

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7660

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR AVALANCHA DE ROCAS EN EL SECTOR HUAYRONCOYOC PAMPA DEL CENTRO POBLADO OLLANTAYTAMBO

Departamento: Cusco
Provincia: Urubamba
Distrito: Ollantaytambo



SETIEMBRE
2025

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR AVALANCHA DE ROCAS EN EL SECTOR HUAYRONCOYOC PAMPA DEL CENTRO POBLADO OLLANTAYTAMBO

(Distrito Ollantaytambo, provincia Urubamba, departamento Cusco)

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

Equipo técnico:

David Prudencio Mendoza

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2025). Evaluación de peligros geológicos por avalancha de rocas en el sector Huayroncoyoc Pampa del centro poblado Ollantaytambo, distrito Ollantaytambo, provincia Urubamba, departamento Cusco. Lima: INGEMMET, Informe Técnico A7660, 33p.

INDICE

RESUMEN	1
1. INTRODUCCIÓN	2
1.1. Objetivos del estudio	2
1.2. Antecedentes y trabajos anteriores	3
1.3. Aspectos generales	3
1.3.1. Ubicación.....	3
1.3.2. Accesibilidad	4
1.3.3. Clima	4
2. DEFINICIONES	5
3. ASPECTOS GEOLÓGICOS	6
3.1. Unidades litoestratigráficas	6
3.1.1. Grupo Ollantaytambo	6
3.1.2. Formación Huambutio	7
3.1.3. Formación Huancané	7
3.1.4. Formación Paucarbamba	8
3.1.5. Formación Maras	8
3.1.6. Depósitos coluvio-deluviales.....	8
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	9
4.1. Pendientes del terreno	9
4.2. Unidades geomorfológicas	9
4.2.1. Unidad de montaña	9
4.2.2. Unidad de piedemonte	11
5. PELIGROS GEOLÓGICOS Y/O GEOHIDROLÓGICOS	12
5.1. Peligros geológicos por avalancha de rocas	12
5.2. Peligros geológicos por deslizamiento flujo	15
5.3. Análisis de la avalancha de rocas del cerro Choquepacay	17
5.4. Factores condicionantes	23
5.5. Factores detonantes o desencadenantes	23
6. CONCLUSIONES	24
7. RECOMENDACIONES	25
8. BIBLIOGRAFÍA	27

ANEXO 1: MAPAS	28
ANEXO 2: DESCRIPCIÓN DE FORMACIONES SUPERFICIALES	33

RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por caída de rocas, realizado en el sector Huayroncoyoc Pampa del centro poblado de Ollantaytambo, perteneciente al distrito Ollantaytambo, provincia Urubamba, 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 en los tres niveles de gobierno.

En el sector afloran andesitas de la Formación Ollantaytambo, la cual se presentan poco fracturadas y ligeramente meteorizadas y una mezcla caótica de calizas y lutitas de la Formación Maras originando bloques sueltos en las laderas del cerro Choquepacay. Sobre la ladera se aprecian depósitos coluvio deluviales conformados por bloques (10%) y gravas (30%) de formas subangulosas, envueltos en matriz areno limosa (60%), son de fácil erosión ante lluvias intensas.

Las unidades geomorfológicas identificadas corresponden a montañas en roca sedimentaria y volcánicas, que presentan laderas con pendientes escarpadas. Sobre la superficie se tienen vertientes coluvio deluviales, se aprecian bloques sueltos; los cuales pueden ceder cuesta abajo.

Como factores condicionantes se considera el substrato rocoso medianamente fracturado, y las pendientes del terreno (agente que no permite la estabilidad de los bloques ubicados en las partes altas), generando eventos de caída de roca.

En el sector de Huayroncoyoc Pampa, el 2 de abril 2023 se generó una avalancha de rocas, que presentó un arranque con longitud de 53 m y una diferencia de elevación entre la zona de arranque y la base de la caída de 966 m, el desplazamiento del evento primero fue al noroeste para cambiar en medio recorrido a noreste, generando un depósito de los materiales caídos con un área de 3 ha, lugar donde se encuentra la APV. Señor De Choquekillka.

Por las características del terreno mencionadas, el sector Huayroncoyoc Pampa y la APV. Señor De Choquekillka del centro poblado Ollantaytambo, se considerada de **peligro alto a muy alto** a la ocurrencia de avalancha de rocas, los que pueden ser desencadenados en presencia de lluvias intensas y/o prolongadas, vientos o en eventos sísmicos.

Finalmente, se brinda recomendaciones que se consideran importantes, las cuales deben ser tomadas en cuenta por las autoridades competentes; tales como realizar estudio de estabilidad de taludes y de mecánica de rocas para realizar el desquinche, enmallado y barreras dinámicas en las laderas, forestar con árboles nativos en el cerro Choquepacay y realizar una evaluación de riesgos EVAR para definir la reubicación de las viviendas que puedan ser afectadas, 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) el “Servicio de asistencia técnica en la evaluación de peligros geológicos a nivel nacional (ACT. 16)”, 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 Ollantaytambo, según oficio N°562-2023-A-MDO/U y 539-2025-A-MDO/U, es en el marco de nuestras competencias que se realiza una evaluación de peligros geológicos en el sector Huayroncoyoc Pampa – APV. Señor De Choquekillka, distrito Ollantaytambo, provincia Urubamba, departamento Cusco, por encontrarse en peligro ante “avalancha de rocas”. con actividad ocurrida el 2 de junio del 2023, afectó una vivienda, 2 ganados y andenería con áreas de cultivo.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designó al ingeniero David Prudencio Mendoza para realizar la evaluación de peligros geológicos. El trabajo de campo se contó con la colaboración de pobladores concedores del sector de la APV. Señor De Choquekillka, quienes comentaron lo ocurrido en el sector.

La evaluación técnica se realizó en tres etapas: i) Gabinete I, se realizó la recopilación de antecedentes e información geológica y geomorfológica del INGEMMET; etapa de campo a través de la observación, toma de datos (puntos GPS, tomas fotográficas), cartografiado, recopilación de información y testimonios de población local afectada; etapa final de gabinete, donde se realizó el procesamiento de toda información terrestre y aérea adquirida en campo, fotointerpretación de imágenes satelitales, cartografiado e interpretación, elaboración de mapas, figuras temáticas y redacción del informe

Este informe se pone a consideración de la Municipalidad Distrital de Ollantaytambo e instituciones técnico normativas del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres – Sinagerd, como el Instituto Nacional de Defensa Civil – INDECI y el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastre - CENEPRED, a fin de proporcionar información técnica de la inspección, conclusiones y recomendaciones que contribuyan con la reducción del riesgo de desastres en el marco de la Ley 29664.

1.1. Objetivos del estudio

El presente trabajo tiene como objetivos:

- a) Identificar, tipificar y caracterizar los peligros geológicos por movimientos en masa que se presenta en el sector Huayroncoyoc de la APV. Señor de Choquekillka en el centro poblado Ollantaytambo.
- 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 ante peligros geológicos evaluados en la etapa de campo.

1.2. Antecedentes y trabajos anteriores

Entre los principales estudios y publicaciones del Ingemmet realizados a nivel local y regional en el distrito de Ollantaytambo, se tienen:

- A) En el boletín N°74, serie C: Peligros geológicos en la región Cusco (Vílchez, et al., 2020) se realizó un análisis de susceptibilidad a movimientos en masa (escala 1:100000), donde el sector de Huayroncoyoc Pampa y la APV. Sr. De Choquekillka presenta susceptibilidad muy alta y alta a movimientos en masa. Entendiéndose, la susceptibilidad como la propensión que tiene una determinada zona a ser afectada por un determinado proceso geológico y geohidrológicos, expresado en grados cualitativos y relativos.

Cuadro 1. Niveles de susceptibilidad a movimientos en masa de la Región Cusco. Fuente: Vílchez, et al., 2020

CARACTERÍSTICAS DE LOS TERRENO	RECOMENDACIONES
Muy Alta susceptibilidad: presenta condiciones del terreno muy favorables para que se genere movimientos en masa. Concentrados donde ocurrieron deslizamientos pasados actualmente inactivos como también en ocurrencias recientes.	Prohibir el desarrollo de infraestructura, sin el conocimiento geológico detallado previo. Son necesarios estudios geológicos geotécnico al detalle para el desarrollo y construcción de infraestructura de cualquier tipo
Alta susceptibilidad: son sectores con la mayoría de condiciones favorable a generar movimientos en masa, en zonas con laderas desestabilizadas o por taludes modificados.	Restringir el desarrollo de infraestructura urbana y de otras instalaciones, de lo contrario debe tener una previa planificación, con estudios de zonificación por peligros geológicos a escala local. Donde se debe de realizar estudios geotécnicos de detalle.

- B) En el Boletín N° 65, serie A, Carta Geológica Nacional: “Geología de los cuadrángulos de Urubamba y Calca” hojas: 27-r, 27-s (Carlotto, et al., 1996); y la “Memoria descriptiva de la revisión y actualización de los cuadrángulos de Río Picha (25-p), Timpia (25-q), Chuanquiri (26-p), Quillabamba (26-q), Quebrada Honda (26-r), Parobamba (26-s), Pacaypata (27-p), Machupicchu (27-q), Urubamba (27-r), Calca (27-s), Chontachaca (27-t), Quincemil (27-u), Ocongate (28-t), Corani (28-u) y Ayapata (28-v)”, a escala 1:100 000 (Sánchez, et al., 2003); describe la geología e información relacionada a los cambios más resaltantes sobre la estratigrafía del sector. Además, señala de manera regional las unidades geomorfológicas donde se ubica el sector Huayroncoyoc Pampa y el cerro Choquepacay del centro poblado de Ollantaytambo.

1.3. Aspectos generales

1.3.1. Ubicación

El sector Huyaroncoyoc Pampa, de la localidad Ollantaytambo, se sitúa al sureste de la plaza principal del centro poblado de la localidad (capital de distrito).

