

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7330

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL SECTOR SALLAR DE LA COMUNIDAD DE HUANCARAY

Departamento Apurímac
Provincia Antabamba
Distrito Pachaconas



DICIEMBRE
2022

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL SECTOR SALLAR DE LA COMUNIDAD DE HUANCARAY

(Distrito Pachaconas, provincia Antabamba, departamento Apurímac)

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

Equipo de investigación:

David Prudencio Mendoza

Gael Araujo Huamán

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2022). Evaluación de peligros geológicos en el sector Sallar de la comunidad de Huancaray. Distrito Pachaconas, provincia Antabamba, departamento Apurímac. Lima: INGEMMET, Informe Técnico A7330, 21p.

INDICE

RESUMEN	1
1. INTRODUCCIÓN	2
1.1. Objetivos del estudio	2
1.2. Antecedentes y trabajos anteriores	2
1.3. Aspectos generales	3
1.3.1. Ubicación.....	3
1.3.2. Accesibilidad	4
1.3.3. Clima.....	4
2. DEFINICIONES	5
3. ASPECTOS GEOLÓGICOS	6
3.1. Unidades litoestratigráficas	6
3.1.1. Formación Socosani.....	6
3.1.2. Plutón Oyoní.....	6
3.1.3. Depósitos superficiales	7
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	7
4.1. Pendientes del terreno	7
4.2. Unidades geomorfológicas	7
4.2.1. Unidad de montañas.....	8
4.2.2. Unidad de piedemonte.....	8
5. PELIGROS GEOLÓGICOS Y/O GEOHIDROLÓGICOS	8
5.1. Peligros geológicos por movimientos en masa del sector Sallar	9
5.1.1. Factores condicionantes.....	13
5.1.2. Factores detonantes o desencadenantes	14
CONCLUSIONES	15
RECOMENDACIONES	15
BIBLIOGRAFÍA	16
ANEXO 1: MAPAS	17
ANEXO 2: DESCRIPCIÓN DE FORMACIONES SUPERFICIALES	21

RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por movimientos complejos de tipo derrumbe flujo y consiguiente inundación fluvial, realizado en el sector Sallar de la comunidad de Huancaray, que pertenece a la jurisdicción distrital de Pachaconas, provincia de Antabamba, 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 para los tres niveles de gobierno.

Se tienen afloramientos de tonalitas (plutón Oyoní) que se presentan medianamente a muy fracturados y moderadamente meteorizados, y sobre estos se encuentran depósitos coluviodeluviales poco compactos de formas subangulosas a subredondeadas, compuestos por bloques (20%), gravas (50%), arena (15%) y limos (15%). Los bloques presentan diámetros hasta de 1 m.

Las unidades geomorfológicas identificadas corresponden a montañas en roca intrusiva y vertiente con depósito de deslizamiento. Se considera como principal factor condicionante la pendiente de las laderas escarpadas a muy escarpadas (25° a >45°), para la generación de deslizamientos, derrumbes y flujos.

Los procesos identificados en el sector Sallar están ubicados en la margen izquierda del río Antabamba, corresponden a dos derrumbe-flujo y un derrumbe, esto último hasta el día de la inspección se encontraba activo. También se apreció escarpes de deslizamientos antiguos erosionados, por lo apreciado en la geomorfología los cuerpos de algunos deslizamientos quedaron colgados en las laderas.

El derrumbe-flujo (DF1) presenta un arranque con longitud de 85 m y la distancia de la cabecera al pie del depósito 240 m. El evento en forma inicial se desplazó con dirección N120°, luego de recorrer 130 m cambia de dirección a N85°.

El derrumbe-flujo (DF2) presenta una longitud de arranque de 50 m y la longitud de la cabecera hasta al pie del depósito (plataforma de la vía) es 145 m; este evento se inicia con una dirección de N115° y a 50 m de la cabecera cambia de dirección N93°.

El derrumbe (D1) presenta una longitud de arranque de 90 m, la distancia de la cabecera al pie del depósito es 150 m, el desplazamiento de la masa tiene dirección N75°; los depósitos llegaron hasta el cauce del río llegando a estrangular al mismo, esto conllevó a generar una inundación de aproximadamente 1 km de distancia a lo largo del río, afectando áreas de cultivo de 4 familias y la vía Santa Rosa – Antabamba, dejando el tránsito restringido por horas en el sector Sallar hasta el día de la inspección.

Se concluye que el área de estudio, es considerada de **peligro muy alto** a la ocurrencia de derrumbes, que pueden ser desencadenados en la temporada de lluvias (octubre a marzo).

Finalmente, se brinda recomendaciones que se consideran importantes, las cuales deben ser tomadas en cuenta por las autoridades competentes; tales como realizar zanjas de coronación y en forma de espina de pescado impermeabilizados, levantar la plataforma de la carretera, descolmatación y Ampliación el cauce del río 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) 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 la solicitud del Gobierno Regional de Apurímac, según Oficio N° 131-2021-GRI/DRTC-APURIMAC, es en el marco de nuestras competencias que se realiza una evaluación de peligros geológicos en el sector sallar de la comunidad de Huancaray por encontrarse en peligro ante “movimiento complejo e inundación fluvial”, con última ocurrencia en el presente año, que afectó áreas agrícolas, 500 m de la vía Santa Rosa - Antabamba y el libre tránsito en el sector.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designó al ingeniero David Prudencio Mendoza y Mag. Gael Araujo Huamán, realizar la evaluación de peligros geológico.

La evaluación técnica se basa en la recopilación y análisis de información existente de trabajos anteriores realizados por Ingemmet, los datos obtenidos durante el trabajo de campo (puntos de control GPS y fotografías terrestres y aéreas), el cartografiado geológico y geodinámico, con lo que finalmente se realizó la redacción del informe técnico.

Este informe se pone a consideración del Gobierno Regional de Apurímac y entidades encargadas en la gestión del riesgo de desastres, donde se proporcionan resultados de la evaluación y recomendaciones para la mitigación y reducción del riesgo de desastres, a fin de que sea un instrumento técnico para la toma de decisiones.

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 Sallar.
- 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 necesarias a fin de prevenir o reducir los riesgos presentes o la generación de nuevos

1.2. Antecedentes y trabajos anteriores

Entre los principales estudios realizados a nivel local y regional en el distrito de Vilcabamba, se tienen:

- A) Según el mapa regional de susceptibilidad a movimientos en masa (Geocatmin, 2012), a escala 1: 100 000, el terreno de la zona de estudio, presenta muy alta susceptibilidad a movimientos en masa y de susceptibilidad media. 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.

