

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7255

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN LOS SECTORES PAMPAHUASI, BUENOS AIRES Y CARMEN ALTO

Departamento Cusco
Provincia La Convención
Distrito Ocobamba



ABRIL
2022

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN LOS SECTORES PAMPAHUASI, BUENOS AIRES Y CARMEN ALTO

(Distrito Ocobamba, provincia La Convención, departamento Cusco)

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

Equipo de investigación:

David Prudencio Mendoza

Gael Araujo Huamán

Norma Sosa Senticala

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2022). *Evaluación de peligros geológicos en los sectores Pampahuasi, Buenos Aires y Carmen Alto*. Distrito Ocobamba, provincia La Convención y departamento Cusco. Lima: INGEMMET, Informe Técnico A7255, 24 p.

ÍNDICE

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	5
1.3.3. Clima	5
2. DEFINICIONES	6
3. ASPECTOS GEOLÓGICOS	7
3.1. Unidades litoestratigráficas	7
3.1.1. Grupo San José (Oim-sj)	7
3.1.2. Formación Ananea (SD-a)	7
3.1.3. Depósito Aluviales (Q-al)	7
3.1.4. Depósito Coluvial (Q-cl)	7
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	8
4.1. Pendientes del terreno	8
4.2. Unidades geomorfológicas	8
4.2.1. Unidad de montaña	8
4.2.2. Unidad de piedemonte	9
5. PELIGROS GEOLÓGICOS	9
5.1. Peligros geológicos en los sectores Pampahuasi (A), Buenos Aires (B) y Carmen Alto (C)	9
5.1.1. Sector Pampahuasi (A)	10
5.1.2. Sector Buenos Aires (B)	11
5.1.3. Sector Carmen Alto (C)	12
5.1.4. Factores condicionantes	15
5.1.5. Factores detonantes o desencadenantes	15
CONCLUSIONES	16
RECOMENDACIONES	16
BIBLIOGRAFÍA	17
ANEXO 1: MAPAS	18
ANEXO 2: DESCRIPCIÓN DE FORMACIONES SUPERFICIALES	24

RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa, realizado en los sectores Pampahuasi (Pampahuasi - Munaypata), Buenos Aires (Lucmayoc – Buenos Aires 2) y Carmen Alto (Carmen Alto - Versalles), en la jurisdicción distrital de Ocobamba, provincia La Convención, departamento Cusco. Con este trabajo, el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – Ingemmet, cumple con una de sus funciones que consiste en brindar asistencia técnica de calidad e información actualizada, confiable, oportuna y accesible en geología, en los tres niveles de gobierno (local, regional y nacional).

En el sector afloran pizarras intercaladas con lutitas y limonitas (Formación Ananea), muy fracturada y altamente meteorizada. Esta unidad está coberturada por depósitos coluviales, inconsolidados dispuestos sobre las laderas. Están formados por bloques y gravas en matriz arcillo limosa, de fácil erosión. Donde se verifica la presencia de deslizamientos.

Las subunidades geomorfológicas observadas corresponden a montañas en rocas metamórficas y vertiente de depósitos de deslizamientos (relacionada a movimientos en masa). Respecto a las pendientes de los terrenos, tenemos que varían de fuertes (15° – 25°) a escarpadas (25° - 45°).

Entre los principales factores condicionantes, se menciona la presencia de depósitos coluviales inconsolidados (permeables y de fácil saturación); relieves de montaña con laderas de pendientes que varían entre fuertes a escarpadas; la deforestación; la infiltración de agua al subsuelo; malas prácticas de riego (inundación) y la falta de canales de evacuación de aguas pluviales adecuados para la zona.

En el sector Pampahuasi, se presenta un deslizamiento reactivado, en cuyo cuerpo se observó grietas tensionales recientes. Por las condiciones geológicas y geodinámicas se considera de **Peligro Muy Alto**, con potencialidades de generar nuevas reactivaciones.

En el sector Buenos Aires, se tiene otro deslizamiento con la presencia de escarpas, grietas y asentamientos dentro del cuerpo del mismo. Por lo cual se considera como de **Peligro Muy Alto**, susceptible a la generación de nuevas reactivaciones.

En el sector Carmen Alto, también de se observó otro deslizamiento con reactivaciones, se considera de **Peligro Muy Alto**, susceptible a generar nuevas reactivaciones. Desde el año 2011 se activó este deslizamiento, en esa oportunidad afectó 5 viviendas, por lo cual es necesario reubicarlas.

Finalmente, para evitar la reactivación, el avance de los deslizamientos y su impacto en los sectores evaluados, se recomienda prohibir la construcción de nuevas viviendas y obras de infraestructuras. Se debe realizar zanjas de coronación, drenajes de tipo espina de pescado, impermeabilizar los drenajes, rellenar y sellar las grietas, reforestar el área y dejar la práctica de riego por inundación. En los sectores Carmen Alto y Pampahuasi se recomienda reubicar las viviendas afectadas.

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 de la Municipalidad Distrital de Ocobamba, según oficio N° 190-2021-A-MDO/LC; es en el marco de nuestras competencias que se realiza una evaluación de peligros geológicos en los sectores Pampahuasi (Pampahuasi - Munaypata), Buenos Aires (Lucmayoc – Buenos Aires 2) y Carmen Alto (Carmen Alto - Versalles) por encontrarse en peligro ante deslizamientos que afectaron viviendas áreas de cultivo y tramos carretero.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designó a los geólogos David Prudencio, Gael Araujo y Norma Sosa, realizar dicha evaluación de peligros geológicos, llevados a cabo los días 12 al 13 de octubre del 2021.

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 de la Municipalidad Distrital de Ocobamba y entidades encargadas en la gestión de riesgo de desastres, donde se proporcionan resultados de la inspección 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 que se presentan en los sectores Pampahuasi, Buenos Aires y Carmen Alto.
- b) Determinar factores condicionantes y desencadenantes que puedan influir en la ocurrencia de peligros geológicos.
- c) Proponer algunas medidas y acciones 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 Ocobamba, se tienen:

- A) Boletín N° 74, serie C, Geodinámica e Ingeniería Geológica: “Peligro geológico en la región Cusco” (Vílchez et al., 2020), en cuyo estudio se elaboraron mapas de susceptibilidad a movimientos en masa, a escala 1: 100 000, y donde las zonas evaluadas presentan muy alta susceptibilidad a movimientos en masa (figura 1), se debe tener presente que los sectores evaluados Pampahuasi, Buenos Aires y Carmen Alto presentan factores que condicionan la generación de peligros por movimientos en masa, siendo propensos a la generación de estos eventos ante la presencia de lluvias intensas y/o prolongadas.

