

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7172

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN LAS QUEBRADAS SACRAMAYO, QORIMACHAQHUAYNIYOC Y SACRAMAYO

Departamento Cusco
Provincia Cusco
Distrito Santiago



EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN LAS QUEBRADAS SACRAMAYO QORIMACHAQHUAYNIYOC Y RACRAMAYO.

(Distrito de Santiago, provincia Cusco y departamento Cusco)

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

Equipo de investigación:

David Prudencio Mendoza

Guisela Choquenaira Garate

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2021). Evaluación de peligros geológicos en las quebradas Sacramayo Qorimachaquayniyoc y Racramayo. Distrito de Santiago, provincia Cusco y departamento Cusco. Lima: Ingemmet, Informe Técnico A7172, 39p.

INDICE

1. INTRODUCCIÓN	2
1.1. Objetivos del estudio	2
1.2. Antecedentes y trabajos anteriores	2
1.3. Aspectos generales	5
1.3.1. Ubicación	5
1.3.2. Accesibilidad.....	5
1.3.3. Clima.....	6
2. ASPECTOS GEOLÓGICOS	6
2.1. Unidades litoestratigráficas	6
2.1.2. Formación Quilque (Pp-qu).....	6
2.1.3. Formación Chilca (Pp-ch).....	6
2.1.4. Formación Kayra (Peo-ky)	7
2.1.5. Formación San Sebastián (Q-sa).....	7
2.1.6. Depósito coluvio – deluvial.....	7
2.1.7. Depósito coluvial.....	7
2.1.8. Depósito antropógeno.....	7
3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	7
3.1. Pendientes del terreno	7
3.2. Unidades geomorfológicas	8
3.2.1. Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional.....	8
3.2.1.1. Unidad de montañas	8
3.2.1.2. Unidad de colina y lomada	8
3.2.2. Geoformas de carácter depositacional y agradacional.....	8
3.2.2.1. Unidad de piedemonte.....	9
4. PELIGROS GEOLÓGICOS	9
4.1. Peligros geológicos en las quebradas Sacramayo, Qorimachaquayniyoc y Racramayo.	9
4.1.1. Quebrada Sacramayo.....	10
4.1.2. Quebrada Qorimachaquayniyoc.	13
4.1.3. Quebrada Racramayo.....	20
4.2. Factores condicionantes	24
4.3. Factores desencadenantes	24
5. CONCLUSIONES	25
6. RECOMENDACIONES	26
7. BIBLIOGRAFÍA	28

ANEXO 1: MAPAS	29
ANEXO 2: GLOSARIO.....	32

RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos, en las quebradas Sacramayo, Qorimachachuayniyoc y Racramayo, pertenecientes a la jurisdicción distrital de Santiago, provincia del Cusco, 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 (distrital, regional y nacional).

Las unidades litoestratigráficas que afloran en la zona evaluada corresponden a rocas de las formaciones Puquin, Quilque, Chilca y Kayra, conformada por conglomerados, areniscas, limo areniscas, limo arcillas y lutitas, los cuales se presentan moderadamente meteorizados y muy fracturados, sobre los cuales predominan procesos de erosión de laderas.

En los cauces de las quebradas evaluadas, se observan acumulaciones de material de desmonte y desechos sólidos, muy susceptibles a ser erosionados y removidos en temporada lluviosa por acción de la escorrentía superficial, lo cual podría generar flujos de detritos que se canalizarían en las quebradas referidas.

Las geoformas identificadas corresponden a las de origen tectónico-degradacional (montañas y colinas modeladas en roca sedimentaria) y geoformas de carácter depositacional y agradacional principalmente originada por la ocurrencia de movimientos en masa antiguos, tales como deslizamientos y flujos, configurando así geoformas de vertientes coluvio deluvial y de piedemonte aluvio torrencial. De igual modo la pendiente de los terrenos, con inclinaciones de laderas de fuertes (15° - 25°) a muy fuerte (25° - 45°), hacen más susceptibles a la erosión de laderas y deslizamientos y flujos, que ocurren en las quebradas Sacramayo, Qorimachachuayniyoc y Racramayo.

A diferencia de la quebrada Sacramayo, donde se presentan deslizamientos rotacionales con agrietamientos con actividad retrogresiva y erosión de laderas en cárcavas, en procesos de ensanchamiento y profundización; en las otras dos quebradas, el vertimiento y relleno de material antropogénico en el cauce de las mismas, aunado a los cortes de talud y explanación de laderas para realizar lotizaciones; en Racramayo, van generando materiales de aporte que desencadenan en flujos de detritos

Se concluye que las tres quebradas evaluadas son consideradas de **peligro muy alto** a la ocurrencia de flujos de detritos, deslizamientos y erosión de laderas, las que pueden ser desencadenadas en la temporada de lluvias de diciembre a marzo.

Finalmente, se brinda algunas recomendaciones y alternativas estructurales y no estructurales tales como: realizar estudios para delimitar la faja marginal de las quebradas, descolmatación y limpieza de los cauces, etc. En las quebradas Sacramayo y Racramayo se debe restringir la construcción de viviendas en sectores aledaños a los deslizamientos y erosiones de laderas; en la quebrada Ranachayoc y Qorimachachuayniyoc retirar las construcciones ubicadas en el cauce, y prohibir la construcción de cualquier infraestructura o viviendas en los depósitos antropogénicos vertidos.

INTRODUCCIÓN

El Ingemmet, ente técnico-científico que desarrolla a través de los proyectos de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (D GAR) 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 en zonas que tengan elementos vulnerables.

Atendiendo las solicitudes de la Municipalidad Distrital de Santiago, según oficios N°0118-2020-A-MDS/C, N°029-2021-A-MDS/C y N°010-2021-A-MDS/C; es en el marco de nuestras competencias que se realiza una evaluación de peligros geológicos, tipificados como deslizamiento y flujo de detritos, ocurridos a lo largo de los últimos años en las quebradas Sacramayo, Qorimachaqhuayniyoc y Racramayo, de la jurisdicción distrital de Santiago, en las cuales se han suscitado daños y pérdidas en veredas, graderías e interrupción de la vía de acceso a la Asociación Pro Vivienda (APV) San Pedro.

Para lo cual, la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designó a Ings. David Prudencio y Guisela Choquenaira realizar una evaluación geológica a las zonas mencionadas, la cual se desarrollaron visitas de campo el 10 de marzo y 06 de mayo 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), el cartografiado geológico y geodinámico, con lo que finalmente se realizó la redacción del informe técnico.

Este informe se pone en consideración de la Municipalidad Distrital de Santiago y entidades encargadas en la gestión de riesgos de desastres, donde se proporcionan resultados de la inspección y recomendaciones para la mitigación y reducción del riesgo, 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 las quebradas Sacramayo, Qorimachaqhuayniyoc y Racramayo, que comprometen la seguridad física de las viviendas, infraestructura, poblaciones y medios de vida.
- b) Determinar los factores condicionantes y desencadenantes que influyen en la ocurrencia de peligros geológicos en las tres quebradas evaluadas.
- c) Proponer medidas de prevención, reducción y mitigación ante peligros geológicos identificados en la evaluación.

1.2. Antecedentes y trabajos anteriores

Entre los principales estudios realizados a nivel local regional y nacional se tiene:

- A) Boletín N° 80, serie C, Geodinámica e ingeniería geológica: “Peligros geológicos por movimientos en masa e inundación fluvial en la ciudad de Cusco” (Medina et al., 2021); donde se registraron 26 zonas críticas y 478 ocurrencias de peligros

geológicos por movimientos en masa y otros peligros geológicos. en la zona evaluada se tiene dos zonas críticas (cuadro 1) y eventos de erosión en cárcava, deslizamientos rotacionales, flujos de detritos, erosión en surco. También, se realizó un estudio de susceptibilidad a movimientos en masa y susceptibilidad a inundación y erosión fluvial, realizados a una escala de 1:25 000, donde el área evaluada presenta zonas con susceptibilidad a movimientos en más de tipo alta y muy alta, siendo esta última, las más propensas a ser afectada por los procesos mencionados.

Cuadro 1: Puntos críticos dentro de la zona de estudio.

Puntos críticos a peligros geológicos por procesos de movimientos en masa y otros en el distrito de Santiago

Código en mapa	Paraje o sector / Coordenadas UTM	Peligro geológico	Comentario geodinámico	Elementos expuestos y/o daños	Recomendaciones generales
22	Quebrada Saqramayo 176094/8502742	Flujo de detritos (huaicos) - derrumbes	Geológicamente, la quebrada se desarrolla sobre rocas sedimentarias, areniscas fracturadas y arcillitas con yeso pertenecientes a la Formación Puquín, arcillitas deleznable de color verde, amarillentas, microconglomerados y arenisca perteneciente a la formación Quilque, arcillitas deleznable con yesos y areniscas pertenecientes a la formación Chilca (Castillo & Ojeda, 2019). Los peligros presentes corresponden a derrumbes recientes y deslizamientos antiguos; en la quebrada, también se podría generar flujos de detritos o huaicos. Para estabilizar parte de las laderas de la quebrada existen trabajos de forestación y obras con gaviones (fotografía 10.43)	Los derrumbes podrían afectar a las viviendas asentadas en las laderas de la quebrada. Los flujos de detritos (huaicos) podrían afectar las viviendas asentadas en el cauce y en la desembocadura de la quebrada (fotografía 10.44). En la plataforma de la carretera construida sobre depósitos antropógenos, se observa agrietamientos (fotografía 10.45).	Estabilidad las laderas. Prohibir la construcción de viviendas en laderas inestables. Forestar las laderas con plantas nativas de poco peso. Apertura canal para pase de flujos de detritos (huaicos). Implementar sistemas de alerta ante flujos. Monitoreo permanente con equipos de alta precisión (GPS Diferencial) de los taludes de la carretera que cruza la quebrada Saqramayo.
23	Quebrada imachachuayniyoc 176372/8502298	Flujo de detritos (huaicos) - derrumbes	Geológicamente, la quebrada se desarrolla sobre rocas sedimentarias, areniscas fracturadas y arcillitas de la Formación Kayra. En las laderas de las quebradas, se observa ocurrencia de derrumbes recientes y antiguos cuyos depósitos podrían generar flujos de detritos o huaicos; también, se observa material de desmonte en el cauce de la quebrada (fotografía 10.46).	Los derrumbes podrían afectar a las viviendas asentadas en las laderas de la quebrada. Los flujos de detritos (huaicos) podrían afectar las viviendas asentadas en el cauce y en la desembocadura de la quebrada Ccorimachachuayniyoc (fotografía 10.47).	Estabilidad las laderas. Prohibir la construcción de viviendas en laderas inestables. Forestar las laderas con plantas nativas de poco peso. Aperturar canal para pase de flujos de detritos (huaicos). Implementar sistemas de alerta temprana. Monitoreo permanente.

