



PERÚ

Ministerio  
de Energía y Minas



SECTOR ENERGÍA Y MINAS

**INGEMMET**

INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

**Informe Técnico N° A7740**

# EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR EROSIÓN DE LADERA EN LA AV. JOSÉ MARÍA ARGUEDAS

Departamento: Cusco

Provincia: Cusco

Distrito: Santiago



MARZO  
2026

## **EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR EROSIÓN DE LADERA EN LA AV. JOSÉ MARÍA ARGUEDAS**

(Distrito Santiago, provincia y departamento Cusco)

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

*Equipo de investigación:*

*David Prudencio Mendoza*

*Mauricio Núñez Peredo*

### **Referencia bibliográfica**

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2026). Evaluación de peligros geológicos por erosión de ladera en la Av. José María Arguedas. Distrito Santiago, provincia y departamento Cusco. Lima: INGEMMET, Informe Técnico A7740, 28p.

## INDICE

<b>RESUMEN</b> .....	1
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	2
<b>1.1. Objetivos del estudio</b> .....	2
<b>1.2. Antecedentes y trabajos anteriores</b> .....	3
1.2.1. Ubicación.....	4
1.2.2. Accesibilidad.....	5
1.2.3. Clima .....	5
<b>2. DEFINICIONES</b> .....	6
<b>3. ASPECTOS GEOLÓGICOS</b> .....	7
<b>3.1. Unidades litoestratigráficas</b> .....	8
3.1.1. Formación Kayra .....	8
3.1.2. Depósitos cuaternarios .....	8
A. Formación San Sebastián.....	9
B. Depósitos Fluviales.....	9
C. Depósitos Coluvio-deluviales.....	9
<b>4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS</b> .....	11
<b>4.1. Pendientes del terreno</b> .....	11
<b>4.2. Unidades geomorfológicas</b> .....	11
4.2.1. Unidad de montaña .....	11
4.2.2. Unidad de piedemonte.....	11
<b>5. PELIGROS GEOLÓGICOS Y/O GEOHIDROLÓGICOS</b> .....	13
<b>5.1. Peligros geológicos por procesos de erosión en laderas tipo cárcavas</b> .	13
<b>5.2. Factores condicionantes</b> .....	18
<b>5.3. Factores detonantes o desencadenantes</b> .....	19
<b>6. CONCLUSIONES</b> .....	20
<b>7. RECOMENDACIONES</b> .....	21
<b>8. BIBLIOGRAFÍA</b> .....	22
<b>ANEXO 1: MAPAS</b> .....	23

## RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por erosión en ladera de tipo cárcava, realizado en la Av. José María Arguedas, perteneciente a la A.P.V. del mismo nombre, distrito de Santiago, provincia y 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 rocas sedimentarias de la Formación Kayra, conformadas por areniscas feldespáticas intercaladas con limolitas, las que se encuentran muy fracturadas, moderadamente meteorizadas, y susceptibles a la ocurrencia de eventos de movimientos en masa. En las laderas, se tiene a la Formación San Sebastián y depósitos coluvio-deluviales, los cuales se caracterizan por ser materiales sueltos, heterométricos, de baja a moderada compactación y elevada porosidad, que facilitan la infiltración y circulación de agua en el subsuelo, generando terrenos con mayor susceptibilidad a la erosión y remoción de detritos.

Las unidades geomorfológicas identificadas corresponden a montañas en roca sedimentaria, cuyas laderas presentan terrenos con pendientes fuertes (15°-25°) a escarpadas (25° a 45°), generando zonas susceptibles a la erosión. Además, se tiene subunidades de vertiente de piedemonte coluvio - deluvial, modelando depósitos recientes con pendientes moderado (5°- 15°) a fuertes (15° - 25°), donde los depósitos se encuentran poco estables.

Se evaluaron dos cárcavas en la zona de estudio de las cuales la cárcava A presentó actividad el año 2025, este evento ha presentado actividad morfodinámica continua, evidenciada por el incremento progresivo de su profundización y ensanchamiento lateral. El material erosionado ha sido transportado a lo largo de aproximadamente 153 m, alcanzando un ancho promedio de 8 m y una profundidad estimada de 15 m.

Actualmente el borde de la cárcava se encuentra a 1 m de dos viviendas ubicadas en sus márgenes, existiendo la probabilidad de colapso y caída de las estructuras hacia el cauce erosivo. Asimismo, se identifican dos viviendas y una construcción para garaje adicionales localizadas por encima de la vía Av. J. M. Arguedas, las cuales también podrían verse afectadas, además de 15 m de vía, en caso de que continúe la expansión lateral de la cárcava.