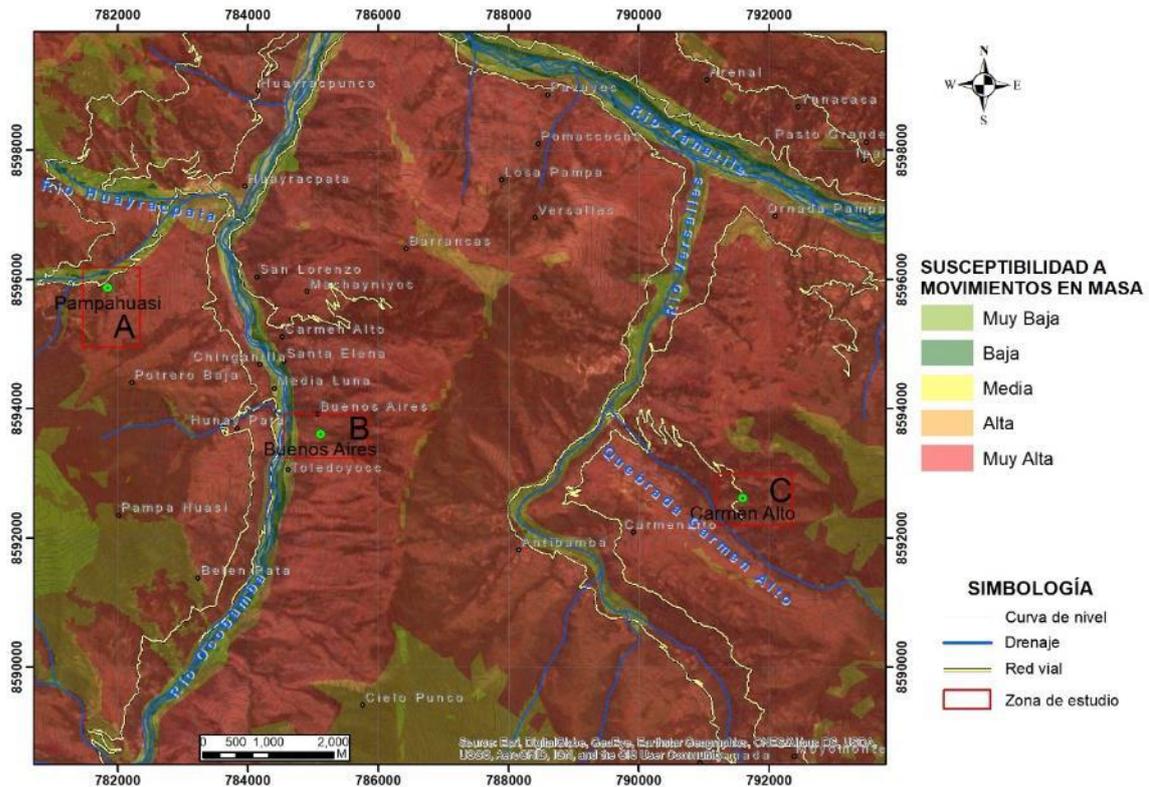


Figura 1. Mapa de susceptibilidad a movimientos en masa de los sectores evaluados en el distrito de Ocobamba, provincia La Convención, departamento Cusco.

B) En el Boletín N°24, serie L, Geología del cuadrángulo de Quebrada honda (hojas 26-r1, 26-r2, 26-r3, 26-r4) realizado por Coba, L., Hurtado, C. & Ishpilco S. (2021) se describe a escala 1: 50 000, información relacionada a los cambios más resaltantes sobre estratigrafía en las zonas de evaluación.

1.3. Aspectos generales

1.3.1. Ubicación

Se evaluaron tres sectores:

- Sector Pampahuasi (A), está ubicado en la quebrada del mismo nombre, a 3.3 km del centro poblado San Lorenzo, Hidrográficamente las aguas de esta quebrada desembocan al río Huayracpata y luego vierten sus aguas al río Ocobamba por la margen izquierda. Así también se sitúa al norte de la capital de distrito (Kelcaybamaba), aproximadamente a 33 km por la vía Ocobamba San Lorenzo.
- Sector Buenos Aires (B), a la margen derecha del río Ocobamba a 5.5 km aproximadamente al sureste del poblado de San Lorenzo.
- Sector Carmen Alto (C), se ubica en la quebrada del mismo nombre, cuyas aguas drenan al río Versailles para luego confluir por la margen izquierda al río Yanatile, además se encuentra hacia el noreste de Kelcaybamba a 57 km por carretera pasando por los poblados de San Lorenzo y Versailles.

Políticamente los sectores Pampahuasi y Buenos Aires pertenecen al distrito de Ocobamba, provincia La Convención, departamento Cusco (figura 2), en las coordenadas UTM (WGS84 – Zona 18 S) siguientes (cuadro 1, 2 y 3):

Cuadro 1. Coordenadas poligonales del sector Pampahuasi (A).

UTM - WGS84 - Zona 18s		
N°	NORTE	ESTE
A	781457	8596190
B	782326	8596190
C	782326	8594959
D	781457	8594959
Coordenada central		
F	781845	8595867

Cuadro 2. Coordenadas poligonales del sector Buenos Aires (B).

UTM - WGS84 - Zona 18s		
N°	ESTE	NORTE
A	784559	8593913
B	785831	8593913
C	785831	8593246
D	784559	8593246
Coordenada central		
F	785112	8593610

Cuadro 3. Coordenadas poligonales del sector Carmen Alto (C).

UTM - WGS84 - Zona 18s		
N°	ESTE	NORTE
A	791202	8592984
B	792329	8592984
C	792329	8592200
D	791202	8592200
Coordenada central		
F	791610	8592616

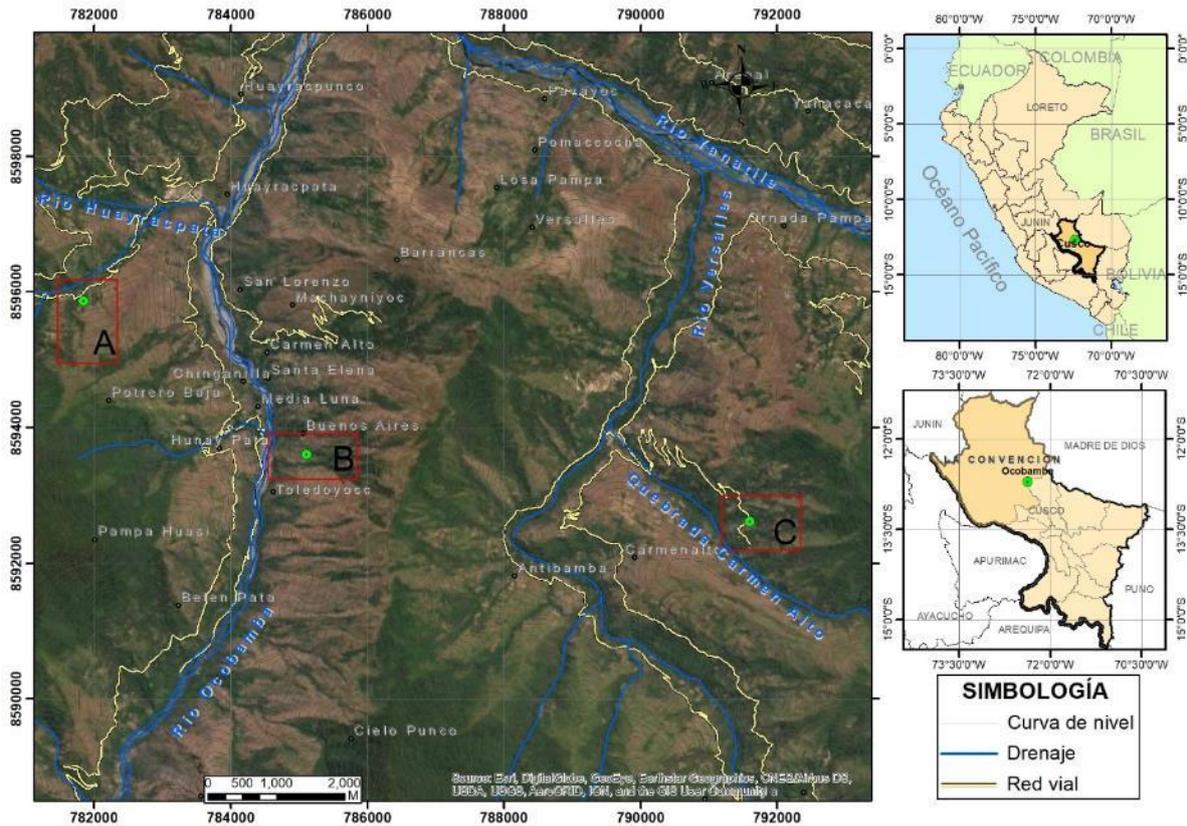


Figura 2. Ubicación de los sectores Pampahuasi (A), Buenos Aires (B) y Carmen Alto (C).