- B) En el Boletín N° 74, Serie C, Geodinámica e Ingeniería Geológica: “Peligros Geológicos en la Región Cusco” (Vílchez et al., 2020); se identificaron un total de 1682 peligros geológicos y 75 zonas críticas en toda la región, de los cuales 5 peligros geológicos por deslizamiento pueden reactivarse dentro del distrito de Santiago.

El estudio también cuenta con un mapa de susceptibilidad a movimientos en masa (escala 1: 100 000), donde la quebrada Sacramayo presenta muy alta susceptibilidad y altas para las quebradas Qorimachachuayniyoc y Racramayo (figura 1).

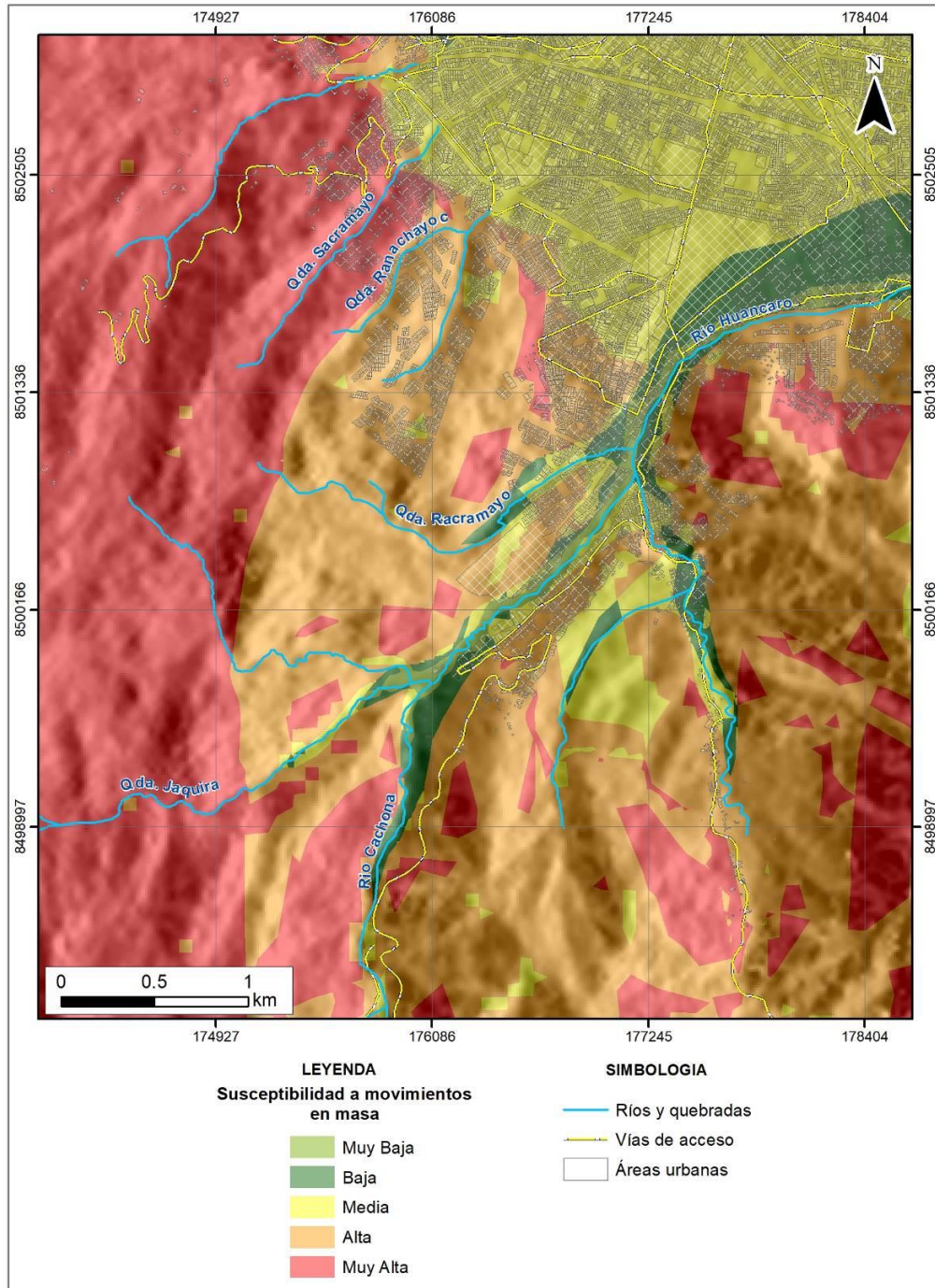


Figura 1. Mapa de susceptibilidad de las quebradas Sacramayo, Qorimachaquayniyoc y Racramayo, distrito Santiago, provincia Cusco, departamento Cusco (Vílchez et al., 2020).

- c) En la “Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Cusco (28-s)”, escala 1: 50 000 (Carlotto et al., 2011); describe la información relacionada a los cambios más resaltantes sobre estratigrafía (formaciones Puquin, Quilque, Chilca y Kayra) y la geología estructural del área de dichos cuadrángulos. Además, en la “Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Tambobamba (28-r)”, escala 1:50 000 (Galdós J., 2002); describe la geología presente en la zona evaluada.

1.3. Aspectos generales

1.3.1. Ubicación

Las quebradas de Sacramayo, Qorimachaquayniyoc y Racramayo forman parte de la subcuenca del río Huatanay, se ubican al sureste de la ciudad del Cusco. Políticamente, pertenecen al distrito Santiago, provincia Cusco, departamento Cusco (figura 2), cuyas coordenadas UTM (WGS84 – Zona 19S) son las siguientes:

Cuadro 2. Coordenadas del área de estudio.

N°	UTM - WGS84 - Zona 19S		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	175000	8503000	-13.523308°	-72.002196°
2	177500	8503000	-13.523584°	-71.979125°
3	177500	8500500	-13.546159°	-71.979406°
4	175000	8500500	-13.545883°	-72.002479°
COORDENADA CENTRAL DE LA QUEBRADA SACRAMAYO				
A	175997	8502584	-13.527175°	-71.993042°
COORDENADA CENTRAL DE LA QUEBRADA QORIMACHAQUAYNIYOC				
B	176337	8502254	-13.530192°	-71.989942°
COORDENADA CENTRAL DE LA QUEBRADA RACRAMAYO				
C	176755	8500890	-13.542555°	-71.986238°

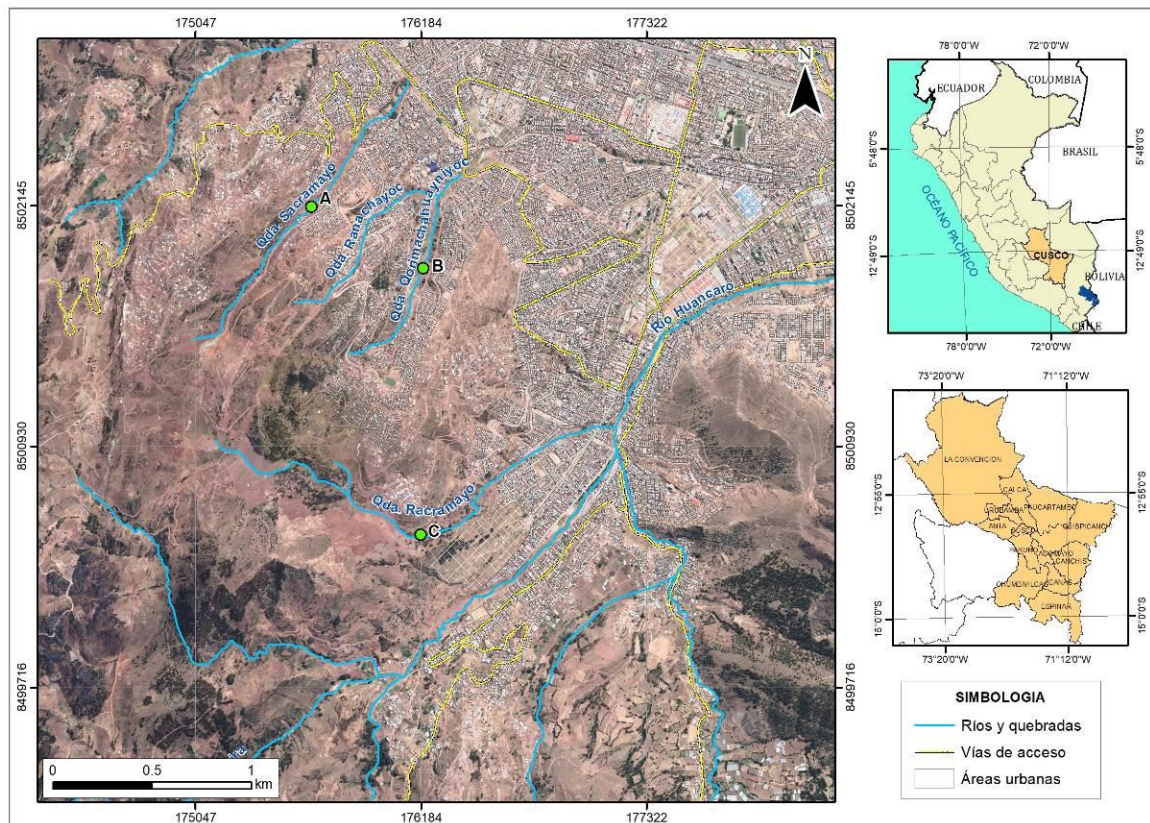


Figura 2. Ubicación de las quebradas Sacramayo, Qorimachaquayniyoc y Racramayo, distrito de Santiago, provincia de Cusco, departamento de Cusco.

1.3.2. Accesibilidad

El acceso a dichas zonas evaluadas, se realiza por vía terrestre, desplazándose desde la ciudad del Cusco (Ingemmet – OD Cusco), mediante la siguiente ruta:

Cuadro 3. Rutas y accesos.

