicas meteorizadas y alteradas ubicadas en el área de inspección, coordenadas UTM, WGS 84 18 s, X: 461578; Y: 8755718

Se identificó arenisca en el área de inspección y según la carta geológica pertenecientes al Grupo Mitu, presenta un grado de meteorización alto (más del 50 por ciento esta desintegrado a suelo), se aprecia una roca deleznable, con infiltraciones de humedad proveniente de las quebradas adyacentes. En cuanto a su grado de fracturamiento se puede indicar que este es muy fracturado e incluso llega a alcanzar grados de fragmentado (roca astillosa), esto ultimo se le puede atribuir al corte de talud que aumento el grado de fracturamiento de la roca expuesta (tablas 2 y 3). Su Buzamiento es de 30° a favor de la pendiente.

Tabla 2. Clasificación de la meteorización de las formaciones identificadas en el área de estudio (Grado de meteorización de rocas ISRM,1981)

GRADO DE METEORIZACIÓN				
NOMBRE	DESCRIPCIÓN			CLASIFICACIÓN
A1	Roca fresca	No hay signos visibles de meteorización, ligera decoración	-	
A2	Ligeramente meteorizado	Decoloración en la roca y en superficie de discontinuidades (fracturas).	<10%	
A3	Moderadamente meteorizada	Menos de la mitad del material rocoso esta descompuesto o desintegrado a suelo.	10-50%	
A4	Altamente meteorizado	Más del 50% esta descompuesto y/o desintegrado a suelo, roca fresca o descolorida esta presente como testigos descompuestos.	50-60%	X
A5	Completamente meteorizado	Todo el material rocoso esta descompuesto y/o meteorizado. La estructura original del macizo rocoso esta aun en parte intacta.	>90%	
A6	Suelo residual	Todo el material rocoso esta convertido en suelo. La estructura	100%	

Tabla 3. Clasificación del fracturamiento de las formaciones identificadas en el área de estudio (Grado de fracturamiento de rocas ISRM,1981).

INTENSIDAD DE FRACTURAMIENTO				
NOMBRE	SEPARACIÓN	DESCRIPCIÓN		CLASIFICACIÓN
F1	>3 m	Maciza	Fracturas espaciadas entre si	
F2	3-1 m	Poco fracturada	Fracturadas espaciadas a veces no distinguibles	
F3	1-0.3 m	Medianamente fracturado	Espaciamiento regular entre fracturas	
F4	0.3-0.05 m	Muy fracturado	Fracturas muy proximas entre si, se separan en bloques tabulares	X
F5	< 0.05 m	fragmentado	La roca se muestra astillosa y se sepran en lajas con facilidad	X

3.1.2. Formación La Merced (NQ-Im)

Están conformado por conglomerados polimicticos con niveles de areniscas de grano grueso y lodolitas (W. Leon et al 1996).

Localmente estos depósitos se hallan en la margen derecha del río Anaymayo, en el extremo norte del mapa de unidades litoestratigráficas (anexo 1 – mapa 1), no presentan influencia en

el área de evaluación y ocurrencia de deslizamientos y se menciona en el presente informe de manera didáctica y por su cercanía a la formación principal (Gpo. Mitu)

3.1.3. Depósito coluvio-deluvial (Qh-cd)

Este depósito es una acumulación de material suelto, que se desplazó y se acumuló en la ladera este del cerro 1 (C°1). Está compuesto por bloques, bolones, gravas y gravillas de areniscas y tobas con diámetros variados predominando los de 5 cm envueltos en una matriz arcillo-arenosa (figura 5).

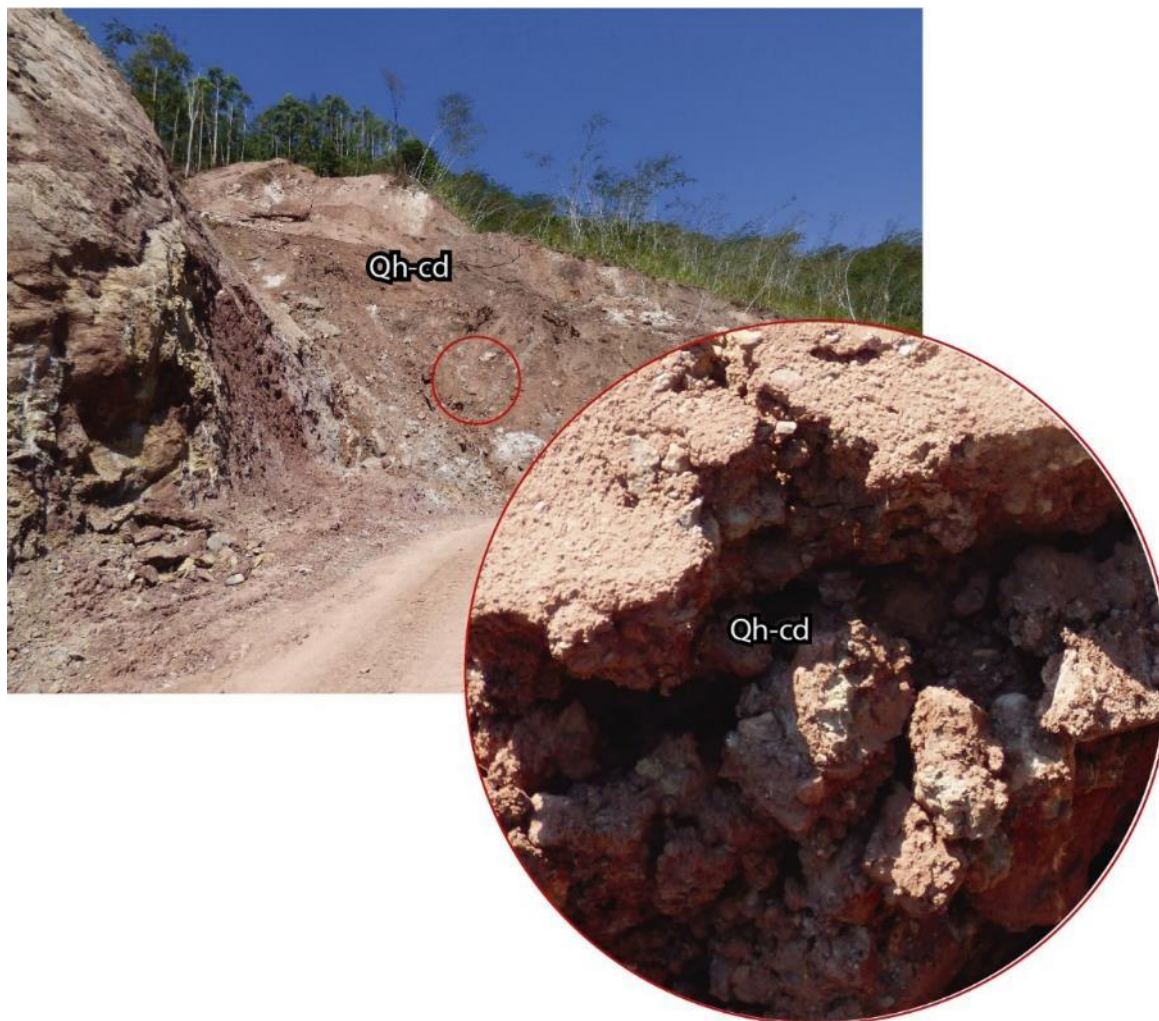


Figura 5. Depósitos coluvio-deluviales, WGS 84 18 s, X: 461578; Y: 8755718.

3.1.4. Depósito proluvial (Qh-pl)

Este es un depósito con bloques redondeados, se encuentra en quebradas que disectan las montañas volcánica-sedimentarias, caracterizada por la acumulación de fragmentos de roca de diversos tipos (brechas, areniscas y andesitas), que han sido desprendidos de la ladera y transportados por la gravedad y el agua. Estos bloques, tienen una formación redondeada y rugosidad lisa, debido a la acción erosiva del agua y detritos (huaicos), varían en tamaño, pero no exceden los 50 cm de diámetro máximo. Estos depósitos proporcionan un testimonio visual de antiguos huaicos (figura 7).



Figura 6. Afloramientos de areniscas y brechas volcánicas meteorizadas en contacto con depósitos cuaternarios coluvio-deluviales UTM, WGS 84 18 s, X: 461578; Y: 8755718



Figura 7. Depósitos proluviales en quebradas de la ladera este del cerro 1. acumulado en la carretera de acceso al sector de Unión Mantus.

3.1.5. Depósito aluvial (Qh-al)

Son una acumulación de sedimentos, principalmente arena, grava con diámetro de hasta 4 cm, limo y arcilla, que se acumulan en las riberas del río Anaymayo, por el transporte y la deposición de materiales debido a la acción del agua. Estos sedimentos se depositaron en áreas de menor velocidad del flujo, como son las llanuras aluviales del río Anaymayo (figura 8).

3.1.6. Depósito fluvial (Qh-fl)

Este depósito es una acumulación de sedimentos que se forma en el lecho y las márgenes de un río Anaymayo debido a la acción del agua en movimiento. Estos depósitos consisten principalmente en arena, grava, limo y arcilla que son transportados por la corriente del río y depositados en áreas de menor velocidad del flujo.



Figura 8. Terrazas aluviales de 3 m de altura en la margen derecha del río Anaymayo.

4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

4.1. Pendientes del terreno

Este factor es uno de los principales factores dinámicos, que contribuyen particularmente a los movimientos en masa (formadores de las geoformas de carácter depositacional o agradacional), ya que determinan la cantidad de energía cinética y potencial de una masa inestable (Sánchez, 2002); por lo cual es un parámetro importante en la evaluación de procesos de movimientos en masa, actúa como factor condicionante y dinámico en la generación de movimientos en masa.

Las pendientes promedio el área de evaluación se representan en el perfil A, de la figura 9.

Cuadro 3. Rango de pendientes del terreno.

RANGOS DE PENDIENTES		
Pendiente	Rango	Descripción
< 1°	Llano	Estas áreas son mínimas y se pueden ver en la carretera de acceso a Unión Mantus, estas fueron creadas antrópicamente.
1° a 5°	Inclinación suave	Este rango de pendientes se mantiene en el cauce del río Aynamayo
5° a 15°	Moderado	Esta pendiente se observa en las márgenes del río Aynamayo y terrazas aluviales cubiertas por vegetación arbórea.
15° a 25°	Fuerte	Esta se presenta en la parte media de la ladera este del cerro C°1, corresponde a lomadas en roca volcano-sedimentaria.
25° a 45°	Muy fuerte	Este es el rango más representativo en el área de inspección los conforman ambas laderas de montañas ubicadas en las márgenes del río Anaymayo
>45°	Muy escarpado	Este rango de pendientes se presente en escarpes y paredes de quebradas en la ladera este del cerro C°1.

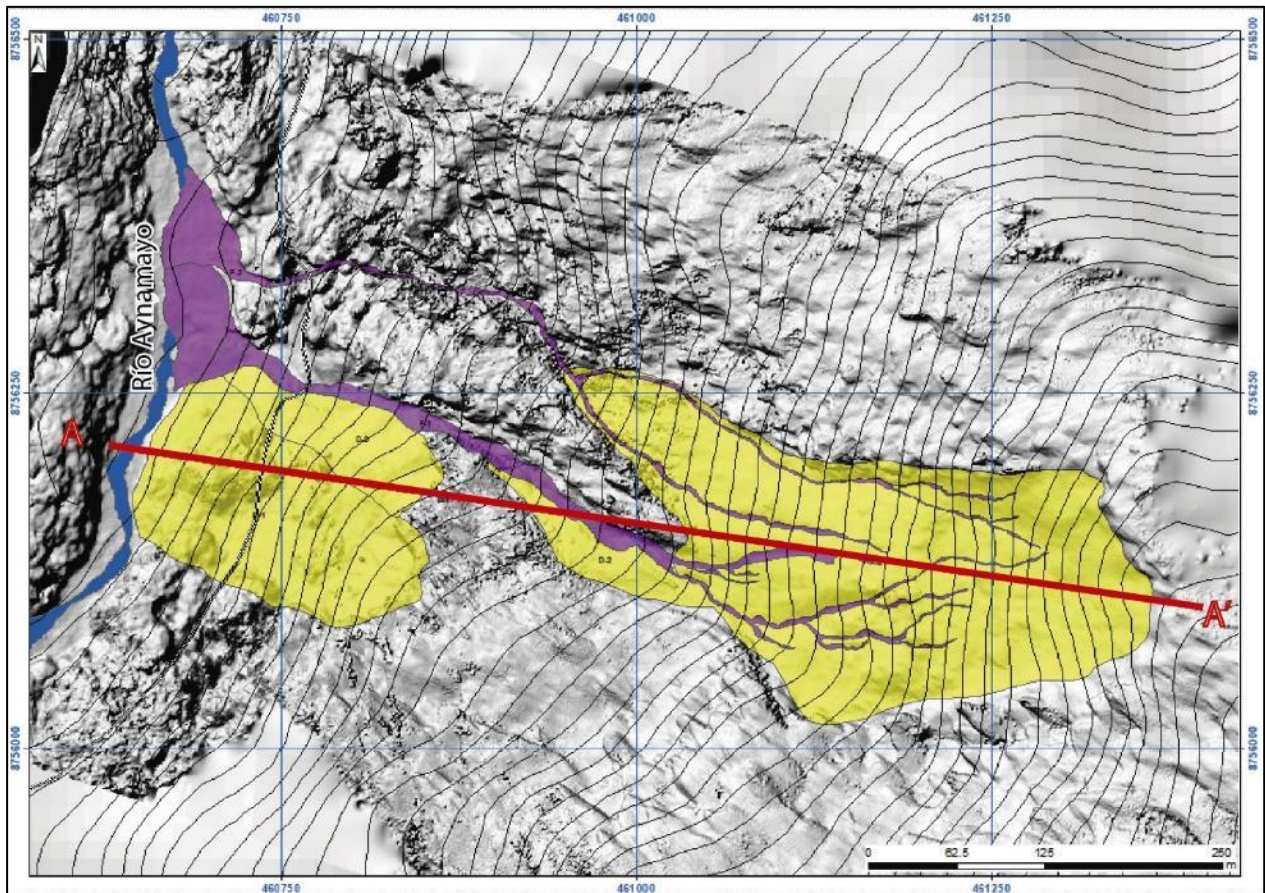


Figura 8. Corte de perfil en el área de inspección para representar los rangos de pendiente en la figura 9.