Por las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas, la Cárcava A, que cruza en la Av. José María Arguedas, es considerada como **zona crítica de peligro alto** ante la ocurrencia de ensanchamiento y profundización de la Cárcava y derrumbes de sus márgenes, los que pueden ser desencadenados en presencia de lluvias intensas y/o prolongadas.

Finalmente, se brindan algunas recomendaciones a fin de que las autoridades competentes pongan en práctica; entre ellas: realizar zanjas de coronación y en espina de pescado, igualmente realizar diques o trinchos transversales construidos con materiales propios de la zona, realizar un estudio geotécnico detallado que permita evaluar la estabilidad de los taludes y definir medidas de estabilización, forestar con plantas nativas dentro de la cárcava para evitar perder más suelos y con arbusto en los alrededores e instalar geomantas en los sectores con pendientes fuertes y muy fuertes que permitan que se genere vegetación, entre otras.

## 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 “Servicio de 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 en zonas que tengan elementos vulnerables.

Atendiendo el decreto supremo N°043-2025-PCM que declara en emergencia el distrito de Santiago, provincia y departamento de Cusco es en el marco de nuestras competencias que se realiza una evaluación de peligros geológicos en la Av. José María Arguedas perteneciente a la A.P.V. del mismo nombre, por encontrarse en peligro ante “erosión en laderas de tipo cárcavas y derrumbes latentes”. Estos eventos son recurrentes en época de lluvias, con última manifestación registrada en el 2025 la cual podría afectar a 4 viviendas, 1 garaje y 15 m de la vía.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designó a los ingenieros geólogos David Prudencio Mendoza y Mauricio Núñez Peredo realizar la evaluación de peligros geológicos respectiva. El trabajo de campo se realizó el 11 de marzo de 2025 y se contó con el apoyo de un representante de la oficina de Defensa Civil de la Municipalidad de Santiago y los representantes de la A.P.V. José María Arguedas, quienes comentaron lo ocurrido en el sector.

La evaluación técnica se realizó en tres etapas: i) Pre-campo con la recopilación de antecedentes e información geológica y geomorfológica del INGEMMET; ii) trabajo de campo a través de la observación, toma de datos (puntos GPS, tomas fotográficas), cartografiado, recopilación de información y testimonios de población local afectada; iii) etapa final de gabinete, donde se realizó el procesamiento de toda información terrestre, 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 Santiago 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 la Av. José María Arguedas.
- 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 Santiago, se tienen:

- A) En el boletín N°74, serie C: Peligros geológicos en la región Cusco (Vílchez, et al., 2020), en el cual realizó un análisis de susceptibilidad a movimientos en masa (escala 1:100000), donde la A.P.V. José María Arguedas presenta susceptibilidad media, alta y muy 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).

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

CARACTERÍSTICAS DE LOS TERRENO	RECOMENDACIONES
<b>Muy Alta susceptibilidad:</b> 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
<b>Alta susceptibilidad:</b> 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°80, serie C: Peligros geológicos por movimientos en masa e inundación fluvial en la ciudad de Cusco (Medina, et al., 2021), se realizó la identificación de 26 puntos críticos, que son lugares expuestos a peligros geológicos con potencial de generar desastres. En dicho estudio la Av. José María Arguedas es identificada como zona crítica debido a la presencia de dos cárcavas que han mostrado crecimiento progresivo en los últimos años (cuadro 2).

Cuadro 2. Puntos críticos a peligros geológicos por procesos de movimientos en masa y otros en el distrito de Santiago. Fuente: Medina, et al., 2021

Código en mapa	Paraje o sector / Coordenadas UTM	Peligro geológico	Comentario geodinámico	Elementos expuestos y/o daños	Recomendaciones
24	Av. J. M. Arguedas (sector Tinco) 177559 /8501470	Cárcavas - derrumbes	El proceso de cárcava se desarrolla sobre rocas sedimentarias intensamente fracturadas compuestos de areniscas intercalas con niveles finos de arenisca fina perteneciente a la Formación Kayra (fotografía 10.48). Dentro de la cárcava ocurren pequeños derrumbes discontinuos y escarpas irregulares.	La continuidad de la erosión en cárcava afectará las viviendas construidas en sus bordes.	Reubicar las viviendas construidas en los bordes de la cárcava. Impermeabilizar los taludes de la cárcava. Construir sistema de drenaje.