<i>Ruta</i>	<i>Tipo de vía</i>	<i>Distancia (km)</i>	<i>Tiempo estimado</i>
OD Cusco – Municipalidad Distrital de Santiago	Asfaltada	5	11 minutos
Municipalidad Distrital de Santiago – Quebrada Sacramayo	Asfaltada	1.5	4 minutos
Municipalidad Distrital de Santiago – Quebrada Qorimachaqhuayniyoc	Asfaltada	1.2	3 minutos
Municipalidad Distrital de Santiago – Quebrada Racramayo	Asfaltada	2.2	5 minutos

1.3.3. Clima

De acuerdo al mapa climático del SENAMHI (2018), el distrito de Santiago presenta un clima semiseco, con frecuencia de precipitación intensa en los meses de diciembre a marzo, con lluvias acumuladas anuales promedio de 700 mm y heladas en los meses de junio a setiembre. La humedad atmosférica relativa es seca, y temperaturas medias anuales de 12°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. ASPECTOS GEOLÓGICOS

El contexto geológico del área de estudio se elaboró teniendo como base la Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Tambobamba (28-r), a escala 1: 50 000 (Galdós *et al.*, 2002) y la Geología del cuadrángulo de Cusco, hoja 28-s, (Carlotto *et al.*, 2011), donde se tienen principalmente unidades litoestratigráficas de naturaleza sedimentaria del pleistoceno, cubiertas por depósitos cuaternarios.

2.1. Unidades litoestratigráficas

Las unidades litoestratigráficas que afloran, son de origen sedimentario, correspondientes a las formaciones San Sebastián de edad Cuaternaria pleistocénica; Kayra, Chilca, Quilque del Paleógeno y Puquin de Cretácico, cubiertos por depósitos coluvio – deluviales que han sido acumulados hasta la actualidad (Anexo 1: Mapa 1). Localmente se han identificado depósitos coluviales y antropogénicos.

2.1.1. Formación Puquin (Ks-pu)

Esta unidad aflora en la margen izquierda de la quebrada Sacramayo, hacia el oeste de la quebrada Qorimachaqhuayniyoc, en las cimas de las montañas. Compuesta por secuencia de lutitas rojas y moradas, intercaladas con láminas de yeso y capas de areniscas muy fracturadas y moderadamente meteorizadas, lo que genera bloques sueltos de hasta 0.5 m en promedio.

2.1.2. Formación Quilque (Pp-qu)

Esta unidad aflora en las laderas de la quebrada Sacramayo. Conformada por secuencia pelíticas de lutitas rojo-moradas, con estratificación laminar, intercalada con delgadas, estratos de areniscas y microconglomerados fluviales; el sustrato rocoso se presenta moderadamente meteorizada y muy fracturada.

2.1.3. Formación Chilca (Pp-ch)

Esta unidad aflora en la ladera de la margen izquierda de la quebrada Ranachayoc. Compuesta por lutitas, margas rojo ladrillo con intercalaciones delgadas de yesos de medios

lacustres y areniscas fluviales, se presenta moderadamente meteorizada y de medianamente a muy fracturadas.

2.1.4. Formación Kayra (Peo-ky)

Esta unidad se aprecia en la margen derecha de la quebrada Ranachayoc y se extiende hacia el sureste, abarcando las quebradas Qorimachaquayniyoc, Racramayo. Está compuesta por areniscas feldespáticas intercaladas con lutitas rojas y conglomerados fluviales. El sustrato rocoso se presenta ligeramente meteorizada y medianamente fracturadas, formando laderas estables (Carlotto *et al.*, 2011).

2.1.5. Formación San Sebastián (Q-sa)

Esta unidad aflora ampliamente en la ciudad de Cusco, en la base del río Huatanay y Huancaro. Compuesta por gravas arcillosas, con clastos de areniscas, calizas y limolitas intercaladas con bancos de arenas.

2.1.6. Depósito coluvio – deluvial

Estos depósitos se encuentran adosados en las laderas de las quebradas evaluadas. Compuestas por arenas y gravas en matriz arcillosa. Originadas por materiales coluviales, removidos pendiente abajo por acción de aguas de escorrentía.

2.1.7. Depósito coluvial

Ubicado en algunas laderas de las quebradas evaluadas, originado por materiales deslizados. Conformado por bloques subangulosos a angulosos de hasta 30 cm de diámetro y gravas en matriz arena limo arcilla. Estos depósitos presentan poca compactación y son susceptibles a la erosión.

2.1.8. Depósito antropógeno

Se localizan en laderas y cauces de las quebradas, producto de la acumulación de materiales provenientes de la actividad humana, compuesto por escombros, desmonte y basura con poca o ninguna compactación. Estos depósitos son susceptibles a ser erosionados, pudiendo generar eventos de movimientos en masa (flujos y deslizamientos) en épocas de lluvias.

3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

3.1. Pendientes del terreno

El mapa de pendientes de los terrenos, fue realizado en base al modelo de elevación digital de 12.5 m de resolución (información libre que fue tomada del satélite Alos Palsar).

Las pendientes predominantes corresponden a terrenos de inclinaciones moderadas (5° - 15°) a muy fuertes (25° - 45°), estas últimas conforman las laderas de las quebradas Sacramayo, Qorimachaquayniyoc y Racramayo, las bases presentan pendientes fuertes (15° - 25°); y moderadas (5° – 15°) en las cimas de montañas. Las pendientes muy fuertes facilitan que los depósitos se trasladen ladera abajo generando obstrucciones en el cauce de las quebradas, lo que podría generar flujos de detritos (Anexo 1: Mapa 2).

3.2. Unidades geomorfológicas

La caracterización de las unidades geomorfológicas en el área de estudio (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).

3.2.1. Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional

Estas geoformas, son el resultado de procesos originados por la tectónica que presenta la zona de estudio, sumado a un consiguiente proceso denudativo y erosional, afectando otras geoformas pre existentes por acumulación de materiales:

3.2.1.1. Unidad de montañas

Representan elevaciones del terreno con alturas mayores a 300 m con respecto al nivel de base local, diferenciándose las siguientes subunidades según el tipo de roca que las conforma y los procesos que han originado su forma actual.

Subunidad de montañas en roca sedimentaria (RM-rs): Relieve modelado en afloramientos rocosos de las formaciones Kayra y San Sebastián, conformados por conglomerados, areniscas, y arenas, ubicadas en la base del valle de la ciudad del Cusco.

Sus laderas presentan pendientes del terreno moderadas a muy fuertes, en promedio 17° lo que condicionan la ocurrencia de deslizamientos, derrumbes y erosión de laderas.

3.2.1.2. Unidad de colina y lomada

Representa alturas menores a los 300 m desde la base hasta la cima, provienen de aplanamientos de acción prolongada por procesos denudacionales de piedemonte y altiplanicies por su baja resistencia litológica, presenta procesos erosivos.

Subunidad de colina en roca sedimentaria (RC-rs): Relieve modelado en afloramientos rocosos de las formaciones, Quilque, Puquin, Chilca y Kayra, conformados por conglomerados, areniscas, lutitas, yesos y calizas, localizadas en las zonas altas de la ciudad del Cusco.

Sus laderas presentan pendientes del terreno suaves a moderadas, en promedio de 9°, es el resultado de la degradación de antiguos piedemontes, por procesos de erosión de laderas.

3.2.2. Geoformas de carácter depositacional y agradacional

Estas geoformas, son el resultado de procesos geológicos constructivos originados por agentes móviles como deslizamientos y derrumbes que presenta el área de estudio, generando la nivelación de la superficie, mediante depositación y acumulación de materiales sólidos afectando las geoformas anteriores más elevados.

3.2.2.1. 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 o piedemonte coluvio-deluvial (V-cd): Son depósitos inconsolidados, localizados al pie de las laderas de las quebradas, son el resultado de la acumulación de materiales caídos desde las partes altas, por acción de la gravedad y removidos por agua de escorrentía superficial, conformados por bloques de lutitas areniscas y microconglomerados de las formaciones Puquín, Quilque, Chilca y Kayra, los cuales cubren las laderas de las quebradas.

En las partes alta de las laderas se generan depósitos acumulados de materiales, donde se aprecian pendientes del terreno muy fuertes, en promedio 28° y se disponen en las zonas con pendientes moderadas.

Subunidad de vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd): Zona de acumulaciones en ladera, de materiales inconsolidados a ligeramente consolidados, su composición litológica es homogénea y proviene de procesos de movimientos en masa de tipo deslizamiento, derrumbes, movimientos complejos y sus reactivaciones. Presenta morfología convexa y disposición circular a elongada de la zona de arranque.

Esta geoforma se observó como cuerpos de deslizamientos muy antiguos depositados en las laderas de las quebradas evaluadas, donde las pendientes van de fuertes a muy fuertes con un promedio de 25°.

4. PELIGROS GEOLÓGICOS

Los peligros geológicos reconocidos, corresponden a movimientos en masa de tipo flujos de detritos o huaicos y deslizamientos (PMA: 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.

4.1. Peligros geológicos en las quebradas Sacramayo, Qorimachaquayniyoc y Racramayo.

En las quebradas Sacramayo, Qorimachaquayniyoc y Racramayo, se evaluaron las condiciones de inestabilidad y de propensión a la generación de peligros geológicos, para lo cual se realizó la caracterización de procesos evidenciados, donde se diferenció un total de 11 procesos, que corresponden a (2) flujos de detritos (huaicos), (4) deslizamientos y (5) zonas con erosión de ladera.

Todos estos eventos afectaron: 190 m de la vía de acceso a la APV San Pedro, veredas, graderías y viviendas en la APV Franciscana Sayre (Anexo 1: Mapa 4).

A continuación, se describen los peligros geológicos identificados en las diferentes quebradas evaluadas.

4.1.1. Quebrada Sacramayo.

En esta quebrada se presentan eventos de deslizamiento activos y procesos de erosión de laderas en forma laminar y cárcavas, en un área aproximada de 53 500 m², éstas últimas trasladan y acarrean materiales removidos hasta el cauce de la quebrada, pudiendo generar flujo de detritos (figura 3).



Figura 3. Eventos de peligros geológicos cartografiados en la quebrada Sacramayo.

De acuerdo a las evidencias y versiones de los pobladores, se indica que, en el mes de febrero, dentro de la APV Primero de Diciembre, en la margen derecha de la quebrada Sacramayo, se reactivó un deslizamiento, en coordenadas (176030 E, 8502590 N), producto de la infiltración de agua de lluvia en suelos poco compactos de depósitos coluvio - deluviales.

Además, en la cabecera del deslizamiento, en el año 2020 se inauguró la vía de la calle Manantiales y un muro de contención, los cuales podrían caer cuesta abajo, si el deslizamiento acrecentara su área de manera retrogresiva

Dicho deslizamiento presenta forma cóncava, con un ancho promedio de 10 m, salto de 20 cm, en dirección N 8°. Además, presenta una pendiente de 40 ° y una diferencia de altura de la corona a la base del deslizamiento de 10 m.