1.3.2. Accesibilidad

El acceso a los sectores evaluados, se hace vía terrestre desde la ciudad de Cusco. Tomando como referencia al centro poblado de Kelcaybamba, para acceder a las zonas evaluadas, mediante la siguiente ruta (cuadro 4):

Cuadro 4. Rutas y accesos a la zona evaluada.

Ruta	Tipo de vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Cusco – Ollantaytambo	Asfaltada	60.6	1 h 32 min
Ollantaytambo – Kelcaybamba	Carretera	86.0	1 h 47 min
Kelcaybamba – Pampahuasi	Carretera	33.0	45 min
Kelcaybamba - Buenos Aires	Carretera	38.5	50 min
Kelcaybamba – Carmen Alto	Carretera	57.0	1 h 20 min

1.3.3. Clima

De acuerdo al mapa climático del SENAMHI (2018), y detallando la información local, se puede observar que las zonas de evaluación poseen un clima lluvioso, templado con humedad abundante en todas las estaciones del año.

Las precipitaciones con frecuencia son intensa en los meses de diciembre a marzo, cuyas lluvias acumuladas anuales pueden variar de 1200 mm a 3000 mm. Además, presenta concentración de humedad muy alta durante todo el año, con friajes en los meses de junio a setiembre, y temperaturas máximas de 25°C a 29°C y temperaturas mínimas de 11°C a 7°C.

Esta clasificación climática es sustentada con información meteorológica recolectada de aproximadamente 20 años, a partir de la cuales se formula “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.

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.

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

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

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

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

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

Reptación de suelos: Movimientos lentos del terreno en donde no se distingue una superficie de falla. Puede ser de tipo estacional, cuando se asocia al cambio climático o de humedad y verdadero cuando hay desplazamiento continuo.

3. ASPECTOS GEOLÓGICOS

El análisis geológico se elabora teniendo como base la Geología del cuadrángulo de Quebrada Honda (hojas 26-r1, 26-r2, 26-r3, 26-r4) (Coba et al., 2021) a escala 1: 50 000, cuyo entorno geológico se compone de rocas metamórficas del Paleozoico, coberturados por depósitos Cuaternarios. Para su actualización y complementación se hizo uso de trabajos de interpretación de imágenes satelitales, fotografías y observaciones de campo.

3.1. Unidades litoestratigráficas

Las unidades litoestratigráficas que afloran son de origen metamórfico, conformado principalmente por pizarras intercaladas con lutitas y limonitas de la formación Ananea. Además, está siendo coberturado por depósitos coluviales, que se han generado por movimientos en masa desde el Pleistoceno hasta la actualidad (Anexo1: Mapa1).

3.1.1. Grupo San José (Oim-sj)

Se observan en ambas márgenes del río Ocobamba, hacia el sur de las zonas de estudio. Conformada por una gruesa sucesión de pizarras en las que se presentan intercalaciones de areniscas cuarzosas finas, plegadas y afectadas por esquistosidad, quedando muy fracturadas y altamente meteorizadas; además las inclinaciones de los estratos, favorecen a la infiltración de agua de lluvias hacia el subsuelo, por lo que es susceptible a deslizamientos.

3.1.2. Formación Ananea (SD-a)

Podemos apreciar en los sectores evaluados y en ambas márgenes del río Ocobamba. Está conformada por secuencia de pizarras grises a gris oscuro intercaladas con lutitas y alternancias de limonita, las cuales se presentan muy fracturadas y altamente meteorizadas, con infiltraciones de aguas de escorrentía, las que generan zonas de debilidad en el sustrato (Coba et al., 2021).

3.1.3. Depósito Aluviales (Q-al)

Depósitos dispuestos en ambas márgenes de los ríos Ocobamba y Versalles formando terrazas, conformados por depósitos acarreadas por el curso de los ríos, dispuestos en formas de bancos, compuestos por bloques y gravas redondeados a sub redondeados, envueltos en matriz areno limosa, las cuales presentan mediana consolidación (fotografía 1).

3.1.4. Depósito Coluvial (Q-cl)

Depósitos dispuestos en laderas de montañas y llegan hasta la parte baja de las quebradas, depósitos ubicados en los sectores evaluados, son depósitos generados por deslizamientos antiguos y reactivados dispuestos en sus laderas, conformados por bloques y gravas subangulosas a angulosas envueltos en matriz arcillo limosa, las cuales presentan poca consolidación (figura 3).



Figura 3. Sector Buenos Aires, se aprecia un depósito coluvial elongado que llega hasta el río Ocobamba, conformado por bloques y gravas en matriz arcillo limosa.

4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

4.1. Pendientes del terreno

El mapa de pendientes fue elaborado en base al modelo de elevación digital con resolución de 12.5 m (USGS) información libre que fue tomada del satélite Alos Palsar.

Dentro de las zonas de estudio se presentan inclinaciones de terrenos mayormente que varían entre fuertes ($15^\circ - 25^\circ$) a escarpadas ($25^\circ - 45^\circ$); además, en río Ocobamba, Versalles y en el centro poblado San Lorenzo, los depósitos generan pendientes moderadas de ($5^\circ - 15^\circ$) a fuertes ($15^\circ - 25^\circ$), en promedio el sector Pampahuasi presenta un pendiente de 32° , Buenos Aires de 27° y Carmen Alto de 25° , los cuales hacen que las zonas evaluadas sean susceptibles a movimientos en masa (Anexo 1: Mapa 2).

4.2. Unidades geomorfológicas

La determinación y caracterización de las unidades geomorfológicas (Anexo 1: Mapa 3), se complementaron y actualizaron en base al mapa geomorfológico regional a escala 1:100 000 elaborado por Vílchez (2020).

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 (Vílchez *et al*, 2020).

4.2.1. Unidad de montaña

Representa alturas mayores a los 300 m desde la base hasta la cima, según el tipo de roca que las conforma y los procesos que han originado su forma actual, se diferencia las siguientes subunidades:

Subunidad de montaña en rocas metamórfica (RC-rm): Relieve modelado en afloramientos rocosos de la formación Ananea, conformada por Pizarras grises a negras

con intercalaciones de areniscas finas y limonitas. Ppuede verse ampliamente en todas las zonas evaluadas con cimas subredondeadas a agudas.

Sus laderas presentan en promedio pendientes muy fuertes, en el sector Pampahuasi es de 32°, en Buenos Aires de 27° y en Carme Alto 25°. Esta subunidad cubre todas las zonas de estudio.

Subunidad de montaña en rocas intrusiva (RC-ri): Relieve modelado sobre rocas plutónicas, la primera de composición sienogranito y edad pérmica y la segunda es un porfido diorítico de edad paleógena. Ubicadas en la margen izquierda y derecha del río Ocobamba respectivamente, junto al centro poblado San Lorenzo. Esta geoforma presenta cimas subredondeadas y laderas escarpadas a muy escarpadas.

4.2.2. Unidad de piedemonte

Se consideran formas de terrenos que constituyen la transición entre los relieves montañosos accidentados y las zonas planas, predominan los terrenos generados por fuerzas de desplazamiento como depósitos coluviales antiguos y recientes relacionados a repentinos cambios de pendiente.

Subunidad de vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd): Son depósitos inconsolidados, que se encuentran cubriendo las laderas en las zonas evaluadas y aledañas, fueron generados por procesos de movimientos en masa mayormente deslizamientos que se están reactivando, dando como resultado la acumulación de materiales superpuestos. Conformados por bloques y gravas en matriz arcillo limosas de pizarras y areniscas finas.

Sus depósitos presentan pendientes moderadas a fuertes, en promedio, en el sector Pampahuasi presenta pendientes de 22°, en Buenos Aires de 25° y en Carme Alto 21°.

5. PELIGROS GEOLÓGICOS

Los peligros geológicos reconocidos en la zona evaluada, corresponden a movimientos en masa de tipo reptaciones y deslizamiento reactivados (Proyecto Multinacional Andino: GCA, 2007). 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.

