

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7335

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR DERRUMBES EN EL SECTOR APV. VIRGEN ASUNTA

Departamento Cusco
Provincia Cusco
Distrito Saylla



DICIEMBRE
2022

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR DERRUMBES EN EL SECTOR APV. VIRGEN ASUNTA

(Distrito Saylla, provincia Cusco, departamento Cusco)

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

Equipo de investigación:

David Prudencio Mendoza

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2022). Evaluación de peligros geológicos por derrumbes en el sector APV. Virgen Asunta. Distrito Saylla, provincia Cusco, departamento Cusco. Lima: INGEMMET, Informe Técnico A7335, 32p.

INDICE

RESUMEN	4
1. INTRODUCCIÓN	5
1.1. Objetivos del estudio	5
1.2. Antecedentes y trabajos anteriores	5
1.3. Aspectos generales	6
1.3.1. Ubicación.....	6
1.3.2. Accesibilidad	7
1.3.3. Clima.....	8
2. DEFINICIONES	8
3. ASPECTOS GEOLÓGICOS	9
3.1. Unidades litoestratigráficas	9
3.1.1. Grupo San Jerónimo	9
3.1.2. Depósitos proluviales	10
3.1.3. Depósitos coluviales.....	10
3.1.4. Depósitos aluviales	11
3.1.5. Depósitos fluviales.....	11
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	11
4.1. Pendientes del terreno	11
4.2. Unidades geomorfológicas	11
4.2.1. Unidad de montañas.....	11
4.2.2. Unidad de piedemonte.....	11
4.2.3. Unidad de planicies.....	12
5. PELIGROS GEOLÓGICOS Y/O GEOHIDROLÓGICOS	12
5.1. Peligros geológicos por movimientos en masa	13
5.2. Características visuales del evento	15
5.2.1. Factores condicionantes.....	16
5.2.2. Factores detonantes o desencadenantes	17
6. CONCLUSIONES	18
BIBLIOGRAFÍA	20
ANEXO 1: MAPAS	21
ANEXO 2: DESCRIPCIÓN DE FORMACIONES SUPERFICIALES	25
ANEXO 3: MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN	29

RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por derrumbes, realizado en el sector APV. Virgen Asunta, ubicado en margen izquierda del río Huatanay, perteneciente a la jurisdicción distrital de Saylla, provincia de 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 en peligros geológicos para los tres niveles de gobierno.

Se tienen afloramientos de areniscas feldespáticas intercaladas con lutitas muy fracturadas y moderadamente meteorizadas de la Formación Kayra. Además, se tienen depósitos proluviales y coluviales medianamente consolidados, sobre estos últimos se produjeron derrumbes. En el contexto hidrogeológico, estos depósitos se comportan como acuífero poroso consolidado, capaces de albergar aguas subterráneas en su interior.

Las unidades geomorfológicas que se presentan en el área son: montañas en roca sedimentaria, vertiente coluvio-deluvial y aluvio-torrencial, cuyas laderas presentan pendientes fuertes (15°-25°) a escarpadas (25°-45°), lo que condiciona principalmente estos procesos gravitacionales de derrumbes.

El derrumbe principal ocurrido en el talud de la margen izquierda del río Huatanay posee una longitud de arranque de 23 m, con una altura de 8 m, está compuesto por gravas comprendidos entre 3 cm a 7 cm y bloques de hasta 25 cm de formas angulosas a sub angulosas, en matriz areno limosa.

Este evento afectó el APV. Virgen Asunta y represó parcialmente su cauce, que pudo causar un desborde por la margen derecha y afectar las poblaciones asentadas aguas abajo y el APV. Virgen Angostura.

Se concluye que, el área de estudio, es considerada de **peligro alto** a la ocurrencia de derrumbes, sujetos a desencadenarse ante lluvias intensas y prolongados como las que ocurren entre los meses de diciembre a marzo.

Finalmente, se brinda algunas consideraciones y recomendaciones a realizarse en el APV. Virgen Asunta, tales como mejorar el sistema de drenaje pluvial, implementar un drenaje de sus aguas servidas (para no ser vertidas al terreno); forestar, estabilizar el talud, realizar el EVAR correspondiente, 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 de la municipalidad distrital de Saylla, según oficio N° 180-2022-A-MDS/C, es en el marco de nuestras competencias que se realiza una evaluación de peligros geológicos en el sector Asociación Pro Vivienda (APV) Virgen Asunta por encontrarse en peligro ante “derrumbes”, con última ocurrencia los días 16 y 17 de marzo del presente año, que afectó el área de la propiedad del sr. Amancio Velásquez Obregón, además que, obstruyó parte del cauce del río Huatanay generando un posible desembalse con afectación aguas abajo del río.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designó a los ingenieros David Prudencio, realizar la evaluación de peligros geológicos. El trabajo de campo se realizó el día 22 de julio del 2022.

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 a consideración del Gobierno Regional de Cusco 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 APV. Virgen Asunta.
- 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 Saylla, se tienen:

- 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); indica que, la zona evaluada presenta peligros por flujo de detritos y derrumbes. Además, junto a la zona evaluada se registró una zona crítica por cárcava, derrumbe y flujo de detritos (cuadro 01), el cual presenta similares factores condicionantes. También, se realizó

un estudio de susceptibilidad a movimientos en masa a una escala de 1:25 000, donde la zona evaluada presenta áreas de susceptibilidad alta a movimientos en masa, estando constantemente propensa a ser afectada por los procesos mencionados anteriormente.

Cuadro 1: Punto crítico cercano a la zona evaluada. extraído de Medina (2021).

Código en mapa	Paraje o sector / Coordenada UTM	Peligro geológico	Comentario geodinámico	Elementos expuestos y/o daños	Recomendaciones generales
01	Villa Mirador (margen izquierda de la quebrada Llampahuayjo) 190715/8500313	Cárcavas – derrumbes – flujo de detritos (huaico)	En la margen izquierda de la quebrada Llampahuayjo, al norte y noreste del sector Villa Mirador, se observa tres sectores con procesos de erosión en cárcava donde ocurren derrumbes y se generan flujos de detritos. Estos procesos se generan sobre rocas deleznables compuestas por cantos rodados soportados en matriz de gravas, arenas y limos, que se encuentran en contacto con las secuencias sedimentarias de la Formación Kayra.	Los flujos que se generen en las áreas donde se observa proceso de erosión en cárcava afectarán las viviendas ubicadas en las desembocaduras del cauce de las cárcavas	Apertura de canales para el pase libre de flujos. Reforestar con plantas nativas las áreas afectadas por cárcavas. Construir diques transversales en los cauces de cárcavas para reducir la erosión. Área no apta para expansión urbana

- b) En la “Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Cusco (28-s)”, escala 1: 50 000 (Carlotto et al., 2011); se describe la geología presente en la zona evaluada e información relacionada a los cambios más resaltantes sobre estratigrafía del área de dicho cuadrángulo, las cuales son de naturaleza sedimentaria en el sector de estudio.