- B) Boletín N° 28, serie C, Geodinámica e Ingeniería Geológica: “Estudio Riesgos Geológicos del Perú – Franja N° 2”, elaborado por Ingemmet (2001), se identificó un evento de tipo flujo de detritos registrado en el mapa de inventario de peligros geológicos, donde indica daños causados a la vía.
- C) En el Boletín N° 35, serie A, Carta Geológica Nacional: “Geología de los cuadrángulos de Chalhuanca, Antabamba y Santo Tomas” hojas: 29-p, 29-q y 29-r (Pecho, *et. Al.*, 1981) y la “Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Chalhuanca (29-p), escala 1: 50 000, (Lipa *et al.*, 2003); describen las rocas plutónicas del área de dicho cuadrángulo, las cuales son de naturaleza intrusiva.

1.3. Aspectos generales

1.3.1. Ubicación

El sector Sallar se ubica en la margen derecha del río Antabamba a 1700 m hacia el sureste de la comunidad de Huancaray, por este sector pasa la Carretera Santa Rosa – Antabamba. Políticamente pertenecen al distrito de Pachaconas, provincia de Antabamba, departamento Apurímac (figura 1), cuyas coordenadas centrales UTM (WGS84 – Zona 18S) son (cuadro 1):

Cuadro 1. Coordenadas del área de estudio

N°	UTM - WGS84 - Zona 18S		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	713775	8422860	-14.257722°	-73.018554°
2	714670	8422860	-14.257653°	-73.010262°
3	714670	8421747	-14.267710°	-73.010173°
4	713775	8421747	-14.267779°	-73.018466°
COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA				
C	714508	8422170	-14.263894°	-73.011699°

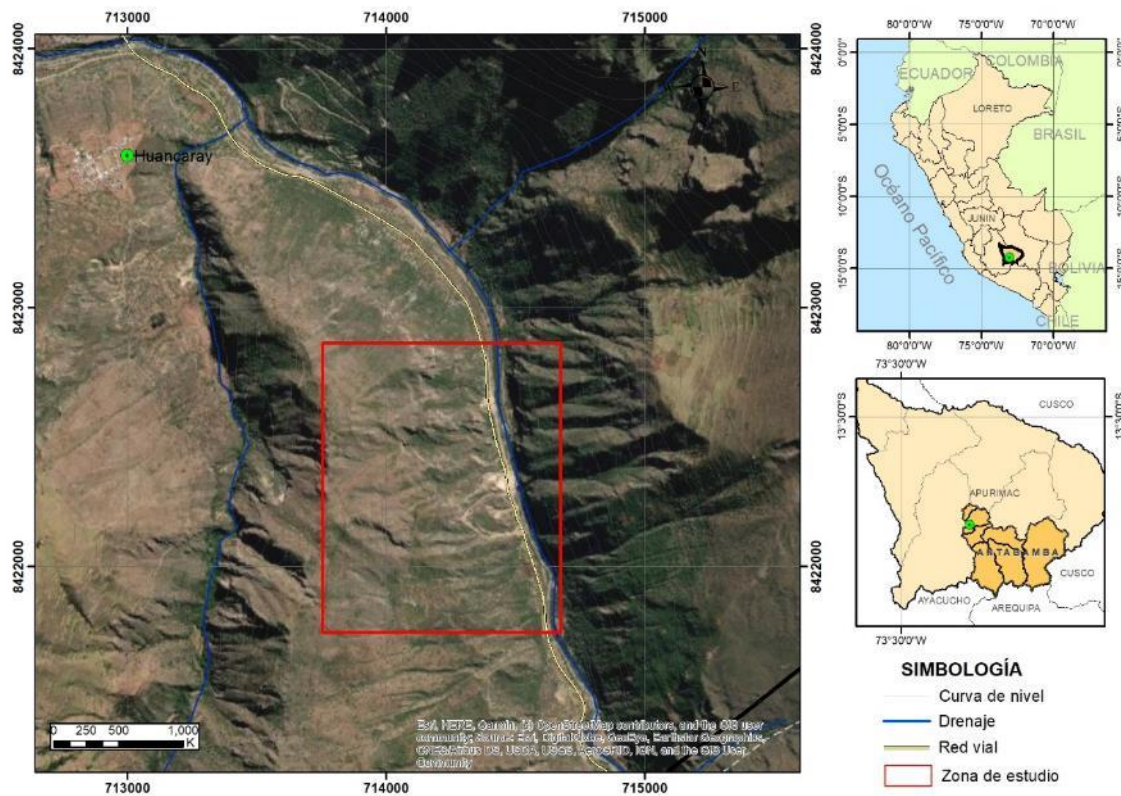


Figura 1. Ubicación del sector Sallar en la comunidad de Huancaray

1.3.2. Accesibilidad

Se accede a la zona de estudio por vía terrestre, desplazándose desde la ciudad del 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	195	4 h 25 min
Abancay – Santa Rosa	Asfaltada	70	1 h 13 min
Santa Rosa – Sallar (Huancaray)	Trocha carrozable	47	1 h 20 min

1.3.3. Clima

De acuerdo al mapa climático del SENAMHI (2020), y detallando la información local, se puede observar que, el sector Sallar presenta un clima semiseco con invierno seco templado.

Presenta una frecuencia de precipitación entre los meses de diciembre a marzo, cuyas lluvias acumuladas anuales son de 300 mm a 700 mm, además, se presentan friajes en los meses de junio a setiembre con temperaturas máximas de 15°C a 21°C y mínimas entre 7°C y 11°C, con humedad atmosférica relativa de inviernos secos.

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

Se describen algunas definiciones usadas en el informe:

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.

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.

Movimiento complejo: Inicialmente es un movimiento ladera debajo de una masa de suelo o roca, que se transforma en otro al ir desplazándose ladera abajo.

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 Carta Geológica Nacional “Geología de los cuadrángulos de Chalhuanca, Antabamba y Santo Tomas” hojas: 29-p, 29-q y 29-r, a escala 1:100 000 (Pecho, *et. Al.*, 1981) y la “Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Chalhuanca (29-p)”, escala 1: 50 000, (Lipa *et al.*, 2003), mencionan que se tienen rocas plutónicas y depósitos recientes. La geología se complementó con trabajos de interpretación de imágenes satelitales, fotos aéreas y observaciones de campo.

3.1. Unidades litoestratigráficas

Las unidades litoestratigráficas que afloran en la zona inspeccionada y alrededores corresponden a afloramientos de rocas intrusivas del Plutón Oyoni y sedimentarias de la Formación Socosani, además localmente se han identificado depósitos fluviales y coluviales, que se fueron acumulado desde el Pleistoceno hasta la actualidad (Anexo 1 - Mapa 1).