Políticamente se encuentra dentro del distrito Ollantaytambo, provincia Urubamba, departamento Cusco. (Figura 1), cuyas coordenadas centrales UTM (WGS84 – Zona 18S) son (Tabla 1):

Tabla 1. Coordenadas del área de estudio

N°	UTM - WGS84 - Zona 18S		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	796432	8532217	-13.262444°	-72.264463°
2	797705	8532217	-13.262317°	-72.252725°
3	797705	8530083	-13.281592°	-72.252508°

4	796432	8530083	-13.281718°	-72.264247°
COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA				
C	797345	8531036	-13.273020°	-72.255925°

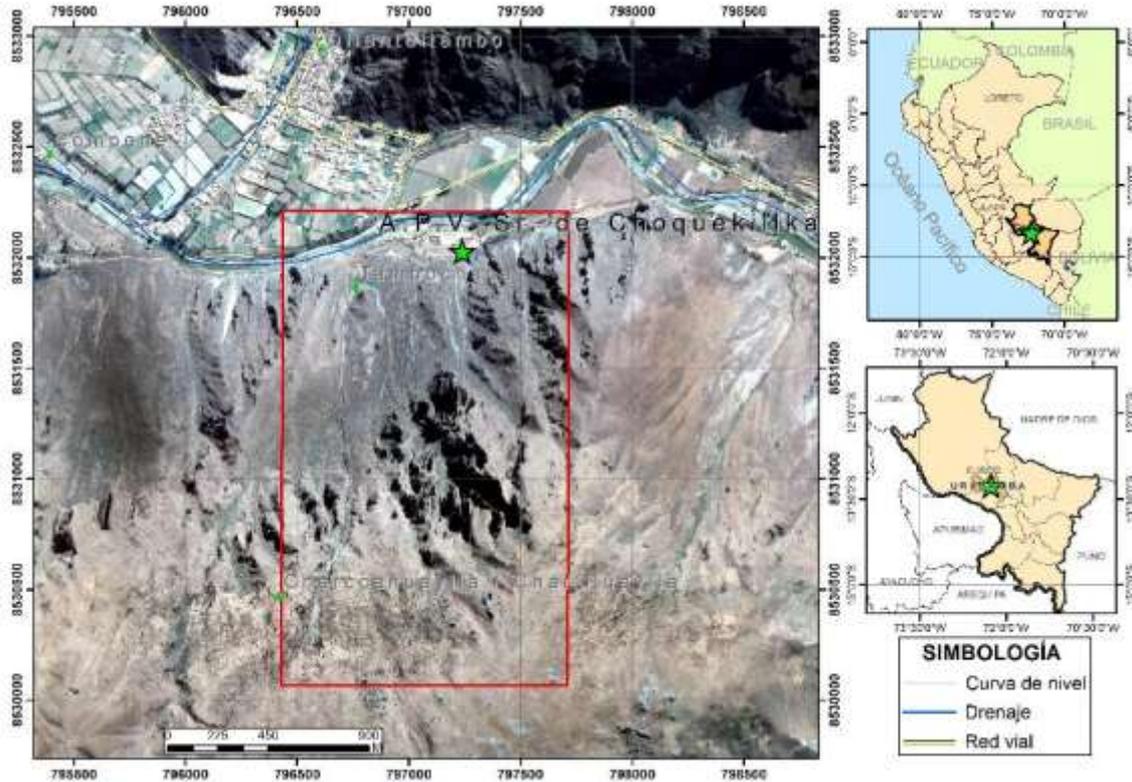


Figura 1. Ubicación del sector Huayroncoyoc Pampa del centro poblado Ollantaytambo.

1.3.2. Accesibilidad

Se accede a la zona de estudio por vía terrestre, desplazándose desde la ciudad del Cusco (Ingemmet - OD Cusco), mediante la siguiente ruta (cuadro 2):

Cuadro 2. Rutas y accesos a la zona evaluada.

<i>Ruta</i>	<i>Tipo de vía</i>	<i>Distancia (km)</i>	<i>Tiempo estimado</i>
Cusco – Ollantaytambo	Asfaltada	63	1 h 36 min
Ollantaytambo – Socma - Perolnuyoc	Asfaltada bicapa	20.5	40 min
Perolnuyoc – Huayroncoyocpampa	Trocha	8	2 h 30 min

1.3.3. Clima

En el mapa climático del SENAMHI (2020), y detallando la información local, se puede observar que, el sector Huayroncoyoc Pampa y la APV. Sr. De Choquekillka presenta un clima frío y lluvioso con otoño e invierno secos.

Presenta una frecuencia de precipitación entre los meses de diciembre a marzo, cuyas lluvias acumuladas anuales son de 500 mm a 1200 mm aproximadamente, además, en los meses de junio a setiembre presenta temperaturas máximas que

oscilan entre 9°C a 19°C y mínimas entre -3°C a 3°C, con humedad atmosférica relativa de otoño e 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

El presente informe técnico está dirigido a entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno, así como personal no especializado, no necesariamente geólogos; en el cual se desarrollan diversas terminologías y definiciones vinculadas a la identificación, tipificación y caracterización de peligros geológicos, para la elaboración de informes y documentos técnicos en el marco de la gestión de riesgos de desastres. Todas estas denominaciones tienen como base el libro: “Movimientos en masa en la región Andina: Una guía para la evaluación de amenazas” desarrollado en el Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007), donde participó la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico-Ingemmet. Los términos y definiciones se detallan a continuación:

Agrietamiento: Formación de grietas causada por esfuerzos de tensión o de compresión sobre masas de suelo o roca, o por desecación de materiales arcillosos.

Corona: Zona adyacente arriba del escarpe principal de un deslizamiento que prácticamente no ha sufrido desplazamiento 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 la Carta Geológica Nacional “Geología de los cuadrángulos de Urubamba y Calca” hojas: 27-r, 27-s (Carlotto, et al., 1996); y la “Memoria descriptiva de la revisión y actualización de los cuadrángulos de Río Picha (25-p), Timpia (25-q), Chuanquiri (26-p), Quillabamba (26-q), Quebrada Honda (26-r), Parobamba (26-s), Pacaypata (27-p), Machupicchu (27-q), Urubamba (27-r), Calca (27-s), Chontachaca (27-t), Quincemil (27-u), Ocongate (28-t), Corani (28-u) y Ayapata (28-v)”, a escala 1: 100 000 (Sánchez, et al., 2003); donde se aprecian principalmente unidades litoestratigráficas de naturaleza volcánica de la Formación Ollantaytambo y sedimentaria, cubiertos por depósitos cuaternarios. La geología se complementó con trabajos de interpretación de imágenes satelitales, fotografías aéreas y observaciones de campo.

3.1. Unidades litoestratigráficas

En la zona inspeccionada y alrededores afloran rocas volcánicas de la Formación Ollantaytambo y sedimentarias de las formaciones Maras, Paucarbamba, Huancané y Huambutio, además, localmente se identificó depósitos coluvio-deluviales acumulados desde el Pleistoceno hasta la actualidad (Anexo 1 - Mapa 1).

3.1.1. Grupo Ollantaytambo

Esta formación circunda ampliamente el centro poblado de Ollantaytambo y el sector Huayroncoyoc Pampa, donde se encuentran afloramientos de andesitas de color gris claro, que se presentan ligeramente meteorizada y de poco a medianamente fracturada, siendo las que están generando caídas de rocas. En la ladera se aprecian bloques colgados (Fotografía 1).



Fotografía 1: Andesitas grises de grano fino medianamente fracturadas.

3.1.2. Formación Huambutio

También conocida como Formación Muni, suprayace al Grupo Ollantaytambo, en el sector Huayroncoyoc Pampa no se pudo apreciar afloramientos en el terreno, ya que el sector se encuentra cubierta con vegetación. Litológicamente está compuesta por limolitas pardo rojizas con esquistosidad moderada.

3.1.3. Formación Huancané

Suprayace a la Formación Huambutio, en el sector Huayroncoyoc Pampa es poco apreciable por la vegetación. Litológicamente está compuesta por areniscas cuarzosas blanquecinas y rojizas de grano medio con presencia de laminación oblicua, además se presentan moderadamente meteorizadas y de medianamente a muy fracturada (Fotografía 2).



Fotografía 2: Arenisca rojiza de grano medio.

3.1.4. Formación Paucarbamba

Suprayace a la Formación Huancané, en el sector Huayroncoyoc Pampa es poco apreciable por la intensa vegetación que la cubre. Litológicamente está compuesta por areniscas intercaladas con limoarcillitas rojas y verdes, las que se aprecian moderadamente meteorizadas y muy fracturada.

3.1.5. Formación Maras

Suprayace a la Formación Paucarbamba, en el sector Huayroncoyoc Pampa se aprecia en las cimas del cerro Choquepacay, litológicamente está compuesta por una mezcla caótica de yesos, lutitas, arenisca y calizas (Fotografía 3)



Fotografía 3: Arenisca rojiza de grano medio.

3.1.6. Depósitos coluvio-deluviales

Son depósitos poco compactos que se aprecian cubriendo las laderas del cerro Choquepacay, incluyendo a la APV. Sr. De Choquekillka, originados por procesos de remoción pendiente abajo y reacomodado por las aguas infiltradas y de escorrentía, como también por vientos y sismos. Está constituida por bloques con diámetro hasta de 1 m (10 %), gravas heterométricas (30%), con formas angulosas a sub angulosas, envueltos en matriz areno limosa (60%) (Fotografía 4) (Anexo 2 – descripción de formaciones superficiales 1).



Fotografía 4: Depósitos coluvio deluviales compuesto por bloques y gravas envueltas en matriz areno limosa.

4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

4.1. Pendientes del terreno

La pendiente es un parámetro importante en la evaluación de peligros por movimientos en masa, actúa como factor condicionante y dinámico en la generación de movimientos en masa por la diferencia de alturas que presenta la zona de estudio. Se elaboró un mapa de pendientes (Anexo 1 - Mapa 2) y de elevaciones (Anexo 1 - Mapa 3), con ayuda de un modelo de elevación digital de 12.5 m de resolución; tomada del satélite Alos Palsar (USGS).

El sector evaluado presenta diferentes elevaciones, la zona de arranque del desprendimiento de rocas se encuentra en promedio de 3700 m s.n.m. y el depósito a 2800 m s.n.m., llegando hasta el río Vilcanota y la APV. Sr. de Choquekillka.

Sobre el sector Huayroncoyoc Pampa, en la ladera donde se inicia la caída de rocas, presenta pendiente escarpadas (25° - 45°). Los bloques al desplazarse ladera abajo, dieron saltos por la ladera con pendientes fuerte (15° - 25°), para luego alcanzar terrenos con pendientes moderadas (5° - 15°) y suaves (1° - 5°), sobre esta última se encuentra las viviendas de la APV. Señor De Choquekillka.

4.2. Unidades geomorfológicas

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

4.2.1. Unidad de montaña

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

Subunidad de montañas en roca sedimentaria (RM-rs): representado por un relieve modelado en afloramientos rocosos de las formaciones Huambutio, Huancané, Paucarbamba y Maras, conformada por secuencia sedimentarias de calizas, areniscas, lutitas y yesos.

Se aprecia circundando en la parte alta de las laderas del cerro Choquepacay, presentando terrenos con pendientes de fuertes a escarpadas. (Fotografía 5).



Fotografía 5: Afloramientos rocosos de formaciones sedimentarias con laderas de pendientes de fuertes a escarpadas.