1.3. Aspectos generales

1.3.1. Ubicación

La zona evaluada se encuentra en el sector APV. Virgen Asunta, en la margen izquierda del río Huatanay y colindante con la quebrada Llampahuayjo, la torrentera que evacua las aguas de la APV. Virgen Asunta. Políticamente pertenece al distrito de Saylla, provincia y departamento Cusco (figura 1). Se muestran las coordenadas centrales (cuadro 2):

Cuadro 2. Coordenadas del área de estudio

N°	UTM - WGS84 - Zona 19S		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	190572	8500083	-13.551335°	-71.858794°
2	190899	8500083	-13.551370°	-71.855776°
3	190899	8499861	-13.553374°	-71.855799°
4	190573	8499861	-13.553340°	-71.858809°
COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA				
C	190748	8499946	-13.552591°	-71.857184°

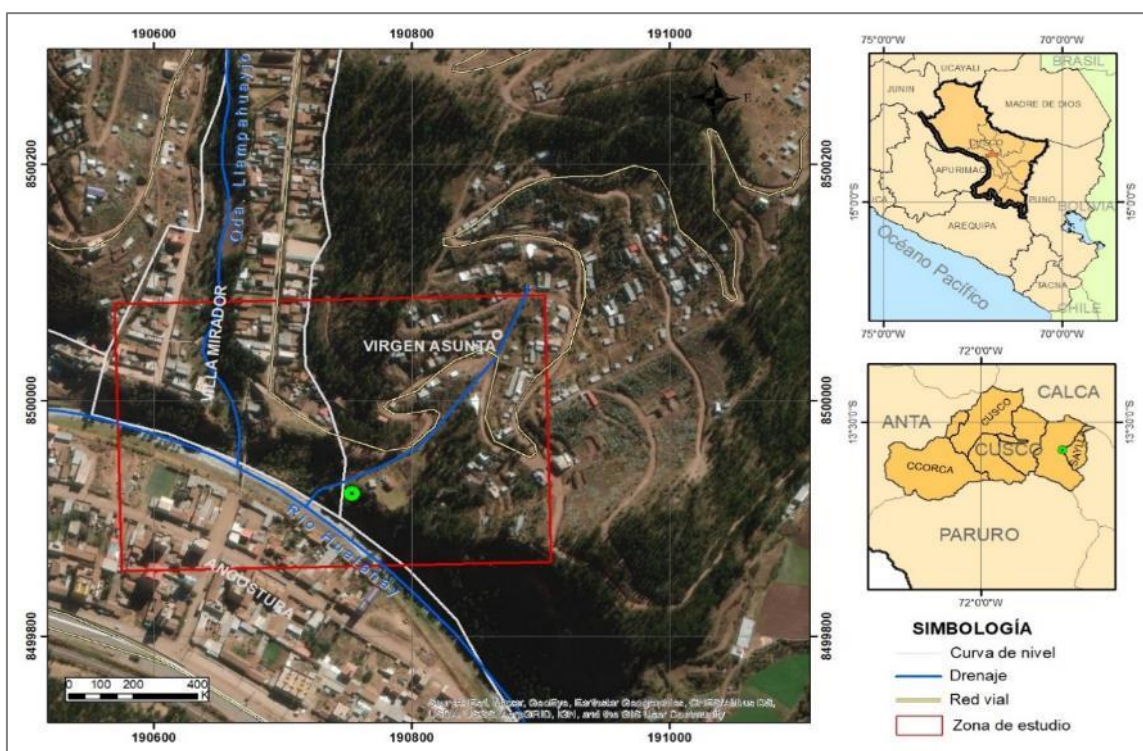


Figura 1. Ubicación de la zona evaluada y de las APVs. Angostura, Villa Mirador y Virgen Asunta.

1.3.2. Accesibilidad

Se accede a la zona de estudio por vía terrestre, desplazándose desde el distrito de Cusco, mediante la siguiente ruta (cuadro 3):

Cuadro 3. Rutas y accesos a la zona evaluada.

<i>Ruta</i>	<i>Tipo de vía</i>	<i>Distancia (km)</i>	<i>Tiempo estimado</i>
Cusco – Municipalidad de Saylla	Asfaltada	15	30 min
Saylla – Sector Angostura	Asfaltada	5	10 min

1.3.3. Clima

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

Presenta una frecuencia de precipitación entre los meses de diciembre a marzo, cuyas lluvias acumuladas anuales varían de 500 mm a 900 mm, además, se presentan friajes en los meses de junio a setiembre con temperaturas máximas de 23°C a 27°C y mínimas entre 5°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.

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 el Boletín N° 138, serie A, Carta Geológica Nacional “Geología del cuadrángulo del Cusco” Hoja: 28-s, a escala 1:50 000 (Carlotto *et al.*, 2011) y el 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), en las que se distinguen principalmente rocas sedimentarias y depósitos recientes. Además, la geología se complementó con trabajos de interpretación de imágenes satelitales, fotos aéreas y observaciones de campo.

3.1. Unidades litoestratigráficas

Las unidades litoestratigráficas aflorantes corresponden a unidades de rocas sedimentarias de la Formación Kayra (Grupo San Jerónimo), y localmente depósitos coluvio-deluviales, proluviales, coluviales y fluviales que han sido acumulados desde el Pleistoceno hasta la actualidad (Anexo 1 - Mapa 1).

3.1.1. Grupo San Jerónimo

Este Grupo tiene un origen fluvial, con una edad Eocena inferior – Oligocena inferior y presenta un espesor de más de 6000 m, la que fue dividida en tres formaciones: Kayra, Soncco y Punacancha; de las cuales, en la parte alta de la zona evaluada se puede apreciar la Formación Kayra.

A. Formación Kayra

Se aprecia al norte de la zona evaluada, en la APV. Virgen Asunta. Litológicamente está compuesto por areniscas feldespáticas intercaladas con niveles de lutitas rojas, las cuales se presentan muy fracturadas y moderadamente meteorizado; además, esta formación es un importante acuífero, por lo que se aprecian afloramientos de agua en la ladera de la zona evaluada (Carlotto et al., 2011).

3.1.2. Depósitos proluviales

Se pueden apreciar ampliamente en la quebrada Llampahuayjo y al sur de la APV. Virgen Asunta junto a la propiedad del Sr. Amancio Velásquez Obregón, en la confluencia con el río Huatanay, generando formas de conos de deyección. El material se presenta medianamente consolidado y están conformado por gravas (50%) con tamaños entre 3 cm a 7cm y algunos bloques (10%) de hasta 25 cm de formas angulosas a sub angulosas en matriz limo arenosa (40%).

Son productos del arrastre de materiales de eventos antiguos (flujo de detritos). Además, de acuerdo a la caracterización hidrogeológica este depósito se comporta como un acuífero poroso consolidado (Medina *et al.*, 2021) (figura 2) (Anexo 2 – Tabla 1).



Figura 2. Se aprecia un depósito coluvial adosado a un proluvial con afloramientos de agua en su talud.

3.1.3. Depósitos coluviales

Son depósitos de materiales deslizados que sufrieron poco transporte, estos depósitos están dispuestos ampliamente en la zona del derrumbe y en la APV. Virgen Asunta se encuentran adosados a las laderas hasta llegar a la torrentera que evacua las aguas de la zona. Se encuentra compuesto por bloques (20%), gravas (50%), arenas (15%) y limos (15%) de formas angulosas, poco consolidado, los bloques tienen un diámetro promedio de 30 cm. Estos son susceptibles a generar nuevos movimientos en masa (Anexo 2 – Tabla 2).

3.1.4. Depósitos aluviales

Se encuentra dispuesto en la margen derecha del río Huatanay la altura de la zona de evaluación. está compuesto por bloques (10%) y gravas (40%) con formas subredondeadas, a sub angulosa en matriz areno limosa (50%) (Anexo 2 – Tabla 3).

3.1.5. Depósitos fluviales

Estos depósitos se ubican en el fondo del del río Huatanay y sus orillas, formando algunas terrazas, constituidos por bloques (10%) y gravas (20%) subredondeadas en matriz de areno limosa (70), estos materiales son susceptibles a sufrir erosión y socavamiento, ante crecidas del río (Anexo 2 – Tabla 4).

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.

En el (Anexo 1 - Mapa 2) se presenta un mapa de pendientes, el cual se realizó en base a curvas de nivel de 10 m tomada de Medina (2021).

Tal es así, que en la margen derecha del río Huatanay, los terrenos presentan pendientes suaves ($1^\circ - 5^\circ$) y moderadas ($5^\circ - 15^\circ$). En la margen izquierda, donde se presentan los derrumbes, las laderas presentan pendiente fuertes ($15^\circ - 25^\circ$) a escarpadas ($25^\circ - 45^\circ$), lo que condiciona a la generación de movimientos en masa.

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 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 (Anexo 1 - Mapa 3). Diferenciándose unidades de montañas, piedemonte y planicies.

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 areniscas feldespáticas intercaladas con niveles de lutitas rojas.

Se puede apreciar en la parte alta de los cerros y hacia el norte de la zona evaluada, presentan pendientes fuertes a escarpadas.

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 fuerzas de desplazamiento como depósitos coluviales antiguos y recientes.