3.1.1. Formación Socosani

Aflora ampliamente en la margen derecha del río Antabamba, al noreste del sector Sallar, de edad Paleógeno Paleocena, está conformado por calizas y lutitas negras alternando con niveles de areniscas. Se presentan de mediana a poco fracturadas con moderada meteorización.

3.1.2. Plutón Oyoni

Afloran ampliamente en la comunidad de Huancaray y parte del sector Sallar; se aprecia en ambos márgenes del río Antabamba; está constituido por tonalitas de color gris blanquecino.

Estos afloramientos se encuentran diaclasados con un sistema paralelo de rumbo noreste, se presentan de medianamente a muy fracturados y moderadamente meteorizados, siendo un factor principal para la ocurrencia de derrumbes y deslizamientos (figura 2).



Figura 2. Se aprecia un afloramiento de tonalitas medianamente fracturadas, factor principal para la ocurrencia de derrumbes.

3.1.3. Depósitos superficiales

Depósitos coluviales: Depósitos poco compactos, compuesto por materiales movidos y trasladados por acción de las aguas de escorrentía, estos se aprecian ampliamente en la zona evaluada adosados a las laderas, están compuestos por bloques (20%) con diámetros de hasta 1 m, grava (50%), arena (15%) y limos (15%) con formas subangulosas a subredondeadas, los cuales son susceptibles a generar movimientos en masa (Anexo 2 - Tabla 1).

Depósitos fluviales: Se ubican en el fondo de la quebrada y en las orillas del río Antabamba, formando algunas terrazas, constituidas por gravas en matriz arenosa con formas redondeadas a subredondeadas, estos materiales son susceptibles a sufrir erosión y socavamiento, ante crecidas del río.

4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

4.1. Pendientes del terreno

La pendiente es un parámetro importante en la evaluación de procesos por movimientos en masa, actúa como factor condicionante y dinámico en la generación de movimientos en masa.

Se presenta el mapa de pendientes (Anexo 1 - Mapa 2), información extraída del modelo de elevación digital de 12.5 m (Satélite Alos Palsar -USGS).

En la zona evaluada, se aprecia predominantemente laderas del terreno con pendientes escarpadas (25° - 45°) y muy escarpadas ($>45^{\circ}$), que condiciona zonas susceptibles a la generación de derrumbes. Además, el sector donde se produce estos eventos, en promedio presentan pendientes de 29° y por encima del derrumbe las pendientes suben a 34° .

4.2. Unidades geomorfológicas

Para la caracterización de las unidades geomorfológicas en el área de estudio, se realizó la complementación y actualización del mapa geomorfológico regional a escala 1:100 000 (Ingemmet, 2012). Además, 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 (Anexo 1 - Mapa 3). Diferenciándose montañas de piedemonte.

4.2.1. Unidad de montañas

Son geoformas de carácter degradacional y erosional. Se consideran dentro de esta unidad a 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 los procesos que han originado su forma actual.

Subunidad de montañas en rocas sedimentaria (RM-rs): Relieve modelado en afloramientos rocosos de la Formación Socosani, conformada por calizas y lutitas negras alternando con niveles de areniscas.

Se aprecia en la parte alta del cerro Marca Marca, con laderas que presentan pendientes del terreno de fuertes a muy fuertes.

Subunidad de montañas en rocas intrusiva (RM-ri): Representada por tonalitas del Plutón Oyoní, que cortan las rocas de la Formación Socosani, se aprecia ampliamente en la margen izquierda del río Amtabamba, abarcando al sector Sallar.

Presenta pendientes de escarpados a muy escarpados, asociadas a la ocurrencia de movimientos complejos (derrumbe – flujo), derrumbes y deslizamientos.

4.2.2. Unidad de piedemonte

Son geoformas 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 depósitos coluviales antiguos y recientes y depósitos de tipo glaciar – fluvial.

Subunidad de vertiente con depósitos de deslizamientos (V-dd): Son zonas de acumulaciones en ladera de materiales inconsolidados, su composición litológica es homogénea y proviene de procesos de movimientos en masa de tipo deslizamiento, derrumbes; presenta morfología convexa y disposición circular a elongada de la zona de arranque.

Esta subunidad presenta pendientes escarpadas a muy escarpadas en sus laderas; por lo que son susceptible a la reactivación de caídas de rocas.

Subunidad de terrazas indiferenciadas (T-i): Dentro de esta subunidad se considera valles con ríos estrechos, en el sector Sallar se pueden distinguir en el fondo de la quebrada, como las terrazas y llanuras de inundación.

5. PELIGROS GEOLÓGICOS Y/O GEOHIDROLÓGICOS

Estos procesos son resultado del proceso de 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 peligros geológicos reconocidos, corresponden a movimientos en masa de tipo derrumbe-flujo y derrumbe (Anexo 1 - Mapa 4).

Estos movimientos en masa, tienen como causas o condicionantes factores intrínsecos, como son la geometría del terreno, la pendiente, el tipo de depósito el drenaje

superficial–subterráneo y la cobertura vegetal. Se tiene como “detonantes” de estos eventos las lluvias periódicas y extraordinarias que cayeron en la zona.

5.1. Peligros geológicos por movimientos en masa del sector Sallar

El sector Sallar presenta dos movimientos complejos (derrumbe-flujo) y un derrumbe. Según los pobladores indican que el evento ocurrió el 2 de enero del 2021.

La zona afectada se encuentra en el margen izquierdo del río Antabamba, a la altura de la progresiva 49 + 600 m de la carretera Santa Rosa-Antabamba; para un mejor entendimiento se han denominado como DF1, DF2 y D1.

Los materiales provenientes de los eventos, llegaron a estrangular al río en forma parcial, generando una inundación de aproximadamente 1 km de distancia a lo largo del mismo, afectó la carretera Santa Rosa – Antabamba (quedo con tránsito restringido por horas hasta el día de la inspección) y áreas de cultivo de 4 familias (figura 3).



Figura 3. Vista de los derrumbes ocurridos el 2 de enero del 2021 y la inundación fluvial.
Fotografías extraídas del reporte situacional N° 078-2021/COER_APURÍMAC.

Además, se pudo identificar en la parte alta de la zona evaluada, escarpas de deslizamientos antiguos, por lo tanto, es una zona muy susceptible a movimientos en masa. Los derrumbes flujos DF1, DF2 y el derrumbe D1 hasta el día de la evaluación de campo se encontraban activos, se observó desprendimientos recientes de materiales que llegaban hasta el río. El depósito está conformado por bloques (20%) que llegan a diámetros de 1 m, gravas (50%), arenas (15%), y limos (15%). Figura 4.