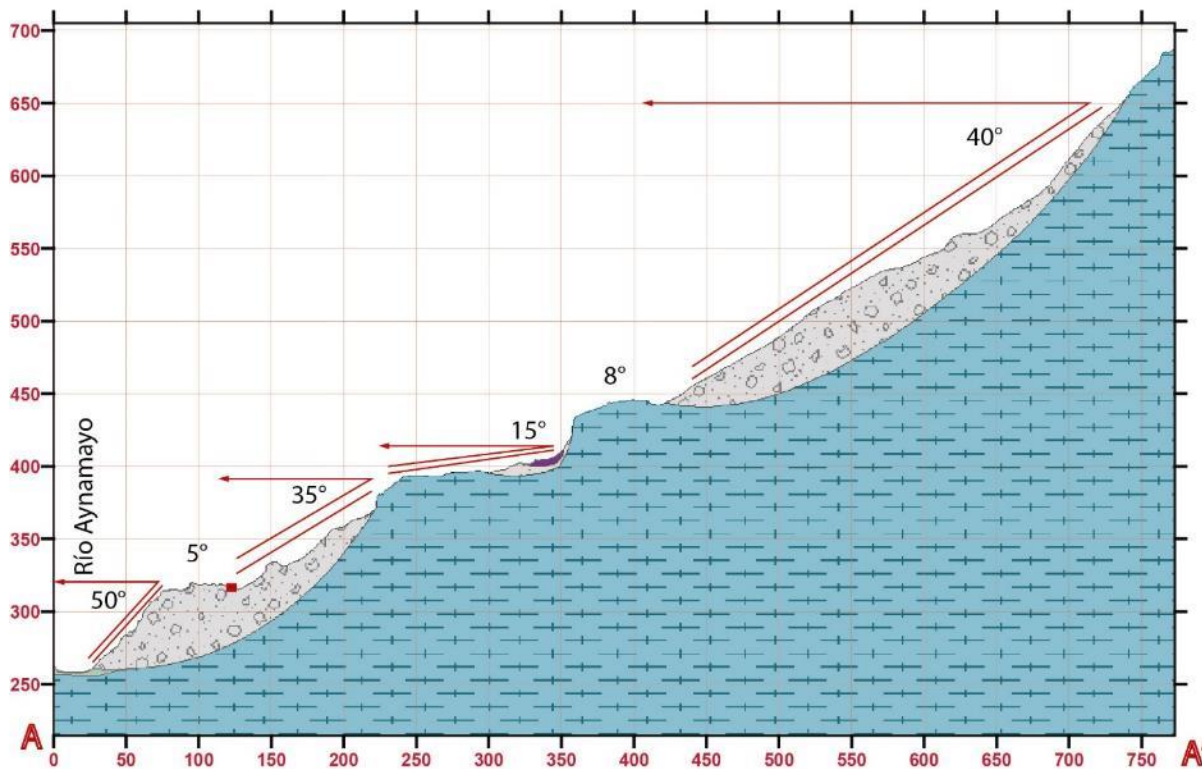


Figura 09. Perfil A-A', muestra la variación de pendientes en la ladera este del cerro C°1 (margen derecha del río Aynamayo).

4.1. Unidades geomorfológicas

Para la caracterización de las unidades geomorfológicas (mapa 3-anexo 1), se consideraron criterios de control como: la homogeneidad litológica y caracterización conceptual; en base a aspectos del relieve en relación con la erosión, denudación y sedimentación (Vílchez et al., 2019).

4.1.1. Geformas de carácter tectónico degradacional y erosional

Están representadas por las formas de terreno resultados del efecto progresivo de procesos morfodinámicos degradacionales sobre los relieves iniciales (Villota, 2005).

El promedio de subunidades geomorfológicas en el área de inspección se muestra en la figura 10.

Subunidad de montañas en roca intrusiva (RM-rvs): Esta subunidad está conformada por secuencias volcano-sedimentarias (Grupo Mitu) que superan los 500 m desde el nivel de base local (río Aynamayo).

La interacción de las rocas volcánicas y sedimentarias en su formación ha dado como resultado una topografía mixta. Las capas sedimentarias, muestran estratos horizontales o inclinados cubierta por abundante vegetación, mientras que las rocas volcánicas exhiben formas escarpadas. Estas montañas tienen crestas irregulares y pendientes pronunciadas debido a la erosión diferencial entre las rocas más resistentes y las más susceptibles al desgaste.

Subunidad de montañas en roca intrusiva (RM-rvs): Está conformada por secuencias volcano-sedimentarias (Grupo Mitu) que superan los 500 m desde el nivel de base local (río Aynamayo),

La interacción de las rocas volcánicas y sedimentarias en su formación ha dado como resultado una topografía mixta. Las capas sedimentarias, muestran estratos horizontales o inclinados cubierta por abundante vegetación, mientras que las rocas volcánicas exhiben formas escarpadas. Estas montañas tienen crestas irregulares y pendientes pronunciadas debido a la erosión diferencial entre las rocas más resistentes y las más susceptibles al desgaste.

Subunidad de lomada en roca volcano-sedimentaria (L-rvs): Está conformada por secuencias volcano-sedimentarias (Grupo Mitu) que no superan los 500 m desde el nivel de base local (río Aynamayo),

Tiene una forma convexa delimitada por dos quebradas 1 y 2 descendientes de la ladera este del cerro °C1.

Subunidad de lomada en roca sedimentaria (L-rs): Está conformada por secuencias volcano-sedimentarias (Grupo Mitu) que no superan los 500 m desde el nivel de base local (río Aynamayo),

Se observa en la margen derecha del río Aynamayo, en el extremo norte (Mapa 3, anexo 1).

4.1.2. Geoformas de carácter depositacional y agradacional

Están representadas por formas de terreno resultados de la acumulación de materiales provenientes de los procesos denudativos y erosionales que afectan las geoformas anteriores, aquí se tienen:

Vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd): Corresponden a depósitos de escombros y deslizamientos: son evidencias de movimientos en masa pasados y recientes, como deslizamientos rotacionales, , estas se presentan en la ladera este del cerro 1, donde las zonas de escarpe son cóncavas y el cuerpo de deslizamiento convexa, además estas vertientes se observan erosionadas por redes de drenajes dendríticos que descienden hasta el cauce del río Aynamayo

Vertiente proluvial y abanico (V-pl): Estos son depósitos adosados a la ladera este del cerro C°1, corresponden a incisiones de quebradas pasadas rellenas por materiales detríticos de huaicos antiguos, que llegan al cauce del río Aynamayo formando abanicos de pendiente moderada (5°-15°) en su desembocadura.

Terraza aluvial (T-al): Es una plataforma elevada y relativamente plana que se encuentra a 5 m por encima del cauce actual del río Aynamayo. Esta elevación es el resultado de la acumulación de sedimentos durante épocas en las que el río tenía un nivel más alto. Esta terraza presenta taludes pronunciados de 50° que marcan el límite entre la superficie elevada de la terraza y la pendiente descendente hacia el cauce del río. Estos escarpes son el resultado de la erosión y el corte de los sedimentos más antiguos.

Llanura de inundación (P-i): Es el área adyacente al cauce y se inunda periódicamente durante tiempos de lluvia. Geomorfológicamente, se caracteriza por: pendientes bajas, poco extensas.

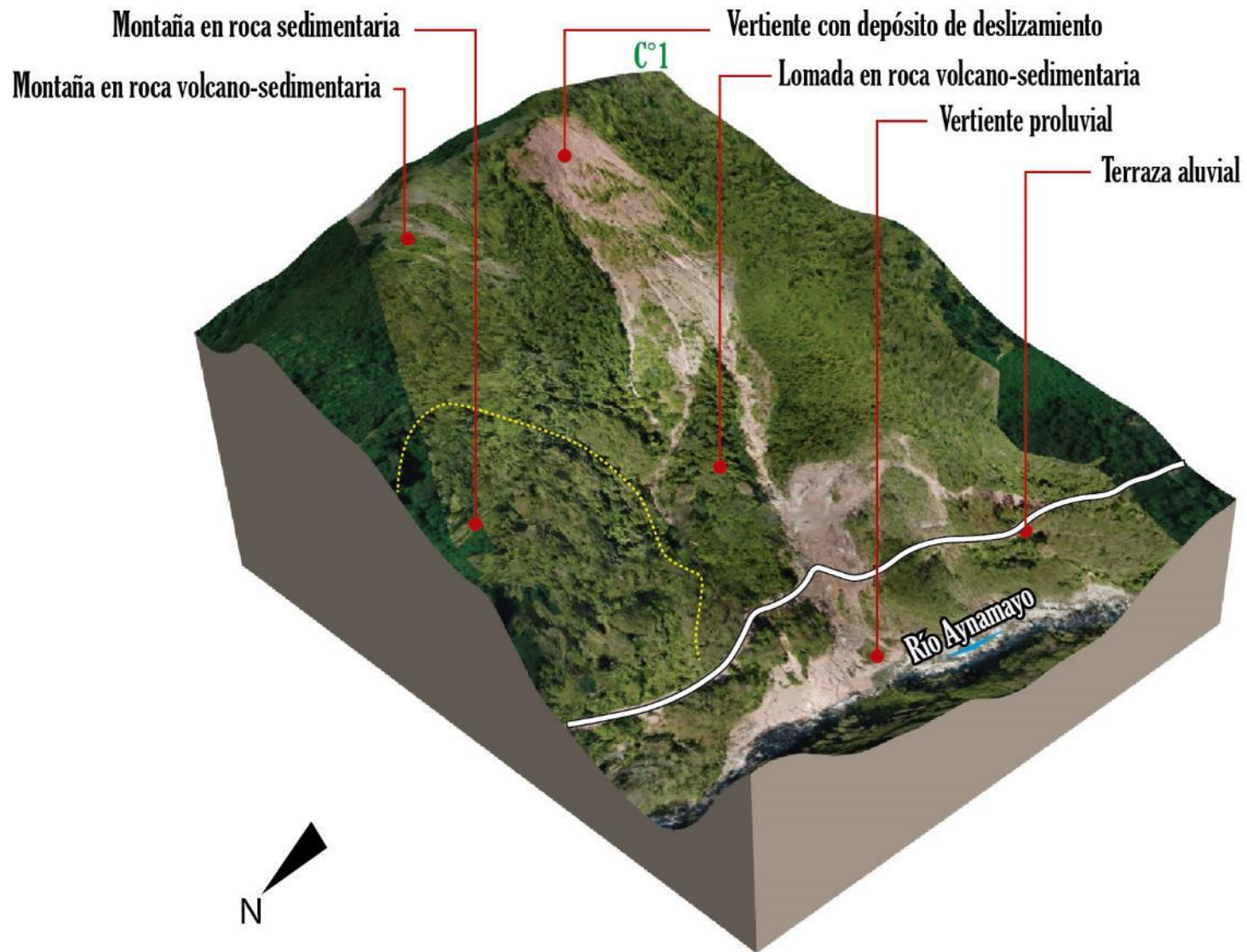


Figura 10. Unidades geomorfológicas en la ladera este del cerro C°1.

5. PELIGROS GEOLÓGICOS

Los peligros geológicos identificados en la carretera de acceso al anexo Unión Mantus corresponde a deslizamientos rotacionales y flujo de detritos (huaicos).