5.1. Peligros geológicos en los sectores Pampahuasi (A), Buenos Aires (B) y Carmen Alto (C)

Se identificaron procesos de deslizamientos reactivados que se presentan en las laderas de los sectores evaluados (Anexo 1: Mapa 4, 5 y 6).

El contexto litológico, están conformados por sustrato rocoso de pizarras grises oscuras y por depósitos coluviales, estos últimos producto de deslizamientos antiguos desencadenados por lluvias intensas o excepcionales. Se encuentran adosados a las laderas y están compuestos por arcillas, arenas, gravas y bloques heterométricos.

En cuanto a las unidades y subunidades geomorfológicas presentes en el área evaluada, se encuentran montañas en roca metamórfica, con pendientes que varían de fuertes (15° – 25°) a muy fuertes o escarpadas (25° - 45°) y la subunidad de vertiente con depósito de deslizamiento, que son la acumulación de materiales generados por deslizamientos que presentan pendientes moderadas (5° - 15°) a fuertes (15° - 25°).

A continuación, se describen los peligros geológicos identificados en cada sector valuado.

5.1.1. Sector Pampahuasi (A)

En margen derecha de la quebrada del sector Pampahuasi se apreciaron grietas tensionales generadas por un proceso de reactivación de deslizamiento, a consecuencia de las lluvias intensas que se presentaron el año 2021. Dicho evento afectó 5 viviendas, donde se presentan rajaduras en los muros y agrietamientos en el suelo, y áreas de cultivos, además, puede afectar la captación de agua potable para el centro poblado de San Lorenzo, el cual abastece a 200 viviendas con este servicio (Anexo 1: Mapa 4).

Una de las viviendas que presenta grietas en sus muros, se ubican en coordenadas UTM: 781904 E, 8595957 S, donde al momento de la inspección se aprecia rajaduras de hasta 1 cm de ancho que fueron resanadas (figura 4).



Figura 4. Vista del muro con rajadura resanada de 1 cm de ancho.

Además, en el patio de la misma vivienda, en coordenadas UTM: 781882 E, 8595938 S, se aprecia un corte del talud con altura de 1.5 m, los dueños nos indican que, en tiempo de lluvias hay filtración de agua con cantidades apreciables en el corte realizado.

También, en coordenadas UTM: 781990E, 8595835 S, se ubica una grieta el cual se proyecta hacia el oeste, con apertura de 3 cm y hundimiento de 10 cm el cual se encuentra junto a un reservorio de agua para riego (figura 5 y 6).



Figura 5 y 6. Grietas ubicadas en la parte baja y junto a un reservorio de agua para regadío.

5.1.2. Sector Buenos Aires (B)

En la ladera derecha del río Ocobamba se identificó una escarpa producto de la reactivación de un deslizamiento antiguo, ubicado en la carretera que comunica el sector Buenos Aires con el poblado de San Lorenzo, este evento ocurrió el 9 de febrero de año 2021 a consecuencia de las lluvias intensas y/o prolongadas.

Este deslizamiento afectó la carretera antes mencionada con un hundimiento de 30 cm, el cual dejó incomunicada a 5 viviendas ubicadas en esta zona.

La escarpa de deslizamiento que afectó a la plataforma de la carretera, se ubica en coordenadas UTM: 785086 E, 8593635 S, presenta 30 cm de caída y en una distancia de

52 m, además, por encima de la carretera se apreció un escarpe antiguo con caída de 1 m de altura aproximadamente.

Esta reactivación de deslizamiento fue generada sobre depósitos coluviales, donde se aprecia el hundimiento de la plataforma de la carretera (figura 7).



Figura 7. Vista de la cabecera del deslizamiento reactivado, presenta una escarpa de 30 cm de caída y 52 m de distancia.

También en la parte baja de la carretera se apreció el deslizamiento que traslado sus materiales, con una distancia desde la cabeza hasta el pie de 270 m y con un ancho que alcanzó en la base de 170 m. (figura 8).

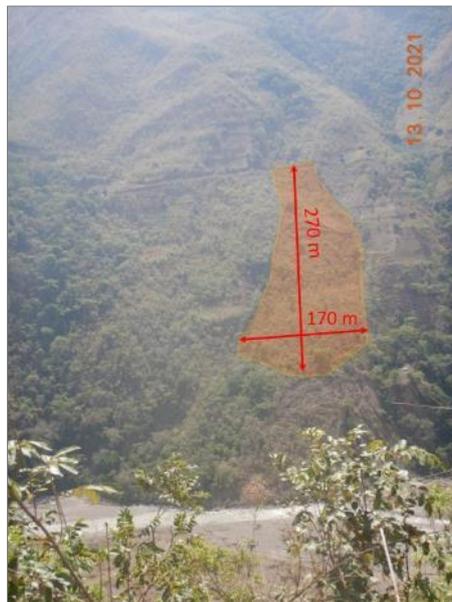


Figura 8. Vista panorámica del deslizamiento con medidas en la parte baja del depósito.

5.1.3. Sector Carmen Alto (C)

El 18 de febrero del año 2021, en el sector Carmen Alto se presentaron lluvias intensas y prolongadas, que activó un deslizamiento, ocasionando agrietamientos y asentamientos del terreno. El evento afectó 5 viviendas, causando rajaduras en los muros y agrietamientos en el suelo, así como en sus áreas de cultivos (figura 9). Además, mencionar que todo el sector Carmen Alto y áreas circundantes se emplazan sobre

deslizamientos antiguos que modelaron el sector los que son susceptibles a nuevas reactivaciones.



Figura 9. Vista de vivienda con rajadura en muros.

Los pobladores del sector nos informan que un evento anterior ocurrió el año 2011, generando agrietamiento, asentamientos de todo el sector evaluado, y un deslizamiento en la quebrada tres amores ubicada en coordenadas UTM: 791757 E, 8592608 S.

En coordenadas UTM: 791702 E, 8592574 S y junto a la carretera vecinal del sector se aprecia que el agua de la quebrada se infiltra al subsuelo para luego emanar nuevamente a la superficie 100 m más abajo, ubicada en coordenadas UTM: 791585 E, 8592608 S, además que, el agua que emerge discurre por la carretera ya que no hay drenajes en la zona (figura 9 y 10).



Figura 9. Vista de la parte alta de la quebrada, se encuentra seca por infiltraciones de agua.



Figura 10. Vista de la parte baja de la quebrada donde emerge el agua y discurre por un costado de la carretera.

En la margen derecha del deslizamiento, donde el agua se infiltra y se pierde, se instaló un muro de roca para soportar parte de la carretera, el cual está a punto de caer por no tener un diseño técnico y estar mal diseñada, además en este punto no se observa un canal para evacuar el agua de la quebrada, el cual hace más susceptible a que se generen flujo en el sector (figura 11).



Figura 11. Vista del enrocado que está a punto de caer por no tener ningún análisis técnico para su instalación.

5.1.4. Factores condicionantes

- Substrato rocoso metamórfico de pizarras, muy fracturado y altamente meteorizado, además, fracturamiento de la roca que favorece la infiltración de agua de lluvias hacia el subsuelo, por lo que es susceptible a deslizamientos.
- Presencia de depósitos coluviales inconsolidados, muy porosos y de fácil saturación, las cuales presentan poca resistencia a cualquier esfuerzo.
- Relieves de montañas con laderas que presentan pendientes muy fuertes o escarpada (25° - 45°), facilitando el movimiento por efecto de la gravedad.
- Deforestación y prácticas de cultivos no compatibles en los suelos, hacen que estos pierdan compactación.
- Falta de limpieza y mantenimiento de los canales de evacuación de aguas.

5.1.5. Factores detonantes o desencadenantes

- Presencia de lluvias intensas, prolongadas o excepcionales, que ocurren entre diciembre a marzo, con precipitaciones acumuladas entre 1200 a 3000 mm anuales, que pueden acelerar la saturación de los suelos, al punto de generar deslizamientos, reptaciones y flujos en las quebradas.
- Los sismos pueden desencadenar deslizamientos, por la vibración generada sobre suelos poco compactos.