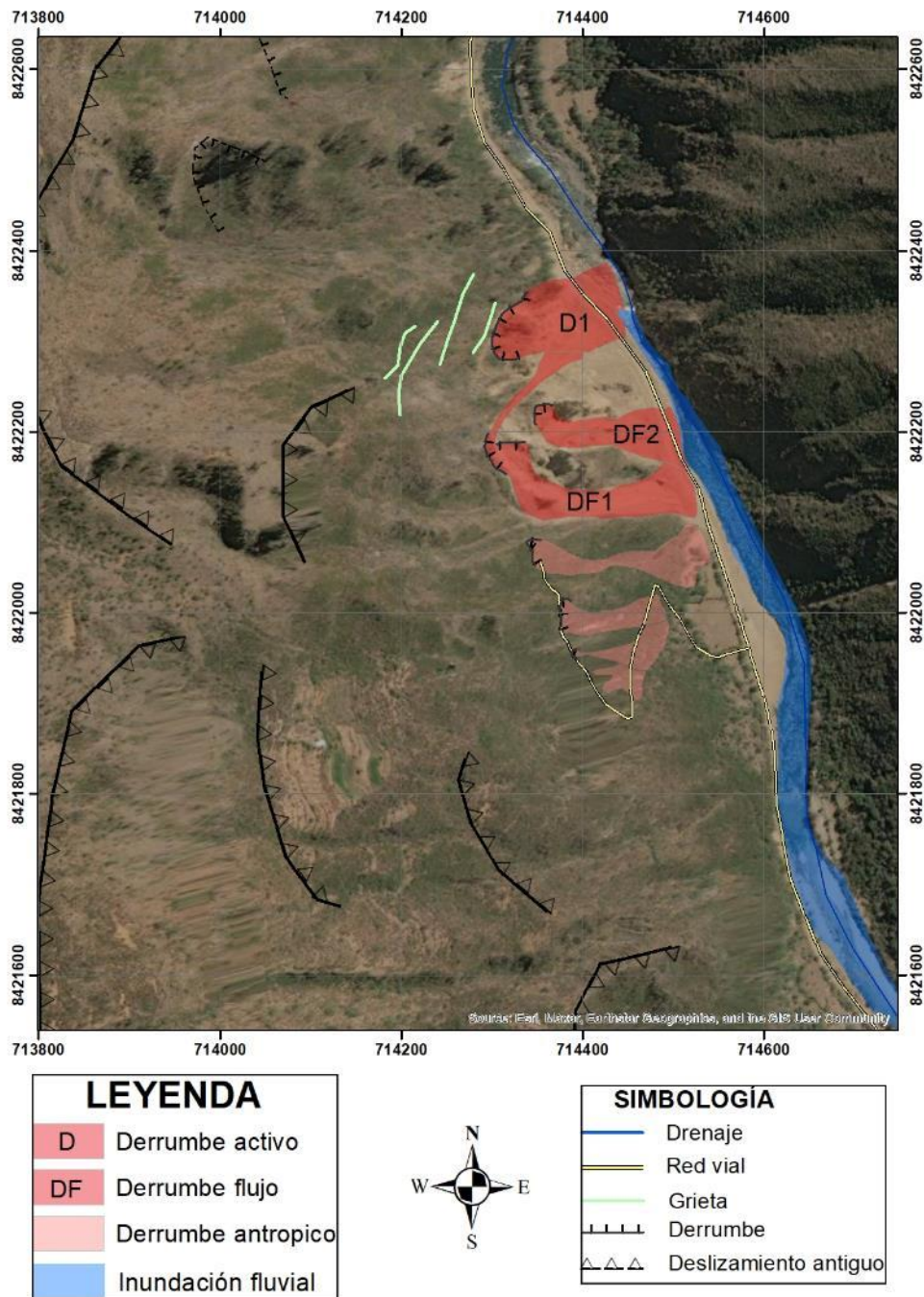


Figura 4. Vista de los deslizamientos antiguos, movimientos complejos y la inundación fluvial que afecta al sector Sallar de la comunidad de Huancaray.

En el sector evaluado se han realizado trabajos de mitigación y reducción del peligro, como limpieza de la plataforma, descolmatación y ampliación del canal del río y construcción de banquetas en la cabecera de los derrumbes. Para realizar estas obras, se está construyendo caminos con maquinaria pesada, el cual viene afectando nuevas áreas, dando lugar a la generación de otros eventos (figura 5).



Figura 5. Vista a la margen derecha, se aprecia el vertimiento de material a la ladera, proveniente de la apertura de camino, los cuales son altamente potenciales a la generación de derrumbes.

El derrumbe flujo (DF1), se inicia con longitud de arranque de 85 m, con dirección N120°, el material trasladado se bifurca por la presencia de un bloque de roca que se encuentra en la cabecera.

La distancia de la cabecera hasta al pie del depósito es 240 m.

El flujo después de recorrer 130 m cambia de dirección a N85°, disminuyendo su fuerza y velocidad por el cambio de pendiente.

El material transportado llega a obstruir la plataforma de la vía en un tramo de 70 m (figura 6).



Figura 6. En coordenada UTM: 714508E; 8422170N, se aprecia el derrumbe flujo DF1 con la dirección que toma luego de 130 m de recorrido.

El derrumbe flujo DF2, se inicia con un arranque de 50 m, la distancia entre la cabecera y el pie del depósito (plataforma de la vía) es 145 m. El evento se inicia con dirección N115° y después de desplazarse 50 m, cambia de dirección a N93° (figura 7).



Figura 7. En coordenada UTM: 714495E; 8422222N, se aprecia el derrumbe flujo DF2 con la dirección N93° que toma.

El derrumbe D1 presenta en la cabecera un derrumbe con dirección de N75°, con una longitud de arranque de 90 m y la distancia de la cabecera al pie del depósito es 150 m. los materiales trasladados cubrieron la vía Santa Rosa – Antabamba y parte del río Antabamba, estrangulando el canal del río. Lo que generó una inundación de 1 km de largo aguas arriba. (figura 8).



Figura 8. Vista de la inundación que afecta la carretera del sector Sallar.

(Fuente <https://fb.watch/c1ktaKfeIJ/>.)

5.1.1. Factores condicionantes

Factor litológico-estructural

- Substrato compuesto por tonalitas medianamente a muy fracturados y moderadamente meteorizados, que originan inestabilidad en las laderas como los derrumbes o movimientos complejos.
- Los depósitos coluviales que se presentan inconsolidados, adosados a las laderas y abarcan hasta la orilla del río Antabamba, se presenta poco compacta y están compuestos principalmente por bloques con diámetro promedio de 1m, además de, gravas, arenas y limos con formas subangulosas a subredondeadas, los cuales son de fácil erosión y remoción ante precipitaciones intensas.