La caracterización de peligros geológicos, se realizó en base a la información obtenida de trabajos en campo; donde se clasificaron los tipos de movimientos en masa, basados en la observación, descripción litológica y morfométrica in situ de los mismos, así como la toma de puntos GPS, medidas con distanciómetro láser, fotografías a nivel de terreno y fotografías aéreas que sirvieron para la elaboración de ortomosaicos y modelos digitales de superficie sobre los cuales se realizó el cartografiado.

La información digital obtenida (imágenes Google Earth 2013) comparada con las imágenes aéreas obtenidas a través de vuelos drone , permitieron identificar y caracterizar el área afectada por movimientos en masa.

5.1. Peligros geológicos por movimientos en masa

5.1.1. Deslizamientos

Se identificaron tres deslizamientos activos rotacionales en la ladera este del cerro 1 (margen derecha del río Aynamayo), por su cercanía estos parecen estar relacionados entre sí, y si tomamos como referencia las imágenes multitemporales (fuente Google Earth) y la imagen área (levantamiento fotogramétrico 2023), veremos esta relación (figura 11).

Para caracterizar los deslizamientos D1, D2 y D3, es necesario recordar que estos son procesos geológicos que evolucionaron de manera gradual a lo largo del tiempo. Así:

Se puede inferir que, en una etapa inicial, factores como la saturación del suelo debido a lluvias intensas y el corte de ladera para la construcción de la trocha de acceso a Unión Mantus provocaron la pérdida de estabilidad de la ladera (2011-2018), iniciando un movimiento lento pero constante, con signos de agrietamientos y la deformación de la superficie en el sector de ingreso al anexo Unión Mantus.

A medida que el tiempo avanzó (2018-2022), el movimiento se intensificó por la continua saturación de terreno y la erosión por parte del río en la margen derecha. Así la acumulación de material suelto en la ladera también pudo aumentar la presión sobre la masa deslizante, generando un movimiento rápido que entre el 2018 y 2022 (según la versión de los pobladores) destruyó la vía de acceso del sector Unión Mantus (la cual fue reparada posteriormente)

Finalmente, la pérdida de vegetación generada por el deslizamiento Da-1, disminuyó la infiltración de las aguas pluviales al terreno y aumentó la escorrentía superficial canalizadas por las quebradas 1 y 2 (Qda-1 y Qda 2), esto aunado a la inestabilidad inicial que generó el deslizamiento Da-1, provocó un deslizamiento de mayor dimensión (entre 2022- y 2023) en la parte superior de la ladera denominado Da-2 (figura 11).

Adicional a esto. Los flujos de detritos que descendieron de las quebradas 1 y 2 arrastraron material detrítico del deslizamiento D2, erosionando las márgenes de sus cauces de recorrido, lo que produjo el deslizamiento D3, ubicado en la misma relación que D1 y 2.



Figura 11. Evolución temporal de los movimientos en masa en la ladera este del cerro 1, margen derecha del río Aynamayo (carretera de acceso al sector Unión Mantus.)

Las características del deslizamiento D1 son las siguientes (figuras 12 y 13):

- La corona superior se encuentra en la cota: 1370 m s.n.m.
- Longitud del escarpe: 140 m.
- Salto del escarpe principal: 18 m.
- El pie de avance del deslizamiento se encuentra en la cota: 1200 m s.n.m.
- Diferencia entre la cota de la corona y pie de avance: 230 m
- Longitud del deslizamiento: 200 m.
- Ancho promedio del deslizamiento: 113 m.
- Área del deslizamiento: 2.12 ha.
- Volumen estimado: 206 000 m³.

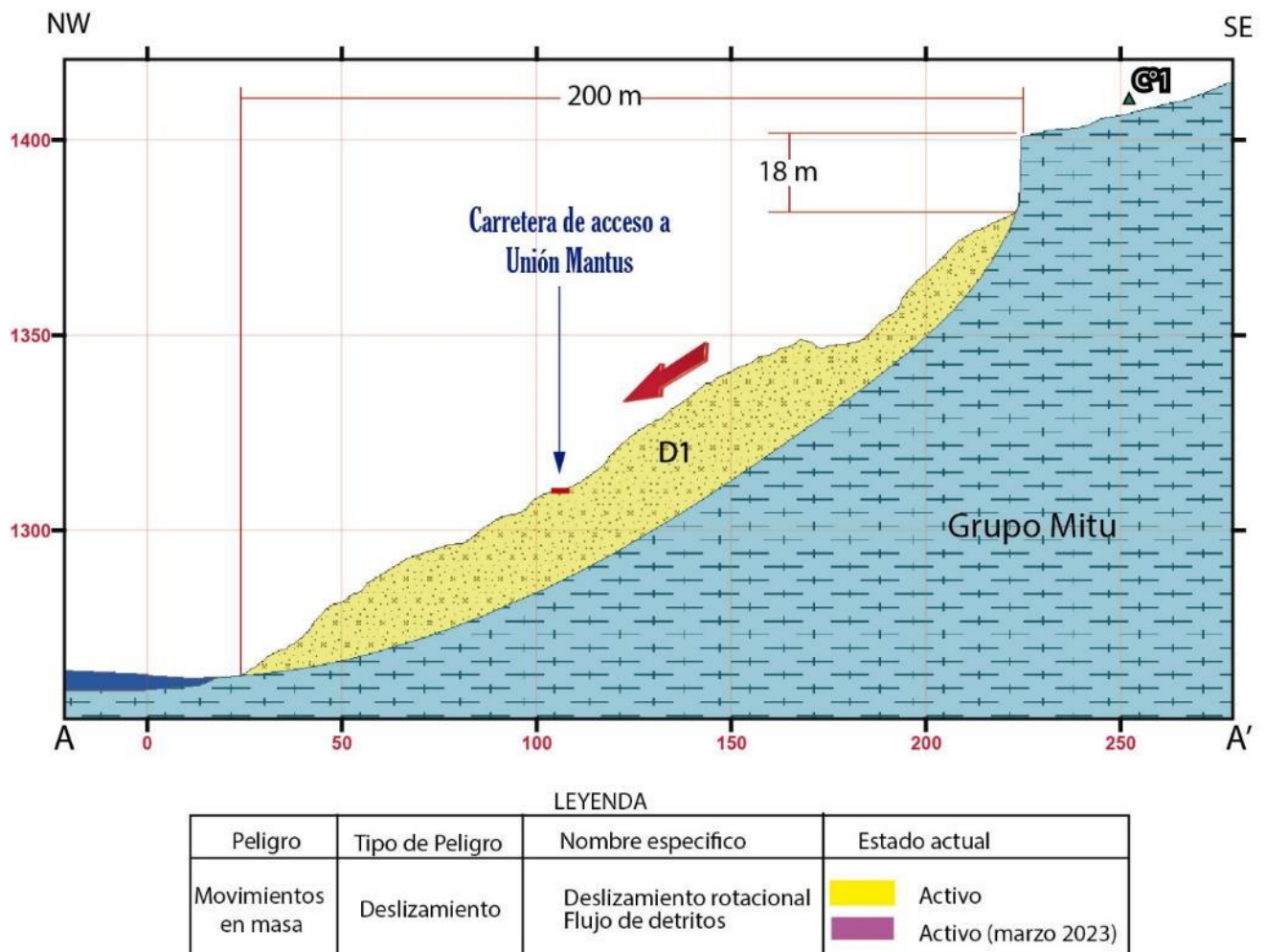


Figura 12. Perfil inferido del deslizamiento D1.

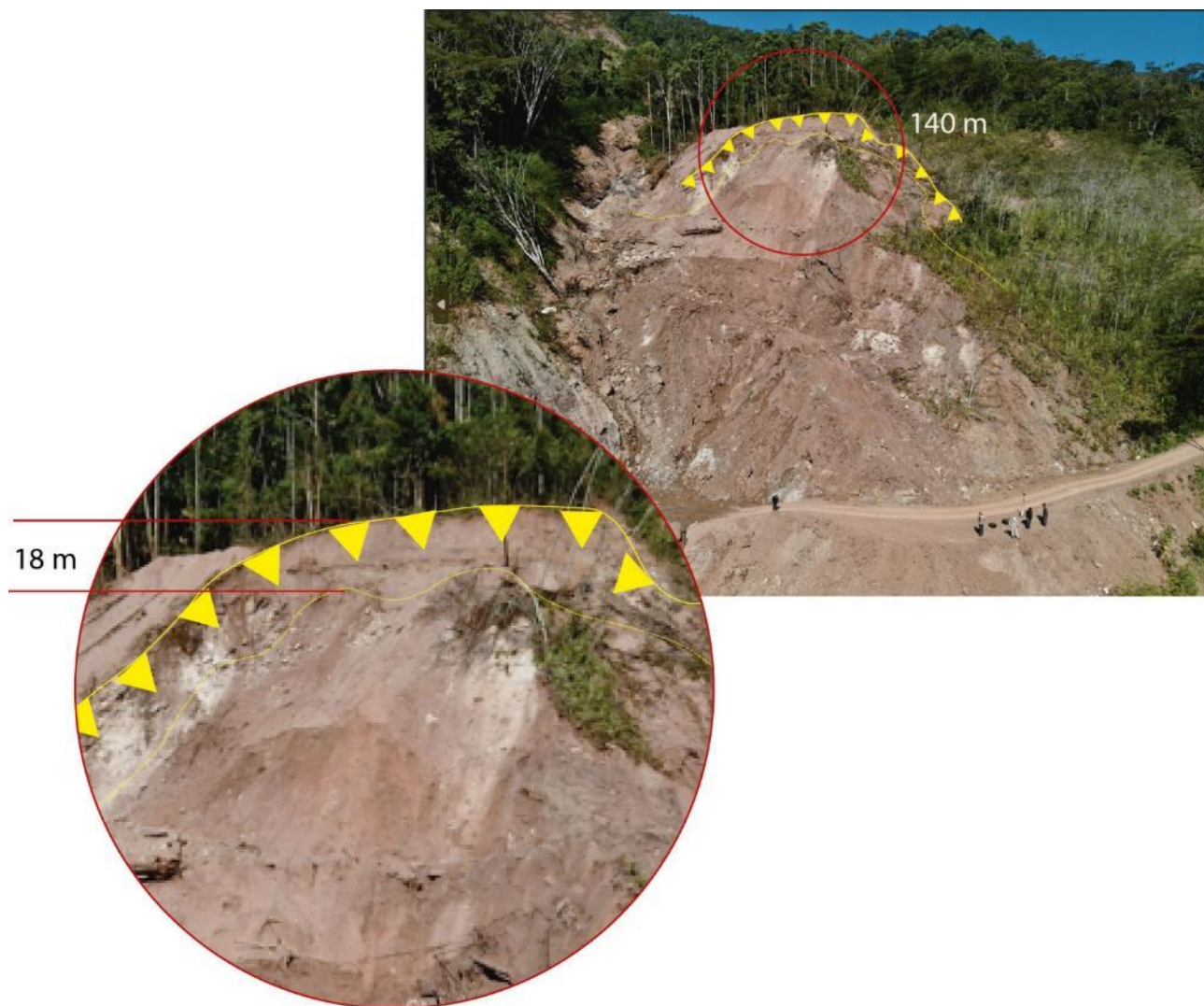


Figura 13. Vista aérea (agosto 2023) tomada con dron del deslizamiento D1 y su escarpe principal.

Las características del deslizamiento D2 son las siguientes (figuras 14 - 16):

- La corona superior se encuentra en la cota: 1650 m s.n.m.
- Longitud del escarpe: 295 m.
- Salto del escarpe principal: 20 m.
- El pie de avance del deslizamiento se encuentra en la cota: 1450 m s.n.m.
- Diferencia entre la cota de la corona y pie de avance: 200 m
- Longitud del deslizamiento: 400 m.
- Ancho promedio del deslizamiento: 180 m.
- Área del deslizamiento: 5.54 ha.
- Volumen estimado: 382 000 m³.