- C) En el Boletín N° 138, serie A, Carta Geológica Nacional: “Geología del cuadrángulo de Cusco” hojas: 28-s (Carlotto, et al., 2011); y la “Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Cusco (28-s)”, a escala 1:50 000 (Carlotto, et al., 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 evaluado.

## Aspectos generales

### 1.2.1. Ubicación

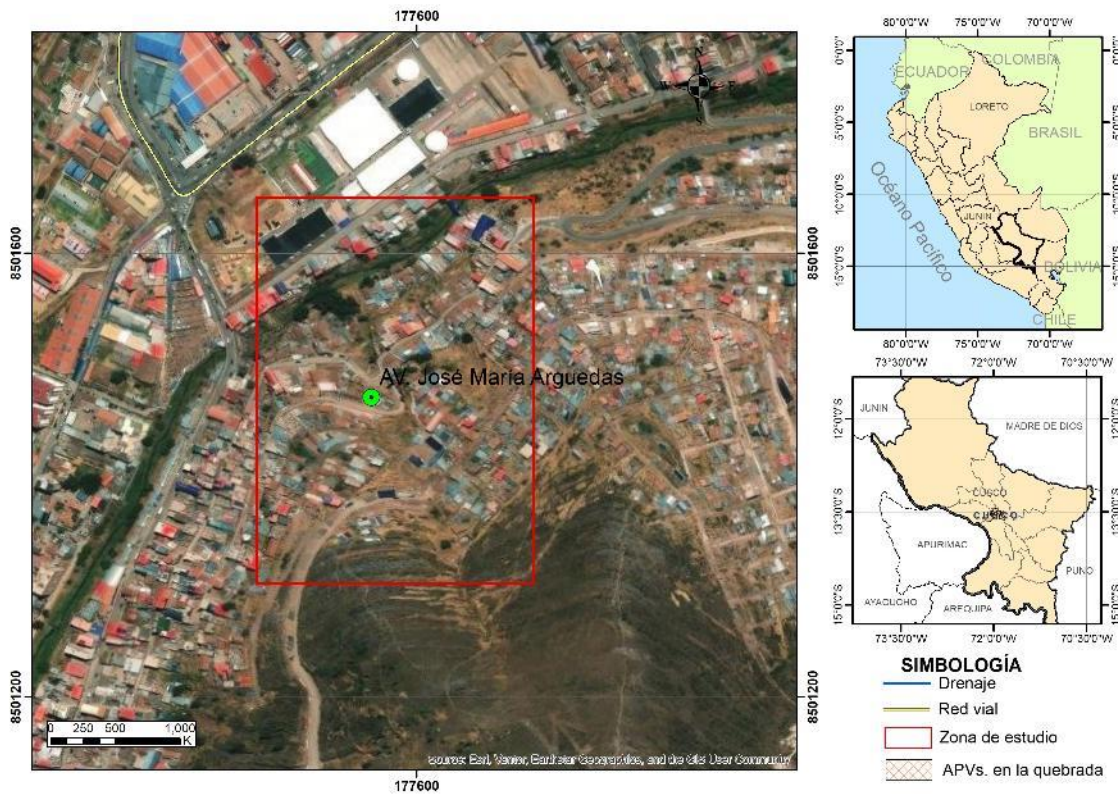
Las cárcavas identificadas se disponen de manera transversal a la Av. José María Arguedas, vía localizada en la A.P.V. José María Arguedas, situada aproximadamente a 1.3 km al sureste de la plaza principal del distrito, en la margen derecha del río Huancaro.

Asimismo, el ámbito de estudio se encuentra delimitado: hacia la parte baja, por la A.P.V. Vallesito Rumi Huancaro; y hacia la parte alta, por las A.P.V.s Qosqo Kawarina y El Solar.

Políticamente se encuentran dentro del distrito Santiago, provincia Cusco, departamento Cusco. (Figura 1), cuyas coordenadas centrales UTM (WGS84 – Zona 19S) son (Tabla 1):

**Tabla 1.** Coordenadas del área de estudio

N°	UTM - WGS84 - Zona 18S		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	177455	8501649	-13.535779°	-71.799692°
2	177705	8501649	-13.535806°	-71.977384°
3	177705	8501300	-13.538958°	-71.977424°
4	177455	8501300	-13.538930°	-71.979731°
<b>COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA</b>				
C	177612	8501534	-13.536834°	-71.978256°