Factor geomorfológico

- La zona evaluada se encuentra circundada por montañas modeladas en rocas intrusiva, cuyas laderas presentan pendientes escarpadas ($25^\circ - 45^\circ$) a muy escarpadas ($>45^\circ$); ello permite la generación de derrumbes y movimientos

complejos, formando depósitos sueltos de fácil erosión por acción de las aguas de escorrentía.

- El sector donde se producen los eventos de se encuentra en la subunidad de vertiente con depósitos de deslizamientos, cuyas laderas presentan pendientes en promedio a 29°, ello facilita que los materiales se trasladen cuesta abajo, en este caso hacia el cauce del río.

Factor hidrológico - hidrogeológico

- Acción de las aguas de escorrentía sobre las laderas que circunscriben el sector evaluado, la cual se infiltra y sobrecarga el talud. Con ello se incrementa el peso de la masa inestable.

5.1.2. Factores detonantes o desencadenantes

- Las lluvias intensas y/o prolongadas que ocurren en los meses de diciembre a marzo, que saturan y sobrecargan los taludes, con ello desestabilizan las laderas. En este caso el material inestable se puede trasladar hasta el cauce del río Antabamba.



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



Ing. LIONEL V. FIDEL SMOLL
Director
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico
INGEMMET

CONCLUSIONES

- a) Se evaluó dos movimientos complejos y un derrumbe en el sector Sallar, que depositaron sus materiales en la vía Santa Rosa – Antabamba y en el cauce del río Antabamba, afectando el libre tránsito y la seguridad de la población que se traslada por esta vía.
- b) Debido a las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas, el sector Sallar de la Comunidad de Huancaray se considerada de **peligro muy alto** a la ocurrencia de movimientos complejos, los que pueden ser desencadenados en temporada de lluvias intensas y/o prolongadas, generando estrangulamiento del canal del río y consiguiente inundación.
- c) Los factores condicionantes de los movimientos en masa son:
 - El substrato rocoso compuesto por tonalitas de moderadamente fracturadas a muy fracturadas y moderadamente meteorizadas.
 - Los depósitos coluviales poco consolidados, adosados a las laderas de las quebradas, de fácil erosión.
 - Las laderas presentan pendientes de escarpadas (25° - 45°) a muy escarpadas (>45°), lo que permite que el material suelto disponible en la ladera, se erosione y se remueva fácilmente pendiente abajo.
 - El factor hidrológico, con la acción de las aguas de escorrentía que infiltran y sobrecargan los taludes, además de erosionar las laderas.
- d) El factor desencadenante de los eventos mencionados son lluvias intensas y/o prolongadas que se presentar en los meses de diciembre a marzo en el sector.

RECOMENDACIONES

- a) Realizar zanjas de coronación y espina de pescado, para evitar la infiltración y sobrecarga de peso del talud.
- b) Realizar desquinche de bloques sueltos en la parte alta del derrumbe (Zona inestable).
- c) Realizar un estudio de estabilidad de talud a detalle para definir las medidas correctivas y ejecutar las obras definidas y evitar nuevos derrumbes.
- d) Implementar un Sistema de Alerta Temprana (SAT), con sirenas en la cabecera de los derrumbes y vigías que monitoreen visualmente la carreta, con el fin de dar en tiempo real información ante la ocurrencia de derrumbes o desembalses que puedan afectar a las personas que transitan por la zona.
- e) Continuar con los trabajos de limpieza de la carretera, para mantener el tránsito normal de vehículos en el sector.
- f) Descolmatar el cauce del río para evitar futuras inundaciones en el sector.
- g) Elevar la plataforma de la carretera desde la progresiva 49 + 000 m hasta la progresiva 50 + 000 m, para evitar inundaciones, además, en la zona afectada por la erosión fluvial, realizar muros de concreto, para proteger dicha infraestructura.

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, Transportation researchs board Special Report 247, p. 36-75.

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (2003) - Estudio de riesgos geológicos del Perú, Franja N° 2. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 28, 373 p.

Lipa, V., y Zuloaga, A., (2003). Memoria descriptiva de la revisión y actualización de los cuadrángulos de Chalhuanca (29-p)", escala 1: 50,000. INGEMMET. 26p.

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.

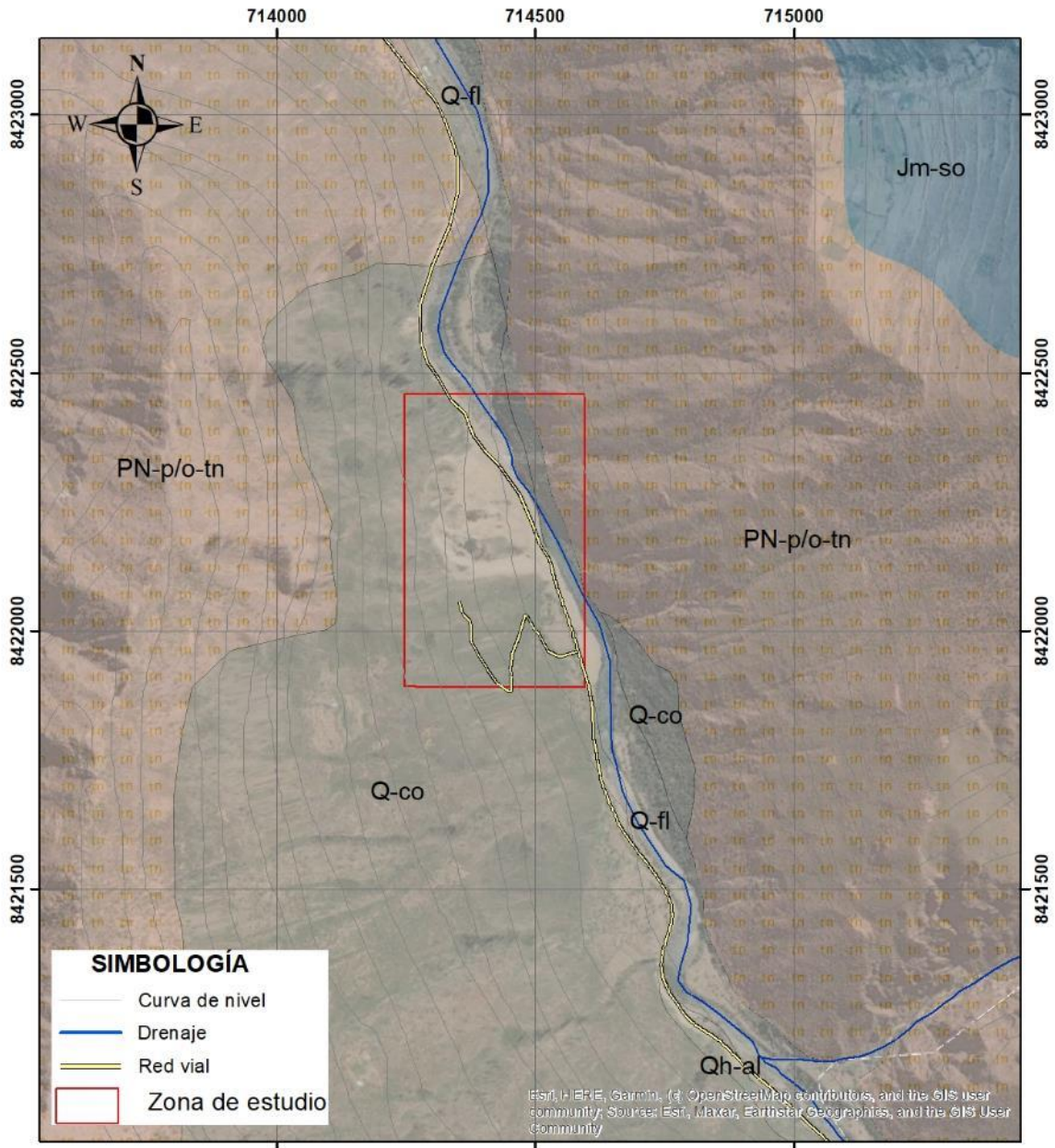
SENAMHI, 2020. Climas del Perú Mapa de Clasificación Climática Nacional. Resumen Ejecutivo. 7 p.