Subunidad de vertiente o piedemonte coluvio-deluvial (V-cd): Son depósitos inconsolidados, localizados al pie de las laderas, son resultado de acumulación de materiales caídos o deslizados desde las partes altas, por acción de la gravedad y removidos por agua de escorrentía superficial.

Se aprecia depósitos en la margen izquierda del río Huatanay, donde ocurrió el evento y la APV. Virgen Asunta, dispuestos en las laderas hasta llegar a la torrentera principal, además, las pendientes del terreno son mayormente fuertes.

Subunidad de vertiente o piedemonte aluvio-torrencial (P-at): Son depósitos de materiales relacionados a flujos de detritos antiguos generados por lluvias ocasionales o muy excepcionales, dispuestos en forma de abanicos o conos deyección.

Se aprecia en la confluencia de la quebrada Lampahuayjo y la torrentera de la APV Virgen Asunta con el río Huatanay, donde presentan pendientes moderadas.

4.2.3. Unidad de planicies

Son geoformas de terrenos limitados en muchos casos por unidades de piedemonte y laderas de montaña o colinas, constituyen superficies planas con ligeras ondulaciones. Están asociadas a depósitos aluviales y fluviales.

Subunidad de terraza aluvial (T-al): Son porciones de terreno planas, que se encuentran dispuestos a los costados de la llanura de inundación o a mayor altura del lecho principal de un río. Representa niveles antiguos de sedimentación fluvial, donde las más antiguas están a mayor altura.

Se aprecian esta subunidad en la margen derecha del río Huatanay al sur de la zona evaluada, presentando pendientes suaves a moderadas.

Subunidad de terraza fluvial (T-fl): Son porciones de terreno modelados por el río Huatanay, en la actualidad se encuentra modificada por la actividad antropogénica.

Se aprecian esta subunidad dentro del río Huatanay al sur de la zona evaluada, presentando pendientes suaves a moderadas.

5. PELIGROS GEOLÓGICOS Y/O GEOHIDROLÓGICOS

Los procesos identificados en la zona evaluada, corresponden a movimientos en masa de tipo derrumbes (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.

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 (Anexo 1 - Mapa 4).

5.1. Peligros geológicos por movimientos en masa

Los procesos identificados en la zona evaluada corresponden derrumbes recientes, según el informe N°015-2022-OGRD-MDS/C de la Municipalidad Distrital de Saylla, los eventos ocurrieron entre el 16 y 17 de marzo del presente año, afectó la propiedad del Sr. Amancio Velásquez Obregón y obstruyó parcialmente el canal del río Huatanay, que pudo ocasionar un desborde por la margen derecha del río, lo que afectaría a los sectores ubicados aguas abajo (figura 3). Luego de ocurrido este evento, se procedió a limpiar el material que quedó dentro del canal.



Figura 3. Derrumbe en la propiedad del Sr. Amancio, los materiales derrumbados obstruyeron parcialmente el río.

Hay una construcción en la propiedad del Sr. Amancio Velásquez que se encuentra a 5 m del derrumbe, el cual puede llegar a ser alcanzada por otro evento similar o por la erosión de ladera de tipo cárcava que se aprecia en todo el talud, siendo necesario estar alertas ante esta condición o situación (figura 4).



Figura 4. Vivienda que puede ser afectada por una nueva reactivación del derrumbe, además, se aprecia un derrumbe antiguo en el talud con presencia de erosión de ladera tipo cárcava.

De igual modo, el área en general, está sujeta a la reactivación de flujo de detritos, ya que, en la parte baja se tienen depósitos de eventos antiguos, cerca de la confluencia de la torrentera de la APV. Virgen Asunta; además, esta APV. se encuentra sobre laderas con presencia de materiales de deslizamientos antiguos y con erosión de tipo cárcavas.

Se aprecia en la base de la torrentera, la construcción de un canal de material de concreto con dimensiones de 20 cm de ancho y 30 cm de profundidad, al parecer esta estructura no es suficiente para evacuar las aguas. Los materiales sueltos dispuestos en las laderas del sector, ante presencia de lluvias intensas, se desplazan cuesta abajo afectando el canal. Es necesario realizar estudios de caudales para redimensionar la torrentera (figuras 5 y 6).



Figuras 5 y 6. Torrentera que traslada las aguas del sector y que pasa por la APV. Virgen Asunta, y la propiedad del Sr. Amancio Velásquez hasta desembocar en el río Huatanay.

5.2. Características visuales del evento

El derrumbe que afectó a la propiedad del Sr. Amancio Velásquez tiene las siguientes características y dimensiones (figura 7):



Figura 7. Características del derrumbe.

- Ancho promedio de la zona de arranque: 23 m
- Forma de la superficie de rotura: cóncava
- Diferencia de altura aproximada de la corona a la base del deslizamiento: 8 m
- Dirección (azimut) del movimiento: N 225°
- Área del derrumbe: 480 m²
- Volumen aproximado de material colapsado: 900 m³
- Produjo el represamiento de una parte del canal del río Huatanay, por lo cual se tuvo que realizar la limpieza del cauce (figura 8).



Figura 8. Trabajos realizados en la zona evaluada, fotos extraídas del informe N°015-2022-OGRD-MDS/C de la Municipalidad Distrital de Saylla.

5.2.1. Factores condicionantes

Factor litológico – hidrogeológico

- Substrato rocoso compuesto por areniscas feldespáticas intercaladas con niveles de lutitas, que se presentan muy fracturadas y moderadamente meteorizadas; además, se tiene un acuífero, se aprecian afloramientos de agua en las laderas, originando mayor inestabilidad a estas.
- Los depósitos proluviales se presentan medianamente consolidados, dispuesto en forma de conos hasta llegar a la confluencia con el río Huatanay, compuestos principalmente por gravas (50%) y algunos bloques (10%) de formas angulosas en matriz limo arenosa (40%), además, se comporta como acuífero poroso consolidado. Todo facilita la erosión y remoción de materiales ante precipitaciones.

Factor geomorfológico

- La zona evaluada se encuentra circundada por montañas modeladas en rocas sedimentarias, cuyas laderas presentan pendientes fuertes (15° - 25°) a escarpadas (25° - 45°); ello permite la generación de erosión y derrumbes que generan material suelto dispuesto en las laderas.
- El sector donde se producen los derrumbes, se encuentra entre las subunidades de vertiente o piedemonte aluvio-torrencial y coluvio deluvial, cuyas laderas presentan pendientes del terreno moderadas (5° - 15°) y fuertes (15° - 25°) respectivamente, lo que facilita la generación de nuevos derrumbes.

En el área evaluada se aprecia un talud con longitud de 270 m, que viene sufriendo continuamente derrumbes en toda su ladera, condicionado por la socavación del talud generado por el río (en épocas de lluvias), la deforestación y el uso de suelos de tipo urbano, genera mayores infiltraciones de aguas residuales y erosión de ladera (figuras 9 y 10).



Figura 9. Talud de 270 m donde se producen derrumbes, imagen tomada de Google Earth (2022).