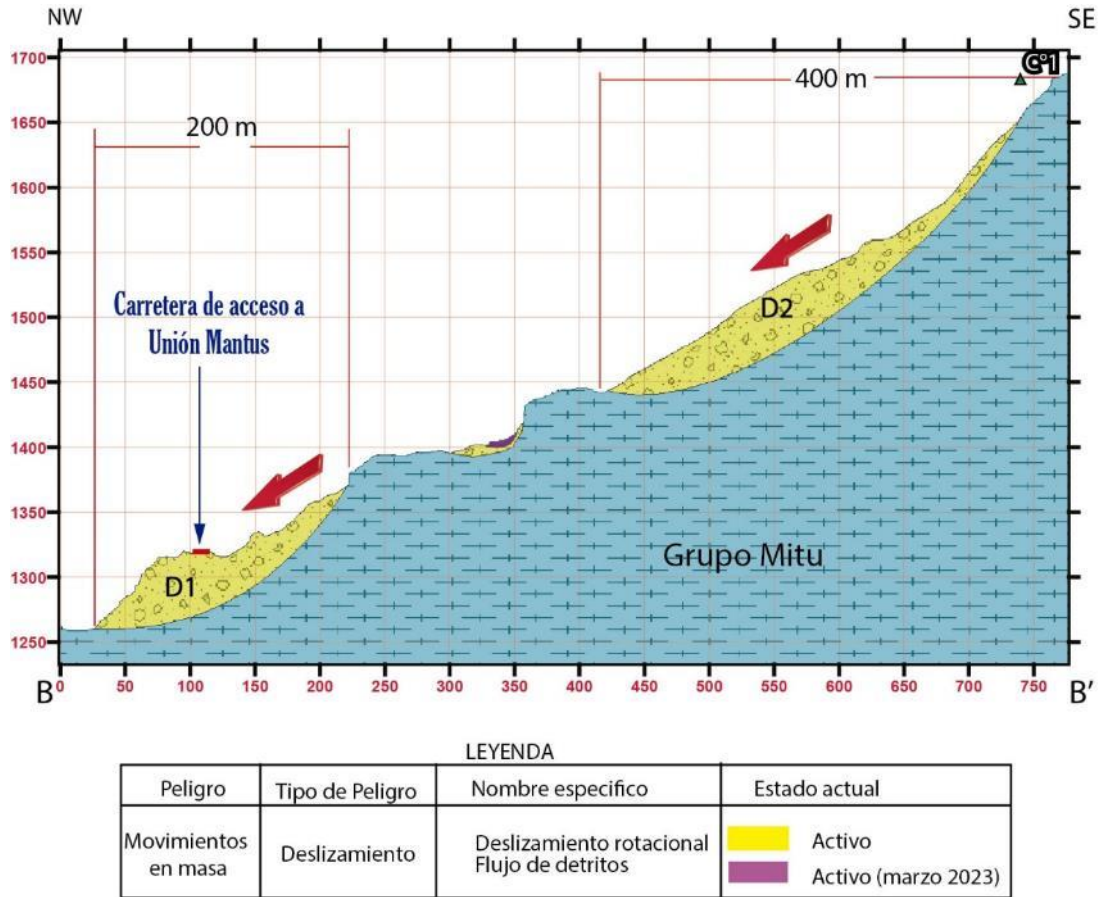


Figura 14. Perfil inferido del deslizamiento D1 y D2.

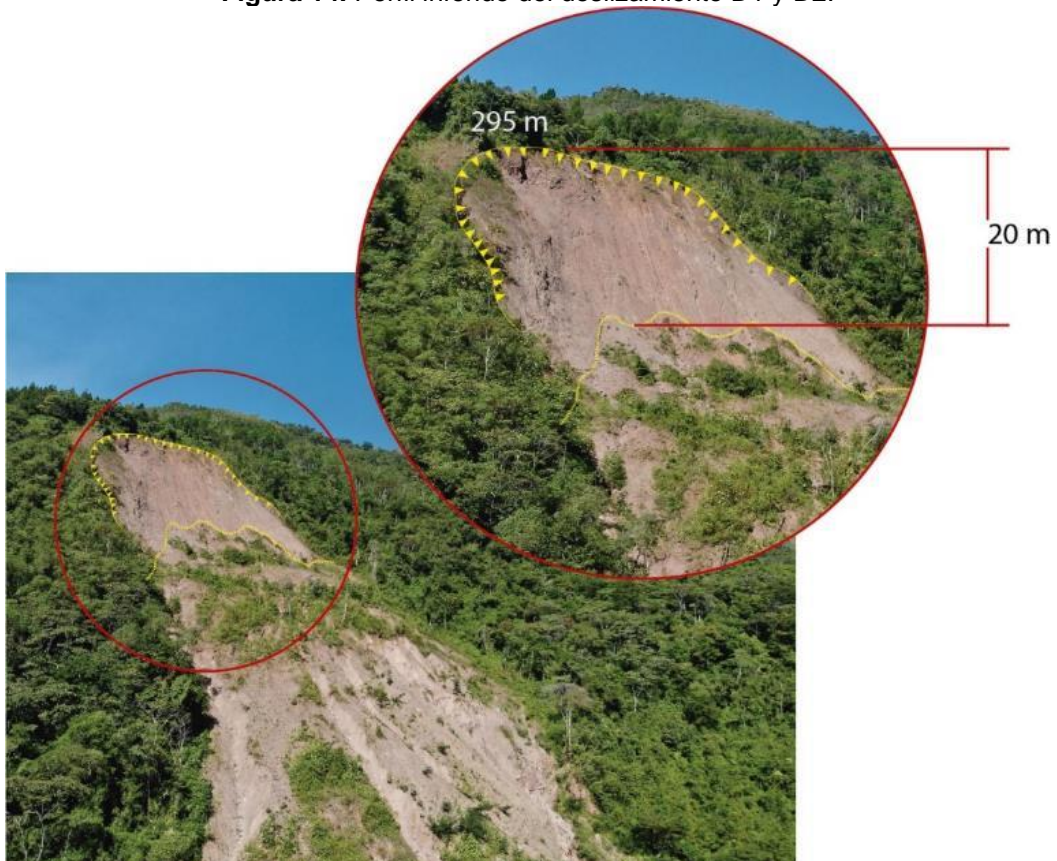


Figura 15. Vista aérea (agosto 2023) tomada con dron del deslizamiento D2 y su escarpe principal.

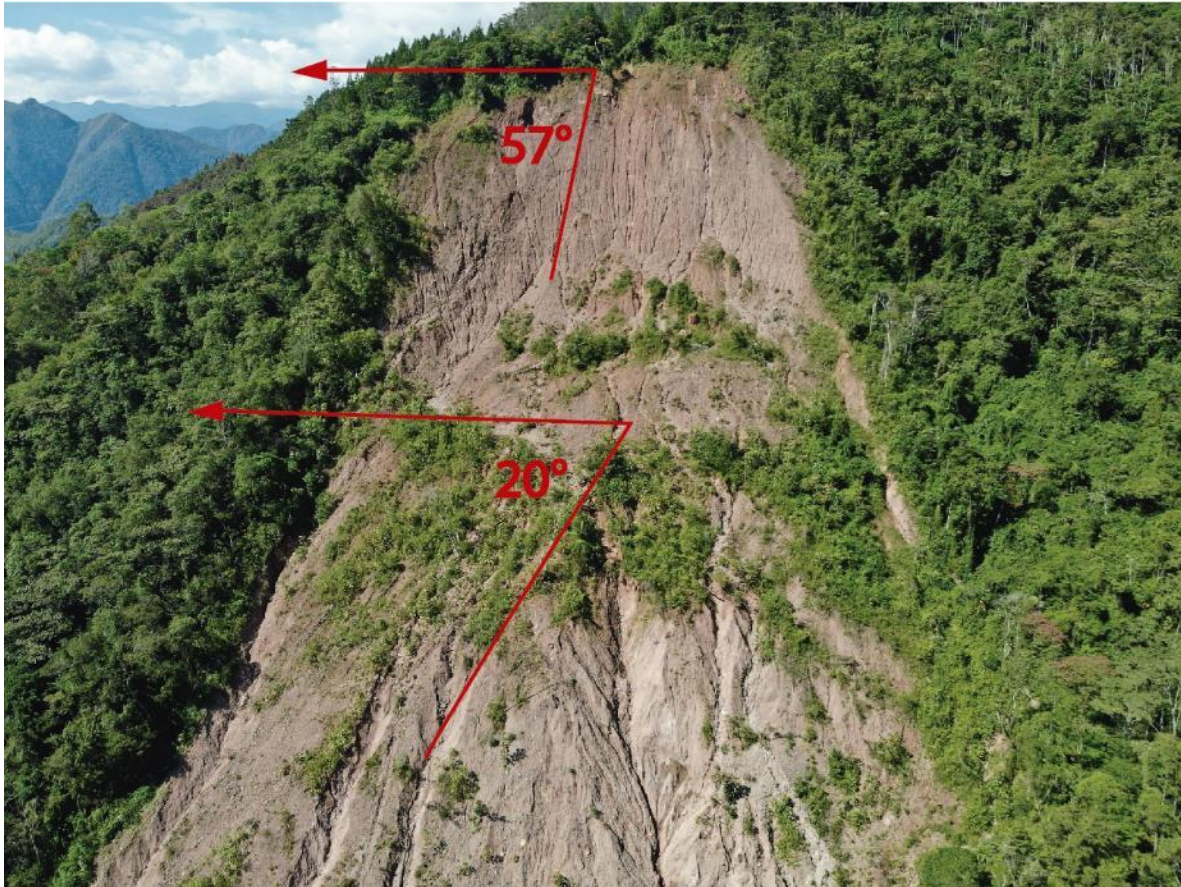
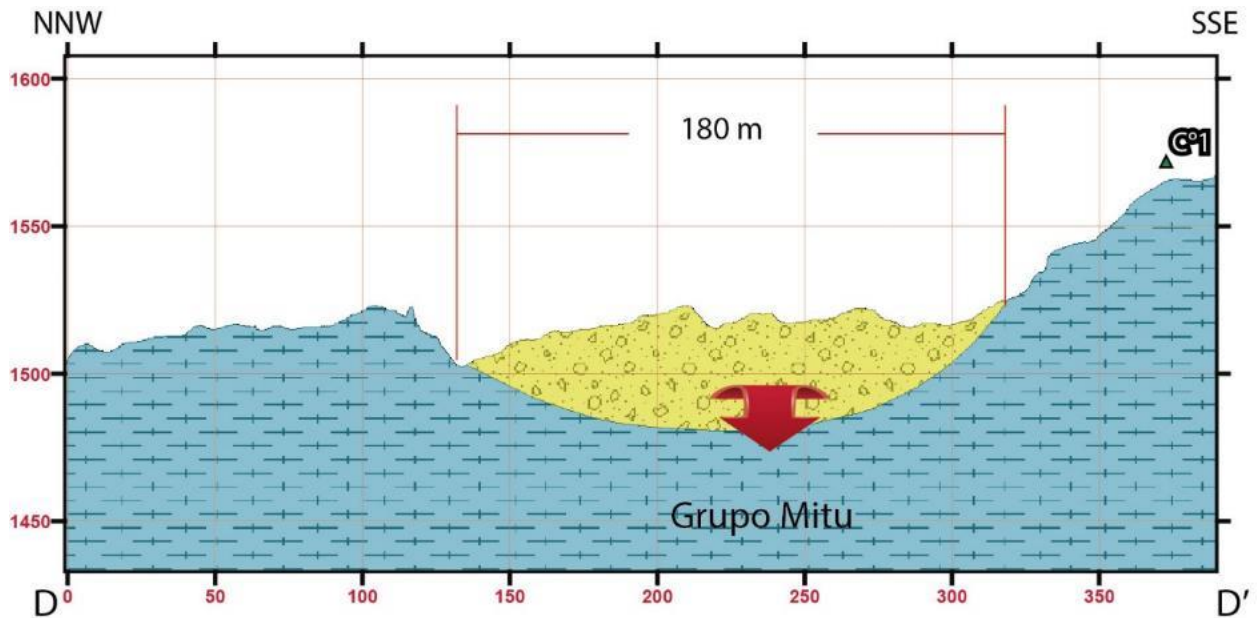


Figura 16. Vista aérea (agosto 2023) tomada con dron del deslizamiento D2 y su escarpe principal.



LEYENDA

Peligro	Tipo de Peligro	Nombre específico	Estado actual
Movimientos en masa	Deslizamiento	Deslizamiento rotacional	Activo
		Flujo de detritos	Activo (marzo 2023)

Figura 17. Perfil transversal del cuerpo del deslizamiento D2-

Las características del deslizamiento D3 son las siguientes (figuras 17 y fotografía 4):

- La corona superior se encuentra en la cota: 1375 m s.n.m.
- Longitud del escarpe: 88 m.
- Salto del escarpe principal: 9 m.
- El pie de avance del deslizamiento se encuentra en la cota: 1325 m s.n.m.
- Diferencia entre la cota de la corona y pie de avance: 50 m
- Longitud del deslizamiento: 50 m.
- Ancho promedio del deslizamiento: 54 m.
- Área del deslizamiento: 0.67 ha.
- Volumen estimado: 47 000 m³.