Subunidad de montañas en roca volcánica (RM-rv): representado por un relieve modelado en afloramientos rocosos del Grupo Ollantaytambo, conformada en el sector Huayroncoyoc Pampa por andesitas. Se aprecia circundando en toda la parte baja de las laderas del cerro Choquepacay, presentando terrenos de pendientes escarpadas en el sector Huayroncoyoc. (Fotografía 6).



Fotografía 6: Afloramientos de andesitas con laderas de pendientes escarpadas.

4.2.2. Unidad de piedemonte

Son geformas 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, recientes y depósitos de tipo glaciar – fluvial.

Subunidad de vertiente coluvio deluvial (V-cd): Están formadas por acumulaciones al pie de laderas o acantilados de valles, proviene de procesos de movimientos en masa de tipo caídas y deslizamiento, conformado por materiales de origen coluvial y deluvial, estos materiales están siendo trasladados por acción de las aguas de escorrentía y gravedad, donde no es posible distinguirlo como unidades individuales. Su litológica se compone de bloques heterométricas con diámetros de hasta 3 m y gravas con matriz areno limoso, de naturaleza volcánica y sedimentaria

En el sector Huayroncoyoc Pampa, esta sub unidad se presenta en la parte baja a media de la ladera y llega hasta la APV. Sr. de Choquekillka, está conformado por bloques de andesitas y calizas que caen cuesta abajo, donde los terrenos presentan pendientes fuertes (15°- 25°) (Fotografía 7).



Fotografía 7: Se aprecian afloramientos de andesitas, presentan laderas de pendientes escarpadas, en la parte baja con pendiente baja los depósitos coluvio deluviales.

5. PELIGROS GEOLÓGICOS Y/O GEOHIDROLÓGICOS

Los peligros geológicos reconocidos en la zona evaluada, corresponden a movimientos en masa, como reactivación de caídas de rocas y erosión laminar (PMA: GCA, 2007). Estos procesos son resultado del modelamiento del terreno, así como la incisión sufrida en los cursos de agua en la Cordillera de los Andes, que conllevó a la generación de diversos movimientos en masa, que modificaron la topografía de los terrenos y movilizaron cantidades variables de materiales desde las laderas hacia el curso de los ríos.

Los movimientos en masa, tienen como causas o condicionantes factores intrínsecos, como son la geometría del terreno, la pendiente, el tipo de roca, el tipo de suelos, el drenaje superficial–subterráneo y la cobertura vegetal. Se tiene como “detonantes” de estos eventos las precipitaciones pluviales periódicas y extraordinarias que caen en la zona, así como la sismicidad.

5.1. Peligros geológicos por avalancha de rocas

En el sector Huayroncoyoc Pampa se viene presentando caída de rocas desde hace varios años atrás, el último evento se suscitó el 2 de abril del 2023 (fotografía 8), donde, en la zona de arranque se desprendió un bloque de roca con diámetro de 1.2 m, al desplazarse en su trayecto desestabilizó material suelto, generando la avalancha de rocas, donde el material llegó alcanzar la APV. Sr. de Choquekillka. Los pobladores mencionaron que, al momento de la ruptura y el desplazamiento de los bloques, se generó un sonido estridente que duró aproximadamente 5 minutos hasta llegar al poblado.

El evento afectó una vivienda, dos ganados y áreas de cultivo (andenería), de presentarse un evento de mayores dimensiones podría afectar la vía férrea Cusco – Machupicchu.



Fotografía 8: Sector donde se desprendió la roca que genero la avalancha el 2 de abril 2023.

Se apreció bloques de roca dispersos circundando la APV. Sr. de Choquekillka y al río Vilcanota, que son producto de antiguas avalanchas de rocas, tal es así, que los andenes de la zona fueron contruidos acoplándose del material proveniente de la caída (Fotografía 9).



Fotografía 9: Andenería construida sobre bloques caídos.

En las laderas del sector Huayroncoyoc Pampa, se observa bloques fracturados con diámetros de hasta 3 m y en promedio con diámetro de 1.5 m, que pueden desprenderse y ceder cuesta abajo pudiendo alcanzar la APV. Señor De Choquekillka (Figura 2).

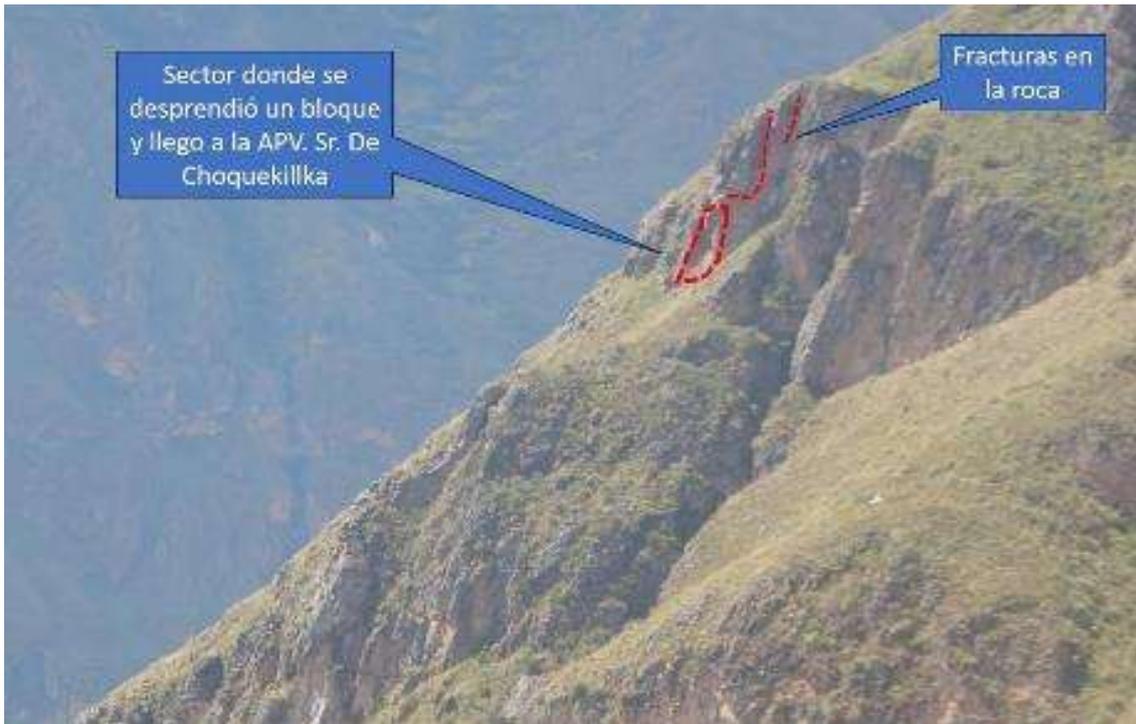


Figura 2: Área del bloque de roca que se desprendió en abril 2023, además se aprecia otros bloques con posibilidad de ceder cuesta abajo.

En zonas con pendientes moderadas a fuertes, se observó la presencia ganado equinos y vacunos que pastean el sector y generan erosión del suelo, donde se identificó bloques de rocas fracturadas que pueden ceder y caer. (Figura 3).



Figura 3: Bloque de roca que puede perder equilibrio, además, presenta fracturas que muestra su inestabilidad.

La avalancha del 2 de abril 2023 presentó una longitud de arranque de 53 m, la distancia entre la zona de arranque y la base de la caída de rocas es 966 m, el recorrido del

material primero fue hacia el noroeste, al llegar a los 600 m de desplazamiento, cambia hacia el noreste y llega alcanzar la APV. Señor De Choquekillka (Figura 4).

Características del evento:

- Longitud de arranque: 53 m.
- Diferencia de elevación entre la zona de arranque y base de la caída: 966 m.
- Forma de la superficie de rotura: irregular y discontinua.
- Dirección del movimiento: noroeste y a los 600 m cambia a noreste.
- Área del depósito de la avalancha de rocas: aproximadamente 3 ha.
- Presencia de materiales colgados en la zona de arranque.



Figura 4: Zona donde ocurrió la caída de rocas del 02 de abril 2023 y otras posibles zonas de caída de rocas.

5.2. Peligros geológicos por deslizamiento flujo

En el trayecto se pudo observar un canal por donde discurrió un flujo de detritos (Figura 5 y 6) el cual se encuentra erosionado y poco visible por la vegetación que creció en el sector, el material que presenta la zona está compuesto por gravas de formas angulosas a subangulosas, envueltos en matriz areno limosa.



Figura 5: Canal del flujo de detritos que discurrió por toda la ladera del cerro Choquepacay.



Figura 6: Terreno con depósito compuesto por gravas con formas angulosas a subangulosas, envueltos en una matriz areno limosa.

Los pobladores conocedores del sector indicaron que años atrás paso un deslizamiento a causa de las surgencias de agua que hay en el sector, al cual fue seguido por un flujo

de detritos donde sus materiales alcanzaron el río Vilcanota, esto se pudo apreciar por las imágenes tomadas desde la margen derecha del río, donde se aprecia un flujo de detritos que se trasladó desde la parte alta de la ladera del cerro Choquepacay hasta llegar al río (Figura 7).



Figura 7: Flujo de detritos que llega a depositar sus materiales en la margen izquierda del río Vilcanota.

Las dimensiones del deslizamiento-flujo son las siguientes:

Escarpa de deslizamiento: 120 m.

Salto de la escarpa: no se distingue.

Distancia de la escarpa al pie del deslizamiento: 80 m.

Distancia del flujo de detritos: 1700 m.

Dirección del flujo de detritos: 30 ° NE.

5.3. Análisis de la avalancha de rocas del cerro Choquepacay

Para conocer con más detalle las características del desplazamiento de las rocas fue necesario generar escenarios que permitan conocer el movimiento de los bloques de rocas y sus desplazamientos con mayor precisión.

Para ello se utilizó el software Rockfall, para conocer los alcances máximos de desplazamiento y acumulación de rocas de acuerdo a determinadas condiciones (topografía, materiales, entre otros), en dos dimensiones. Para desarrollar estos escenarios se utilizaron secciones transversales de la ladera (Figura 8), obtenidas de un modelo de elevación digital de 12.5 m de resolución; tomada del satélite Alos Palsar (USGS), de donde se generó también un modelo de dirección de flujos para obtener la dirección de desplazamientos de los bloques desprendidos (Figura 9).