Varnes, D. J. (1978), "Slope movements, types and processes", Landslides: Analysis and control transportation rasearch board, Spec. Rep. 176, 11-33, NationalAcademy of Science, Washington

Victor, Pecho., et al. (1981) - Geología de los Cuadrángulos de Chalhuanca, Antabamba y Santo Tomas Hojas: 29-p, 29-q y 29-r. 1:100 000. INGEMMET. 101p., 3 mapas.

Vílchez, M.; Sosa, N.; Pari, W. & Peña, F. (2020) - Peligro geológico en la región Cusco. INGEMMET. Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 74, 155 p.

ANEXO 1: MAPAS



ERATEMA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES LITOESTRATIGRAFICAS	
CENOZOICA	CUARTEMANA	FLUVIAL	Q-co	Dep. coluvial
		FLUVIAL	Q-fl	Dep. fluvial
		FLUVIAL	PN-p/o-tn	Formación Tonallita
MEZOCZOICA	MIRAFLORES	MIAMI	Jm-so	Formación Socosani
		MIAMI	Jm-so	Calizas grises, fosilíferas, lutitas negras carbonosas flexibles

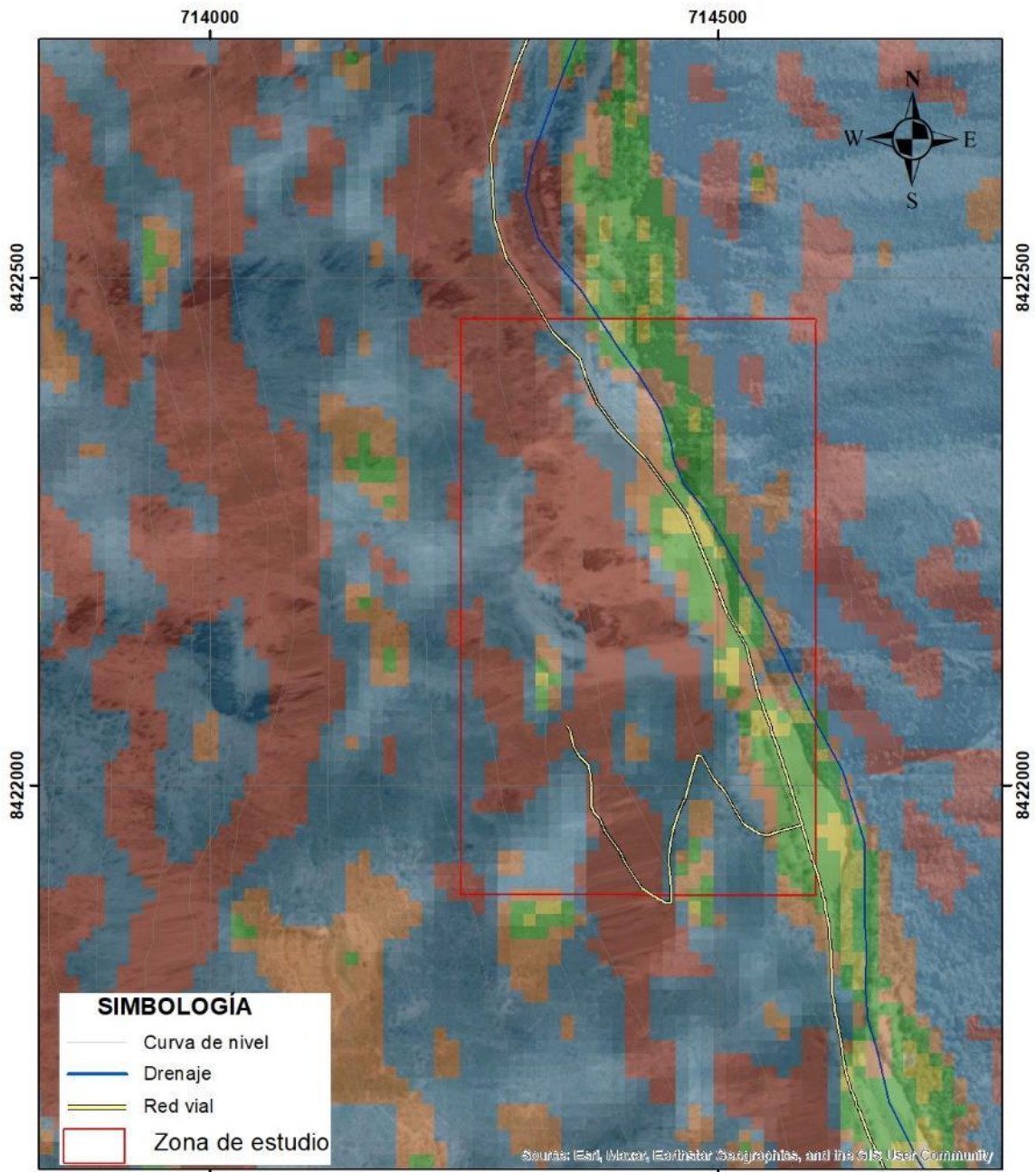
SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