Fotografía 4. Vista aérea (agosto 2023) tomada con drone del deslizamiento D3

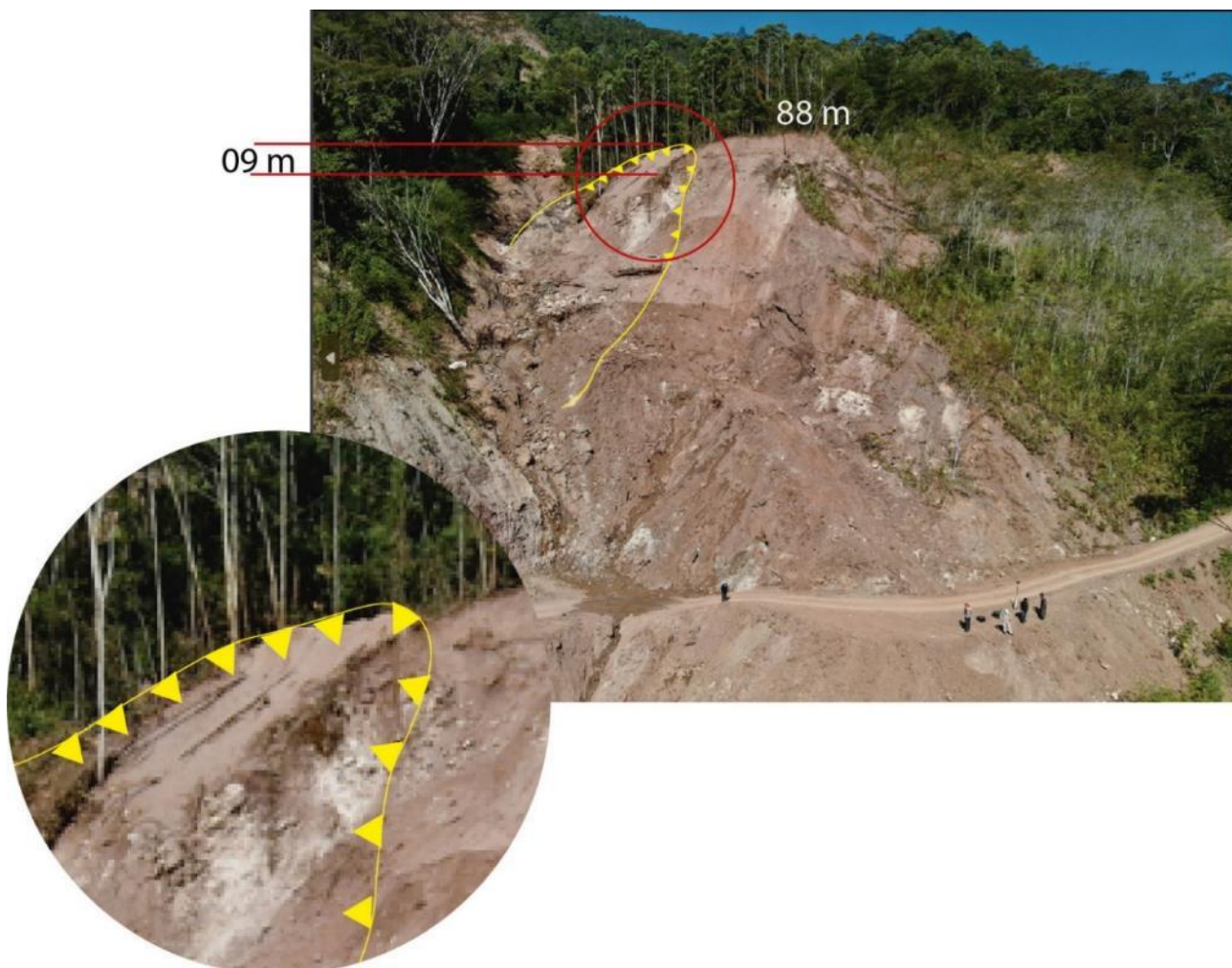


Figura 17. Vista aérea (agosto 2023) tomada con drone del deslizamiento D3.

5.1.2. Flujo de detritos (huaicos).

Se identificaron dos flujos de detritos desencadenados en febrero del 2022, y marzo del 2023 (según versión de los pobladores).

Estos corresponden a huaicos (mezcla de sólidos y agua), que descendieron desde las quebradas 1 y 2, arrastrando consigo material detrítico del deslizamiento D1 y D2, presentan rangos promedio de recorrido de 543 y 552 m, obstruyeron la vía de acceso al anexo Unión Mantus y depositaron su material detrítico en el río Aynamayo, en forma de abanicos proluviales.

Utilizando el Índice Topográfico de Humedad (TWI, por sus siglas en inglés, Topographic Wetness Index) que es un parámetro utilizado en la hidrología y la geomorfología para evaluar la distribución de la humedad en una superficie topográfica. Calculado a partir de datos topográficos, como la pendiente y elevación del terreno, obtendremos información sobre la capacidad de un área determinada para acumular agua y sobre todo las zonas de mayor escorrentía.

En la figura 18, se observa la formación de drenajes “dendríticos” cuya apariencia se asemejan a ramas de un árbol que confluyen en una red principal, en este caso dos (quebradas 1 y 2) generando así flujo de detritos. Cabe resaltar que la mayoría de estas redes de drenaje se forman en el cuerpo de los deslizamientos activos donde se perdió la cobertura vegetal

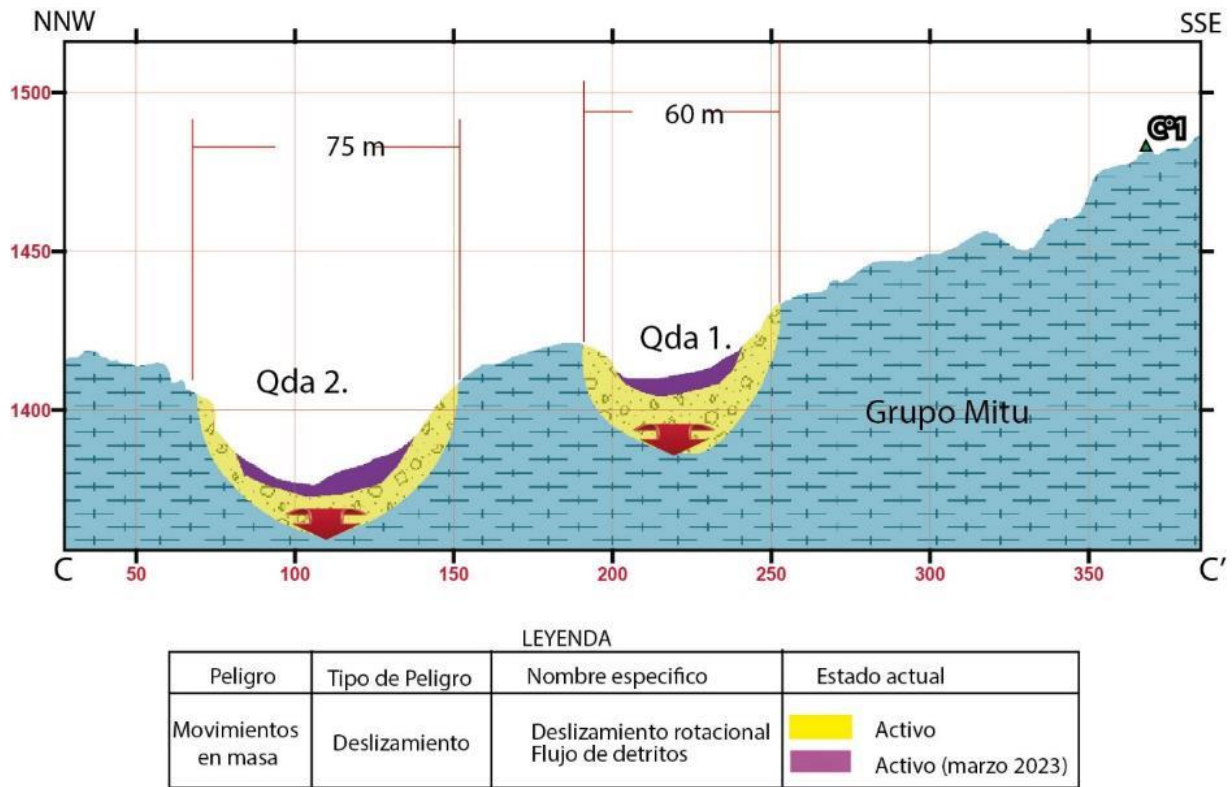


Figura 18. Perfil interpretativo de las quebradas con flujo de detritos ubicado en la ladera oeste del cerro 1.

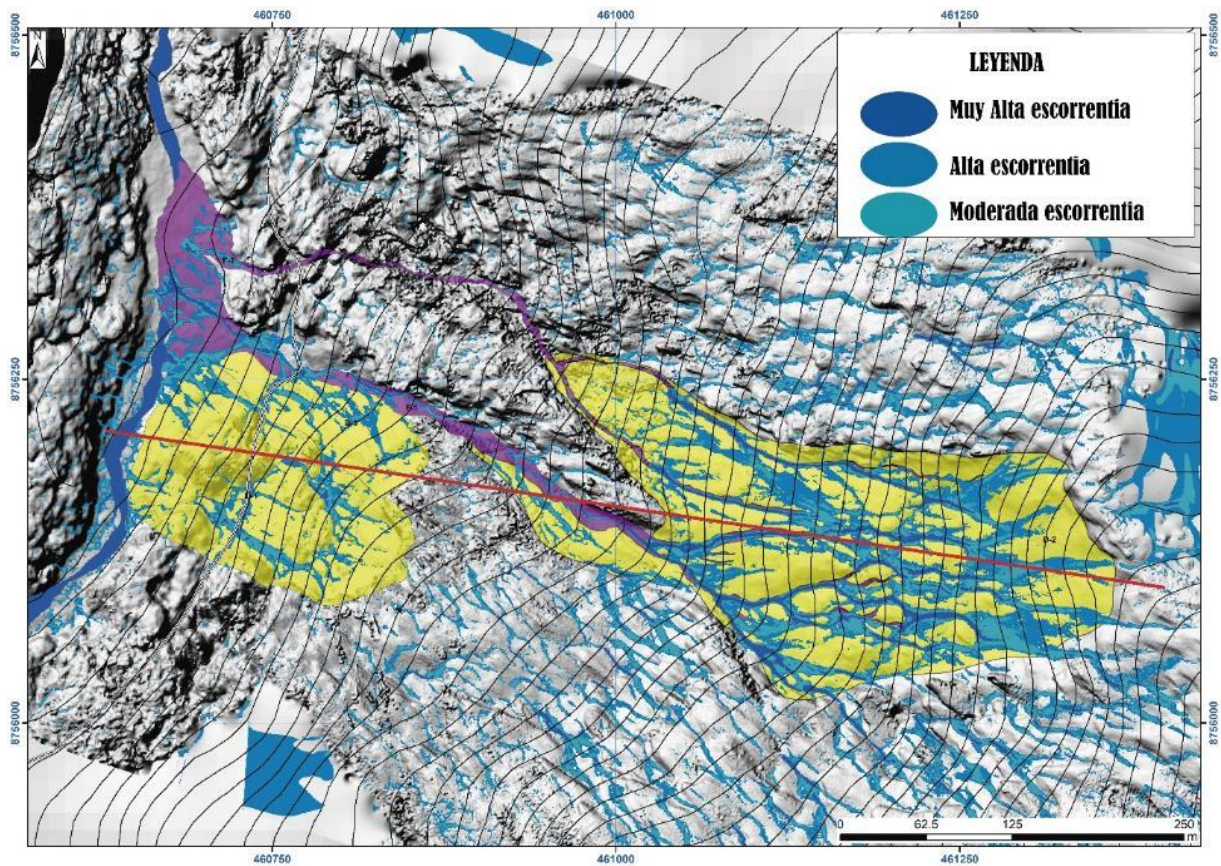


Figura 19. Resultado del análisis TWI, para determinar cualitativamente zonas de mayor escorrentía en el área de inspección.

Los resultados TWI, explican la presencia de agua y constantes flujos de detritos provenientes de estas dos quebradas



Figura 20. Recorrido de flujo de detritos en las quebradas 1 y 2 que descienden al río Anaymayo.



Figura 21. Recorrido de flujo de detritos en las quebradas 1 y 2 que descienden al río Anaymayo.