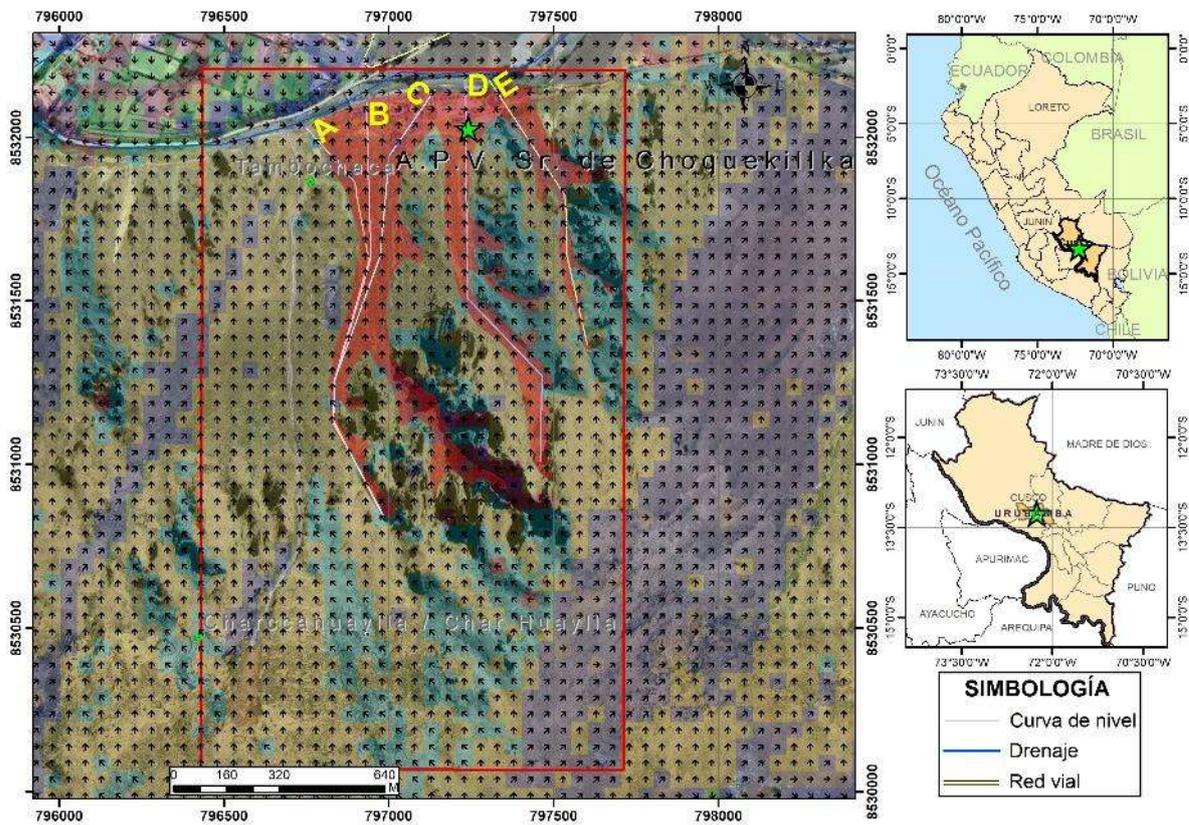


Figura 8: Secciones transversales (A, B, C, D y E) para diversos escenarios posibles de caída de rocas.

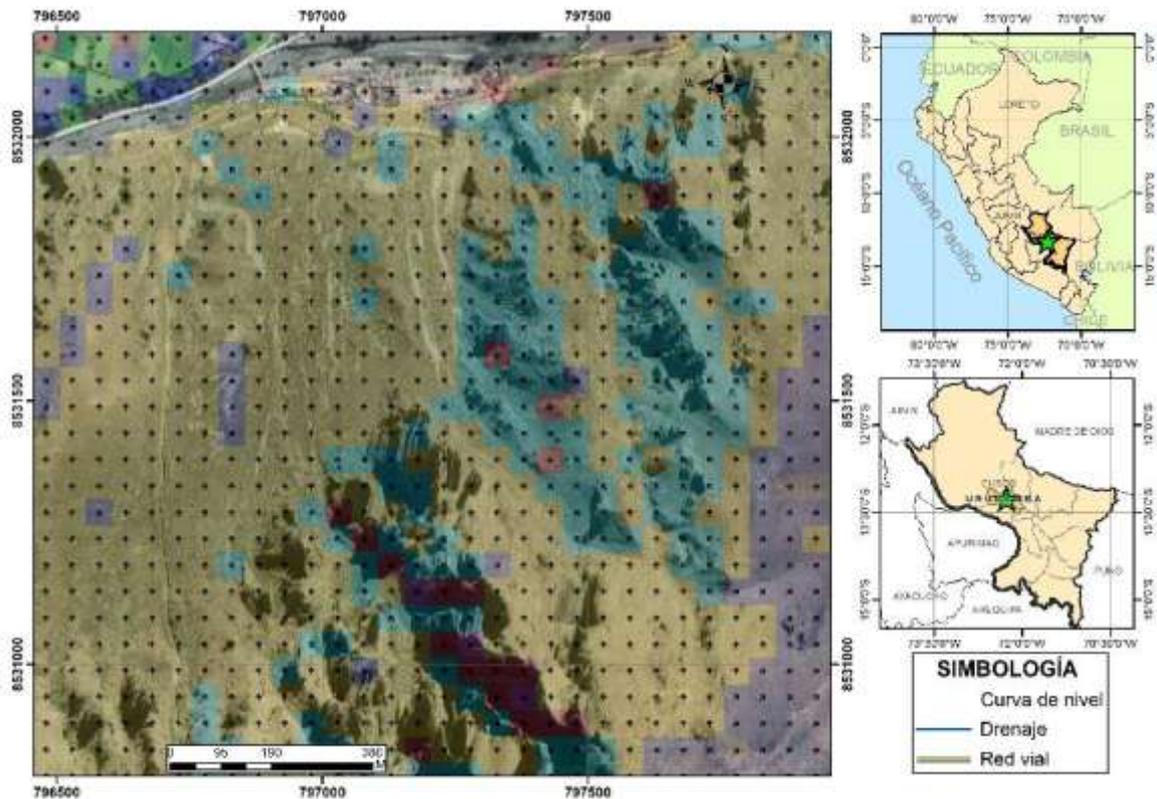


Figura 9: Modelo de dirección de flujos para la dirección de desplazamientos de bloques desprendidos.

Con estos cinco perfiles se pudo exportar al software Rockfall para realizar modelos para cada caídas que se podrían generar, de acuerdo a las zonas susceptibles por caída identificadas en las laderas del cerro Choquepacay, para nuestros modelos identificamos dos tipos de suelos, el de laderas con afloramiento rocoso y talud con acumulación de materiales sueltos (bloques y gravas), los bloques caídos de roca también fueron catalogados por sus tamaños promedio y su peso según su volumen y densidad, teniendo rocas sueltas desde 0.5 kg hasta rocas con 38,151 kg de peso.

El sistema genera modelos de caída de un punto referencial (zonas susceptibles) realizado en las zonas de estudio y sus alcances más lejanos, realizando 50 tipos de caída de un modelo definido de roca por cada perfil planteado.

Se tuvo en cuenta la comparación con dos substratos (andesita y coluvio deluvial) dado que, las rocas caen y en su trayecto se incluyen a los depósitos coluvio deluviales ladera abajo. Una limitación es que podría reducirse las velocidades con la comparación, es que los rebotes no siempre continúan en línea recta, así como superficie de diferente forma y composición, que cambia el comportamiento del bloque, reduciendo o aumentando su velocidad. Los escenarios simulados para ladera dieron como resultado un alcance máximo de hasta 1,210 m desde su origen, en los 5 escenarios evaluadas:

Escenario A, se realizaron pruebas de bloques que caen desde su origen a 3,755 m s.n.m., simulado bloques de 0.5 kg hasta 38,151 kg, dando como resultado a rocas con alcance máximo de 1,110 m, quedando en media ladera, adosándose a los depósitos coluvio deluviales (Figura 10).

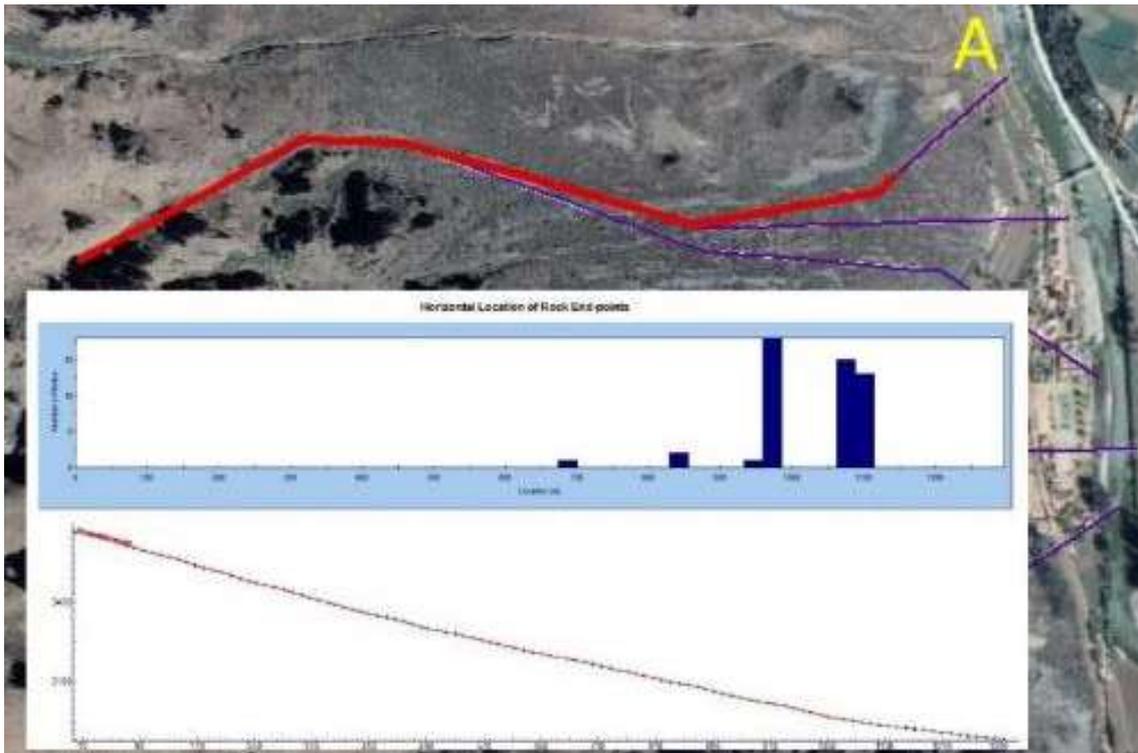


Figura 10: Escenario A, donde los bloques caídos alcanzan una distancia máxima de 1,110 m de distancia.