**Figura 1.** Ubicación de la Av. José María Arguedas del distrito de Santiago.

### 1.2.2. Accesibilidad

El acceso se realizó por vía terrestre desde el Ingemmet - OD Cusco, hasta el sector evaluado, 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 – plaza Santiago	Asfaltada	4	15 min
Plaza Santiago - Av. J. M. Arguedas	Asfaltada	2.5	5 min

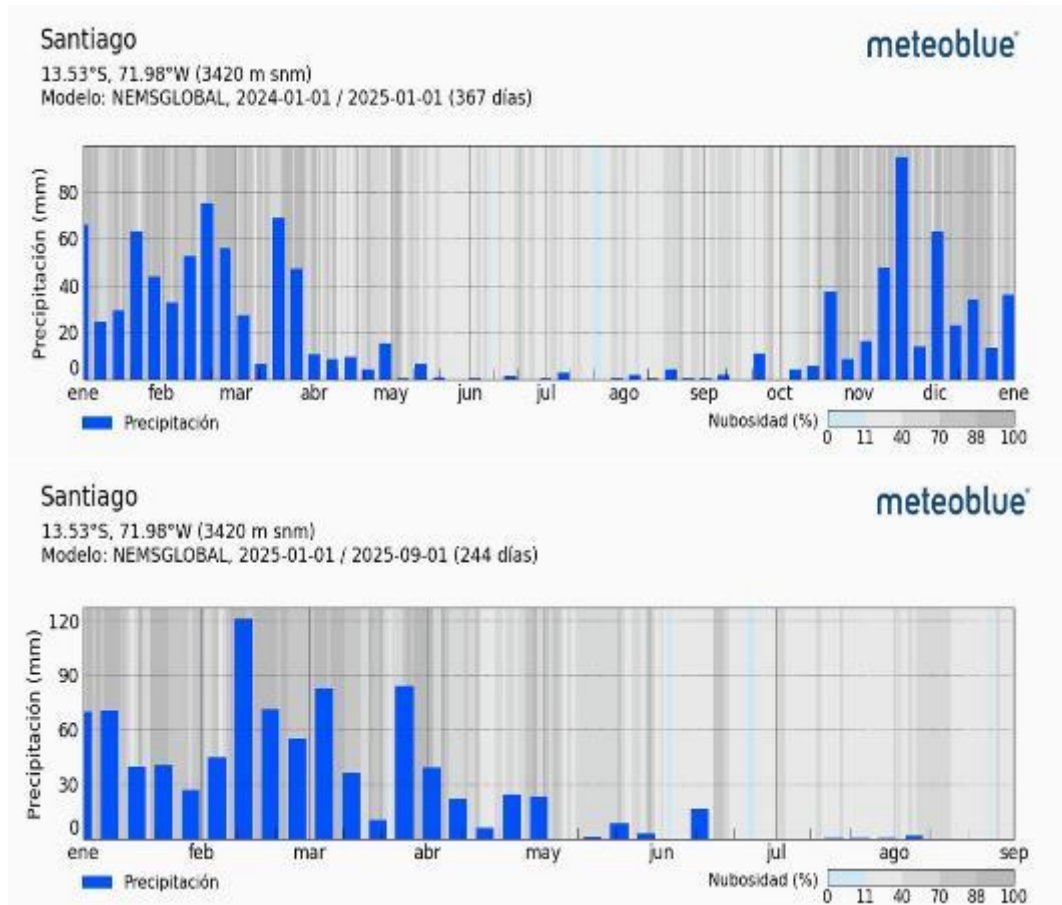
### 1.2.3. Clima

Según la clasificación climática de Thornthwaite (SENAMHI,2020), el sector evaluado presenta un clima templado, semiseco con otoño e invierno secos.

Presenta una frecuencia de precipitación estacional entre los meses de diciembre a marzo, cuyas precipitaciones acumuladas del anuales varían aproximadamente entre 500 mm a 900 mm, además, en los meses de junio a setiembre presenta temperaturas máximas que oscilan entre 23°C a 27°C y mínimas entre 5°C a 11°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.

En la siguiente figura se muestran datos de precipitación, en los que se aprecian las precipitaciones acumuladas semanales correspondiente al periodo 2024 y 2025, y donde se muestra que en febrero del 2025 se registraron valores elevados de lluvia acumulada, alcanzando aproximadamente 120 mm (figura 2).



**Figura 2.** Precipitaciones acumuladas del periodo 2024 y 2025, donde el mes de febrero de 2025 se aprecia la más elevada, registrando aproximadamente 120 mm. Fuente: Meteoblue.