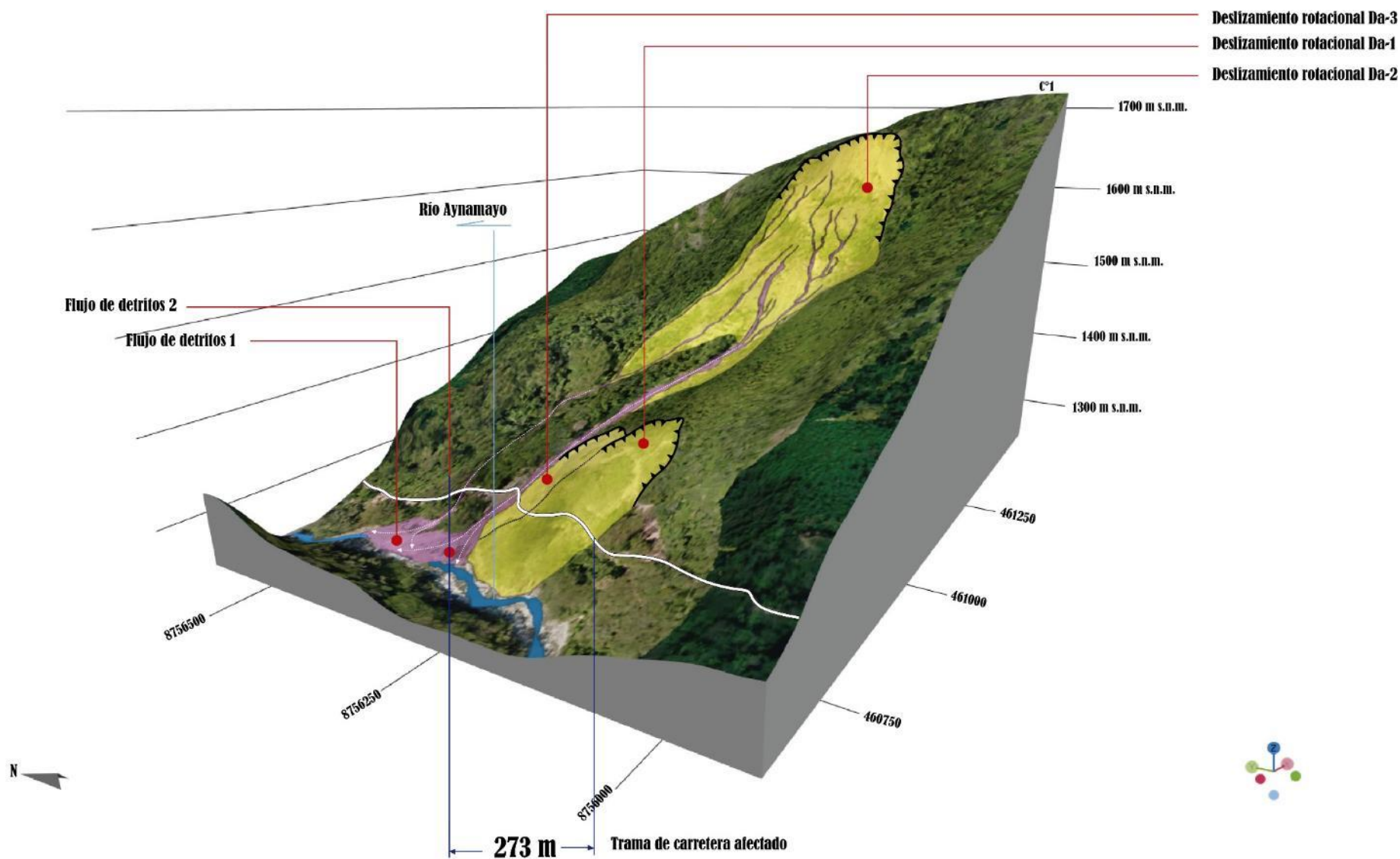


Figura 22. Representación gráfica 3D de los movimientos en masa identificados en la ladera oeste del cerro C¹ y la afectación a la carretera de acceso al anexo Unión Mantus.

5.2. Factores condicionantes

La ocurrencia de movimientos en masa en la ladera oeste del cerro C°1 están condicionados principalmente por la geomorfología del área, sus características geológicas y actividades antrópicas. Dentro de las características intrínsecas que favorecen la ocurrencia de movimientos en masa en el sector evaluado se tienen:

Factor geomorfológico y de relieve

- La ladera de alta pendiente (25°- 45°) proporciona un entorno propicio para la ocurrencia de movimientos en masa. La fuerza gravitatoria influye en una pendiente empinada, aumenta la posibilidad de deslizamientos, y mayor velocidad y por ende poder erosivo de flujos de detritos (huaicos). La carga adicional proveniente de la erosión de la ladera y la acumulación de agua en el suelo también pueden aumentar la presión interna y debilitar la estabilidad del depósito, favoreciendo la ocurrencia de movimientos en masa.
- La vegetación desempeña un papel importante en la estabilidad de la ladera. En pendientes entre 25 y 45 grados, la vegetación densa y enraizada actúa como una especie de manto protector, evitando la erosión y mejorando la cohesión del suelo. Sin embargo, si es afectada, la ladera puede volverse más susceptible a movimientos en masa.

Factor litológico

- En el área evaluada, se presenta un substrato rocoso volcano-sedimentario (Grupo Mitu) conformado por areniscas y tobas con alto grado de fracturamiento y meteorización, que generan suelos residuales de fácil erosión.
- Los suelos sueltos o poco a nulamente cohesionados, como las arcillas expansivas y los limos sueltos, con presencia de bloques (depósito coluvio-deluviales de los deslizamientos D1, D2 y D3), son particularmente propensos a deslizamientos o derrumbes futuros.
- La presencia de bloques de areniscas dentro del depósito coluvio-deluvial, adosado a la ladera este del cerro C°1, introduce heterogeneidades en su estructura. Estos bloques son más rígidos y resistentes que la matriz circundante, lo que crea zonas de debilidad dentro del depósito. Cuando se aplican fuerzas externas, como la presión del agua infiltrada o el peso adicional de la vegetación, estas zonas de debilidad pueden romperse y provocar el deslizamiento o el colapso de todo el depósito.

Factor Hidrológico

- Cuando una red de drenaje se forma sobre un depósito de deslizamiento, puede dar lugar a la generación de flujo de detritos debido a la inestabilidad del terreno. El deslizamiento D1 puede crear barreras naturales en los cursos de agua (quebradas 1 y 2), bloqueando temporalmente su flujo. A medida que el agua se acumula detrás de estas barreras, la presión aumenta y puede desencadenar la liberación repentina de una gran cantidad de sedimentos, rocas y lodo,

generando un flujo de detritos. Este flujo de detritos puede ser extremadamente destructivo, ya que tiende a moverse rápidamente cuesta abajo, arrastrando todo a su paso (vía de acceso al anexo Unión Mantus).

Factor Antrópico

- Los cortes de talud pueden desencadenar la inestabilidad de la ladera. Al realizar un corte, se altera la geometría natural de la ladera (que busca su estabilización natural), redistribuyendo tensiones internas y posiblemente concentrando esfuerzos en áreas susceptibles. Esto, junto con cambios en la topografía y la vegetación, puede modificar el flujo de agua y la infiltración en el suelo, aumentando la saturación y debilitando la resistencia al deslizamiento. Además, la exposición de estratos a favor de la pendiente, previamente no perturbadas y la adición de peso pueden reducir la cohesión del suelo y aumentar la presión de poros, factores que aumentan el riesgo de deslizamientos en la ladera y propensa a la inestabilidad.

5.3. Factores desencadenantes

En una ladera inestable de pendiente alta, se pueden desencadenar deslizamientos y otros movimientos en masa. Estos factores actúan de manera combinada, aumentando la probabilidad que ocurran peligros geológicos. A continuación, se mencionan algunos de los principales desencadenantes tomados en cuenta en este caso:

- Lluvias intensas: Las precipitaciones abundantes y prolongadas pueden saturar el suelo y aumentar la presión del agua en la ladera. Esto reduce la resistencia del suelo y aumenta la posibilidad de deslizamientos. El agua también puede infiltrarse por las grietas que presenta el terreno, de esta manera debilita la cohesión del material y facilita la generación del movimiento. Las lluvias que se presentaron en febrero del 2023, desencadenaron la activación del deslizamiento.
- Cambios en la humedad del suelo: Las fluctuaciones en el contenido de humedad del suelo (por incrementos de riego y/o infiltraciones de la poza de oxidación u otros) pueden ser desencadenantes de movimientos en masa. La sequía prolongada seguida de lluvias intensas, puede llevar a un rápido cambio de condiciones y una mayor inestabilidad del suelo. Cabe resaltar que las precipitaciones en el mes de enero del 2023 fueron relativamente bajas a comparación de las de abril del mismo año en el C.P. Pueblo Libre.
- Actividad sísmica: Los sismos pueden desencadenar deslizamientos en la ladera. Las ondas sísmicas pueden causar la ruptura de la cohesión de los materiales.

Es importante destacar que estos factores pueden interactuar entre sí, creando un efecto sinérgico y aumentando la posibilidad de movimientos en masa en la ladera inestable de alta pendiente.

6. CONCLUSIONES

1. Se tiene un depósito cuaternario coluvio-deluvial compuesto por bloques, bolones, gravas y gravillas de areniscas y tobas con diámetros variados predominado los de 5 cm envueltos en una matriz arcillo-arenosa; susceptible de generar movimientos en masa debido a: 1) Baja cohesión de la matriz, 2) La presencia de zonas de debilidad causadas por los bloques rígidos, y 3) La inclinación pronunciada de la pendiente. Estos factores aumentan la probabilidad de generar deslizamientos, cuando se produzcan perturbaciones externas o se alcancen ciertos umbrales de esfuerzo y tensión desencadenados por lluvias y/o sismos.
2. El substrato rocoso que conforma ladera oeste del cerro C° 1 pertenecientes al Grupo Mitu, presenta un grado de meteorización alto (más del 50 por ciento esta desintegrado a suelo), se aprecia una roca deleznable, con infiltraciones de humedad proveniente de las quebradas adyacentes. En cuanto a su grado de fracturamiento se puede indicar que este es muy fracturado e incluso llega a alcanzar grados de fragmentado (roca astillosa), esto último se le puede atribuir al corte de talud que aumento el grado de fracturamiento de la roca expuesta.
3. Las pendientes variables y empinadas, combinadas con la presencia de movimientos en masa recientes, indican que el terreno es inestable y puede experimentar eventos similares en el futuro. Esto representa una amenaza para la seguridad de las personas y vehículos que transitan por la vía de acceso al anexo Unión Mantus
4. Geodinamicamente la inestabilidad en la ladera este del cerro C°1, comenzó en el año 2011, se manifestó con agrietamientos originados por los deslizamientos, entre 2018 y 2022 se ha generado nuevas reactivaciones, que ha conllevado la pérdida de cobertura vegetal y daño a la vía de acceso al sector Unión Mantus, lo que a su vez desestabilizo más la ladera produciendo un segundo deslizamiento de mayores dimensiones (D2) en la parte alta de la ladera entre 2022 y 2023, posteriormente se produjeron dos flujos de detritos y un tercer deslizamiento apegado al cuerpo del deslizamiento D2.
5. Actualmente se ven 273 m (entre las coordenadas A: X-460759.14 ; Y-8756337.04 y B: X-460705.16 ; Y-8756115.3) de la vía de acceso al anexo Unión Mantus (trocha) afectada por los deslizamientos D1, D2 y D3 y flujo de detritos.
6. Se infiere que el factor desencadenante para la reactivación los movimientos en masa en el año 2023 fueron las precipitaciones pluviales registradas en los meses de febrero y marzo que superaron los 50 mm (precipitación diaria).
7. Por las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas en el sector de acceso al anexo Unión Mantus se considera a este de **Peligro Alto** ante afectaciones por movimientos en masa.

7. RECOMENDACIONES

No estructurales

1. Realizar estudios de evaluación de riesgos (EVAR), a fin de evaluar los elementos expuestos en la ladera este del cerro C°1.
2. Promover la educación y concientización sobre los peligros geológicos y los riesgos asociados con los movimientos en masa identificados, en especial para las habitantes de los anexos Aynamayo y Unión Mantus que circulan por vía afectada.
3. Establecer sistemas de monitoreo geotécnico para detectar cambios en la estabilidad de la ladera y activar alertas tempranas en caso de movimientos o condiciones peligrosas. Estos sistemas pueden incluir instrumentos de medición, como inclinómetros, piezómetros y estaciones meteorológicas, que proporcionen datos en tiempo real para evaluar el comportamiento de la ladera.
4. Reforestación de la ladera oeste del cerro C°1, y mantener una cobertura vegetal constante en la ladera para proteger el suelo de la erosión. Se recomienda plantar cultivos de cobertura o vegetación perenne que tengan sistemas de raíces densos y profundos, lo que ayuda a estabilizar el suelo.

Estructurales

5. Es imperativo considerar un nuevo tramo de carretera dado que el trazado actual está afectado por deslizamientos y huaicos. Sin embargo, este proceso de planificación y diseño debe ser riguroso e incluir estudios geotécnicos sólidos, lo que permitirá tomar decisiones informadas sobre la ubicación y el diseño de la nueva carretera. Al hacerlo, se puede minimizar significativamente el riesgo de futuros deslizamientos y eventos de flujo de detritos, garantizando la seguridad de quienes utilizan la carretera y protegiendo el entorno natural circundante.