Escenario B, se realizaron pruebas de bloques que caen desde su origen a 3,755 m s.n.m., simulado bloques de 0.5 kg hasta 38,151 kg, dando como resultado a rocas con alcance máximo de 1,070 m, quedando en media ladera y adosándose a los depósitos coluvio deluviales, en este escenario las rocas caídas no alcanzan las viviendas de la APV. Sr. De Choquekillka (Figura 11).

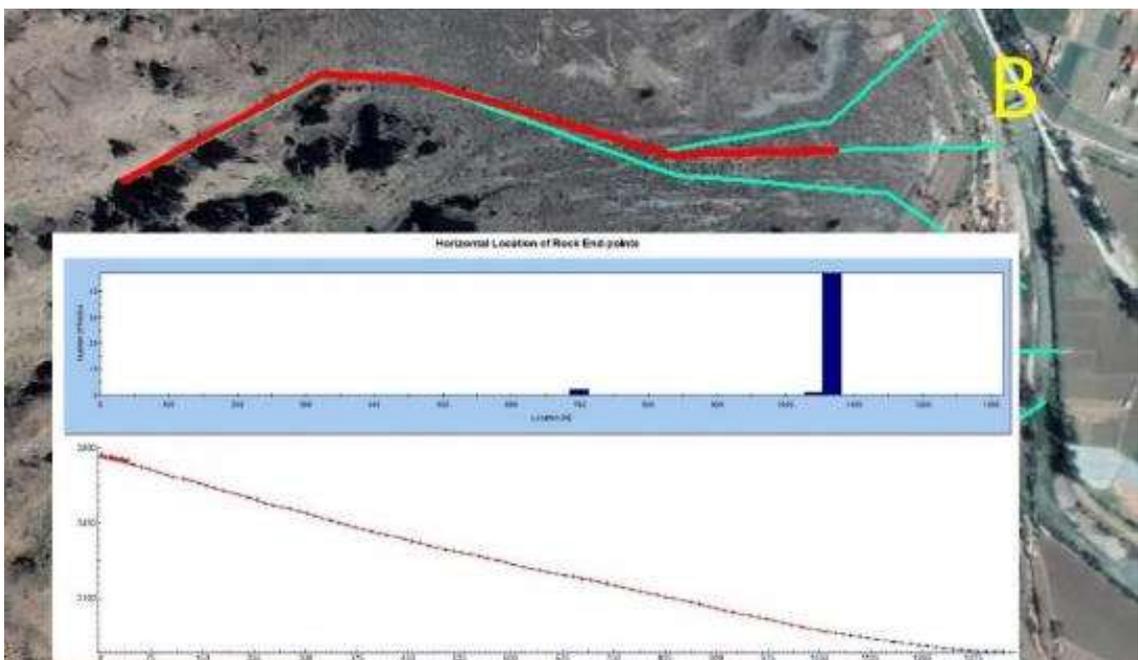


Figura 11: Escenario B, donde los bloques caídos alcanzan una distancia máxima de 1,070 m de distancia.

Escenario C, se realizaron pruebas de bloques que caen desde su origen a 3,755 m s.n.m, simulado bloques de 0.5 kg hasta 38,151 kg, dando como resultado a rocas con alcance máximo de 1,153 m, quedando en media ladera y adosándose a los depósitos coluvio deluviales mientras que algunos bloques alcanzaron los primeros andenes de la APV. Sr. de Choquekillka (Figura 12).

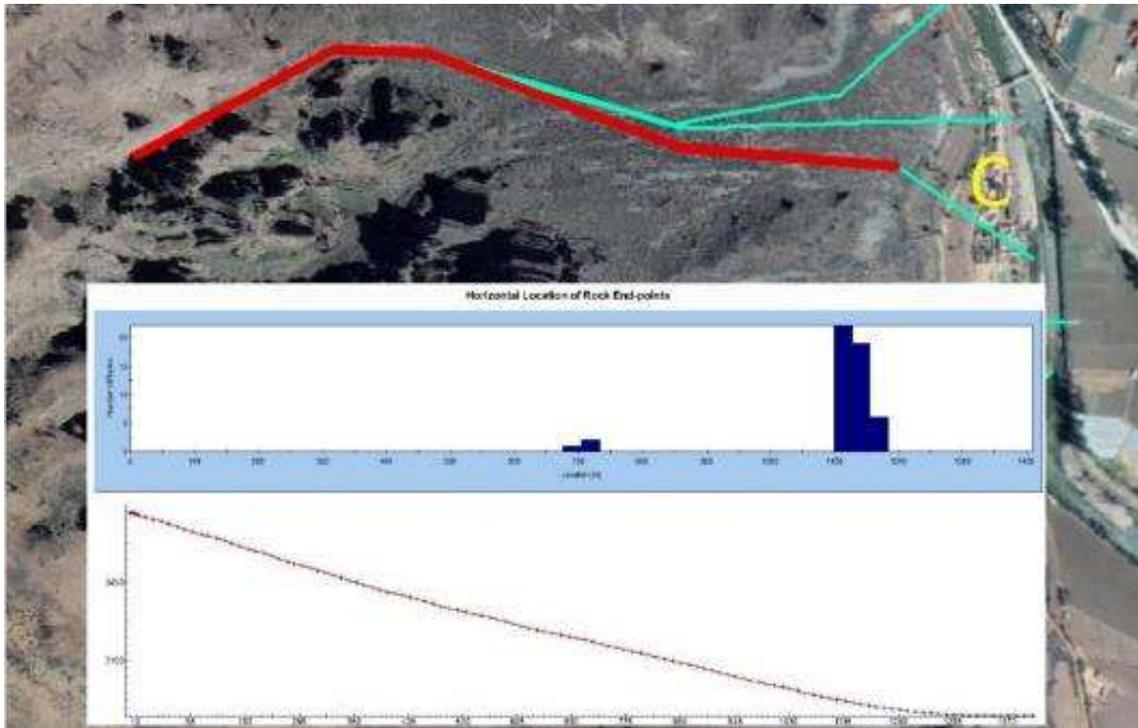


Figura 12: Escenario C, donde los bloques caídos alcanzan una distancia máxima de 1,153 m de distancia.

Escenario D, se realizaron pruebas de bloques que caen desde su origen a 3,810 m s.n.m., simulado bloques de 0.5 kg hasta 38,151 kg, dando como resultado a rocas con alcance máximo de 1,210 m y donde algunas llegaron a la orilla del río Vilcanota, pudiendo afectar por lo menos a 6 viviendas, la plaza y el parque de la APV. Sr. De Choquekillka (Figura 13).

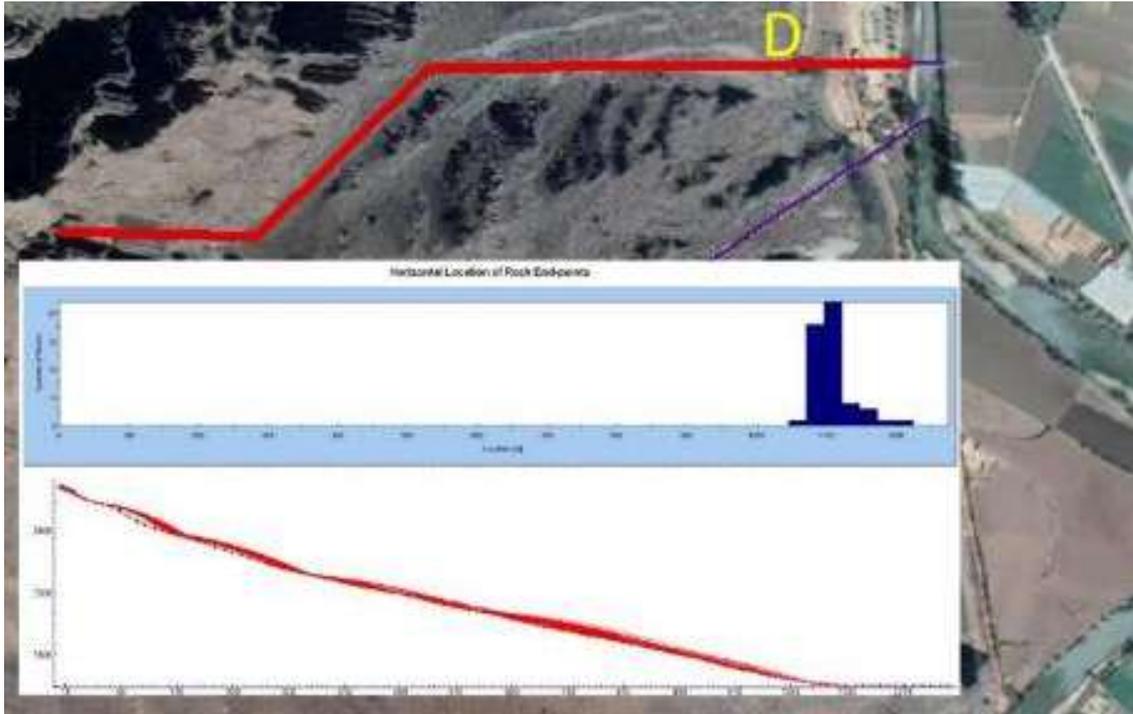


Figura 13: Escenario D, donde los bloques caídos alcanzan una distancia máxima de 1,210 m de distancia.

Finalmente, el escenario E, donde se realizaron pruebas de bloques que caen desde su origen a 3,350 m s.n.m., simulado bloques de 0.5 kg hasta 38,151 kg, dando como resultado a rocas con alcance máximo de 770 m, quedando en media ladera y adosándose a los depósitos coluvio deluviales, mientras que algunos bloques alcanzaron los primeros andenes de la APV. Sr. de Choquekillka (Figura 14).