El deslizamiento afectó una zanja de evacuación de aguas pluviales y un desagüe colector, los que, sumado a la filtración de agua, han originado la formación de una cárcava, que en su crecimiento contribuye a la ocurrencia del deslizamiento (figura 4, 5 y 6).

Este evento alcanzó los canales de evacuación, un colector de desagüe, veredas y gradería de la Apv. Primero de diciembre.



Figura 4. Vista de deslizamiento en la margen derecha de la quebrada Sacramayo (UTM 176030 E, 8502590 N) con presencia de agua infiltrada que discurre por el cuerpo. Se instaló una tubería para captar el agua en la zona.



Figura 5. Colapso y daños en zanja de evacuación de agua pluviales y un colector de desagüe.

en la margen derecha de la quebrada Sacramayo.



Figura 6. Vista del deslizamiento tomado desde la parte baja de la quebrada Sacramayo, se aprecia el deslizamiento y la cárcava por donde se arrastró el material deslizado.

De igual modo, en la margen izquierda de la quebrada Sacramayo en el área de la APV. Alto San Martín, en coordenadas UTM 175763 E, 8502375 N, se aprecia un deslizamiento con actividad retrogresiva, debido al corte de talud para instalación de gaviones.

Este deslizamiento presenta escarpa de forma cóncava, con 3 niveles producto de la reactivación y salto principal de 1.5 m. El deslizamiento tiene un ancho promedio de 25 m y una altura entre el escarpe al pie del deslizamiento de 50 m, con dirección de N 125° y una pendiente de 40°.

En el momento de la inspección, en ambos flancos del deslizamiento, se observó viviendas y personas que circulan por la zona (figura 7).

En la parte alta de la quebrada se aprecian otros eventos como erosión de ladera tipo laminar y tipo cárcavas (figura 8), estos eventos aportan materiales sueltos al cauce de la quebrada, siendo un material dispuesto a generar flujos.

Estos eventos cortan transversalmente al Camino Inca que pasa por la margen derecha de la quebrada, afectando aproximadamente unos 3 m de camino, los cuales deben tener un control integral de erosión para evitar el crecimiento en área y evitar la pérdida de los restos arqueológicos.



Figura 7. Deslizamiento en la margen izquierda de la quebrada Sacramayo, se aprecia el escarpe principal de 1.5 m de caída y las dimensiones del deslizamiento.



Figura 8. Erosión de laderas en cárcava en la cabecera de la quebrada Sacramayo (175280 E, 8501671 N), que afectan el Camino Inca que pasa por la margen derecha de la quebrada.

4.1.2. Quebrada Qorimachaquayniyoc.

La quebrada Qorimachaquayniyoc posee un afluente a la margen izquierda denominada Ranachayoc. En estas vertientes ocurren flujos de detritos y procesos de

erosión de laderas en suelos poco compactos. Estas últimas trasladan materiales removidos hasta el cauce de la quebrada, la cual podría generar flujos de mayor volumen hacia las partes bajas de la quebrada (figura 9).

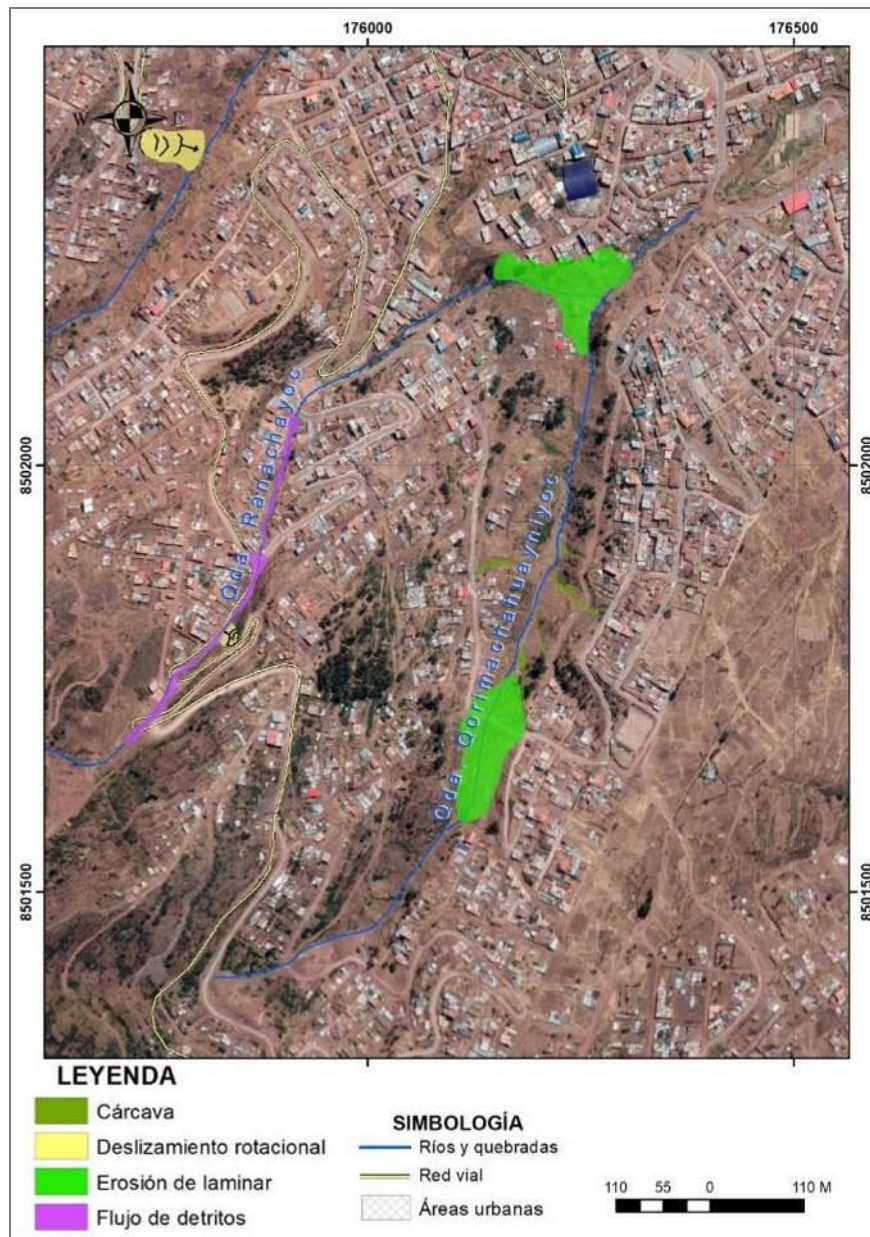


Figura 9. Eventos de peligros geológicos cartografiados en la quebrada Qorimachaquayniyoc.

En la quebrada Ranachayoc, en temporada de lluvias intensas, en la APV. Franciscana Sayre (coordenadas UTM 175755 E, 8501731 N), se generan constantemente flujos de detritos.

Estos fenómenos ocurren en la cabecera de la quebrada, donde se ubican tres viviendas que obstruyen el cauce natural, dejándolo más estrecho. Además, dentro del cauce se aprecia el vertimiento de materiales de construcción, que se encuentran sueltos disponibles para ser removidos en épocas de lluvia (figura 10 y 11).

Los flujos de detritos, formaron depósitos de hasta 2 m de altura, e impactó a las APVs. Franciscana Sayre y Virgen del Concepción; y obstruyó la vía de acceso al APV. San Pedro, los canales de drenaje y viviendas de la quebrada (figura 12).



Figura 10. Viviendas construidas en medio del cauce de la quebrada Ranachayoc con el canal reducido, que en época de lluvias constantemente genera flujos de detritos.



Figura 11. Canal de la quebrada Ranachayoc en coordenadas UTM 175755 E, 8501731 N, se aprecia la zona donde comienzan los flujos.



Figura 12. En coordenadas UTM 175870 E, 8501890 N, se aprecia parte de la vía de acceso a la APV San Pedro, que es afectada continuamente por el paso de flujo de detritos con depósitos de los materiales.

En la quebrada Qorimachaquayniyoc, a la altura de la confluencia con la quebrada Ranachayoc (coordenadas UTM 176244 E, 8502216 N), se aprecia depósitos de escombros y desmonte inconsolidados, que en temporada de lluvias intensas pueden generar flujos de detritos.

Los materiales antrópicos observados, abarcan un área aproximada de 8 000 m² y representa un volumen aproximado de más de 40 000 m³ que pueden ser movilizados cuesta abajo por la ocurrencia de un flujo de detritos (figura 13 y 14).

Dicha depositación ha ido acumulándose en el tiempo (tal como se muestra en la figura 13) desde el 2002 al 2021, pudiendo ocasionar daños en 15 m de vía en la avenida Dignidad Nacional, en 1 viviendas ubicada al comienzo de la canalización, además, las infraestructuras como la canalización de la quebrada y otros ubicados por debajo de la canalización (15 y 16).



Figura 13. Relleno antropogénico depositado en el cauce obstruyendo las dos quebradas.



Figura 14. Imagen satelital extraído del Google Earth. Imagen A: muestra las quebradas en el año 2002, sin cobertura de material antropogénico. Imagen B: se muestra las quebradas en el año 2021 con gran cantidad de material que se sigue vertiendo hasta la actualidad.



Figura 15. Viviendas en medio del cauce de la quebrada Qorimachaquayniyoc, en la parte baja se encuentra canalizado y pasa debajo de la vía.



Figura 16. En coordenadas UTM 176396 E, 8502309 N, se aprecia la bocatoma de la canalización de la quebrada de 2.5 m de altura por 4 m de ancho, con materiales obstruyendo la entrada.

Del mismo modo, dentro de la quebrada Qorimachaquayniyoc, a la altura de las APVs. San Valentín y Los Jardines (coordenadas UTM 176158 E, 8501702 N) se aprecia depósitos antropógenos, que en temporada de lluvias intensas pueden generar flujos de detritos.

Los materiales antropógenos observados, abarcan un área aproximada de 7 000 m² y representa un volumen aproximado de más de 35 000 m³ que pueden ser movilizados cuesta abajo por la ocurrencia de un flujo de detritos (figura 17), pudiendo ocasionar daños en las vías de comunicación, viviendas e infraestructuras en las partes bajas de la quebrada (figura 18 y 19).



Figura 17. Se aprecia la parte llana, quebrada rellena con material antropogénico, la cual en épocas de lluvias puede generar un flujo con todo el material dispuesto.



Figura 18. En coordenadas UTM 176127 E, 8501723 N, ladera del depósito, presenta erosión en forma de cárcavas, por ser material de poca compactación.