CONCLUSIONES

- A. Los sectores evaluados se encuentran sobre depósitos coluviales inconsolidados, constituidos por gravas y bloques de formas sub angulosas a angulosas e inmersos en matriz arcillo limosa.
- B. Las geofomas observadas en el área de estudio, corresponden a montañas en rocas metamórficas y vertientes con depósito de deslizamiento. Las pendientes del terreno varían de fuertes (15° – 25°) a muy fuertes (25° - 45°).
- C. Los sectores de Pampahuasi, Buenos Aires y Carmen Alto por las condiciones geológicas y geodinámicas, se consideran de **Peligro Muy Alto**, donde se pueden generar nuevas reactivaciones de deslizamientos, que pueden ser desencadenados ante lluvias intensas y/o prolongadas, o sismos.
- D. Las reactivaciones de los deslizamientos, ha generado grietas tensionales, asentamientos en el terreno.
- E. En el sector de Carmen Alto y Pampahuasi, es necesario reubicar las viviendas afectadas.

RECOMENDACIONES

- A. Evitar la ocupacion de viviendas o alguna otra infraestructura en las zonas evaluadas, especialmente en las que presentan grietas, asentamientos ocasionadoa por los deslizamientos.
- B. Para los tres sectores evaluados, realizar zanjas de coronacion y drenaje en forma de espina de pescado, para reducir la cantidad de agua que infiltra en epocas de lluvia.
- C. Impermeabilizar los drenajes que se encuentran en el cuerpo del deslizamientos y alrededores.
- D. Rellenar y sellar las grietas para evitar la infiltración de aguas en época de lluvias, que favorece a la saturación de los materiales, acelerando el colapso de los deslizamientos.
- E. Reforestar las zonas de uso de suelo agrícola para compactar y evitar la infiltración hacia el subsuelo.
- F. En los sectores Pampahuasi y Camen Alto, en los deslizamiento y zonas adyacentes no cambiar el uso del suelo a agrícola y evitar las quemas de la vegetación ya que estos usos desertifican el suelo y generan sobresaturación en los suelos.
- G. Realizar charlas de sensibilización y concientización sobre peligro y riesgo a las que se encuentran expuestos los poblados ubicados en el deslizamiento y áreas circundantes.
- H. Las viviendas afectadas por los movimientos en masa en los sectores Pampahuasi y Carmen Alto deben ser reubicadas, por la posibilidad de que los deslizamientos se reactiven y generen mayores daños.
- I. Para las viviendas ubicadas en zonas afectadas, implementar un Sistema de Alerta Temprana (SAT) para monitorear las grietas de los deslizamientos. En la implementación se debe tener en cuenta los sistemas de comunicación, alarmas, entre otros, con el objetivo de tener avisos oportunos ante la ocurrencia de movimientos en masa que puedan afectar viviendas y vidas.