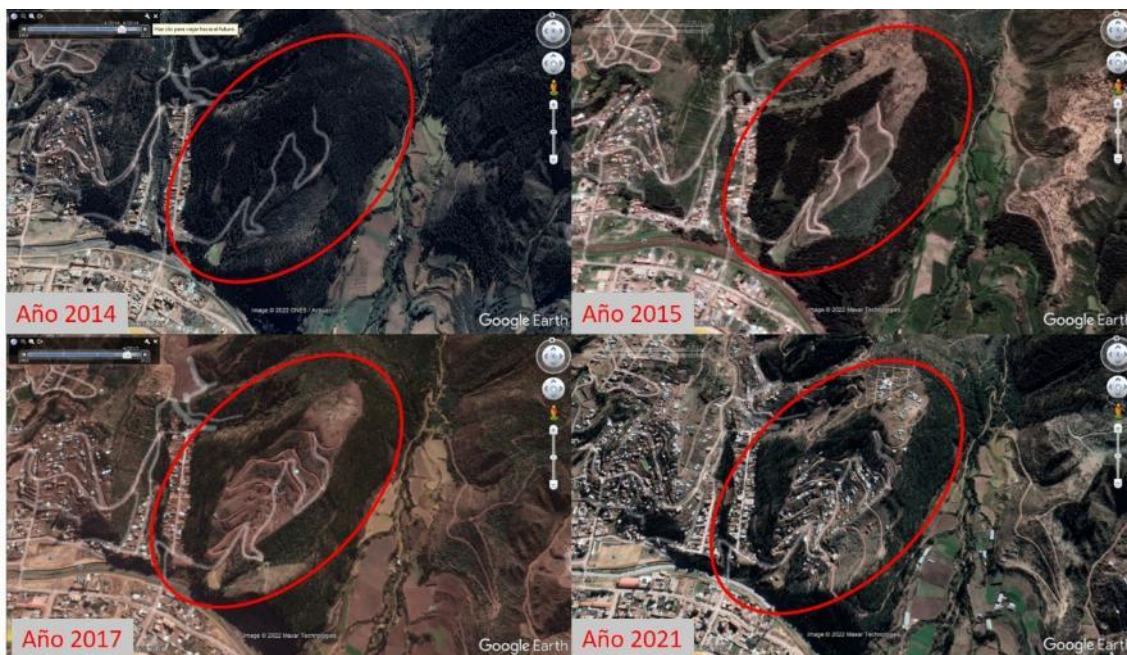


Figura 10. Evolución de la deforestación y la instalación de área urbana en la zona evaluada, imágenes tomadas de Google Earth.

5.2.2. Factores detonantes o desencadenantes

- Las lluvias intensas y/o prolongadas que se dan normalmente en los meses de diciembre a marzo, estas saturan y sobrecargan los taludes en el periodo de lluvias, al punto de desestabilizarlos, además de generar erosión que remueve materiales ladera abajo, como el periodo de lluvias del presente año que hubo lluvias excepcionales los días 27 y 28 de noviembre el cual genero mayor infiltrar en el suelo como se muestra (figura 11).

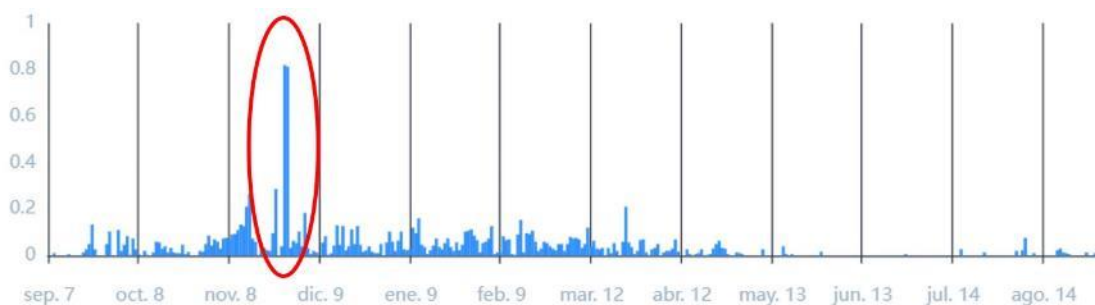


Figura 11. Se muestra los datos de precipitaciones diarias promedio que se dio en el periodo de lluvias del presente año extraído de Landviewer, disponible en: <https://crop-monitoring.eos.com/weather-forecast/field/8321215>

- Los sismos también pueden desencadenar derrumbes, por la vibración generada sobre suelos poco compactos y rocas muy fracturadas, más aún si se tienen fallas neotectónicas cercanas como la Falla Cusco de cinemática inversa y la falla Tambomachay de cinemática normal pertenecientes al sistema de fallas Zurite-Cusco-Urcos-Sicuani (Benavente *et al*, 2013).

6. CONCLUSIONES

1. El derrumbe en el sector APV. Virgen Asunta, afectó la propiedad del Sr. Amancio Velásquez Obregón, y obstruyó parcialmente el canal del río Huatanay, de presentarse un evento de mayor dimensión podría represar al río, su desembalse o desborde del río afectaría a las viviendas que se encuentran en la margen derecha del río como la de APV. Angostura y los terrenos de cultivos ubicados aguas abajo.
2. Debido a las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas, el talud del sector APV. Virgen Asunta, se le califica como de **peligro Alto** a la ocurrencia de derrumbes.
3. Los factores condicionantes de los movimientos en masa son:
 - a. El substrato rocoso compuesto por areniscas feldespáticas intercaladas con niveles de lutitas, las que se presentan muy fracturadas y moderadamente meteorizadas.
 - b. Depósitos proluviales y coluviales poco consolidados, adosados a las laderas de fácil erosión.
 - c. Las laderas presentan pendientes moderadas (5° - 15°) y fuertes (15° - 25°), estas últimas favorecen a la generación de derrumbes y la erosión en la zona evaluada.
 - d. El suelo permite la filtración de las aguas de escorrentía y sobrecargan los taludes, los cuales son drenados lentamente generando ojos de agua y consiguiente aumento de peso de la masa inestable.
4. El factor desencadenante de los flujos y derrumbes son las lluvias intensas y/o prolongadas que se presentan en los meses de diciembre a marzo en el sector

RECOMENDACIONES

- a) Realizar zanjas de coronación impermeabilizadas, para evitar la infiltración y sobrecargas en el talud.
- b) Mejorar el sistema de drenaje pluvial de la zona evaluada y zonas aledañas, ya que actualmente se encuentra deteriorado.
- c) Realizar un estudio de estabilidad de talud para conocer las propiedades físicas del sector, definiendo el método de estabilización más adecuado para el sector, como muros de contención, así evitar la generación de nuevos movimientos en masa.
- d) Evitar la erosión de las laderas en la APV. Virgen Asunta y zonas aledañas, para ello, mejorar y aumentar drenajes de aguas de escorrentía.
- e) Forestar con plantas nativas todas las laderas del de la zona evaluada y con arbustos el talud donde se presentan los derrumbes.
- f) Realizar un estudio de caudales máximos en la torrentera que pasa por la APV. Virgen Asunta para redimensionar los canales de drenaje.
- g) Realizar una evaluación de riesgos originado por fenómenos naturales (EVAR) para las viviendas de la zona evaluada incluyendo toda la APV. Virgen Asunta.
- h) Implementar un Sistema de Alerta Temprana (SAT), con el fin de dar en tiempo real información ante la ocurrencia de derrumbes y flujos de detritos que se puedan generar en la torrentera de la APV. Virgen Asunta o la quebrada Lampahuayjo, que puedan afectar a las personas que transitan por la zona.
- i) implementar un sistema de drenaje de desagüe, para evitar la infiltración de agua al subsuelo.
- j) Seguir las recomendaciones que se vierten para la quebrada Lampahuayjo en el Boletín N° 80 "Peligros geológicos por movimientos en masa e inundación fluvial en la ciudad de Cusco" realizado por Medina (2021).
- k) Las medidas estructurales deben ser realizadas por profesionales especialistas en el tema.



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



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

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.

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>

Medina, L.; Nuñez, M.; Vilchez, M.; Peña, F.; Gómez, H. & Sosa, N. (2021) – Peligro geológico por movimientos en masa e inundación fluvial en la ciudad de Cusco. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámico e Ingeniería Geológica, Boletín 80 ,208 p. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/3136>