Figura 19. Imagen satelital extraído del Google Earth. Imagen A: en el año 2002, las quebradas se encuentran sin cobertura de material antropógeno. Imagen B: en el año 2021, se aprecia la cantidad de material que se sigue vertiendo hasta la actualidad hacia las quebradas.

4.1.3. Quebrada Racramayo.

La quebrada Racramayo confluye al río Huancaro por la margen izquierda. Según manifiestan los pobladores, cada año, en temporada de lluvias intensas se origina un flujo de detritos (coordenadas UTM 175859 E, 8500637 N), ello afectó al puente que es un acceso de la APV. Estrella (figura 20).

En la parte alta de la quebrada, se están realizando explanaciones del terreno, con el fin de lotizar, que incluye cortes de talud sin ningún estudio técnico, debilitando el suelo, generando deslizamientos y erosiones de ladera en cárcavas y laminar. Los materiales removidos fueron depositados al cauce de la quebrada. Asimismo, los materiales disponibles de las laderas cedieron cuesta abajo, ello aumentó el material disponible y obstruyó el cauce intermitente de la quebrada (figuras 21 y 22).

En noviembre del 2020, la quebrada se activó generando un flujo de detritos que llegó hasta el río Huancaro. El flujo en la parte alta socavó en cauce en 1.5 m y transportó material por su canal hasta la altura de la APV. Estrella, donde colmató un puente de 4 m de altura y 5 m de luz.

Hacia la zona más distal de la quebrada, llegando a la confluencia con el río Huancaro, el flujo atravesó una alcantarilla de 1.5 m de diámetro, que pasa por debajo de viviendas y la vía hacia el cementerio; el cual quedó obstruido (figuras 23, 24 y 25).

Estos materiales depositados en el canal deben ser removidos, ya que, si se originara un flujo nuevo, el canal no soportaría el nuevo material trasladado debido a la colmatación; el desbordamiento afectaría puentes, vías y viviendas ubicadas circundantes a la quebrada.

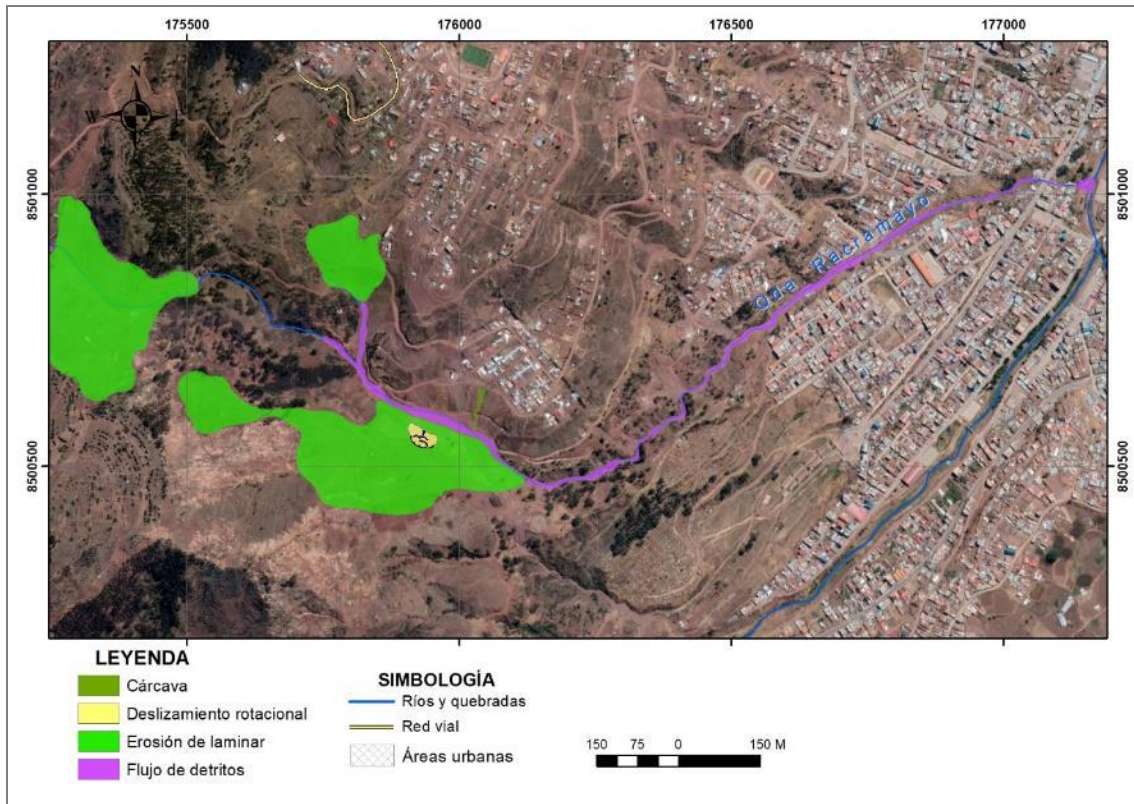


Figura 20. Eventos de peligros geológicos cartografiados en la quebrada Racramayo.

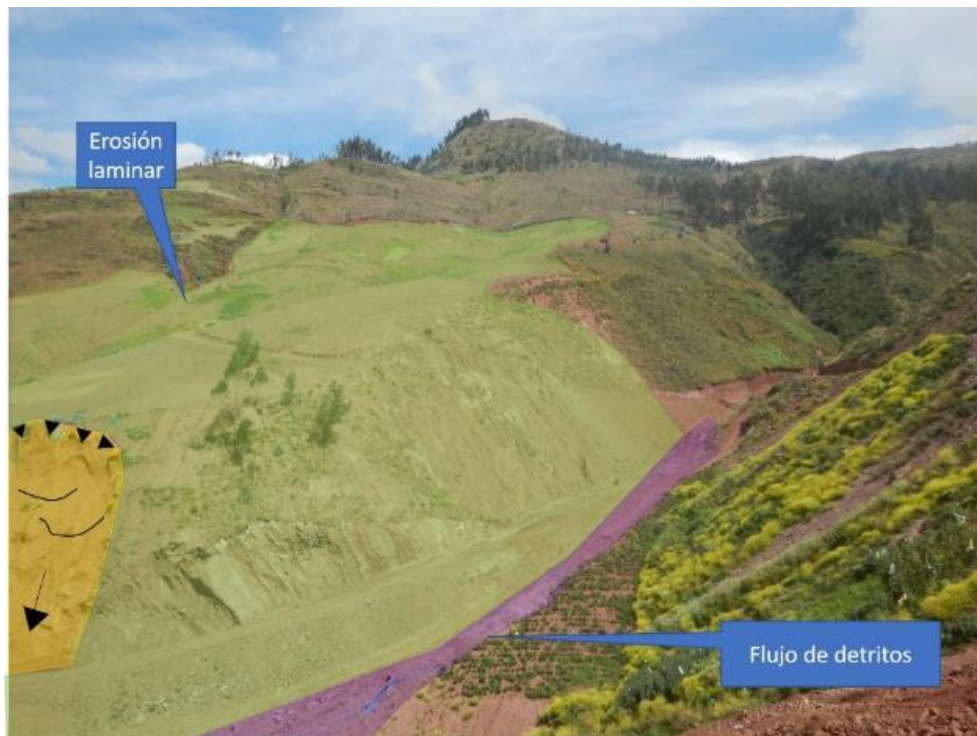


Figura 21. Parte alta de la quebrada Racramayo se aprecia el trabajo que se ha realizado para explanar la montaña, depositando los materiales en el cauce de la quebrada y los procesos de erosión y deslizamiento que se generó en la ladera.



Figura 22. En coordenadas UTM 176080 E, 8500617 N, se aprecia que hay maquinaria que sigue realizando trabajos en la quebrada

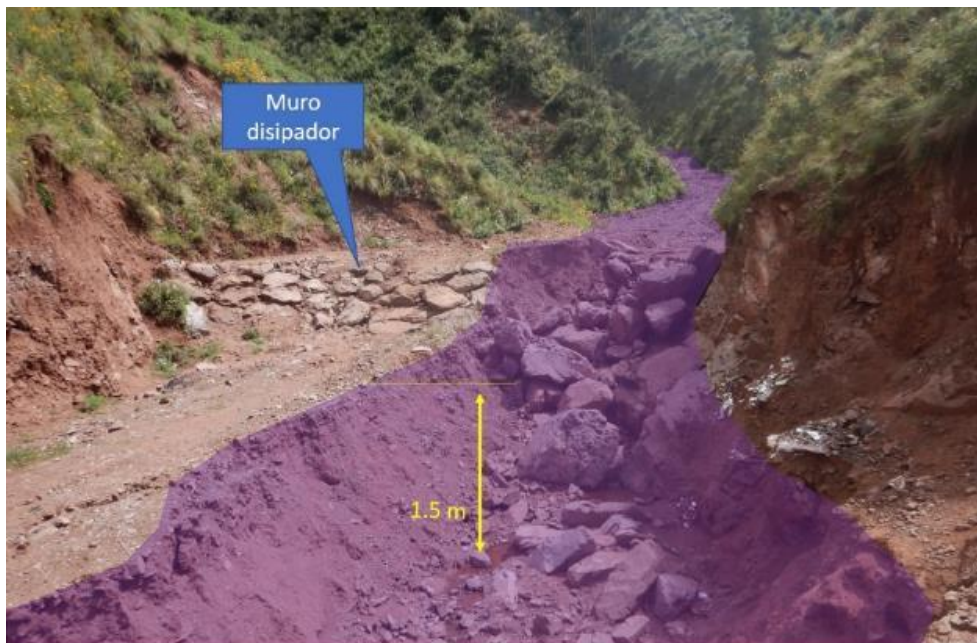


Figura 23. En coordenadas UTM 175835 E, 8500645 N, se aprecia un dique enrocado que colapsó, además, se aprecia la profundización de 1.5 m que generó el flujo de detritos.



Figura 24. En coordenadas UTM 176756 E, 8500913 N, se aprecia el puente de 4 m de altura por 5 m de luz, que quedó colmatado por el paso del flujo de detritos.



Figura 25. Alcantarilla de 1.5 m de diámetro por donde pasa las aguas de la quebrada hasta desembocar en el río Huancaro (UTM 177044 E, 8501032 N), aquí el flujo de detritos dejó una abertura de 20 cm. Por encima de la alcantarilla existen viviendas y la vía del sector.

4.2. Factores condicionantes

Factor litológico.