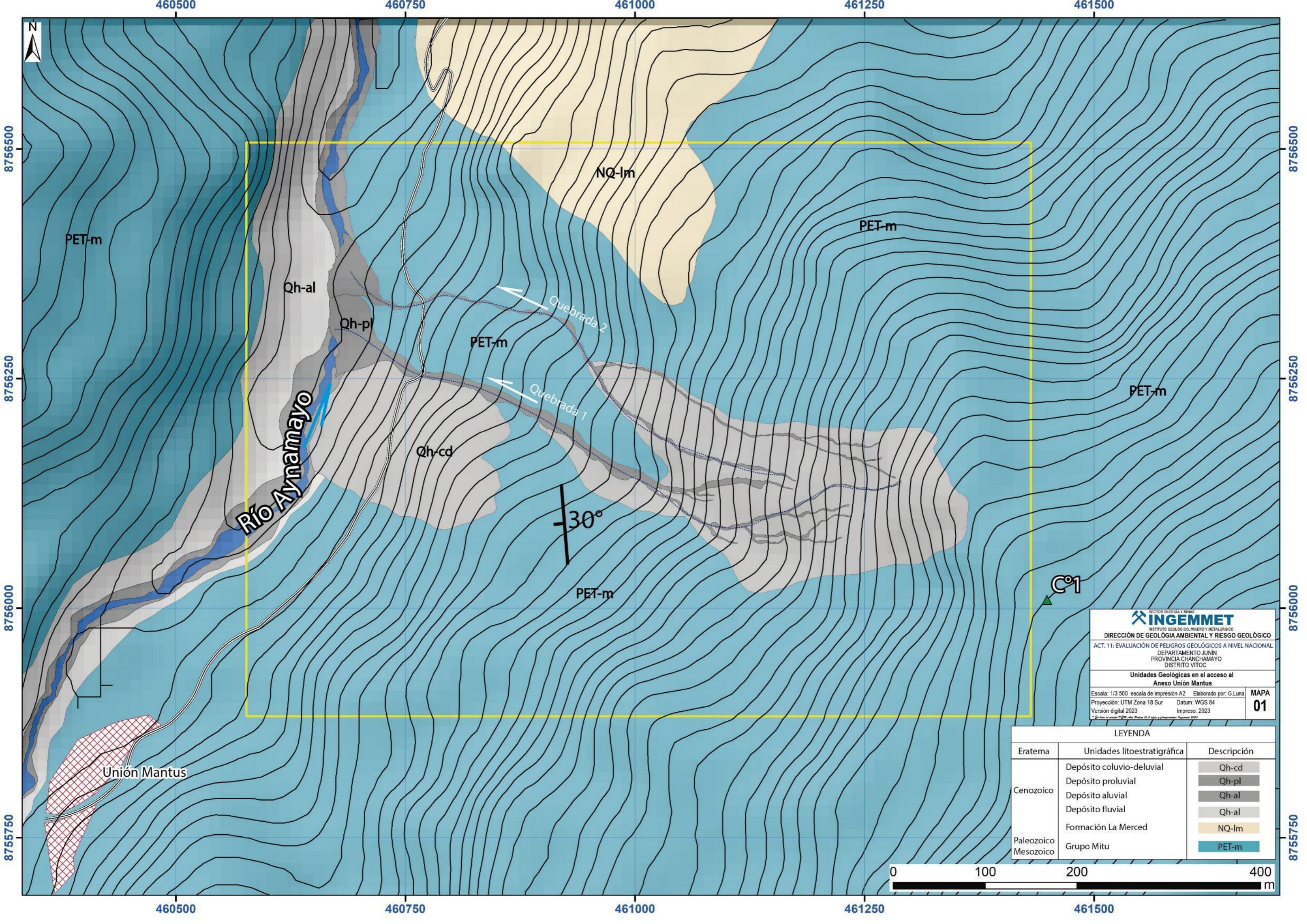
Segundo A. Núñez Juárez
Jefe de Proyecto-Act. 11



ING. JERSY MARIÑO SALAZAR
Director (e)
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico
INGEMMET

8. BIBLIOGRAFÍA

- Cruden, D.M. & Varnes, D.J. (1996) - Landslide types and processes, en Turner, K., y Schuster, R.L., ed., Landslides investigation and mitigation: Washintong D. C, National Academy Press, Transportation researchs board Special Report 247, p. 36-75.
- Fuente de Datos Meteorológicos y Pronostico del tiempo del Servicio de Awhere. (2021). Disponible en: <https://crop-monitoring.eos.com/weather-history/field/7508240>.
- Luque, G.; Rosado, M.; Pari, W.; Peña, F. & Huamán, M. (2020) - Peligro geológico en la región Junín. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 72, 222 p., 9 mapas.
- INDECI INFORME DE EMERGENCIA N° 254 - 6/3/2022 / COEN - INDECI / 23:20 HORAS (Informe N° 1)
- Mejía Fernández (1998) – Hidrología e hidráulica, manual para el control de la erosión Manizales Colombia 1998. P 111-112
- Monge, R.; León, W. & Chacón, N. (1996) - Geología de los cuadrángulos de Chuchurras, Ulcumayo, Oxapampa y La Merced. Hojas: 21-m, 22-l, 22-m, 23-m. INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional, 78, 183 p. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/201>
- 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. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/2830>
- Torres, D.; Valdivia, W.; Ramos W. & Alván A. (2021) - Geología del cuadrángulo de Pallasca (hojas 17h2, 17h3). INGEMMET, Boletín, Serie L: Actualización Carta Geológica Nacional (Escala 1: 50 000), 10, 44 p., 2 mapas <https://hdl.handle.net/20.500.12544/3118>
- Valdivia y Latorre (2003) Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Abancay (28-q)- Escala 1:50 000 <https://hdl.handle.net/20.500.12544/2166>
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (2010a) – Guía climática turística (en línea). Lima: SENAMHI, 216 p. (consulta: 03 junio 2015). Disponible en: <https://www.senamhi.gob.pe/?p=descarga-datos-hidrometeorologicos>.
- Suárez, J. (1996) - Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales. Bucaramanga: Instituto de Investigación sobre Erosión y Deslizamientos, 282 p.
- Varnes, J. (1978) - Slope movements types and processes. In: SCHUSTER, L. & KRIZEK, J. Ed, Landslides analysis and control. Washington D.C. National Academy Press Transportation Research Board Special Report 176, p.



SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO
 DIRECCIÓN DE GEOLÓGIA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO
 ACT. 11: EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL
 DEPARTAMENTO JUNÍN
 PROVINCIA CHANCHAMAYO
 DISTRITO VITOC

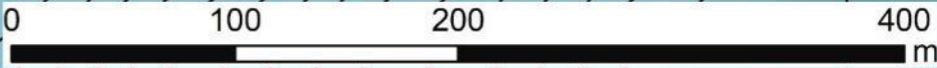
Unidades Geológicas en el acceso al Anexo Unión Mantus

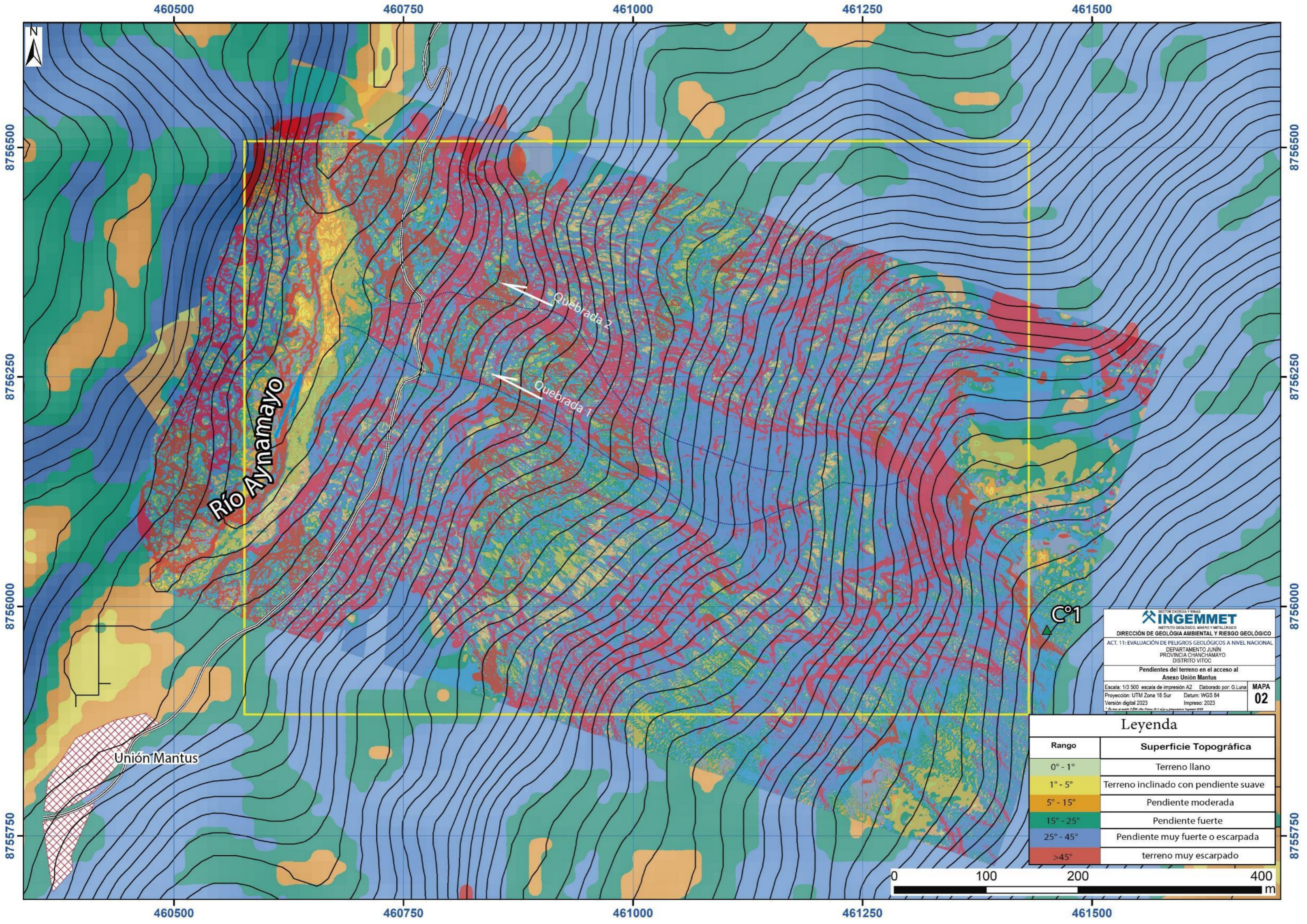
Escala: 1/3 500 escala de impresión A2 Elaborado por: G. Luna
 Proyección: UTM Zona 18 Sur Datum: WGS 84
 Versión digital 2023 Impreso: 2023

MAPA 01

LEYENDA

Eratema	Unidades litoestratigráfica	Descripción
Cenozoico	Depósito coluvio-deluvial	Qh-cd
	Depósito proluvial	Qh-pl
	Depósito aluvial	Qh-al
	Depósito fluvial	Qh-al
Paleozoico Mesozoico	Formación La Merced	NQ-lm
	Grupo Mitu	PET-m





Río Aynamayo

Quebrada 2

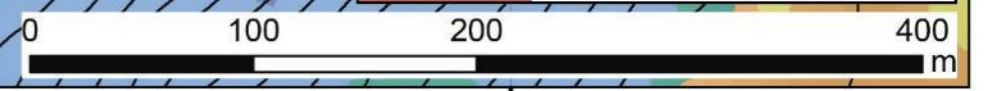
Quebrada 1

C1

Unión Mantus


 INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALURGICO
 DIRECCIÓN DE GEOLOGIA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLOGICO
 ACT. 11: EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLOGICOS A NIVEL NACIONAL
 DEPARTAMENTO JUNIN
 PROVINCIA CHANCHAMAYO
 DISTRITO VITOC
 Pendientes del terreno en el acceso al
 Anexo Unión Mantus
 Escala: 1/3 500 escala de impresión A2 Elaborado por: G.Luna MAPA
 Proyección: UTM Zona 18 Sur Datum: WGS 84
 Versión digital 2023 Impreso: 2023 02

Leyenda	
Rango	Superficie Topográfica
0° - 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°	terreno muy escarpado



460500

460750

461000

461250

461500



8756500

8756500

8756250

8756250

8756000

8756000

8755750

8755750

460500

460750

461000

461250

461500

Río Aynamayo

Quebrada 2

Quebrada 1

Unión Mantus

C°1

RM-vs

T-al

V-pl

L-vs

L-rs

L-rs

RM-vs

RM-vs

V-dd

RM-vs

P-i

INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO
 DIRECCIÓN DE GEOLÓGIA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO
 ACT. 11: EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL
 DEPARTAMENTO JUNÍN
 PROVINCIA CHANCHAMAYO
 DISTRITO VITOC

Unidades Geomorfológicas en el acceso al Anexo Unión Mantus

Escala: 1/3 500 escala de impresión A2 Elaborado por: G.Luna
 Proyección: UTM Zona 18 Sur Datum: WGS 84
 Versión digital 2023 Impreso: 2023