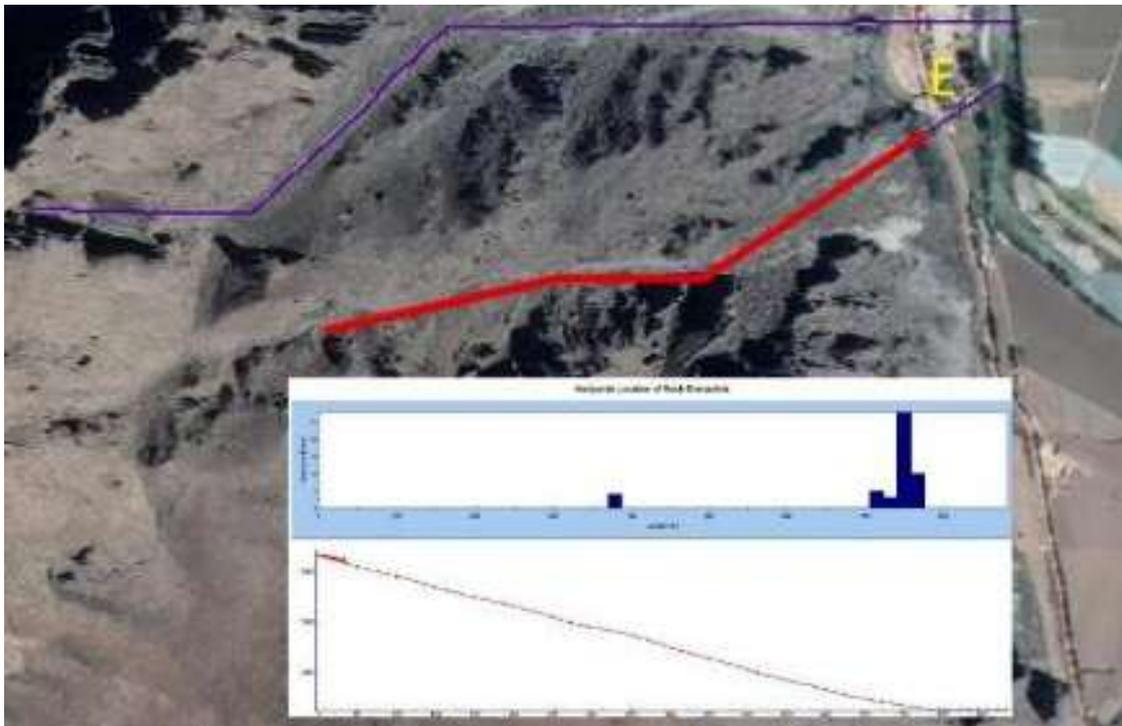


Figura 14: Escenario E, los bloques caídos alcanzan una distancia máxima de 770 m de distancia.

Del análisis de la simulación se obtiene, las rocas del escenario D, desprendidas del cerro Choquepacay pueden afectar a las viviendas ubicadas al pie de ladera alcanzando la orilla del río Vilcanota, desde sus orígenes identificados. Los bloques aumentan la energía de velocidad a media ladera cuando entra en contacto con substrato rocoso, reduciendo cuando pasan sobre los depósitos coluvio deluviales. Estas rocas comúnmente se acumulan a media ladera y al pie de la misma, mientras que algunas alcanzan el río Vilcanota. Es importante mencionar que los escenarios fueron generados para rocas con peso entre 0.5 y 38,151 kg, las que tienen semejantes características a los bloques sueltos que pueden caer en nuevos eventos.

5.4. Factores condicionantes

Factor litológico-estructural

- Substrato rocoso en el sector evaluado está compuesto por andesitas, areniscas y calizas, las que se presentan de poco a medianamente fracturadas y de ligeramente a moderadamente meteorizadas, las fracturas generan bloques sueltos que pueden ceder cuesta abajo.

Factor geomorfológico

- La zona evaluada se encuentra circundada por montañas modeladas en rocas sedimentarias y volcánica cuyas laderas presentan terrenos con pendientes fuertes ($15^\circ - 25^\circ$) a escarpadas ($25^\circ - 45^\circ$), ello permite que los bloques sueltos puedan perder la estabilidad.
- También se aprecia la subunidad de piedemonte coluvio-deluvial, modelando depósitos recientes con pendientes fuertes ($15^\circ - 25^\circ$) donde los bloques caídos no encuentran estabilidad y ruedan por la ladera fácilmente.

Factor antrópico

- El pastoreo de animales ganado vacuno y equino en el sector genera erosión de suelos quitando estabilidad a las rocas que se encuentran sueltas.

5.5. Factores detonantes o desencadenantes

- Presencia de lluvias intensas y/o prolongadas. Lo que genera saturación y erosión de los suelos quitando estabilidad a las rocas sueltas.
- Vientos en el sector, por encontrarse aproximadamente a 3700 m s.n.m. donde la fuerza de los vientos sobre las rocas sueltas puede hacer perder estabilidad a estos.
- Los sismos inducen o desencadenan derrumbes ya que generan energía en los taludes y sobre las rocas sueltas, más aún, cuando las pendientes del sector son muy fuertes.

6. CONCLUSIONES

En base al análisis de información geológica de la zona de estudio, así como a los trabajos de campo y la evaluación de peligros geológicos, emitimos las siguientes conclusiones:

- a) El sector Huayroncoyoc Pampa, el 02 abril 2023, fue afectado por una avalancha de rocas, proveniente del cerro Choquepacay de la ladera noroeste, el evento mencionado tuvo una longitud de arranque de 53 m, la diferencia de elevación entre el arranque y la base de la caída es de 966 m, y el área del depósito abarcó un área de 3 ha.
- b) La avalancha de rocas, mencionada, afectó 1 vivienda, 2 ganados y andenería con cultivo. En toda la ladera del cerro Choquepacay, en los alrededores del sector de Huayroncoyoc Pampa se puede generar nuevos eventos, porque en la ladera se tienen bloques sueltos, donde cualquier factores desencadenantes puede activarlo.
- c) Debido a las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas, el sector Huayroncoyoc Pampa y la APV. Señor de Choquekillka del centro poblado Ollantaytambo, se considerada de **peligro alto a muy alto** a la ocurrencia de avalancha de rocas, los que pueden ser desencadenados en presencia de lluvias intensas y/o prolongadas, vientos o en eventos sísmicos.
- d) Los factores condicionantes del movimiento en masa son:
 - Presencia de substrato rocoso compuesto por andesitas, areniscas y calizas poco a medianamente fracturadas, con fracturamiento abierto, cuñas y ligeramente meteorizadas.
 - Depósitos coluvio- deluviales, están conformados por bloques de diámetro de 1 m (10%), gravas heterométricas (30%), envueltos en matriz areno limosa (60%), poco consolidados, adosados a las laderas de las quebradas.
 - Ladera con material suelto disponible en su superficie, con pendientes escarpadas (25°- 45°), lo que contribuye a la generación de caídas, el evento que se puede desarrollar son rodamiento de bloques que pueden llegar hasta las terrazas.
 - Saturación del terreno, esto incrementa los procesos de erosión de ladera generando inestabilidad en los bloques sueltos que se encuentra en la ladera.
 - Por presencia de lluvia, se genera un lavado del material de relleno que se encuentra entre las fracturas, lo que genera inestabilidad.

7. RECOMENDACIONES

Las recomendaciones que a continuación se brindan tienen por finalidad mitigar el impacto de los peligros geológicos. Así mismo, la implementación de dichas medidas permitirá darle mayor seguridad a la población e infraestructura expuesta a los peligros antes mencionados.

- a) La APV. Señor de Choquekillka se debe declarar como zona no segura para asentamiento poblacional, por lo cual se debe restringir el crecimiento urbano en la zona.
- b) Evitar el pastoreo en el sector de Huayroncoyoc Pampa para reducir la erosión del terreno.
- c) Drenar todos los puquiales ubicados en la ladera del cerro Choquepacay y dentro del cuerpo del deslizamiento y trasladarlos por canales impermeabilizados hasta el río Vilcanota. Con ello se busca que el agua de escorrentía no se infiltre en el terreno.
- d) Realizar un estudio de mecánica de rocas para conocer los volúmenes de rocas que pueden caer cuesta abajo.
- e) Con el estudio de mecánica de rocas y con el apoyo de personal especializado realizar la reducción de los diámetros de las rocas y realizar el desquinche de las rocas sueltas en la ladera del cerro Choquepacay que pueda generar nuevos procesos de caída de rocas. Con fines preventivos las personas que se encuentra en zonas de influencia deben salir de sus viviendas con el fin de salvaguardar su vida.
- f) Instalar enmallado y barreras dinámicas capaces de resistir el peso de los bloques que puedan ceder, todo trabajo debe realizarse con profesionales especializados.
- g) Antes de considerar cualquier tipo de obra de prevención se debe realizar un estudio de mecánica de suelos.
- h) Para evitar generar inestabilidad en las laderas del cerro Choquepacay, no se deben realizar cortes de talud, y de realizarlo debe tener una supervisión especializada.
- i) Se debe realizar un estudio de estabilidad de taludes con la finalidad de reducir la pendiente en la parte baja de la ladera, considerar andenerías para este proceso. Con ello se podrá reducir la velocidad de los bloques que posiblemente se desplacen cuesta abajo.
- j) Forestar con árboles nativos las laderas del cerro Choquepacay y áreas aledañas, con el fin de generar una barrera primaria ante la caída de bloques.
- k) Construir muros de contención para mitigar los efectos de las caídas de rocas.
- l) Implementar un sistema de monitoreo visual constante, con el fin de verificar la posible generación de nuevos bloques sueltos que puedan ceder cuesta abajo. Con la finalidad de brindar en tiempo real información ante la ocurrencia de cualquier movimiento, para la evacuación de personas que se encuentren en el área de influencia de las caídas.
- m) Realizar charlas de sensibilización, para que los pobladores tomen conciencia del problema y estén preparados para eventos futuros, además para mejorar la calidad de sus construcciones, generando obras que mitiguen el peligro.

- n) Realizar la evaluación de riesgos (EVAR), que cuente con un mapeo geológico al detalle, que es la base de este documento, para definir la reubicación de las viviendas que pueden ser afectadas.

8. BIBLIOGRAFÍA

Benavente, C; Delgado, F; Taípe, E.; Audin, L. & Pari, W.; (2013) – Neotectónica y peligros sísmicos en la región Cusco, INGEMMET. Boletín, serie C: Geología Ambiental y Riesgo Geológico, 55, 245 p., 1 Mapa.

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.

Galdos, J.; Carrasco, S. (2003) Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Santo Tomás (29-r). Escala 1:100 000. INGEMMET, 32 p.

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2013). Segundo reporte de zonas críticas por peligros geológicos y geo-hidrológicos en la región Apurímac. Lima: INGEMMET, Informe Técnico A6624, 46p.