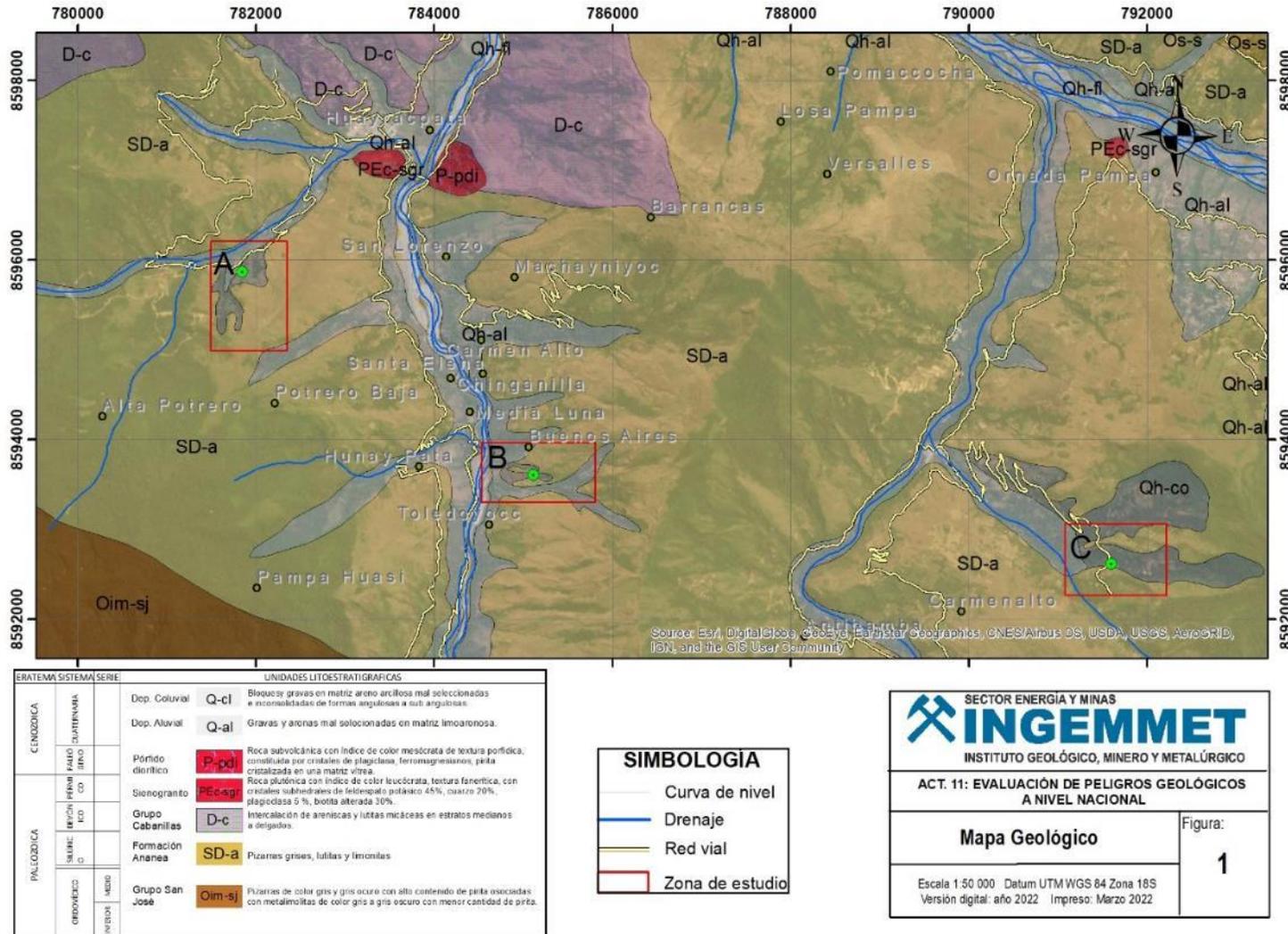
BIBLIOGRAFÍA

- Cruden, D.M. & Varnes, D.J. (1996) - Landslides types and processes, en Turner, K., y Schuster, R.L., ed., Landslides investigation and mitigation: Washintong D. C, National Academy Press, Transportati3n researchs board Special Report 247, p. 36-75.
- Instituto Geol3gico Minero y Metal3rgico (2003) - Estudio de riesgos geol3gicos del Per3, Franja N3 3. INGEMMET, Bolet3n, Serie C: Geodin3mica e Ingenier3a Geol3gica, 28, 373 p.
[Hhttps://hdl.handle.net/20.500.12544/262](https://hdl.handle.net/20.500.12544/262)
- Coba, L.; Hurtado, C. & Ishpilco S. (2021) - Geolog3a del cuadr3ngulo de Quebrada Honda (hojas 26r1, 26r2, 26r3, 26r4). INGEMMET, Bolet3n, Serie L: Actualizaci3n Carta Geol3gica Nacional (Escala 1:50 000), 24, 49p, 4 mapas.
<https://hdl.handle.net/20.500.12544/80>
- Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007) - Movimientos en masa en la regi3n andina: una gui3a para la evaluaci3n de amenazas. Santiago: Servicio Nacional de Geolog3a y Miner3a, 432 p., Publicaci3n Geol3gica Multinacional, 4.
<https://hdl.handle.net/20.500.12544/2830>
- Valencia, M.; Chero, D. & Ch3vez, C. (2021) - Geolog3a del cuadr3ngulo de San Francisco (hojas 26o1, 26o2, 26o3, 26o4). INGEMMET, Bolet3n, Serie L: Actualizaci3n Carta Geol3gica Nacional (Escala 1:50 000), 20, 97 p, 4 mapas.
<https://hdl.handle.net/20.500.12544/3140>
- V3lchez, M. & Sosa, N. (2015) – Zonas cr3ticas por peligros geol3gicos en la regi3n Cusco. Informe t3cnico geolog3a ambiental. INGEMMET, 100 p.
<https://hdl.handle.net/20.500.12544/2026>
- V3lchez, M.; Sosa, N. Pari, W. & Pe3a, F. (2020) - Peligro geol3gico en la regi3n Cusco. INGEMMET. Bolet3n, Serie C: Geodin3mica e Ingenier3a Geol3gica, 74, 155 p.
<https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/2564#files>

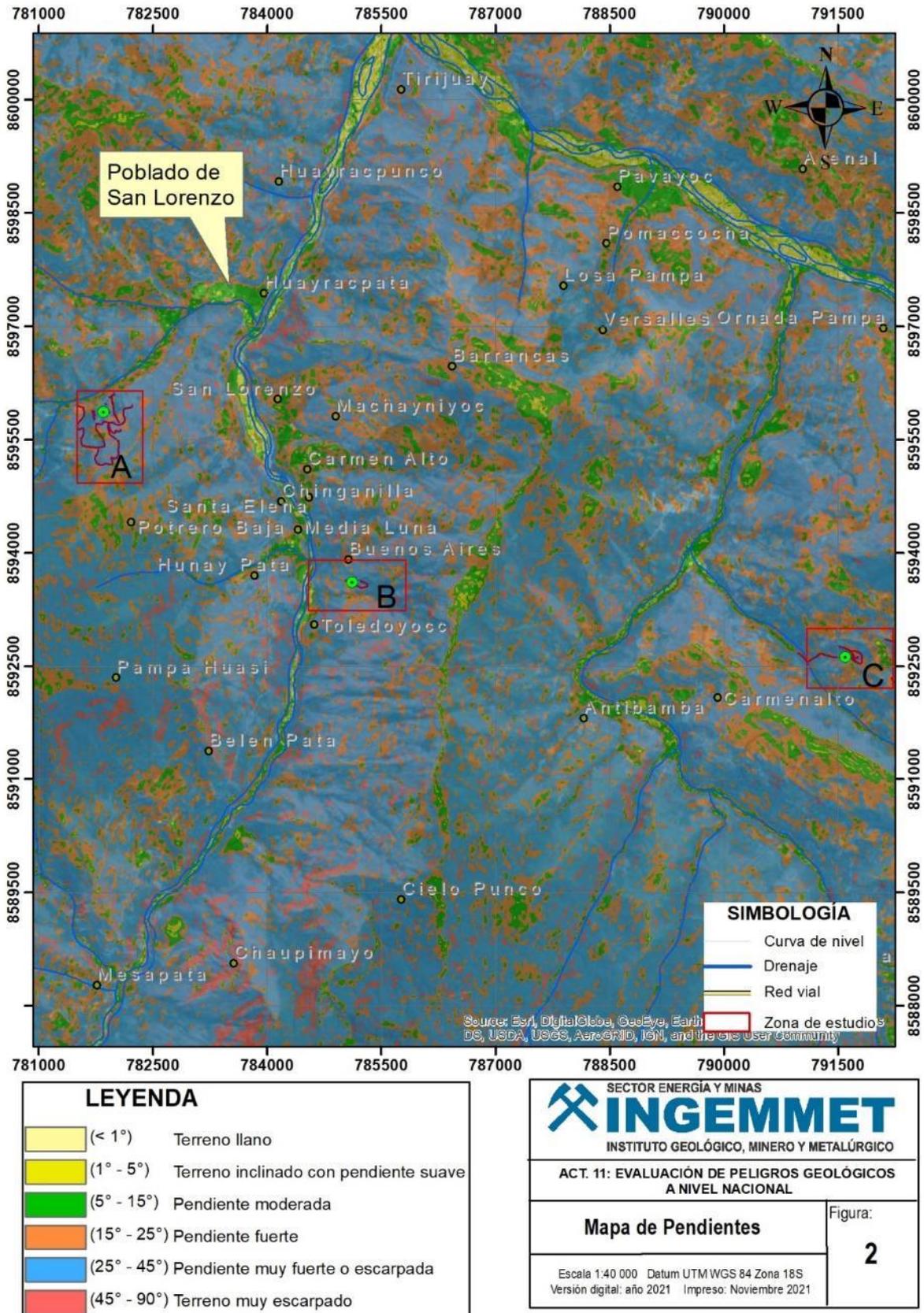

Norma Luz Sosa Senticala
Especialista en peligros geol3gicos
Direcci3n de Geolog3a Ambiental y Riesgo Geol3gico


Ing. LIONEL V. FIDEL SMOLL
Director
Direcci3n de Geolog3a Ambiental y Riesgo Geol3gico
INGEMMET