ACT. 11: EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL

Mapa Geológico Figura: 1

Escala 1:10 000 Datum UTMWGS 84 Zona 18S
 Versión digital: año 2022 Impreso: Febrero 2022

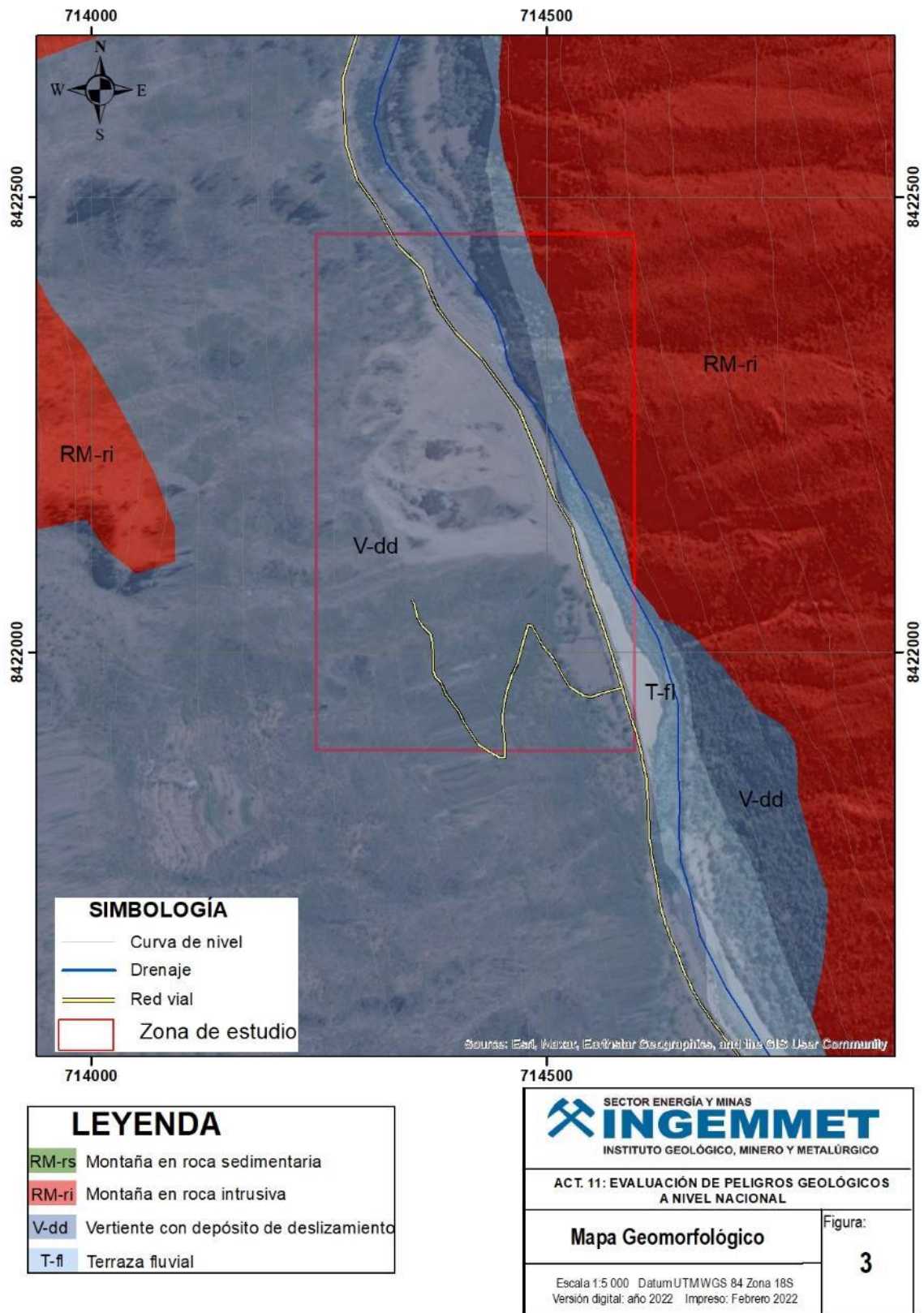
Mapa 1. Mapa geológico del sector Sallar de la comunidad de Huancaray.



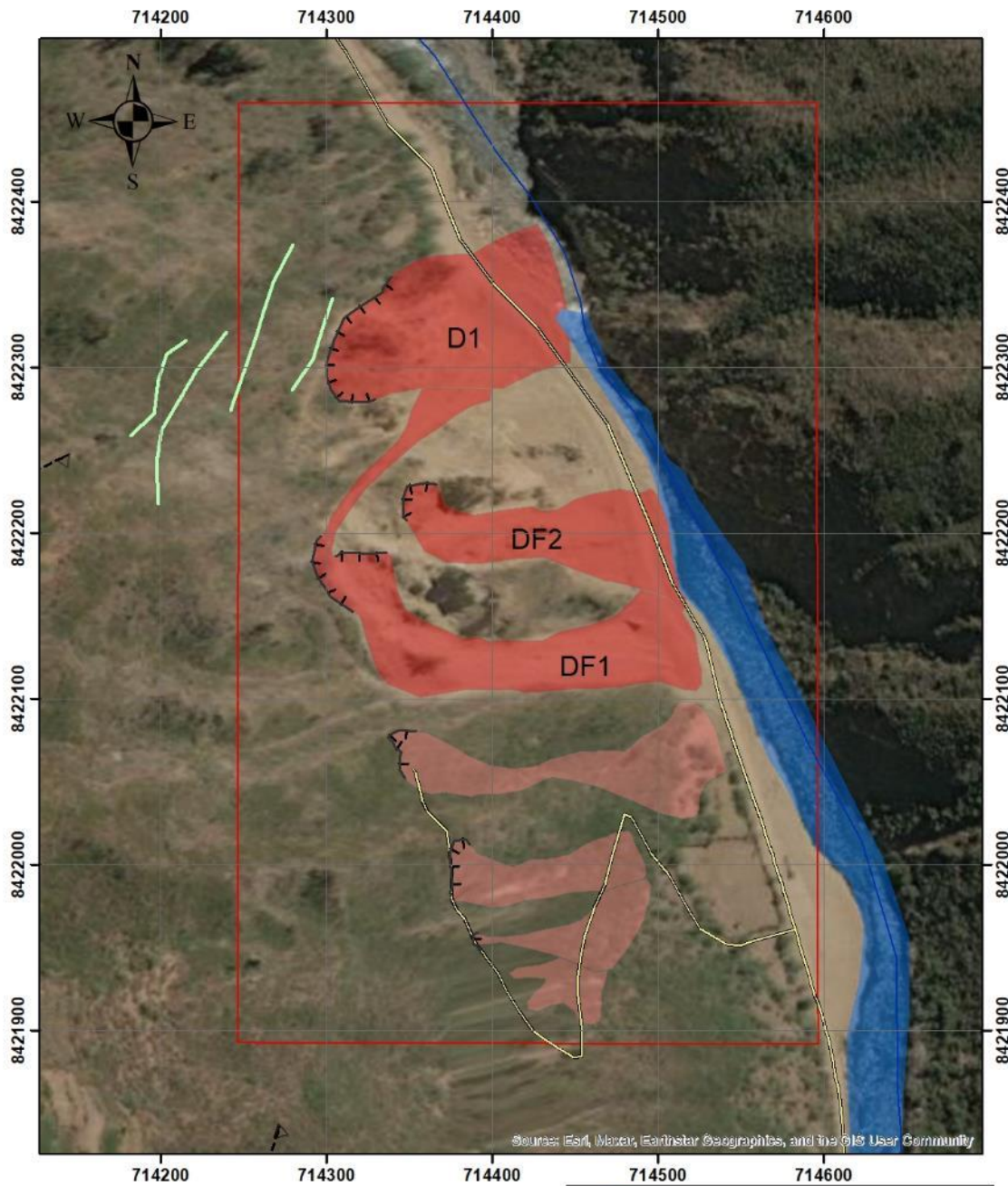
LEYENDA	
	(< 1°) Terreno llano
	(1° - 5°) Terreno inclinado con pendiente suave
	(5° - 15°) Pendiente moderada
	(15° - 25°) Pendiente fuerte
	(25° - 45°) Pendiente muy fuerte o escarpada
	(45° - 90°) Terreno muy escarpado