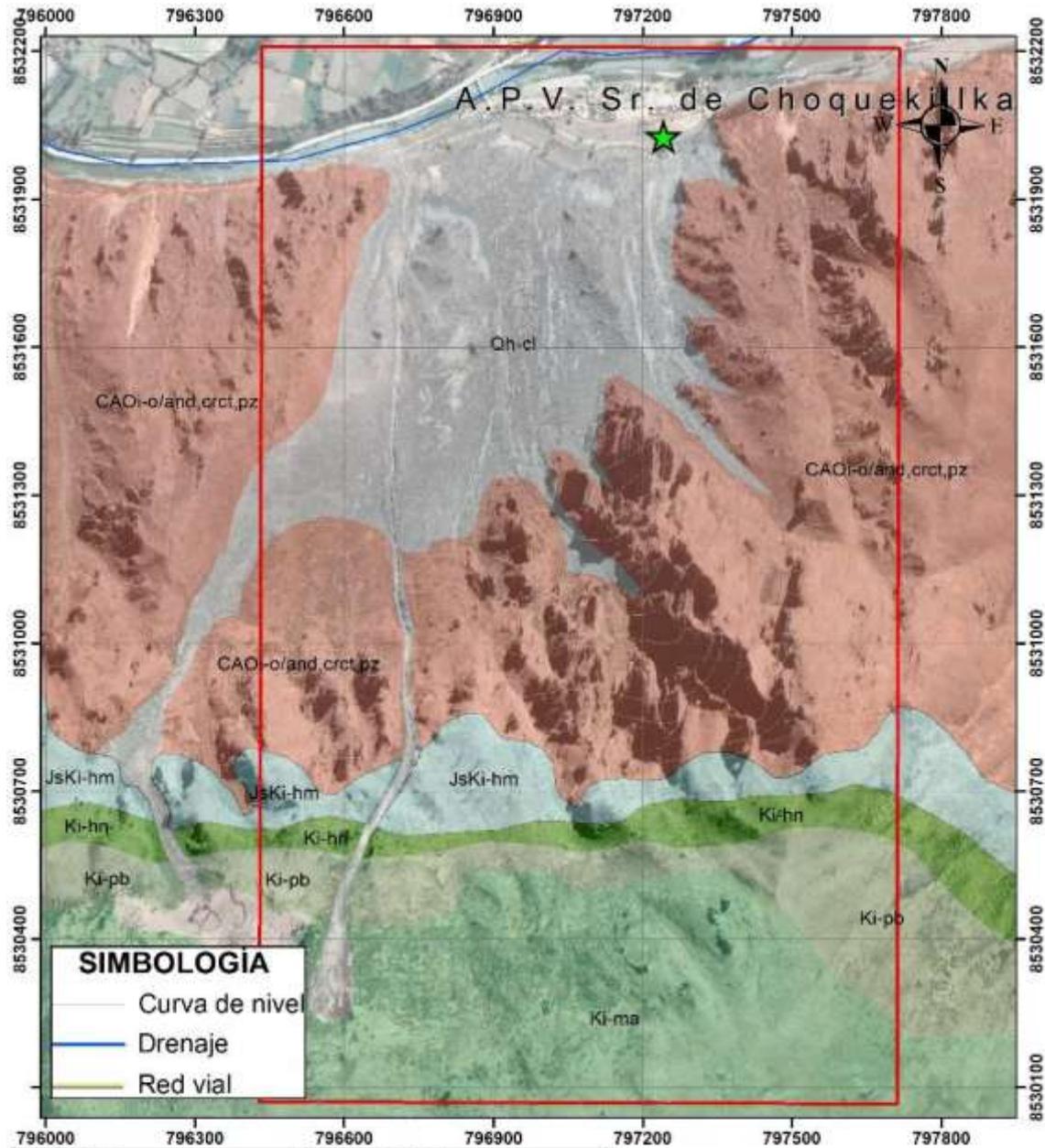
Pecho, V., (1981) – Geología de los cuadrángulos de Chalhuanca, Antabamba y Santo Tomas. hojas 29-p, 29-q, 29-r, INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional, 101 p.

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.

Villacorta, s. Valderrama, p. Vásquez, E. Y Madueño, M (2013). Segundo reporte de Zonas críticas por peligros geológicos y geo-hidrológicos en la región Apurímac. INGEMMET, 46 p.

ANEXO 1: MAPAS



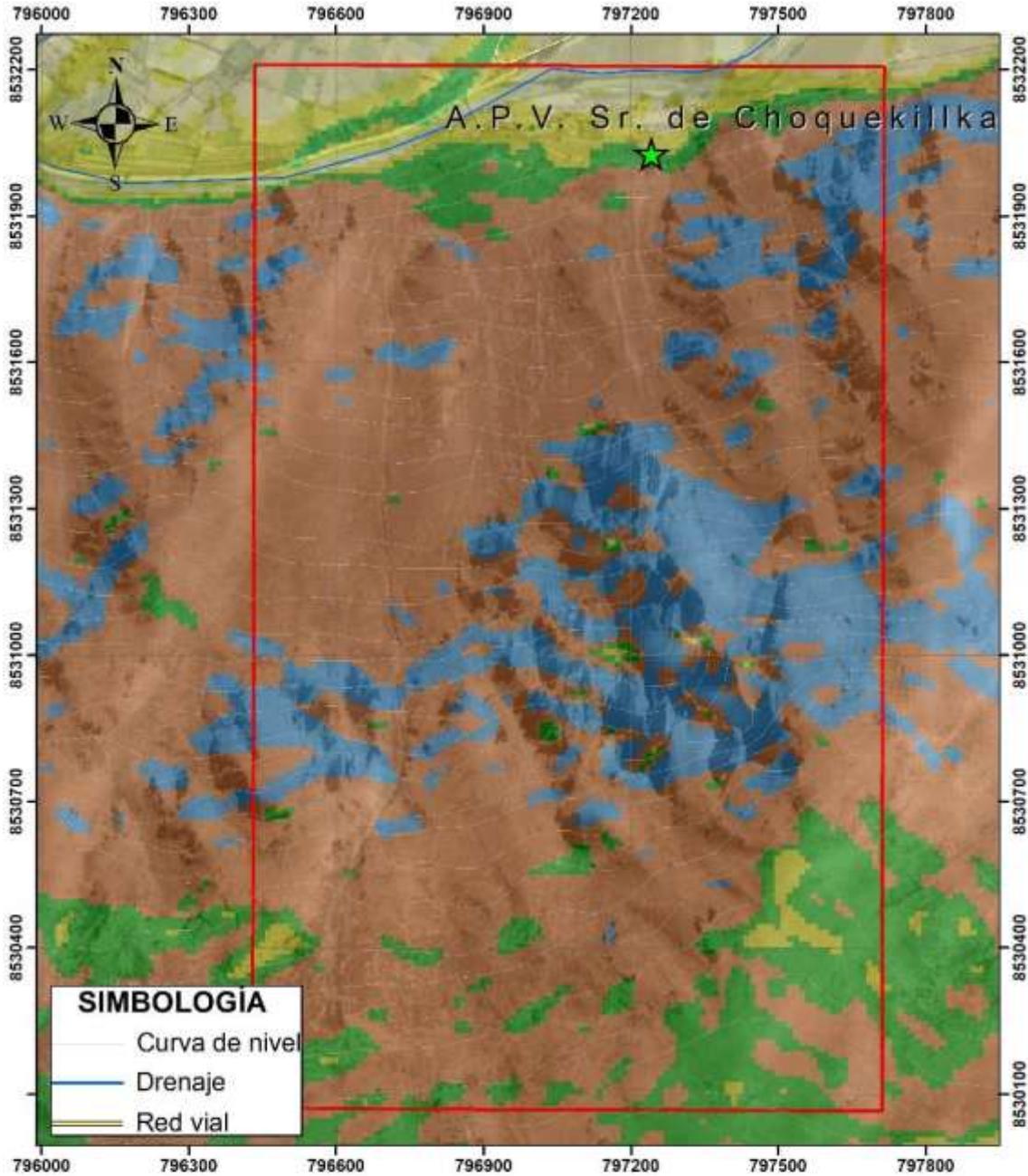
SERIE SISTEMA STRATIGRAFICO		UNIDADES LITOSTRATIGRAFICAS	
CENÓZOICO	cuaternario	Dep. Coluvio-deluvial	Q-cd Bloques y gravas de formas angulosas a sub angulosas, en matriz arenosa arcillosa mal seleccionada e inconsolidadas.
	terciario		
MESOZOICO	cretacico	Fm. Maras	Ki-ma Mezclas caoticas de yeso, lutitas y calizas
	cretacico	Fm. Paucarbamba	Ki-pb Areniscas interc. con limoarcillitas rojas y verdes
	cretacico	Fm. Huancané	Ki-hn Areniscas cuarzosas blancas y rojizas con estratificación sesgada a oblicua
	cretacico	Fm. Huambulo	Jski-hm Conglomerados, areniscas intercaladas con limoarcillitas, lodolitas, calizas y yesos
PALEOZOICO	carbonifero	Grupo Ollantaytambo	CAO-i-o Niveles de andesita de color gris verdosa, brillante con niveles color beige. Niveles de cuarzo verdosa de grano medio a fino.

INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

ACT. 16: SERVICIO DE EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL

Mapa Geológico Figura: **1**

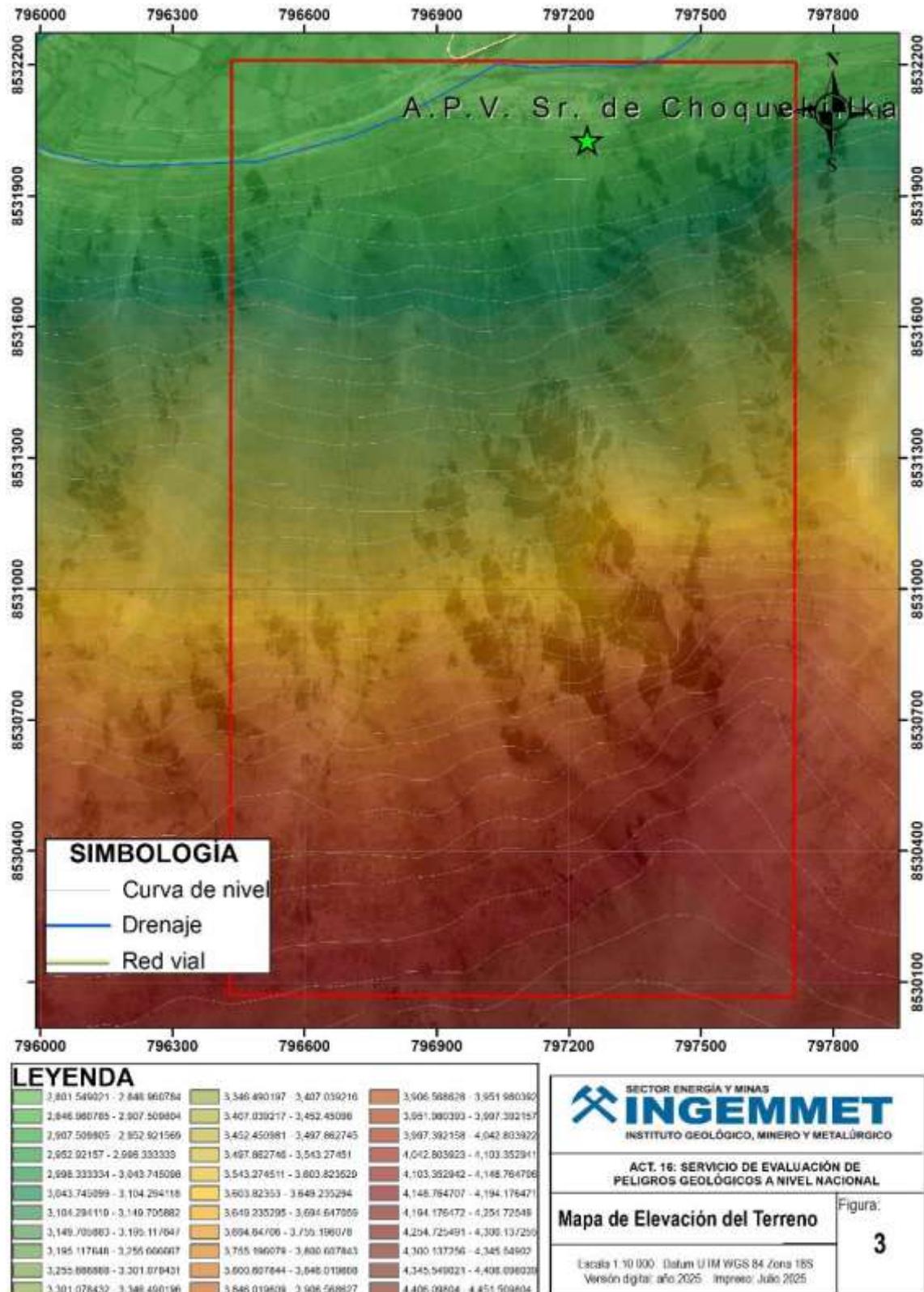
Escala 1:8.000 Datum UTM WCS 84 Zona 18S
 Versión digital: año 2025 Impreso: Julio 2025