## 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 el Boletín N° 138, serie A, Carta Geológica Nacional: "Geología del cuadrángulo de Cusco" hojas: 28-

s (Carlotto, et al., 2011); y la “Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Cusco (28-s)”, a escala 1:50 000 (Carlotto, et al., et al., 2003); donde se aprecian principalmente unidades litoestratigráficas de naturaleza sedimentaria como la Formación Kayra cubiertos por depósitos cuaternarios.

De igual manera, esta información se complementó con trabajos de interpretación de imágenes de satélite, vuelos de dron y observaciones de campo.

### **3.1. Unidades litoestratigráficas**

En las partes altas de la ladera evaluada afloran rocas sedimentarias de la Formación Kayra el cual se encuentra cubierto por depósitos coluviales y aluviales acumulados desde el Pleistoceno hasta la actualidad (Anexo 1 - Mapa 1).

#### **3.1.1. Formación Kayra**

Esta formación aflora principalmente en las partes altas de las laderas, al sur del área evaluada. Los afloramientos observados de la unidad litoestratigráfica son de un medio fluvial entrelazado y llanura de inundación, compuestas por areniscas feldespáticas intercaladas con niveles de limolita y bancos de micro conglomerados, los que se encuentran moderadamente meteorizada y muy fracturada. Estas litologías evidencian una variabilidad granulométrica y textural, que condiciona un comportamiento geomecánico heterogéneo, con presencia de planos de debilidad asociados a la estratificación y al fracturamiento. (fotografía 1)



**Fotografía 1:** Micro conglomerados con clastos volcánicos característico de la Formación Kayra. Estas rocas se muestran muy fracturados y moderadamente meteorizadas.

#### **3.1.2. Depósitos cuaternarios**

Son los depósitos más recientes, fueron datados desde el pleistoceno, depositando materiales hasta la actualidad.

## A. Formación San Sebastián

Esta unidad aflora en los flancos del río Huancaro, y se observa principalmente al norte de la zona evaluada, circundando la Av. J.M. Arguedas. Litológicamente, está constituida por dos secuencias: la primera que forma una terraza con niveles de areniscas fluviales y lutitas lacustres o palustres (fotografía 2); mientras que en la parte superior o al sur de la zona evaluada se aprecia la segunda secuencia compuesta por conglomerados y areniscas en depósitos de conos y terrazas fluvio torrenciales que indican el cierre de la cuenca sedimentaria (Carlotto et al., 2011) (figura 3).



**Fotografía 2:** Vista de la Formación San Sebastián, primera secuencia, compuesto por areniscas y lutitas lacustres. Coordenadas referenciales UTM WGS-84, 19S, E:8501563; N:177594.

## B. Depósitos Fluviales

Estos depósitos se encuentran dispuestos a lo largo del río Huancaro, está compuesto por bloques sub redondeados de diversos diámetros y gravas en matriz areno limosa, que son arrastrados y depositados por el flujo del río en épocas de crecida.

## C. Depósitos Coluvio-deluviales

Son materiales depositados en las laderas, presentan transporte ladero abajo por acción de las lluvias y la gravedad. En la zona de estudio se aprecia en la margen derecha del río Huancaro, siendo depósitos compuestos por gravas 30% en matriz arcillo areno limoso 70%, dispuestos caóticamente a causa de los deslizamientos y derrumbes que fueron arrastrados por la pendiente y la escorrentía que ocurre en la zona (figura 4).



**Figura 3:** Vista de la Formación San Sebastián, segunda secuencia, compuesto por conglomerados y areniscas de conos fluvio torrenciales. Coordenadas referenciales UTM WGS-84, 19S, E:8501561; N:177622.



**Figura 4:** Depósito coluvio - deluvial compuesto por gravas envueltas en matriz arcillo areno limosa.

## 4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

### 4.1. Pendientes del terreno

La pendiente del terreno es un parámetro importante en la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa, ya que actúa como factor condicionante y dinámico en la generación de movimientos en masa.

Se presenta el mapa de pendientes (Anexo 1 - Mapa 2) y el mapa de elevaciones (Anexo 1 - Mapa 3), elaborados a partir de un modelo de elevación digital (MDE) de 12.5 m de resolución; obtenido del satélite Alos Palsar (USGS).

La Av. J.M. Arguedas, se encuentra en una altitud aproximada de 3450 m s.n.m, la zona más baja es el río Huancaro con una altitud de 3400 m s.n.m. Hacia la parte alta, donde se encuentra la A.P.V. Qosqo Kawarina está a una altitud de 3500 m s.n.m.