<p>SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO</p>	
ACT. 11: EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL	
Mapa de Pendientes	Figura: 2
Escala 1:5 000 Datum UTM WGS 84 Zona 18S Versión digital: año 2022 Impreso: Febrero 2022	

Mapa 2. Mapa de pendientes del sector Sallar de la comunidad de Huancaray.



Mapa 3. Mapa geomorfológico del sector Sallar de la comunidad de Huancaray.



Mapa 4. Mapa del cartografiado de peligros geológicos del sector Sallar de la comunidad de Huancaray.

ANEXO 2: DESCRIPCIÓN DE FORMACIONES SUPERFICIALES

DESCRIPCIÓN DE FORMACIONES SUPERFICIALES								
		TIPO DE FORMACIÓN SUPERFICIAL	<input type="checkbox"/>	Eluvial	<input type="checkbox"/>	Lacustre		
			<input type="checkbox"/>	Deluvial	<input type="checkbox"/>	Marino		
			<input checked="" type="checkbox"/>	Coluvial	<input type="checkbox"/>	Eólico		
			<input type="checkbox"/>	Aluvial	<input type="checkbox"/>	Orgánico		
			<input type="checkbox"/>	Fluvial	<input type="checkbox"/>	Artificial		
			<input type="checkbox"/>	Proluvial	<input type="checkbox"/>	Litoral		
			<input type="checkbox"/>	Glaciar	<input type="checkbox"/>	Fluvio glaciar		
GRANULOMETRÍA		FORMA	REDONDES		PLASTICIDAD			
	%							
<input type="checkbox"/>	10 Bolos	<input type="checkbox"/>	Esférica	<input type="checkbox"/>	Redondeado	<input type="checkbox"/>	Alta plasticidad	
<input type="checkbox"/>	10 Cantos	<input type="checkbox"/>	Discoidal	<input checked="" type="checkbox"/>	Subredondeado	<input type="checkbox"/>	Med. Plástico	
<input type="checkbox"/>	40 Gravas	<input type="checkbox"/>	Laminar	<input checked="" type="checkbox"/>	Anguloso	<input type="checkbox"/>	Baja Plasticidad	
<input type="checkbox"/>	10 Gránulos	<input type="checkbox"/>	Cilíndrica	<input type="checkbox"/>	Subanguloso	<input checked="" type="checkbox"/>	No plástico	
<input type="checkbox"/>	15 Arenas							
<input type="checkbox"/>	15 Limos							
<input type="checkbox"/>	Arcillas							
ESTRUCTURA		TEXTURA	CONTENIDO DE		%	LITOLOGÍA		
<input type="checkbox"/>	Masiva	<input type="checkbox"/>	Harinoso	<input type="checkbox"/>	Materia Orgánica	<input checked="" type="checkbox"/>	80 Intrusivos	
<input type="checkbox"/>	Estratificada	<input type="checkbox"/>	Arenoso	<input type="checkbox"/>	Carbonatos	<input type="checkbox"/>	Volcánicos	
<input checked="" type="checkbox"/>	Lenticular	<input checked="" type="checkbox"/>	Aspero	<input type="checkbox"/>	Sulfatos	<input type="checkbox"/>	Matamórficos	
						<input checked="" type="checkbox"/>	20 Sedimentarios	
COMPACIDAD								
SUELOS FINOS				SUELOS GRUESOS				
	Limos y Arcillas		Arenas		Gravas			
<input checked="" type="checkbox"/>	Blanda	<input checked="" type="checkbox"/>	Suelta	<input checked="" type="checkbox"/>	Suelta			
<input type="checkbox"/>	Compacta	<input type="checkbox"/>	Densa	<input type="checkbox"/>	Med. Consolidada			
<input type="checkbox"/>	Dura	<input type="checkbox"/>	Muy Densa	<input type="checkbox"/>	Consolidada			
				<input type="checkbox"/>	Muy Consolidada			
CLASIFICACIÓN TENTATIVA S.U.C.S.								
	SUELOS GRUESOS				SUELOS FINOS			
<input type="checkbox"/>	GW	<input type="checkbox"/>	GC	<input type="checkbox"/>	ML	<input type="checkbox"/>	CH	
<input type="checkbox"/>	GP	<input type="checkbox"/>	SW	<input type="checkbox"/>	CL	<input type="checkbox"/>	OH	
<input checked="" type="checkbox"/>	GM	<input type="checkbox"/>	SP	<input type="checkbox"/>	OL	<input type="checkbox"/>	PT	
<input type="checkbox"/>	SM	<input type="checkbox"/>	SC	<input type="checkbox"/>	MH			

Tabla: 01: Descripción del depósito coluvial, tomado al pie del derrumbe D1, en coordenadas E 714444; N 8422298.