- Presencia de rocas sedimentarias de las formaciones Puquín Quilque, Chilca, Kayra y San Sebastián, susceptibles a generar movimientos en masa por encontrarse medianamente meteorizadas y muy fracturadas, los cuales condicionan la infiltración y retención de agua de lluvias al terreno, originando inestabilidad en las laderas.
- Presencia de depósitos recientes de tipo coluviales y coluvio – deluviales, con poca compactación y con presencia de filtraciones.
- Presencia de depósitos antropógenos (como relleno y dispuestos en las laderas y cauce), presentan alta susceptibilidad hacer removidos.

Factor geomorfológico.

- Las laderas que circundan las quebradas, presentan pendientes fuertes (15° - 25°) a muy fuertes (25° - 45°), lo que facilita la erosión y remoción del material suelto disponible a ser removido.
- Factor hidrológico - hidrogeológico por presencia de aguas de escorrentía sobre las laderas de las montañas, la que ayudan a la erosión de las mismas, al igual que las que se infiltran al suelo, saturan el terreno y debilita al mismo.

Factor antrópico

- Abundantes e indiscriminados vertimientos de material de desmonte sobre el cauce de las quebradas
- Modificación del terreno para la construcción viviendas en áreas circundantes a zonas de deslizamientos y erosión.
- Poca presencia de cobertura vegetal, debido a la tala de árboles.

4.3. Factores desencadenantes

- Las precipitaciones pluviales intensas y prolongadas estacionales que se dan en los meses de diciembre a marzo, con una acumulación total promedio mensual de 107 mm, según Weather Spark (<https://es.weatherspark.com>), las que sobrecargan los suelos al punto de desestabilizarlos, generando deslizamientos y erosiones.
- La actividad sísmica por fallas geológicas activas cercanas a la ciudad del Cusco como: Tambomachay, Qoricocha, Zurite, Chincheros, Pachatusan (Benavente *et al*, 2013), ya que se tiene antecedentes de ocurrencia de sismos como el del 5 de abril de 1986 que tuvo una magnitud de momento de 5.3 y una intensidad de VIII, que fue la de mayor magnitud sentido hasta el momento (Tavera 2016).

5. CONCLUSIONES

1. En la quebrada Sacramayo se identificó dos procesos, de deslizamientos y erosión de laderas; que vierten el material suelto al cauce de la quebrada. Por lo tanto, en temporada de lluvia se van a generar flujos de detritos.
2. Los deslizamientos que se localizan en la quebrada Sacramayo están activos, por presentar grietas transversales encima de la corona se le considera con avance retrogresivo, este evento puede afectar viviendas, vías e infraestructura.
3. Se pueden generar flujos de detritos, debido al material suelto que se encuentra en las laderas y cauce de la quebrada. De generarse un flujo afectaría la vía Panamericana Cusco – Abancay, y las viviendas que se encuentran en la parte baja de la quebrada. Por lo mencionado a este sector se considera de **peligro muy alto** ante la ocurrencia de deslizamientos y flujos de detritos.
4. En la quebrada Qorimachaquayniyoc se identificó procesos de erosión de laderas, que se desarrollan sobre depósitos de escombros y desmonte no compactos. En temporada de lluvia, el material suelto es vertido al cauce de la quebrada, por lo cual se pueden generar flujos de detritos de mayor volumen, estos eventos que se van a formar van afectar a las poblaciones que se encuentran en la parte baja de la quebrada. Por todo lo mencionado se le considera de **peligro muy alto**.
5. En la quebrada Ranachayoc, se generan flujos de detritos en temporada de lluvias, que afecta a la APV. Virgen Concepción, por lo tanto, se considera de **muy alto peligro**.
6. En la quebrada Racramayo, se identificó un flujo de detritos, un deslizamiento y erosión de laderas, los dos últimos procesos mencionados, alimentan al cauce de la quebrada. En temporada de lluvias se pueden generar nuevos flujos de detritos, por lo tanto, se considera de **peligro muy alto**. Estos nuevos procesos afectarían las viviendas y vías que se encuentran sobre el cauce de la quebrada.
7. Los factores condicionantes son:
 - Rocas sedimentarias de diferentes competencias de la Formación Puquín y Quilque, Chilca y Kayra (conglomerados, areniscas, lutitas, limo areniscas, limo arcillas, arcillas, margas, yesos y bancos de arenas), que se presentan moderadamente meteorizada y muy fracturada.
 - Los depósitos coluvio – deluviales y antropogénicos presentan poca compactación, son de fácil erosión, se saturan rápidamente por las filtraciones de agua de escorrentía.
 - Las pendientes de la quebrada van de fuertes (15° - 25°) a muy fuertes (25° - 45°) y en la parte baja las pendientes son moderadas (5° - 15°), esto facilita la generación de procesos de movimientos en masa.
8. El factor desencadenante son lluvias intensas y prolongadas que se presentan en el área evaluada. La actividad sísmica, solo generaría deslizamientos o derrumbes.

6. RECOMENDACIONES

1. Para la quebrada Sacramayo:

- a) Restringir la construcción de viviendas en las APVs. Alto San Martín y Primero de Diciembre y en los sectores aledaños a los deslizamientos.
- b) Realizar zanjas de coronación, tipo espina de pescado en las áreas deslizadas, con el fin de drenar el agua superficial del cuerpo del deslizamiento.
- c) Realizar estudios de estabilidad de taludes, para determinar las medidas correctivas. Complementar con estudios hidrogeológicos para determinar el nivel freático y evacuar el agua infiltrada del sector.
- d) Dar mantenimiento a la infraestructura y la alcantarilla que se ubica en la intersección con la vía Antonio Lorena (Panamericana Cusco – Abancay).
- e) Realizar el mantenimiento, mejora de los drenajes y derivarlo correctamente hasta el cauce principal, con el fin de evitar que, el agua de escorrentía genera incisiones en el terreno y forma procesos de erosión de ladera en cárcava.
- f) Prohibir la tala de árboles en las laderas que circunscriben la quebrada y forestar con especies nativas, para evitar la erosión de suelos.
- g) Realizar limpieza periódica del cauce de la quebrada.

2. Para la quebrada Qorimachaquayniyoc:

- a) Retirar las tres construcciones de viviendas ubicadas en el cauce de la quebrada Ranachayoc, que ocasiona el estrangulamiento de la quebrada. Asimismo, prohibir la construcción de cualquier infraestructura o vivienda sobre los depósitos antropógenos (rellenos). Delimitar la faja marginal de la quebrada, con el fin de restringir la construcción de viviendas en zonas cercanas al cauce
- b) Realizar estudios de estabilidad de taludes para realizar medidas de mejoramiento de talud o retirar los depósitos coluviales del sector.
- c) Realizar estudios geohidrológicos que permitan conocer el nivel freático y poder evacuar el agua infiltrada del sector.
- d) Realizar el mantenimiento, mejora de los drenajes y derivarlo correctamente hasta el cauce principal, con el fin de evitar que, el agua de escorrentía genera incisiones en el terreno y forma procesos de erosión de ladera en cárcava.
- e) Prohibir la tala de árboles en las laderas que circunscriben la quebrada y forestar con especies nativas, para evitar la erosión de suelos.
- f) Realizar limpieza periódica del cauce de la quebrada.

3. Para la quebrada Racramayo:

- a) Evitar la construcción de viviendas en los sectores aledaños al deslizamiento, erosiones de ladera y zonas sin urbanizar.
- b) Realizar limpieza del cauce de la quebrada Racramayo periódicamente, ya que sí continua las condiciones como las evidenciadas en mayo del 2021, el canal no

podría soportar el nuevo volumen de material transportado, ello afectaría a las viviendas que se ubican en la parte baja de la quebrada.

- c) Dar mantenimiento y ampliar la alcantarilla que llega hasta el río Huancaro, el cual se encuentra obstruida, casi en su totalidad.
- d) Prohibir la tala de árboles en las laderas que circunscriben la quebrada y forestar con especies nativas, para evitar la erosión de suelos.