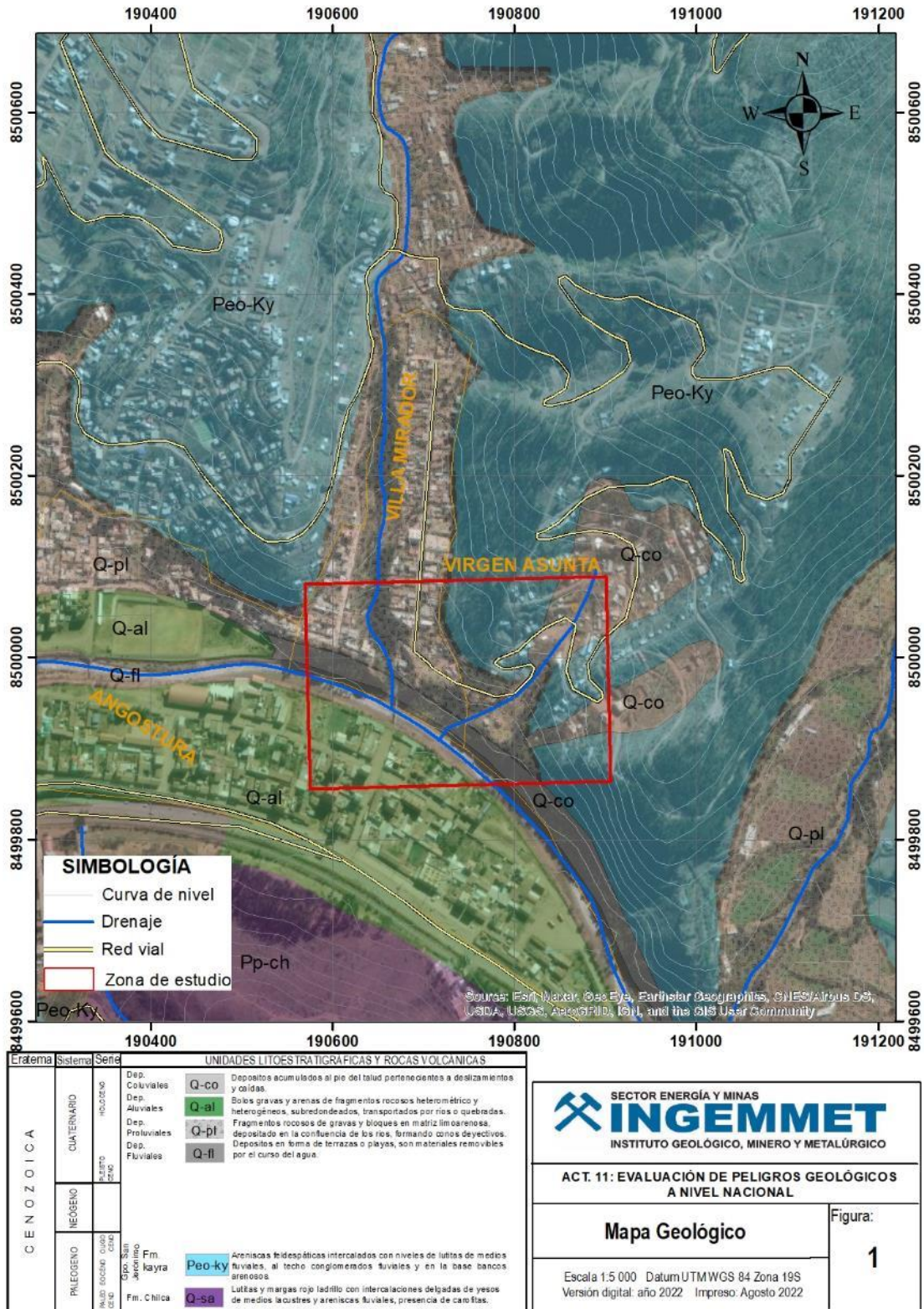
Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007) - Movimientos en masa en la región andina: una guía para la evaluación de amenazas. Santiago: Servicio Nacional de Geología y Minería, 432 p., Publicación Geológica Multinacional, 4.

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

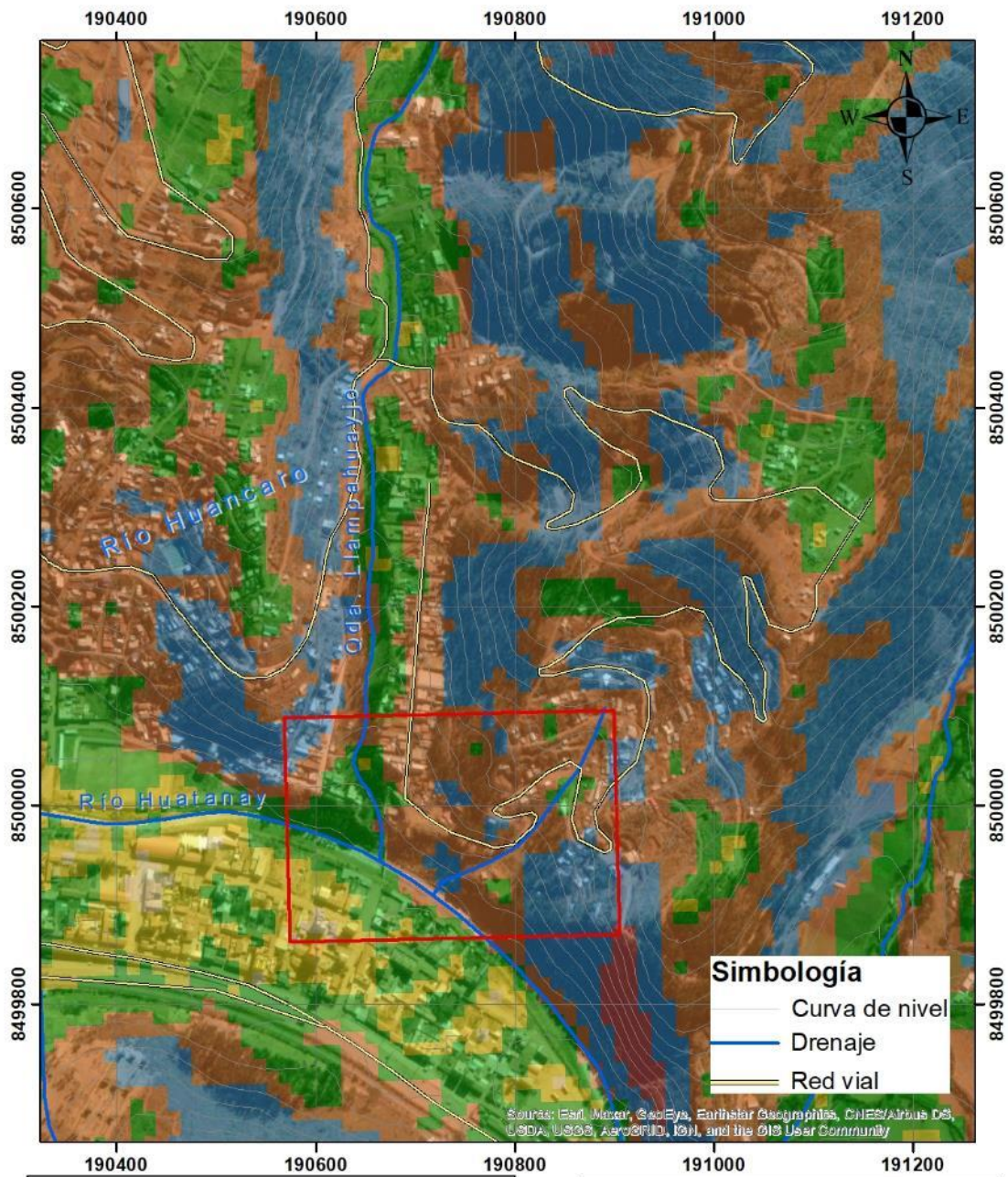
Vilchez, M.; Sosa, N.; Pari, W. & Peña, F. (2020) - Peligro geológico en la región Cusco. INGEMMET. Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 74, 155 p.