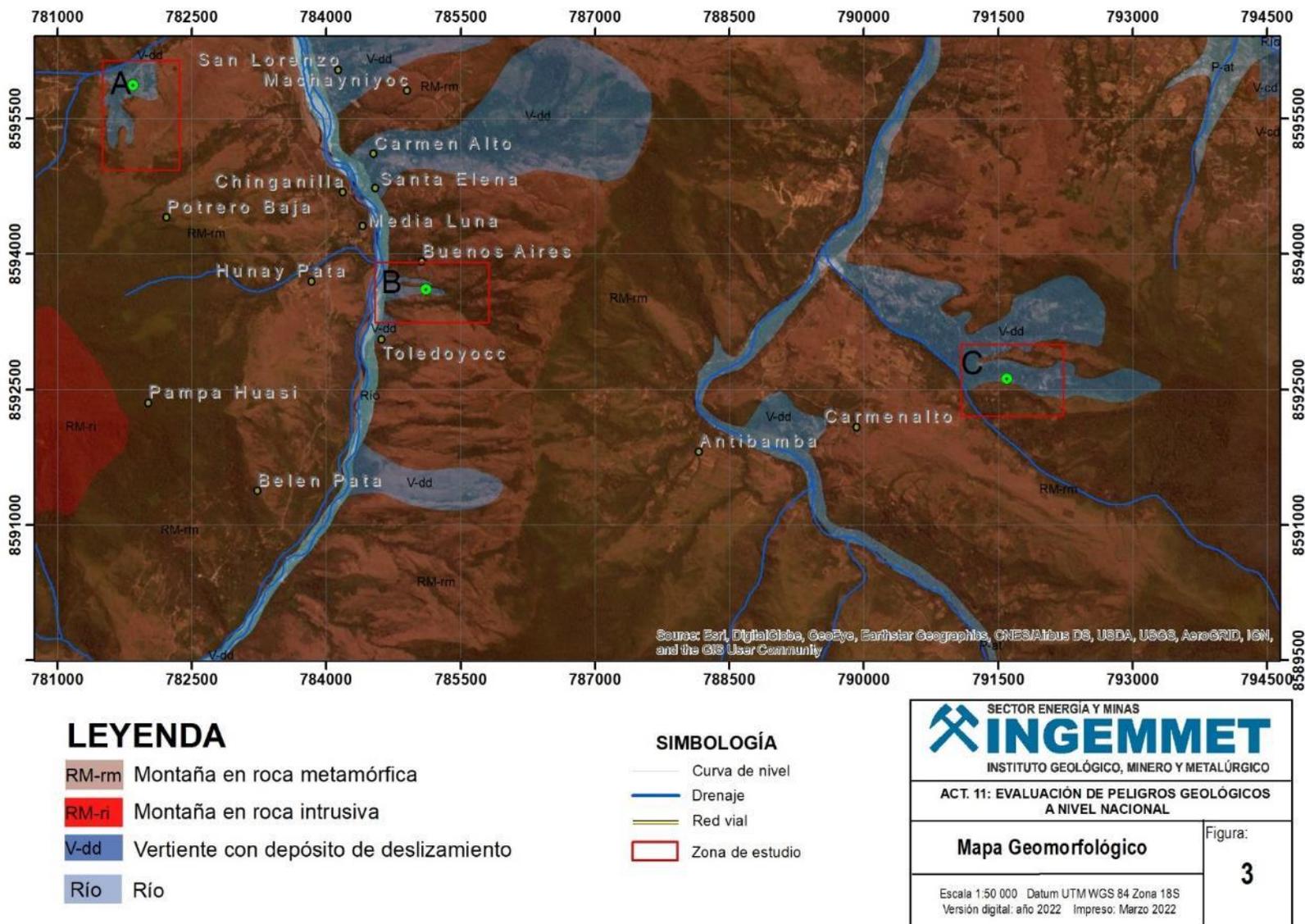
ANEXO 1: MAPAS



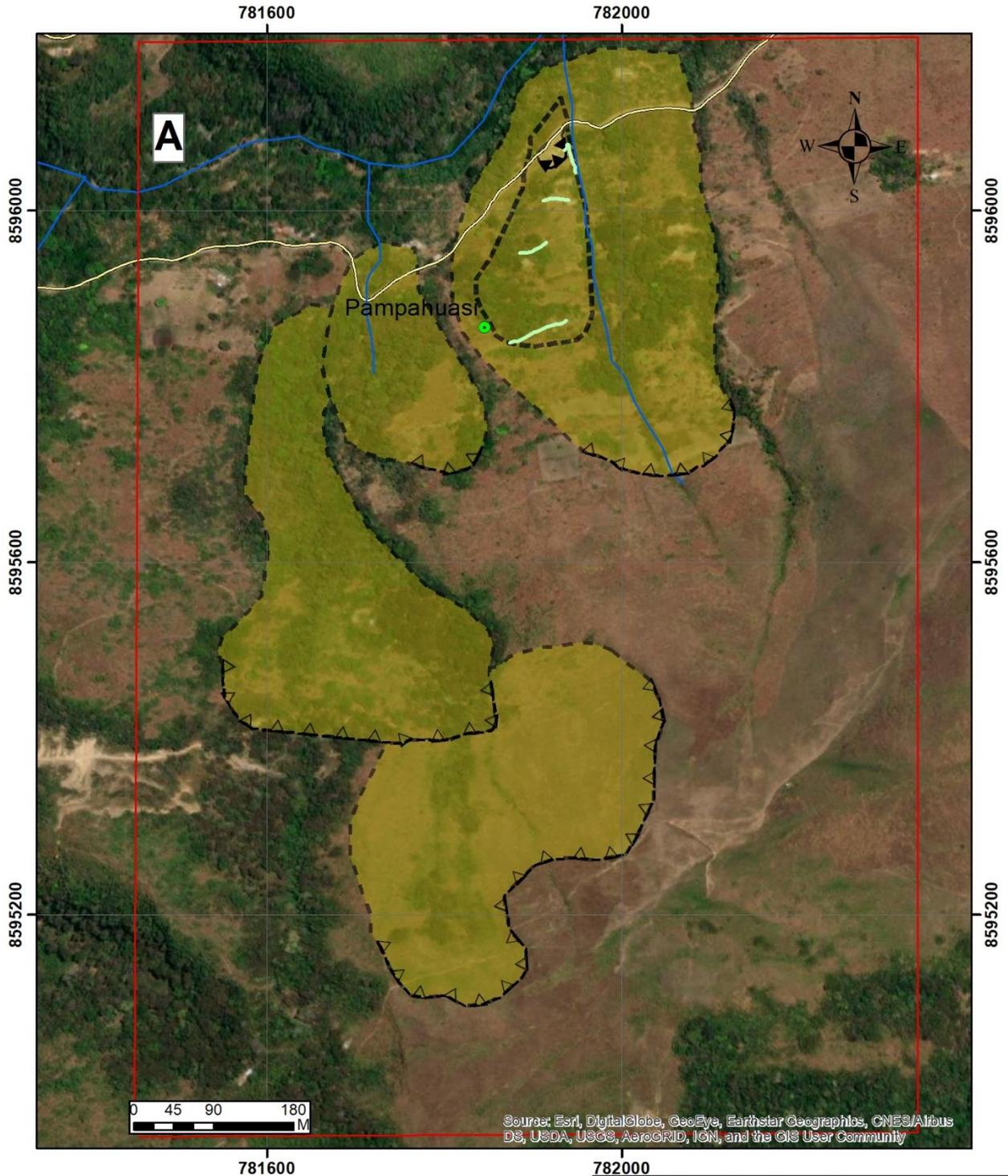
Mapa 1. Mapa geológico de las zonas de Evaluación, en el distrito de Ocobamba, provincia La Convención, departamento Cusco.



Mapa 2. Mapa de pendientes del terreno de las zonas de Evaluación, en el distrito de Ocobamba, provincia La Convención, departamento Cusco.



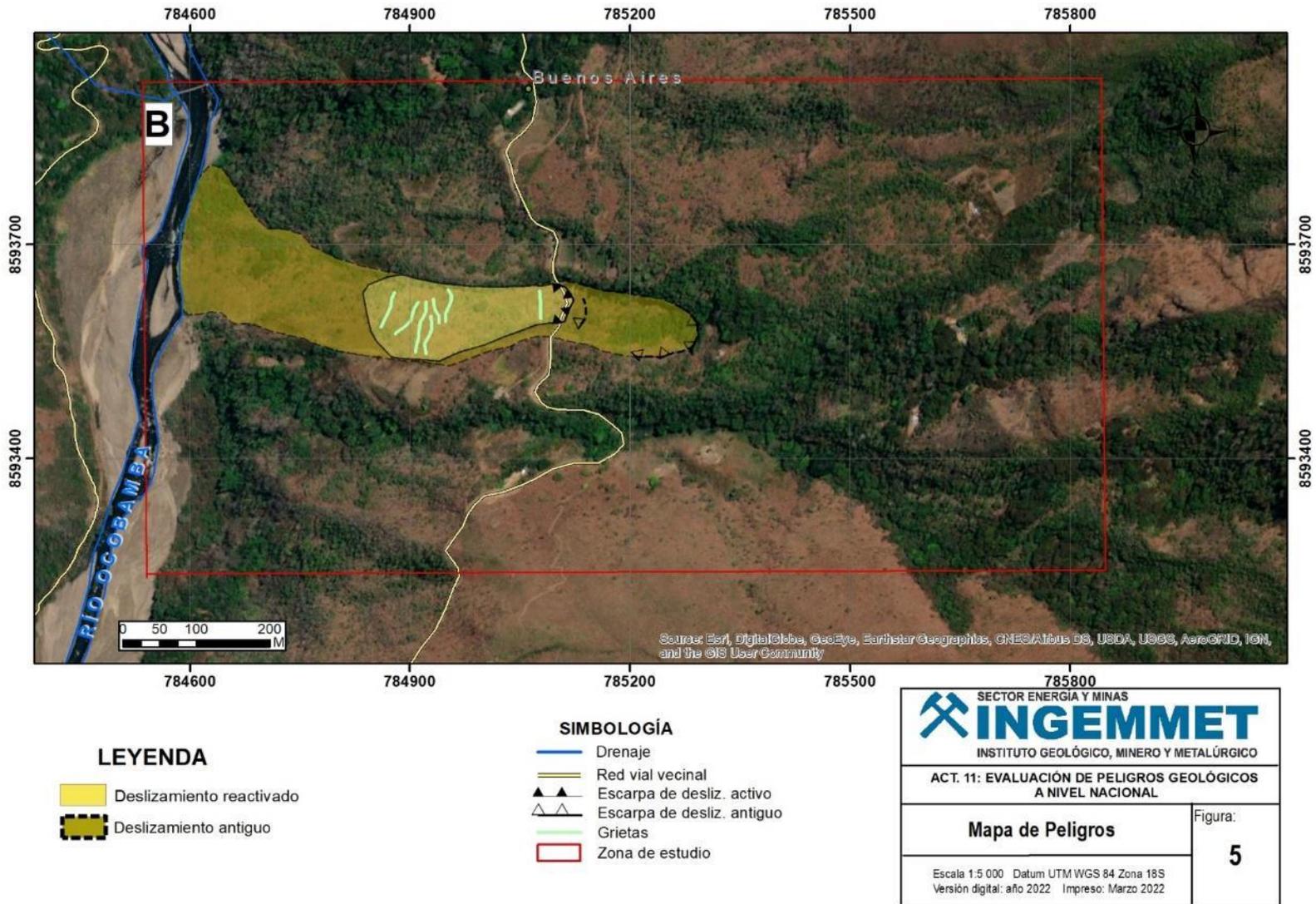
Mapa 3. Mapa geomorfológico de las zonas evaluadas del distrito de Ocobamba, provincia de La Convención, departamento Cusco.