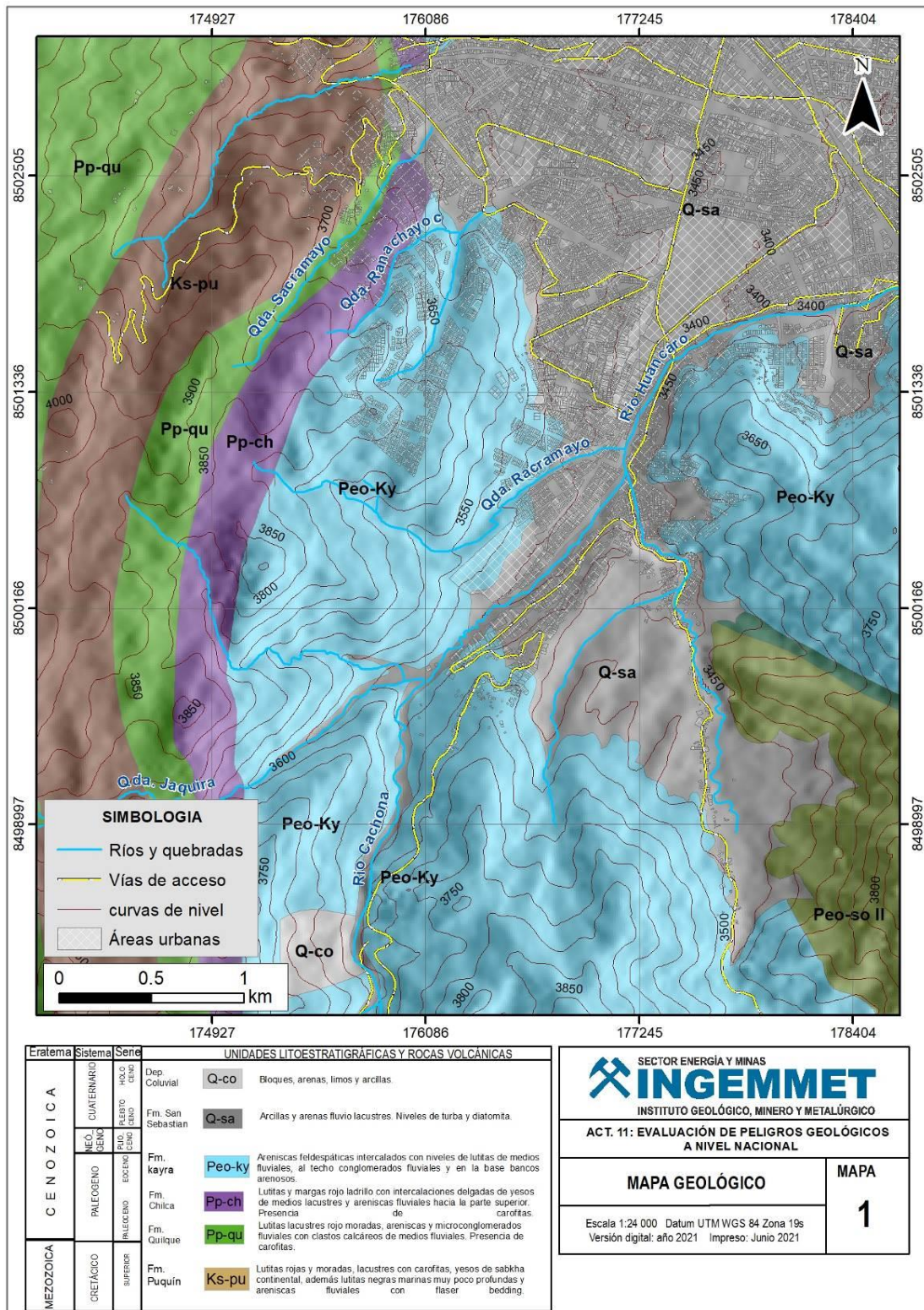
Ing. Guisela Choquenaira Garate



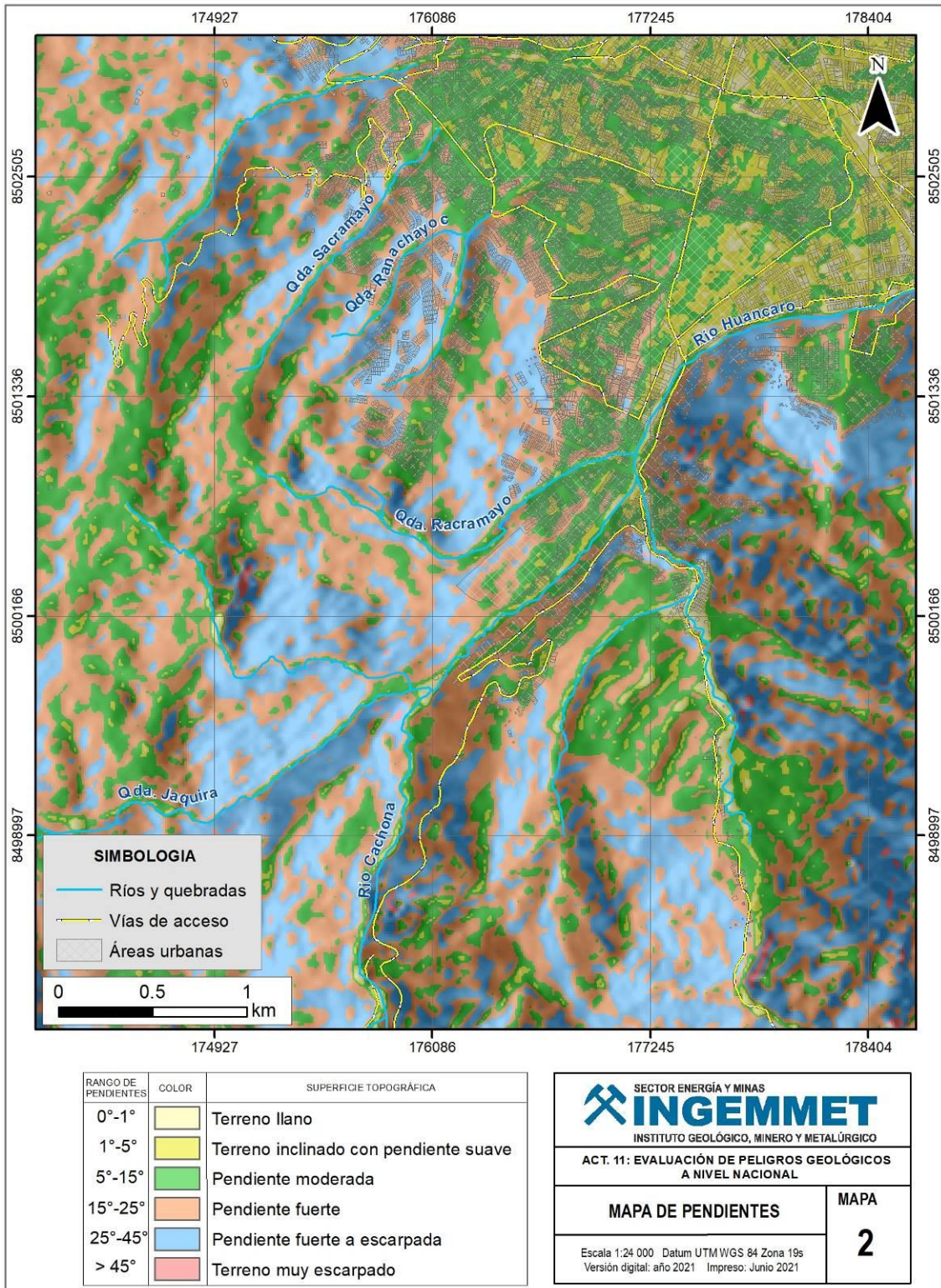
7. BIBLIOGRAFÍA

- Benavente, C.; Delgado, F.; Taípe, E.; Audin, L. & Pari, W. (2013). Neotectónica y peligro sísmico en la región del Cusco, INGEMMET. Boletín, Serie C: Geología Ambiental y Riesgo Geológico, 55, 245 p.
- 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.
- Cárdenas, J.; Concha, R.; García, B.; Astete, I.; Arriola, D., et al. (2013) – Mapa de peligros geológicos del valle del Cusco. En: Foro Internacional Peligros Geológicos, Arequipa, 14-16 octubre 2013, Libro de resúmenes. Arequipa: INGEMMET, pp. 40-45. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/1131>
- Carlotto, V., Cárdenas, J. y Carlier, G. (2011) - Geología del Cuadrángulo de Cusco 28-s - 1:50 000 INGEMMET, Boletín, Serie A: 138, 258p., 6 mapas <https://hdl.handle.net/20.500.12544/99>
- Galdós, J.; Carrasco, S. (2002) Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Tambobamba (28-r). Escala 1:50 000. INGEMMET, 28 p. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/2126>
- Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (2003) - Estudio de riesgos geológicos del Perú, Franja N.º 3. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 28, 373 p. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/262>
- 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>
- 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. <https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/2564#files>
- Villota, H. (2005) - Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de tierras. 2. ed. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 210 p.