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>

ANEXO 1: MAPAS



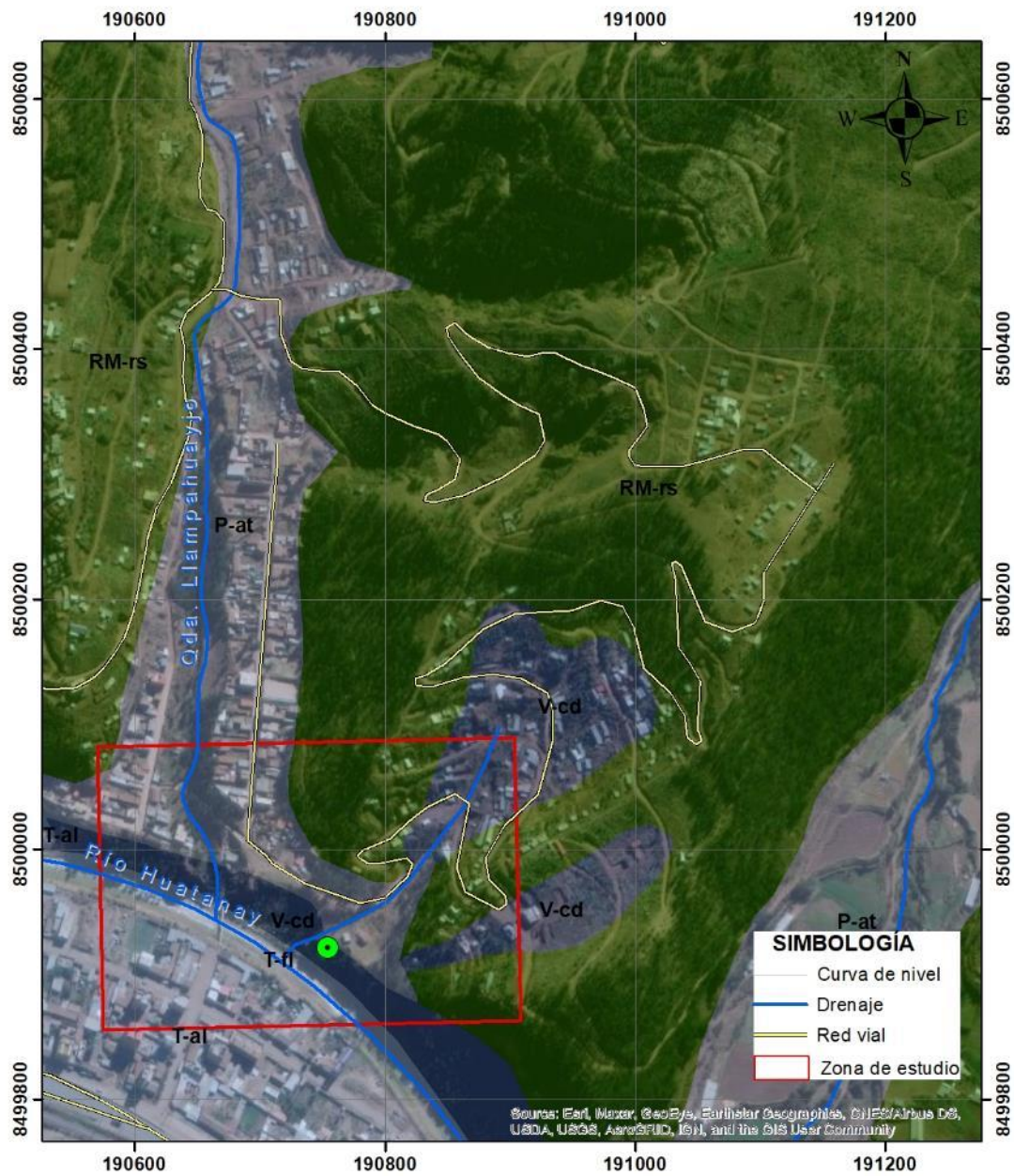
Mapa 1. Mapa geológico del sector Angostura.



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>	
<p>ACT. 11: EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL</p>	
<p>Mapa de Pendientes</p> <p><small>Escala 1:5 000 Datum UTM WGS 84 Zona 19S Versión digital: año 2022 Impreso: Agosto 2022</small></p>	<p>Figura: 2</p>

Mapa 2. Mapa de pendientes del terreno del sector Angostura.

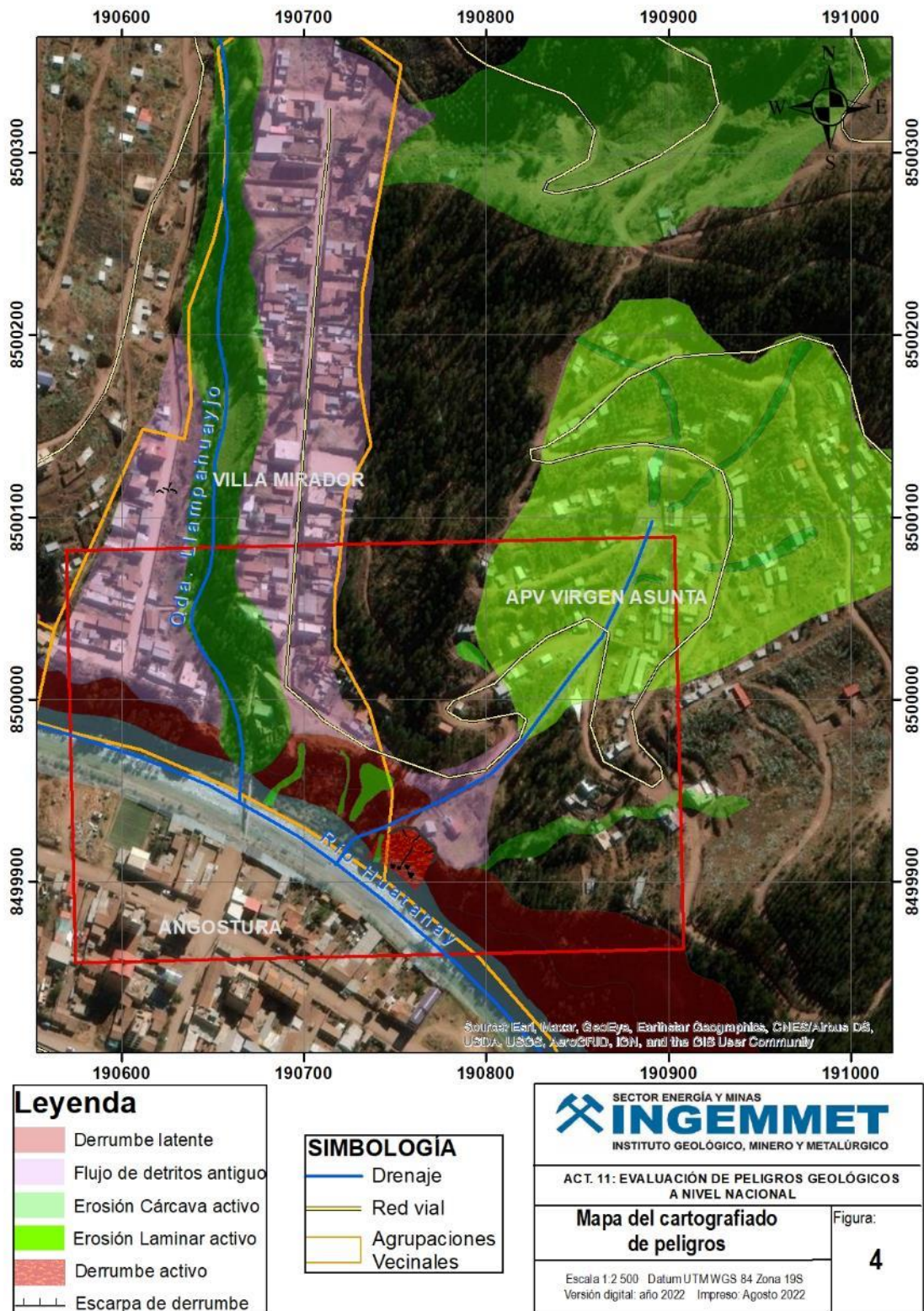


Leyenda

- RM-rs** Montaña en roca sedimentaria
- P-at** Vertiente o piedemonte aluvio-torrencial
- T-al** Terraza aluvial
- T-fl** Terraza fluvial
- V-cd** Vertiente coluvio-deluvial

<p>SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO</p>	
<p>ACT. 11: EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL</p>	
<p>Mapa Geomorfológico</p> <p>Escala 1:4 000 Datum UTMWGS 84 Zona 19S Versión digital: año 2022 Impreso: Agosto 2022</p>	<p>Figura: 3</p>

Mapa 3. Mapa geomorfológico del sector Angostura.



Mapa 4. Mapa del cartografiado de peligros geológicos del sector Angostura modificado de Medina (2021).