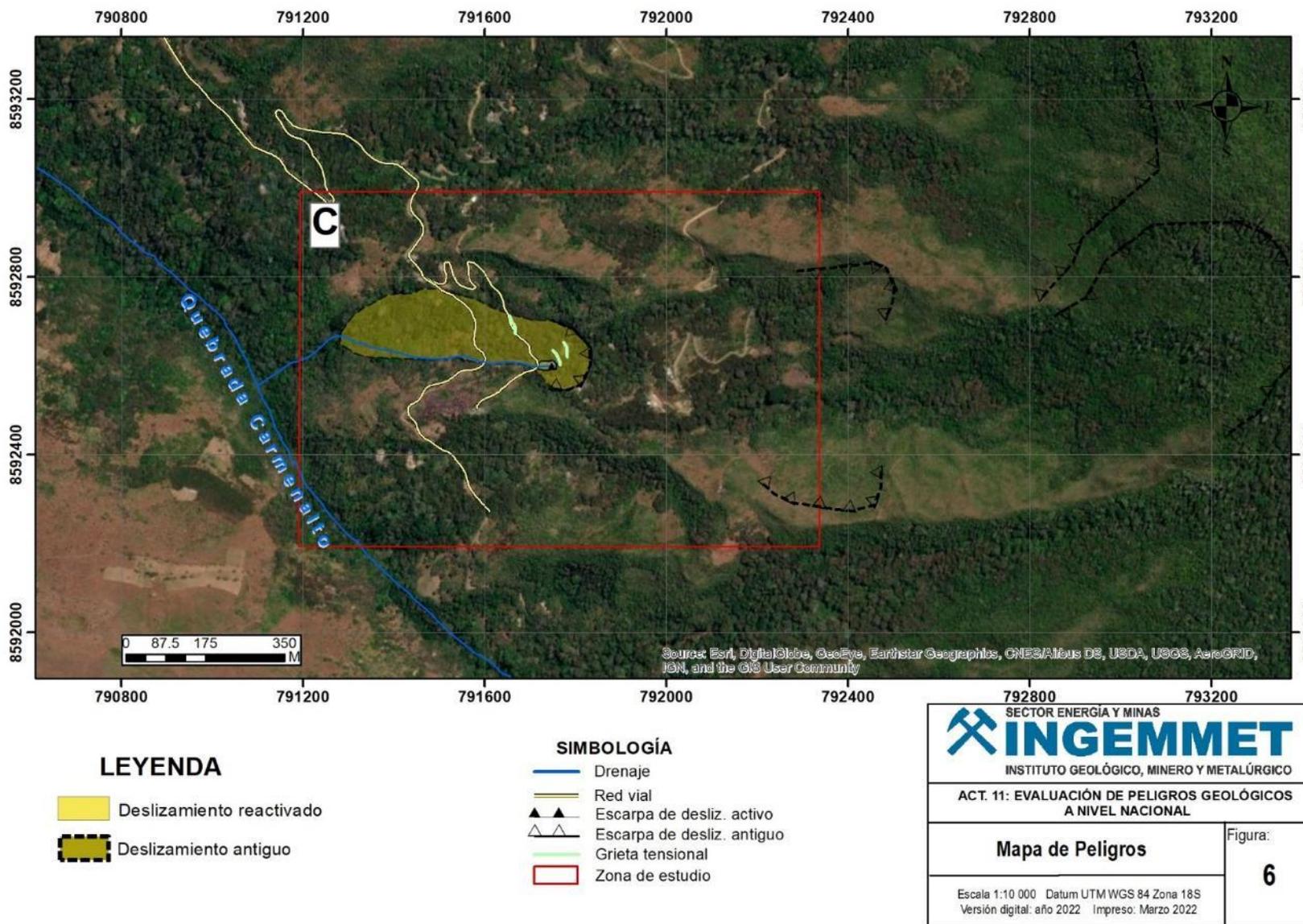
LEYENDA		SIMBOLOGÍA	
	Deslizamiento reactivado		Drenaje
	Deslizamiento antiguo		Red vial
	Deslizamiento inferido		Zona de estudio
	Escarpa de desliz. activo		
	Escarpa de desliz. antiguo		
	Grieta tensional		

SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO	
ACT. 11: EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL	
Mapa de Peligros	Figura: 4
Escala 1:5 500 Datum UTM WGS 84 Zona 18S Versión digital: año 2022 Impreso: Marzo 2022	

Mapa 4. Mapa de peligros geológicos en el sector Pampahuasi, del distrito de Ocobamba, provincia de La Convención, departamento Cusco.



Mapa 5. Mapa de peligros geológicos del sector Buenos Aires, del distrito de Ocobamba, provincia de La Convención, departamento Cusco.



Mapa 6. Mapa de peligros geológicos de Carmen Alto, del distrito de Ocobamba, provincia de La Convención, departamento Cusco

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"/>	Bolos		<input type="checkbox"/>	Esférica	<input type="checkbox"/>	Redondeado	<input type="checkbox"/>	Alta plasticidad
<input type="checkbox"/>	Cantos		<input type="checkbox"/>	Discoidal	<input 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"/>	20 Gránulos		<input type="checkbox"/>	Cilíndrica	<input checked="" type="checkbox"/>	Subanguloso	<input checked="" type="checkbox"/>	No plástico
<input type="checkbox"/>	10 Arenas							
<input type="checkbox"/>	15 Limos							
<input type="checkbox"/>	15 Arcillas							
		ESTRUCTURA	TEXTURA	CONTENIDO DE	%	LITOLOGÍA		
<input type="checkbox"/>	Masiva	<input type="checkbox"/>	Harinoso	<input type="checkbox"/>	Materia Orgánica	<input type="checkbox"/>	Intrusivos	
<input type="checkbox"/>	Estractificada	<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"/>	70 Matamórficos	
						<input type="checkbox"/>	30 Sedimentarios	
		COMPACIDAD						
		SUELOS FINOS	SUELOS GRUESOS					
		Limos y Arcillas	Arenas	Gravas				
<input checked="" type="checkbox"/>	Blanda	<input checked="" type="checkbox"/>	Suelta	<input type="checkbox"/>	Suelta			
<input type="checkbox"/>	Compacta	<input type="checkbox"/>	Densa	<input checked="" 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 checked="" 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 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			