Además, en la parte baja de la Av. J.M. Arguedas se evidencian los procesos de erosión en cárcavas, donde el terreno presenta pendientes muy escarpadas (45 °- 90°) asociadas a laderas abruptas generados por la incisión erosiva. Por encima de la avenida, las laderas muestran pendientes fuertes (15° - 25°) a muy fuertes (25°- 45°) susceptibles a la ocurrencia de derrumbes o deslizamientos.

### 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, 2020). 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):** conformada por anticlinales y sinclinales con superficies onduladas y disectadas por quebradas ligeramente profundas. Se encuentra representada por un relieve modelado en afloramientos rocosos de la Formación Kayra, donde sus laderas presentan pendientes fuertes a muy fuertes (Figura 5).

#### 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 y depósitos de tipo glaciar – fluvial.

**Subunidad de vertiente coluvio - deluvial (V-cd):** Están formadas por acumulaciones de materiales en laderas o acantilados de valles, originado por procesos de movimientos en masa antiguos y recientes, con reacomodos a causa de la escorrentía y gravedad, donde no es posible distinguirlo como unidades individuales, su litológica se compone de gravas en matriz arcillo limo arenoso, de naturaleza sedimentaria.

Esta sub unidad se presenta por encima de la Av. J.M. Arguedas, se presentan poco compactos y es material susceptible a trasladarse por la quebrada por la acción de la escorrentía y la gravedad (Fotografía 3) (Figura 5).

#### 4.2.2.1. Unidad de planicie

Se considera unidad de planicie a terrenos con pendientes de tipo llano a suave, asociado a depósitos aluviales antiguos y fluvio-glaciares, limitado en muchos casos por depósitos de piedemonte y laderas de montaña (Zavala & Vílchez, 2006).

**Subunidad de terraza aluvial (T-al):** Corresponde a superficies relativamente planas ubicadas en ambos márgenes de la llanura de inundación o del cauce principal del río, situadas a niveles topográficos superiores respecto al lecho actual. Estas geoformas representan antiguos niveles de sedimentación fluvial, los cuales han sido posteriormente disectados por procesos de incisión y profundización del valle.

En el área de estudio se ubica principalmente en la margen izquierda del río Huancaro, también se reconoce en la margen derecha del río, donde se presentan como terrazas aluviales altas, compuesta por la Formación San Sebastián. Sobre la que se encuentra emplazada la Av. J. M. Arguedas. (Figura 5).



**Figura 5:** vertiente coluvio - deluvial, depósitos con nuevas movilizaciones pendiente a bajo



**Fotografía 3:** vertiente coluvio - deluvial, depósitos con nuevas movilizaciones pendiente a bajo.

## 5. PELIGROS GEOLÓGICOS Y/O GEOHIDROLÓGICOS

Los peligros geológicos reconocidos en la zona evaluada, corresponden a movimientos en masa de tipo derrumbes y sus reactivaciones, así como de otros peligros geológicos de tipo erosión en cárcava (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 procesos de erosión en laderas tipo cárcavas

A lo largo de la Av. J.M. Arguedas se evaluaron dos cárcavas, las cuales, para efectos del presente informe, serán descritos como “**Cárcava A**” y “**Cárcava B**”.

La **Cárcava A** se dispone transversalmente a la Av. J.M. Arguedas, con procesos activos de ensanchamiento y profundización del canal erosivo. En la parte alta, por encima de la vía, se apreció 20 m que ha sido intervenido mediante canalización, sobre el cual se ha construido un garaje. Esta intervención antrópica ha modificado las condiciones naturales de drenaje, favoreciendo la concentración del flujo y la inestabilidad de los márgenes, lo que ha contribuido al inicio y desarrollo del ensanchamiento de la cárcava.

Asimismo, se observan derrumbes en las márgenes del canal, cuyos materiales colapsan hacia la base y son posteriormente removilizados por la escorrentía superficial, siendo transportados aguas abajo hasta su descarga en el río Huancaro por la margen derecha.

Por otro lado, aguas abajo de la vía, la cárcava presenta un proceso marcado de profundización generada por el flujo de agua y el transporte de sedimentos. Este proceso ha ocasionado la disectación de la terraza aluvial, generando laderas casi verticales, lo cual está relacionado con la baja competencia y escasa cohesión de los materiales que conforman el depósito

La profundización observada en la parte media y baja de la cárcava, afectan a dos viviendas, ubicadas a menos de 1 m del borde del canal erosivo (Figura 6). Esta situación se ha visto agravada durante el presente año, debido a la ocurrencia de lluvias intensas y/o prolongadas, las cuales han incrementado la escorrentía superficial y acelerado los procesos erosivos.