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 type="checkbox"/>	Coluvial	<input type="checkbox"/>	Eólico	
			<input type="checkbox"/>	Aluvial	<input type="checkbox"/>	Orgánico	
			<input type="checkbox"/>	Fluvial	<input type="checkbox"/>	Artificial	
			<input checked="" 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"/>	10 Cantos	<input type="checkbox"/>	Discoidal	<input type="checkbox"/>	Subredondeado	<input type="checkbox"/>	Med. Plástico
<input type="checkbox"/>	30 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"/>	20 Arenas						
<input type="checkbox"/>	20 Limos						
<input type="checkbox"/>	Arcillas						
		ESTRUCTURA	TEXTURA	CONTENIDO DE	%	LITOLOGÍA	
<input checked="" type="checkbox"/>	Masiva	<input type="checkbox"/>	Harinoso	<input type="checkbox"/>	Materia Orgánica	<input type="checkbox"/>	Intrusivos
<input type="checkbox"/>	Estratificada	<input checked="" type="checkbox"/>	Arenoso	<input type="checkbox"/>	Carbonatos	<input type="checkbox"/>	10 Volcánicos
<input type="checkbox"/>	Lenticular	<input type="checkbox"/>	Aspero	<input type="checkbox"/>	Sulfatos	<input type="checkbox"/>	Metamórficos
						<input type="checkbox"/>	90 Sedimentarios
		COMPACIDAD					
		SUELOS FINOS	SUELOS GRUESOS				
		Limos y Arcillas	Arenas	Gravas			
<input type="checkbox"/>	Blanda	<input type="checkbox"/>	Suelta	<input type="checkbox"/>	Suelta		
<input checked="" type="checkbox"/>	Compacta	<input checked="" 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 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 de depósitos proluviales, tomada en coordenadas E 190685; N 8499967 (sector APV. Villa -Mirador)

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"/>	20 Cantos		<input type="checkbox"/>	Discoidal	<input type="checkbox"/>	Subredondeado	<input checked="" type="checkbox"/>	Med. Plástico
<input type="checkbox"/>	30 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 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 checked="" type="checkbox"/>	Materia Orgánica	<input type="checkbox"/>	Intrusivos	
<input type="checkbox"/>	Estratificada	<input checked="" type="checkbox"/>	Arenoso	<input type="checkbox"/>	Carbonatos	<input type="checkbox"/>	10 Volcánicos	
<input checked="" type="checkbox"/>	Lenticular	<input type="checkbox"/>	Aspero	<input type="checkbox"/>	Sulfatos	<input type="checkbox"/>	Metamórficos	
						<input type="checkbox"/>	90 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: 02: Descripción de depósitos coluviales, tomada en coordenadas E 190861; N 850022 (sector APV. Virgen Asunta)

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 type="checkbox"/>	Coluvial	<input type="checkbox"/>	Eólico			
			<input checked="" 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 checked="" 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"/>	20 Gravas		<input type="checkbox"/>	Laminar	<input type="checkbox"/>	Anguloso	<input type="checkbox"/>	Baja Plasticidad	
<input type="checkbox"/>	20 Gránulos		<input type="checkbox"/>	Cilíndrica	<input type="checkbox"/>	Subanguloso	<input checked="" type="checkbox"/>	No plástico	
<input type="checkbox"/>	20 Arenas								
<input type="checkbox"/>	20 Limos								
<input type="checkbox"/>	10 Arcillas								
		ESTRUCTURA	TEXTURA	CONTENIDO DE	%	LITOLOGÍA			
<input type="checkbox"/>	Masiva	<input type="checkbox"/>	Harinoso	<input checked="" type="checkbox"/>	Materia Orgánica	<input type="checkbox"/>	Intrusivos		
<input type="checkbox"/>	Estratificada	<input checked="" type="checkbox"/>	Arenoso	<input type="checkbox"/>	Carbonatos	<input type="checkbox"/>	20 Volcánicos		
<input checked="" type="checkbox"/>	Lenticular	<input type="checkbox"/>	Aspero	<input type="checkbox"/>	Sulfatos	<input type="checkbox"/>	10 Metamórficos		
						<input type="checkbox"/>	70 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 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				

Tabla: 03: Descripción de depósitos Aluviales tomada en coordenadas E 190786; N 8499812 (sector APV. Angostura)

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 type="checkbox"/>	Coluvial	<input type="checkbox"/>	Eólico			
			<input type="checkbox"/>	Aluvial	<input type="checkbox"/>	Orgánico			
			<input checked="" 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 checked="" type="checkbox"/>	Esférica	<input checked="" type="checkbox"/>	Redondeado	<input type="checkbox"/>	Alta plasticidad	
	<input type="checkbox"/>	10 Cantos	<input type="checkbox"/>	Discooidal	<input checked="" type="checkbox"/>	Subredondeado	<input type="checkbox"/>	Med. Plástico	
	<input type="checkbox"/>	10 Gravas	<input checked="" type="checkbox"/>	Laminar	<input 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"/>	30 Arenas							
	<input type="checkbox"/>	30 Limos							
	<input type="checkbox"/>	10 Arcillas							
		ESTRUCTURA		TEXTURA		CONTENIDO DE	%	LITOLOGÍA	
		<input type="checkbox"/>	Masiva	<input type="checkbox"/>	Harinoso	<input checked="" type="checkbox"/>	Materia Orgánica	<input type="checkbox"/>	Intrusivos
		<input type="checkbox"/>	Estratificada	<input checked="" type="checkbox"/>	Arenoso	<input type="checkbox"/>	Carbonatos	<input type="checkbox"/>	20 Volcánicos
		<input checked="" type="checkbox"/>	Lenticular	<input type="checkbox"/>	Aspero	<input type="checkbox"/>	Sulfatos	<input type="checkbox"/>	10 Metamórficos
								<input type="checkbox"/>	70 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 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		

Tabla: 04: Descripción de depósitos fluviales, tomada en coordenadas E 190715; N 8499911.

ANEXO 3: MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN

Las propuestas que se dan son de forma general para la zona evaluada, se recomienda que los estudios a detalle para el correcto diseño de las obras de propuestas de mitigación y su implementación sean desarrollados por especialistas en la materia.

DRENAJE SUPERFICIAL

De acuerdo a Suárez (1998) La finalidad del drenaje superficial es mejorar la estabilidad del talud reduciendo la infiltración y evitando la erosión. La técnica de recolección de aguas superficiales debe captar las aguas superficiales del talud y de la cuenca de drenaje arriba del talud y llevar el agua a un sitio seguro lejos del talud que queremos proteger. Las aguas superficiales deben desviarse antes de que penetre el área a proteger. Para ello se puede construir de zanjas interceptoras en la parte alta del talud, llamadas zanjas de coronación.

Zanjas de corona: Las zanjas en la corona o parte alta de un talud son utilizadas para interceptar y conducir adecuadamente las aguas lluvias, evitando su paso por el talud.

La zanja de coronación no debe construirse muy cerca al borde superior del talud, para evitar que se conviertan en el comienzo y guía de un movimiento en masa o de una nueva superficie de falla (movimiento retrogresivo) Se recomienda que las zanjas de coronación sean totalmente impermeabilizadas. Las dimensiones y ubicación de la zanja pueden variar de acuerdo a la topografía de la zona y al cálculo previo de caudales colectados (Suárez, 1998) (figura 12).

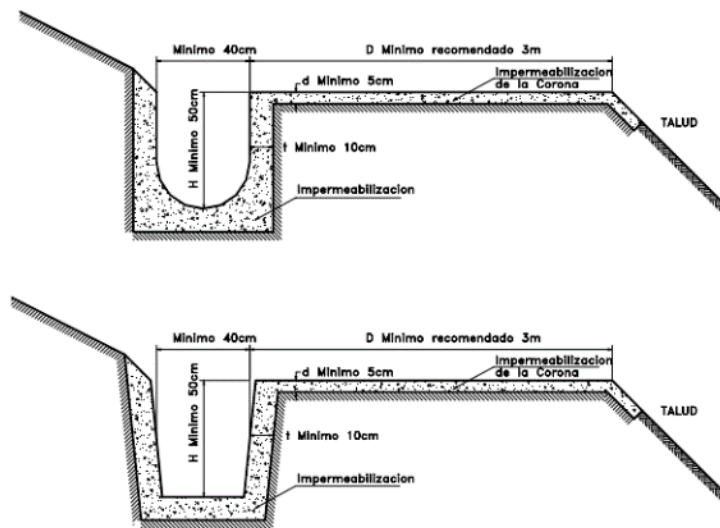


Figura 12: Detalle de zanjas de coronación para el control de aguas superficiales en un Talud, Tomado de Suárez (1998).