MAPA 03

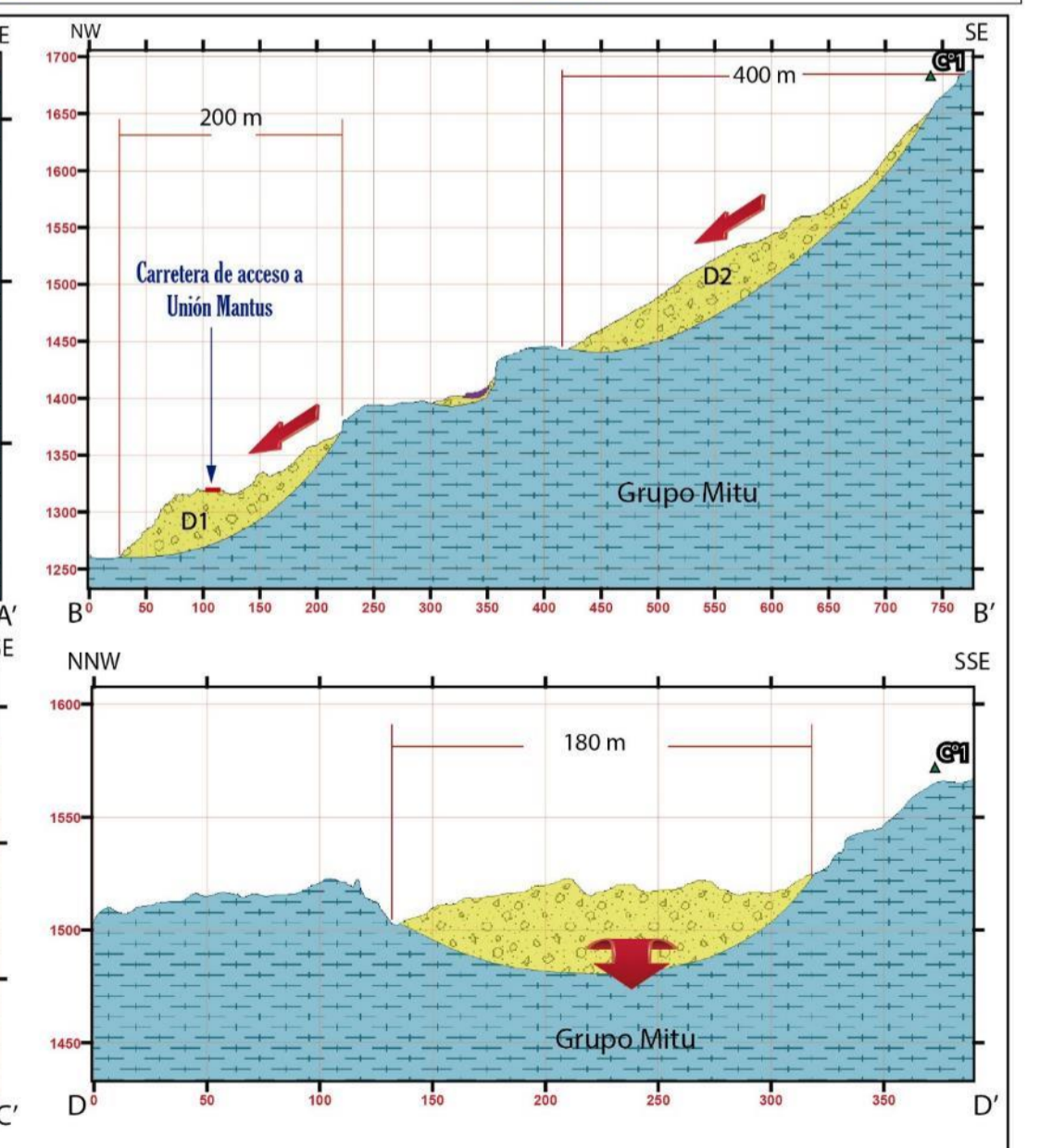
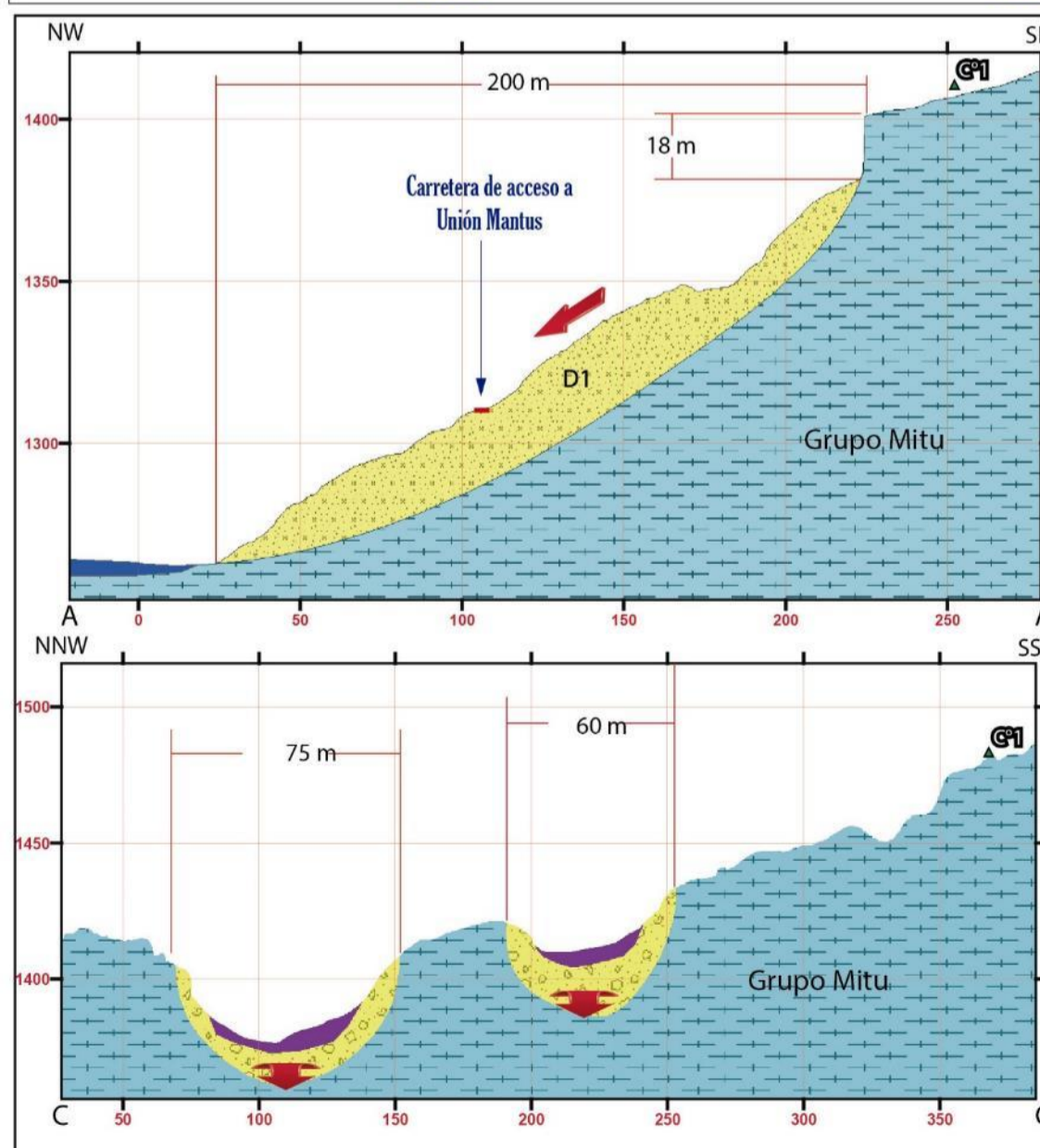
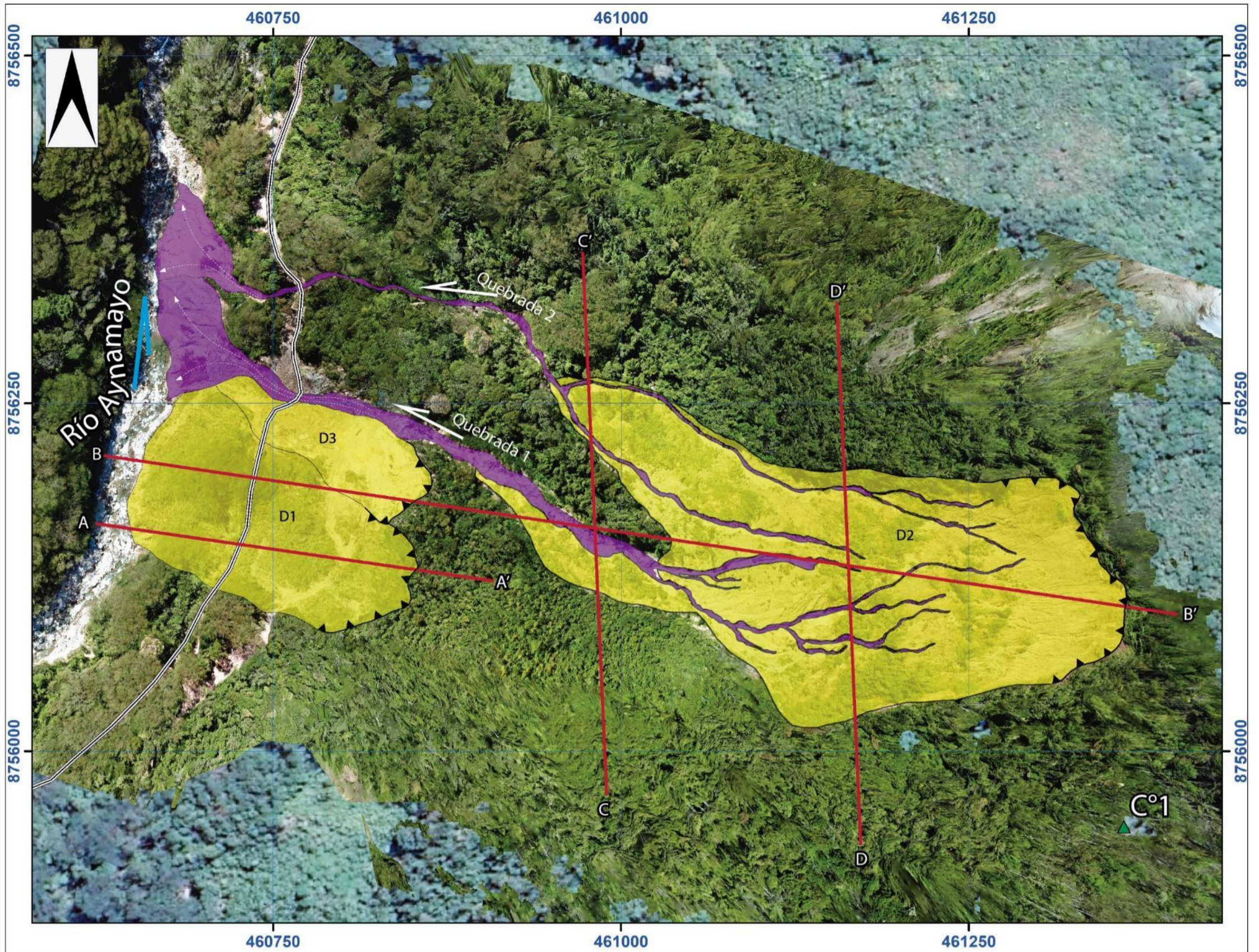
SIMBOLOGÍA

	Dirección de movimiento (deslizamientos)
	Carretera de acceso a Unión Mantus
	Dirección de movimiento (Flujos)
	Líneas de perfil
	Área urbana - Unión Mantus
	Curvas de nivel

LEYENDA

Unidad	Subunidad	Código
Montaña	En roca volcano-sedimentaria	RM-vs
Lomada	En roca volcano-sedimentaria	L-vs
	En roca sedimentaria	L-rs
Vertiente	Con depósito de deslizamiento	V-dd
	Con Proluvial (Abanico)	V-pl
Planicie	Llanura de inundación	P-i
	Terraza aluvial alta	T-al





LEYENDA

Peligro	Tipo de Peligro	Nombre específico	Estado actual
Movimientos en masa	Deslizamiento	Deslizamiento rotacional	Activo
		Flujo de detritos	Activo (marzo 2023)

SIMBOLOGÍA

	Dirección de movimiento (deslizamientos)
	Carretera de acceso a Unión Mantus
	Dirección de movimiento (Flujos)
	Líneas de perfil

INGEMMET
 INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL
 DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO
 ACT. 11: EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL
 DEPARTAMENTO JUNÍN
 PROVINCIA CHANCHAMAYO
 DISTRITO MITOS

Mapa de Movimientos en masa en el acceso al Anexo Unión Mantus

Escala: 1/3 500 escala de impresión A2 Elaborado por: G. Luna
 Proyección: UTM Zona 18 Sur Datum: WGS 84
 Versión digital: 2023 Impreso: 2023

MAPA 04