**Figura 6:** En círculos rojos las viviendas que pueden ser afectadas, ubicadas al borde de la cárcava “A” y junto a la Av. J.M. Arguedas.

Debido al proceso de ensanchamiento lateral de la Cárcava A (Figuras 7 y 8), se identifican elementos expuestos que podrían resultar afectados en caso de continuar la evolución del proceso erosivo. En la parte superior, adyacente a la Av. J. M. Arguedas, se encuentran dos viviendas, un garaje construido sobre el canal de la cárcava y aproximadamente 15 m de la vía, las cuales presentan condición de amenaza ante el posible avance retrogresivo de las márgenes de la cárcava.

Asimismo, en la parte baja del cauce erosivo, hacia el sector de la A.P.V. Vallecito de Rumihuancaro, se identifican dos viviendas ubicadas próximas a la zona de

desembocadura con el río Huancaro. Estas viviendas podrían verse afectadas por el transporte y acumulación de materiales detríticos, los cuales son movilizados a través del canal de la cárcava en forma de flujos durante eventos de lluvias intensas (Figuras 9 y 10).



**Figura 7:** En la cabecera de la cárcava se aprecia la construcción de un garaje sobre el canal de la cárcava, además se evidencian procesos de derrumbe en las márgenes, generando el colapso de materiales que se acumulan en el fondo del canal erosivo.



**Figura 8:** Por encima de la Av. J.M. Arguedas la cárcava presenta procesos de ensanchamiento lateral asociados a derrumbes en sus márgenes, cuyos materiales colapsan y se depositan hacia el canal erosivo.



**Figura 9:** La A.P.V. Vallecito de Rumihuancaro se ubica en la desembocadura de la cárcava “A” con el río Huancaro.



**Figura 10:** La A.P.V. Vallecito de Rumihuancaro se ubica en la confluencia de la cárcava con el río Huancaro, este sector presenta depósitos que están invadiendo a las viviendas

La cárcava A presenta dimensiones visibles de:

- Ancho promedio: 8 m.
- Recorrido: 153 m.
- Profundidad máxima: 15 m.
- Dirección: N 322°
- Estado evolutivo: cárcava activa, con ensanchamiento en la cabecera y profundizado en la parte baja.
- Forma del drenaje: lineal.
- Movimientos en masa potenciales: derrumbes en la cabecera.

La **Cárcava B** se ubica en el límite con la A.P.V. Barrio de Dios. Durante los trabajos de campo, esta cárcava se observó relativamente estable, presentando cobertura vegetal en el canal y en sus márgenes. Dicha vegetación contribuye a disminuir la erosión superficial, al favorecer la retención de sedimentos, la reducción de la velocidad de la escorrentía y la estabilización parcial de los materiales del canal (Figuras 11 y 12).



**Figura 11:** Limite entre la A.P.V. Barrio de Dios y José María Arguedas, vista tomada desde la Av. J.M. Arguedas. En la parte alta de la cárcava se aprecian muros de contención realizada para la vía. Coordenadas referenciales UTM WGS-84, 19S, E:8501481; N:177558.



**Figura 12:** Vista de la parte baja de la cárcava, la cual presenta vegetación dentro del canal por lo que no se aprecia erosión.

La cárcava B presenta dimensiones visibles de:

- Ancho promedio: 15 m.
- Recorrido: 300 m.
- Profundidad máxima: 10 m.
- Dirección: N 341°.
- Estado evolutivo: cárcava estabilizada, con paredes suaves, pendientes más estable y vegetación en el fondo y sus laderas.
- Forma del drenaje: lineal.

## 5.2. Factores condicionantes

### Factor litológico-estructural

- Substrato rocoso de la Formación Kayra compuesta por areniscas feldespáticas y limolitas que en el sector se encuentran muy fracturados y moderadamente meteorizada.
- Los depósitos de la Formación San Sebastián y los coluvio-deluviales son susceptibles a la erosión y remoción a causa de cortes en la ladera y por falta de vegetación.