Canales colectores en espina de pescado: Para disminuir la infiltración de agua en las áreas arriba del talud se acostumbra construir canales colectores en espina de pescado, las cuales conducen las aguas colectadas, por la vía más directa hacia afuera de las áreas vulnerables del talud. Estos canales deben impermeabilizarse adecuadamente para evitar la reinfiltración de las aguas (Suárez, 1998) (Figura 13).

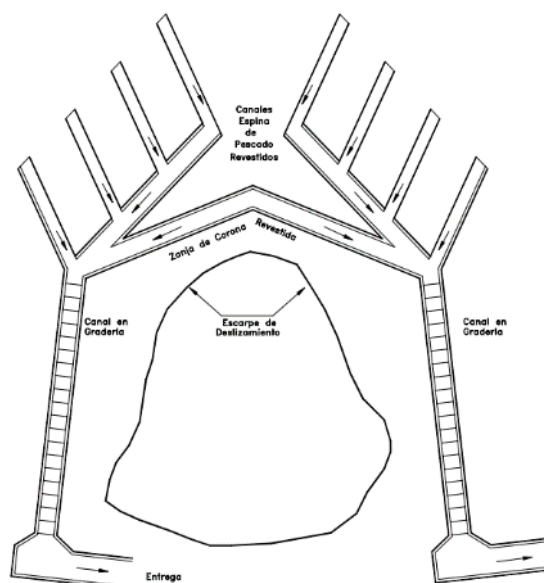


Figura 13: Esquema en planta de canales colectores espina de pescado. Tomado de Suárez (1998).

Estructuras de Contención o anclaje

El propósito de una estructura de contención es el resistir las fuerzas ejercidas por la tierra contenida, y transmitir esas fuerzas en forma segura a la fundación o a un sitio por fuera de la masa analizada de movimiento. En el caso de un deslizamiento de tierra el muro ejerce una fuerza para contener la masa inestable y transmite esa fuerza hacia una cimentación o zona de anclaje por fuera de la masa susceptible de moverse (Suárez, 1998).

Muros masivos rígidos: Son estructuras rígidas, generalmente de concreto, las cuales no permiten deformaciones importantes sin romperse. Se apoyan sobre suelos competentes para transmitir fuerzas de su cimentación al cuerpo del muro y de esta forma generar fuerzas de contención (Suárez, 1998) (Figura 14).

Muro	Ventajas	Desventajas
Reforzado	Los muros de concreto armado pueden emplearse en alturas grandes (superiores a diez metros), previo su diseño estructural y estabilidad. Se utilizan métodos convencionales de construcción, en los cuales la mayoría de los maestros de construcción tienen experiencia.	Requieren de buen piso de cimentación. Son antieconómicos en alturas muy grandes y requieren de formaletas especiales. Su poco peso los hace inefectivos en muchos casos de estabilización de deslizamientos de masas grandes de suelo.
Concreto simple	Relativamente simples de construir y mantener, pueden construirse en curvas y en diferentes formas para propósitos arquitectónicos y pueden colocarse enchapes para su apariencia exterior.	Se requiere una muy buena fundación y no permite deformaciones importantes, se necesitan cantidades grandes de concreto y un tiempo de curado, antes de que puedan trabajar efectivamente. Generalmente son antieconómicos para alturas de más de tres metros.
Concreto ciclópeo	Similares a los de concreto simple. Utilizan bloques o cantos de roca como material embebido,	El concreto ciclópeo (cantos de roca y concreto) no puede soportar esfuerzos de flexión grandes.

	disminuyendo los volúmenes de concreto.	
--	---	--

Tabla 1: Ventaja y desventajas de los diversos tipos de muros rígidos Tomado de Suárez (1998).

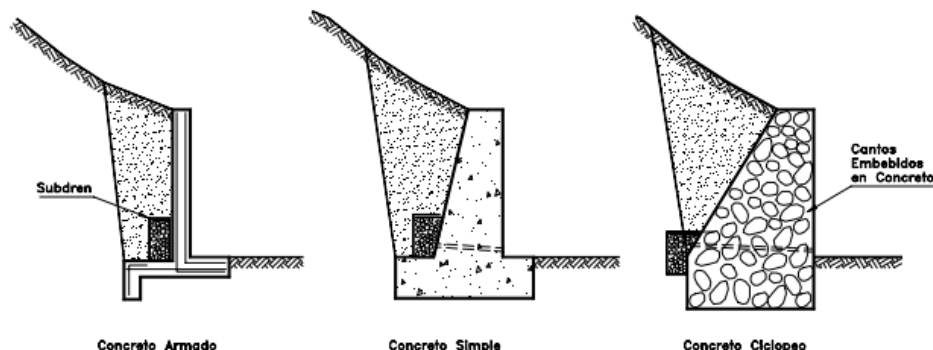


Figura 14: Esquema de muros rígidos. Tomado de Suárez (1998).

Muros masivos Flexibles: Son estructuras masivas, flexibles. Se adaptan a los movimientos. Su efectividad depende de su peso y de la capacidad de soportar deformaciones importantes sin que se rompa su estructura (Suárez, 1998) (Figura 15).

Muro	Ventajas	Desventajas
Gaviones	Fácil alivio de presiones de agua. Soportan movimientos sin pérdida de eficiencia. Es de construcción sencilla y económica.	Las mallas de acero galvanizado se corroen fácilmente en ambientes ácidos, por ejemplo, en suelos residuales de granitos se requiere cantos o bloques de roca, los cuales no necesariamente están disponibles en todos los sitios. Al amarre de la malla y las unidades generalmente no se le hace un buen control de calidad.
Criba	Simple de construir y mantener. Utiliza el suelo en la mayor parte de su volumen. Utiliza elementos prefabricados los cuales permiten un mejor control de calidad.	Se requiere material granular, autodrenante. Puede ser costoso cuando se construye un solo muro por la necesidad de prefabricar los elementos de concreto armado. Generalmente no funciona en alturas superiores a siete metros.
Llantas (Neusol)	Son fáciles de construir y ayudan en el reciclaje de los elementos utilizados.	No existen procedimientos confiables de diseño y su vida útil no es conocida.
Piedra - Pedraplén	Son fáciles de construir y económicos cuando hay piedra disponible.	Requieren de la utilización de bloques o cantos de tamaño relativamente grande.

Tabla 2: Ventajas y desventajas de los diversos tipos de muro flexible. Tomado de Suárez (1998).

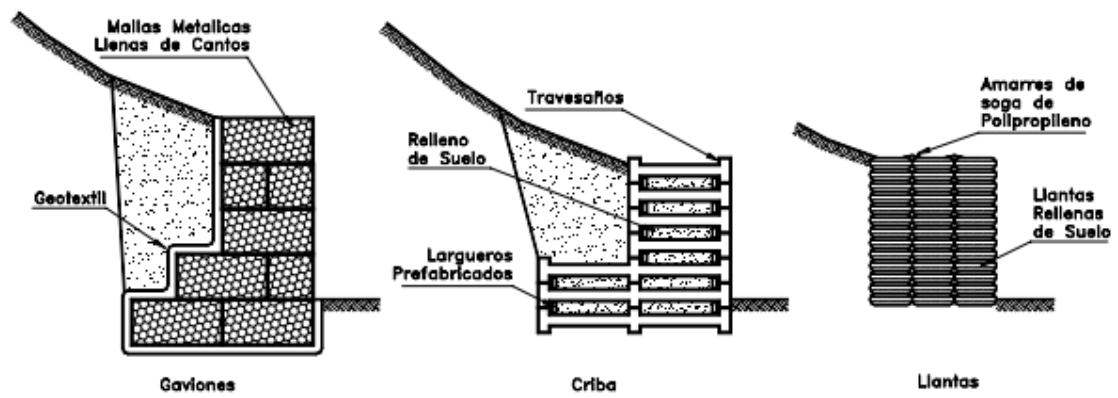


Figura 15: Esquema de muros flexibles. Tomado de Suárez (1998)