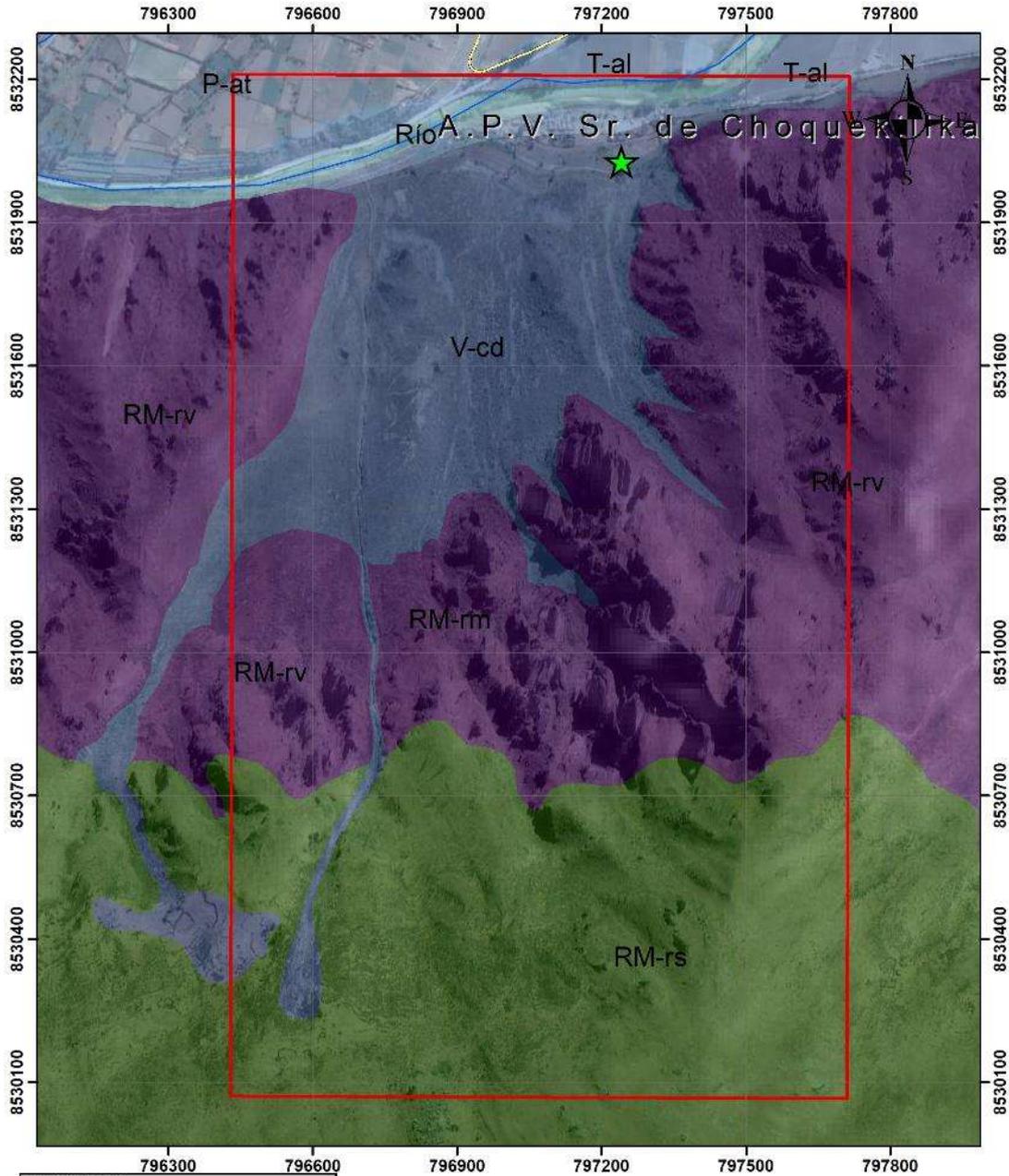


SIMBOLOGIA	
	Curva de nivel
	Drenaje
	Red vial

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

SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO	
ACT. 16: SERVICIO DE EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL	
Mapa de Pendientes	Figura: 2
Escala 1:10 000 Datum UTM WGS 84 Zona 18S Versión digital, año 2025 · Impreso: Julio 2025	

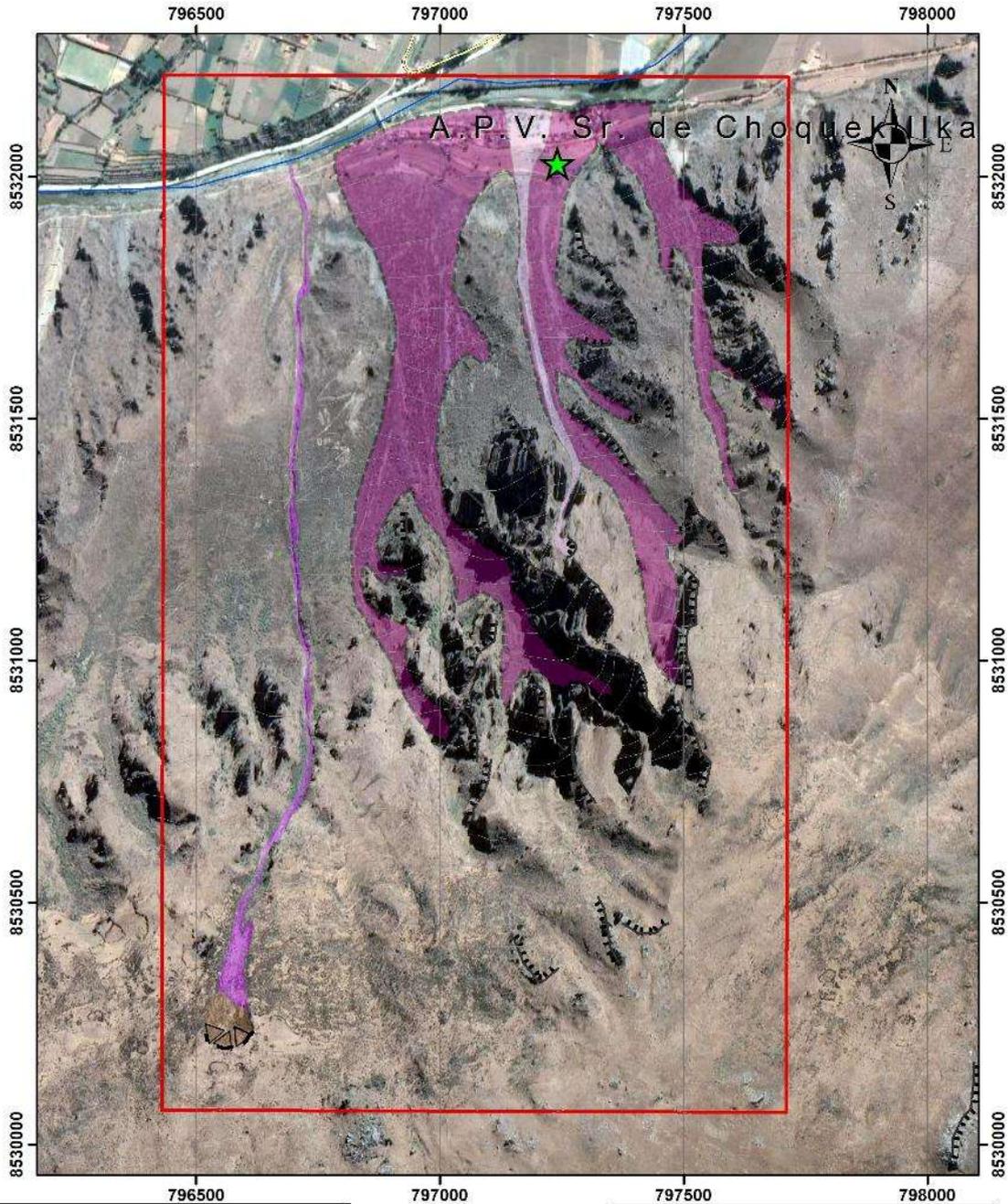




LEYENDA	
	Montaña en roca volcánica
	Montaña en roca sedimentaria
	P-at Vertiente aluvio-torrencial
	T-al Terraza aluvial
	V-cd Vertiente coluvio deluvial

SIMBOLOGÍA	
	Curva de nivel
	Drenaje
	Red vial

SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO	
ACT. 16: SERVICIO DE EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL	
Mapa Geomorfológico	Figura: 4
Escala 1:10 000 Datum UTM WGS 84 Zona 18S Versión digital: año 2025 Impreso: Julio 2025	



LEYENDA	
	Avalancha de rocas activa
	Avalancha de rocas latente
	Flujo de detritos
	Deslizamiento latente
	Escarpa de caída
	Escarpa de deslizamiento

SIMBOLOGÍA	
	Drenaje
	Red vial
	Curvas de nivel

<p>SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO</p>	
ACT. 16: SERVICIO DE EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL	
Cartografía de peligros	Figura: 5
Escala 1:10 000 Datum UTM WGS 84 Zona 18S Versión digital año 2025 Impreso Julio 2025	