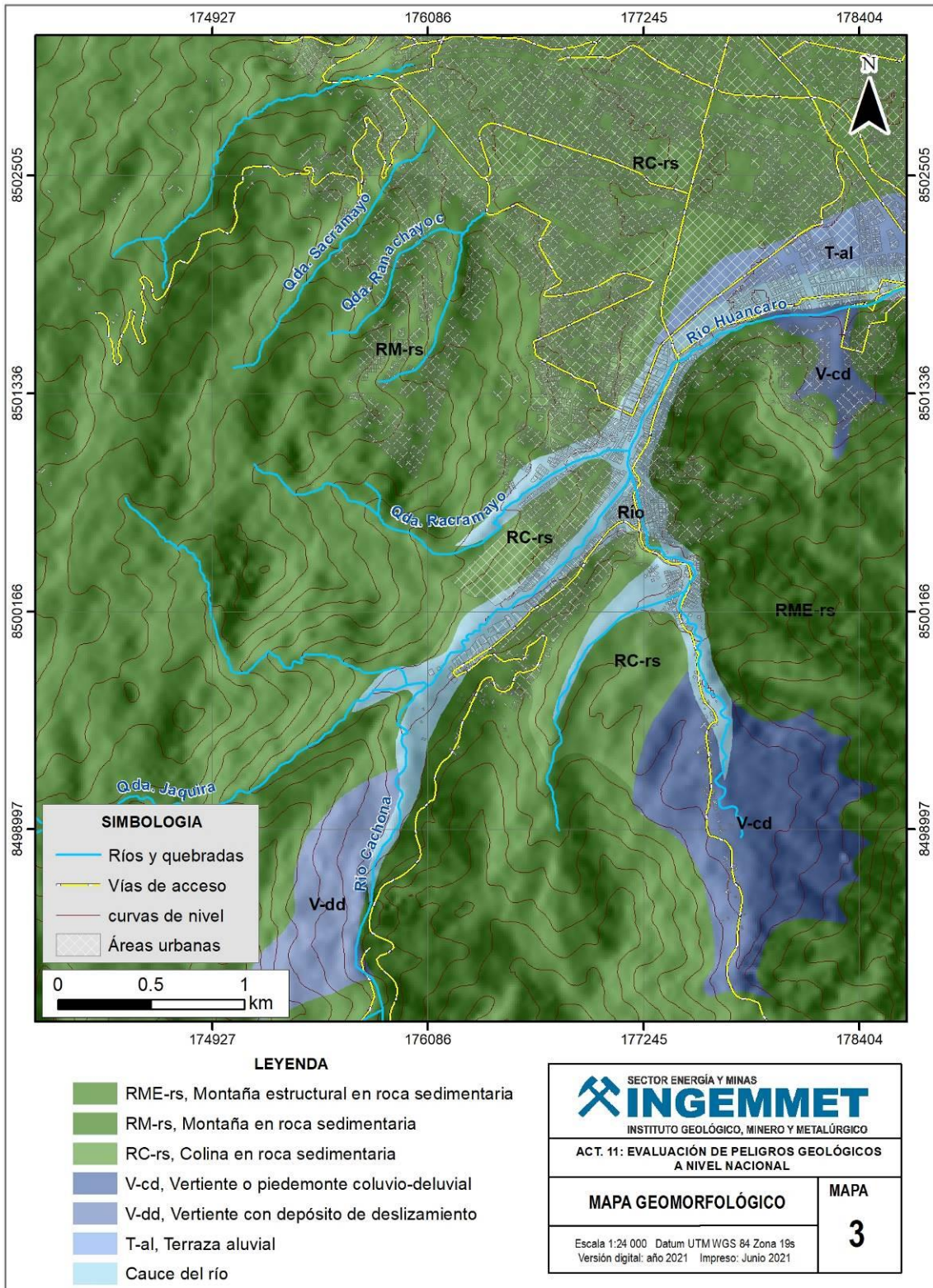
ANEXO 1: MAPAS



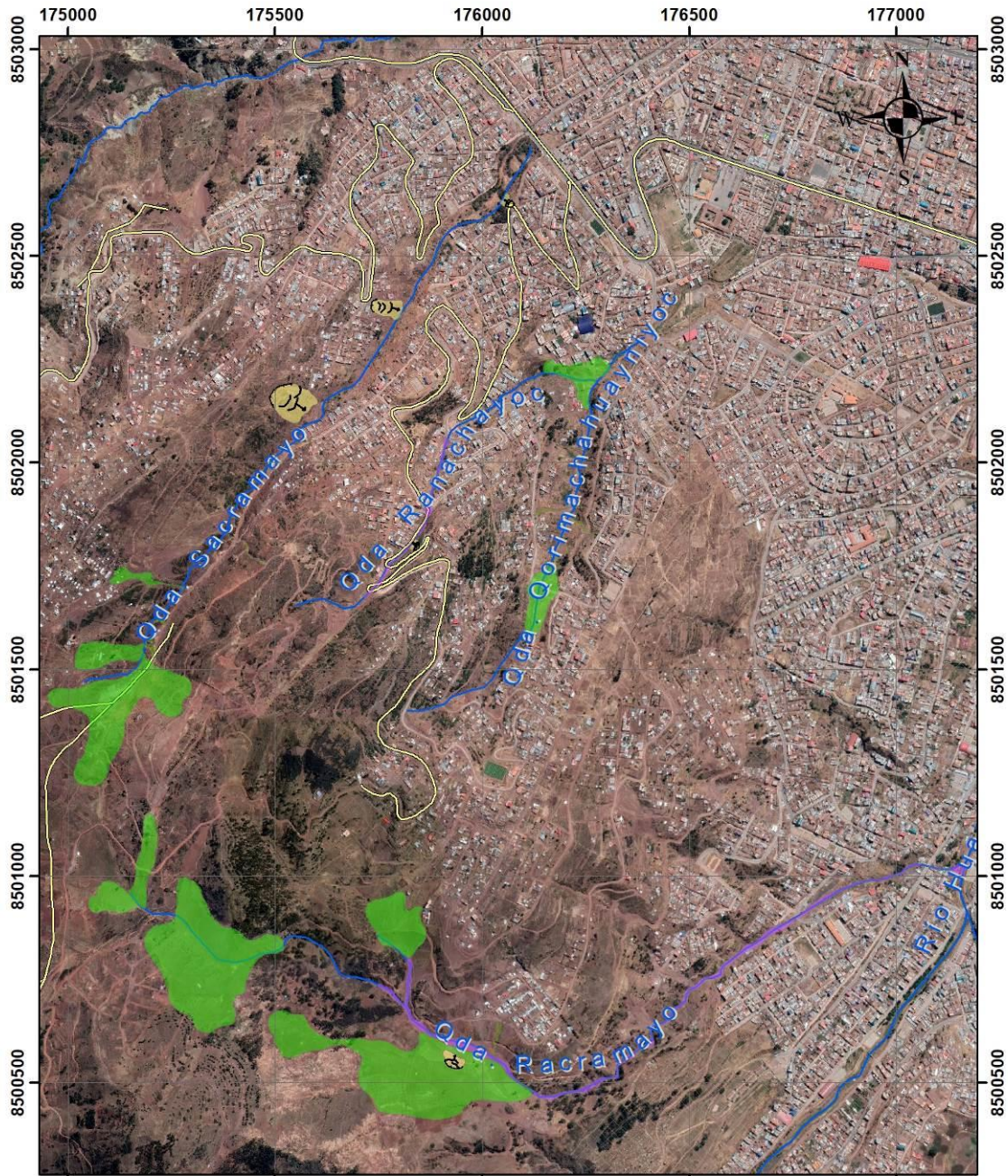
Mapa 1. Mapa geológico de la zona evaluada (Carlotto *et al.*, 2011).










Mapa 2. Mapa de pendiente de los terrenos de la zona evaluada.



Mapa 3. Unidades geomorfológicas de la zona evaluada.



LEYENDA		SIMBOLOGÍA	
	Cárcava		Ríos y quebradas
	Deslizamiento rotacional		Red vial
	Erosión de laminar		Áreas urbanas
	Flujo de detritos		

 SECTOR ENERGÍA Y MINAS INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO	
ACT. 11: EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL	
Cartografía de peligros	Figura: 4
Escala 1:12 000 Datum UTM WGS 84 Zona 19S Versión digital: año 2021 Impreso: Junio 2021	

Mapa 4. Cartografía de peligros geológicos de la zona evaluada.

ANEXO 2: GLOSARIO

Para explicar los eventos de movimientos en masa, tomamos como base la terminología sobre movimientos en masa en la región andina preparado por el grupo Proyecto

Multinacional Andino (PMA: GCA, 2007), donde se describen los eventos de movimientos en masa.

Flujo de detritos: Son movimientos en masa que transcurren principalmente confinados a lo largo de un canal o cauce con pendiente pronunciada. Se inician como uno o varios deslizamientos superficiales de detritos en las cabeceras o por inestabilidad de segmentos del cauce en canales de pendientes fuertes (figura 26). Los flujos de detritos incorporan gran cantidad de material saturado en su trayectoria al descender en el canal y finalmente los depositan en abanicos de detritos (PMA: GCA, 2007).

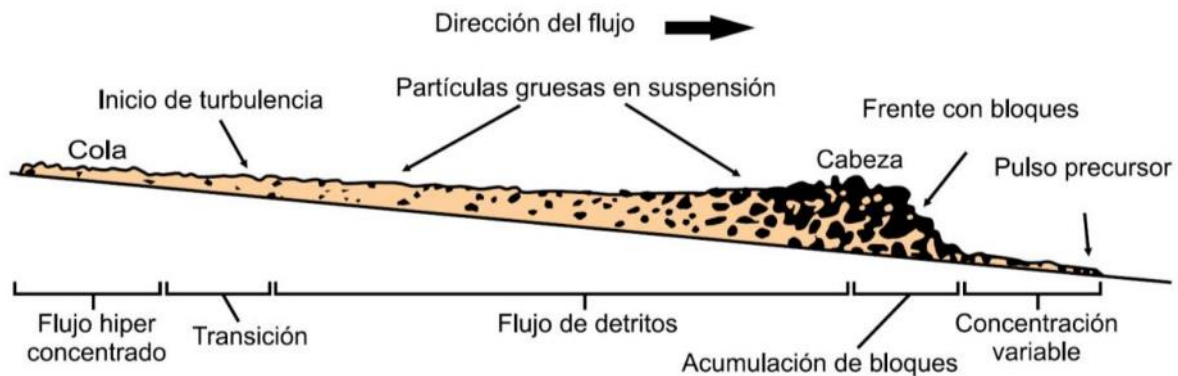


Figura 26. Esquema típico de un flujo de detritos, con bloques en el frente.

Deslizamiento: Un deslizamiento es un movimiento ladero abajo de una masa desprendida del sustrato o de suelo que normalmente ocurre a lo largo de una superficie de falla o de una zona delgada donde ocurre una deformación cortante.

Es rotacional si el movimiento lo hace en una superficie de falla curva y cóncava (figura 27), su forma se caracteriza por tener escarpe principal profundo y una contrapendiente de la superficie de la cabeza del deslizamiento hacia el escarpe principal, la deformación interna de la masa desplazada es usualmente poca, debido al mecanismo rotacional que es auto – deslizante (PMA: GCA, 2007).

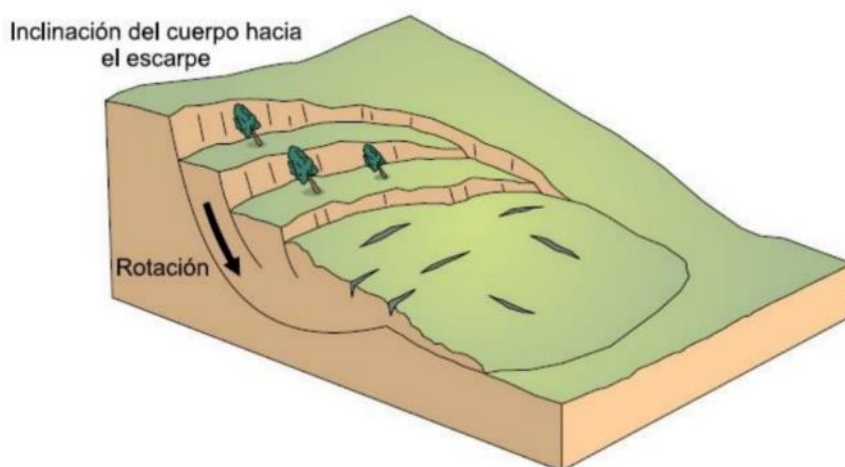


Figura 27. Esquema de un deslizamiento rotacional indicando los rasgos morfológicos característicos.

Es traslacional si el movimiento se da a lo largo de una superficie de falla plana (figura 28) estos movimientos suelen ser más superficiales y su desplazamiento discurre a lo largo de la discontinuidad (PMA: GCA, 2007).

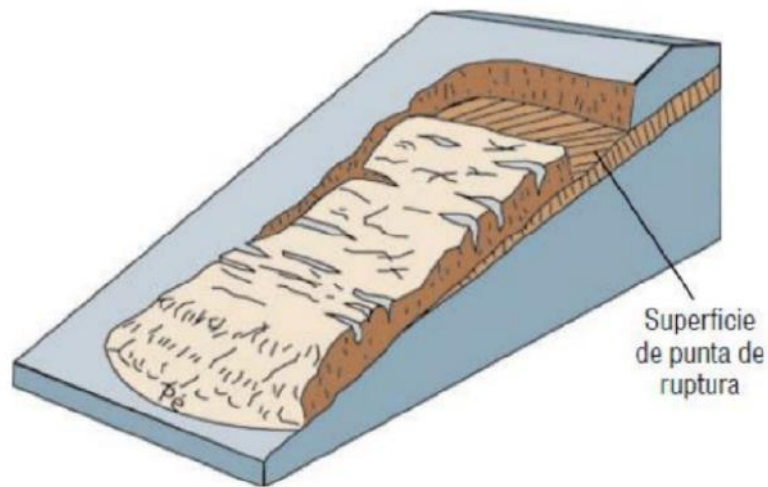


Figura 28. Esquema de un deslizamiento traslacional indicando los rasgos morfológicos característicos.

Los deslizamientos compuestos usualmente presentan un control estructural resultando en superficies de ruptura irregulares de complejidad variable. El tipo más común de deslizamiento compuesto incluye movimiento rotacional a lo largo de un escarpe principal seguido de un desplazamiento a lo largo de una superficie de debilidad casi horizontal, usualmente paralela a la estratificación en rocas sedimentarias. Usualmente los deslizamientos compuestos se caracterizan por pequeños escarpes y la formación de estructuras de “graben” o fosa.