#### Factor geomorfológico

- La zona evaluada se encuentra circundada por montañas modeladas en rocas sedimentarias cuyas laderas presentan terrenos con pendientes fuertes (15° - 25°) a escarpadas (25° - 45°), ello permite que los bloques sueltos puedan perder la estabilidad y caer ladera abajo.
- Subunidad de piedemonte coluvio - deluvial, modelando depósitos recientes con pendientes moderado (5°- 15°) a fuertes (15° - 25°), donde los depósitos se encuentran poca compactación y son susceptibles a la ocurrencia de movimientos en masa y erosión.

#### Factor antrópico

- La falta de cuidado de los suelos, con laderas descubiertas que presentan infiltración y los cortes del talud para la construcción de viviendas, caminos y escaleras sin una guía técnica, generando infiltraciones al suelo.

### **5.3. Factores detonantes o desencadenantes**

- Presencia de lluvias intensas y/o prolongadas. Lo que genera infiltración y saturación en la ladera, quitando estabilidad a los depósitos recientes.
- Los sismos también pueden generar inestabilidad del suelo, por la vibración y ruptura de suelos.

## 6. CONCLUSIONES

En base al análisis de información geológica del área de estudio, así como a los trabajos de campo y la evaluación de peligros geológicos realizada, se establecen las siguientes conclusiones:

- a) La Av. José María Arguedas, presenta peligros geológicos, correspondientes a movimientos en masa de tipo derrumbe y otros peligros geológicos de tipo erosión en cárcavas. Entre estos, destaca la Cárcava “A” la cual presenta mayor peligro, evidenciando procesos activos de ensanchamiento lateral asociados a derrumbes en sus márgenes, además de la profundización del canal por socavación en su base.
- b) Durante el 2025, la cárcava “A”, evidenció actividad reciente asociado a eventos de precipitación, presentando una longitud de 153 m, con ancho promedio de 8 m y una profundización de hasta 15 m. Además, el material erosionado es transportado a lo largo del canal por acción de la escorrentía superficial, alcanzando finalmente su confluencia con el río Huancaro.
- c) De presentar reactivación de la Cárcava “A”, podrían verse directamente afectadas dos viviendas ubicadas por debajo de la Av. J. M. Arguedas, las cuales se encuentran aproximadamente a 1 m del borde del canal erosivo, así como alrededor de 15 m de la vía. La continuidad de los procesos de ensanchamiento y derrumbes podría generar el colapso parcial del terreno, comprometiendo la seguridad de dichas viviendas.
- d) Los principales factores condicionantes que favorecen el desarrollo de procesos de la erosión en cárcava son:
  - El substrato rocoso correspondiente de la Formación Kayra compuesto por areniscas feldespáticas intercaladas con limolitas, moderadamente meteorizada y muy fracturada, favoreciendo la infiltración de agua y la pérdida de resistencia del material.
  - Los depósitos de la Formación San Sebastián y depósitos coluvio – deluviales compuestos por areniscas fluviales, lutitas lacustres y gravas (30%) en matriz arcillo areno limosa (70%), de baja cohesión y elevada susceptibilidad a la erosión.
  - Las subunidades geomorfológicas de montaña en roca sedimentaria, cuyas laderas presenta pendientes fuertes a muy fuertes (15°- 45°), lo que favorece la escorrentía superficial, la erosión y la remoción de materiales, especialmente bajo condiciones de saturación.
  - La subunidad terraza aluvial, en la base de la cárcava, con pendientes suaves a moderadas a (1° a 15°) donde los procesos de incisión y profundización del canal generan socavamiento progresivo del terreno.
- e) Por las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas, la Cárcava “A” que cruza por la Av. José María Arguedas, se clasifica como **zona crítica de peligro alto** ante la ocurrencia de ensanchamiento y profundización de la Cárcava y derrumbes en sus márgenes, procesos que pueden ser desencadenados en presencia de lluvias intensas y/o prolongadas.
- f) El principal factor desencadenante de los procesos de ensanchamiento y profundización de la Cárcava “A”, derivan de las lluvias intensas registradas durante el año 2025, las cuales incrementaron la escorrentía superficial, la erosión concentrada y el transporte de sedimentos dentro del canal erosivo.

## 7. RECOMENDACIONES

Las siguientes recomendaciones tienen por finalidad mitigar el impacto de los peligros geológicos. Así mismo, la implementación de dichas medidas permitirá reducir la vulnerabilidad de la población y de la infraestructura expuesta a los peligros antes mencionados.

- a) Implementar zanjas de coronación y drenajes tipo espina de pescado, con la finalidad de controlar la escorrentía superficial, reducir la infiltración y disminuir la sobrecarga en la ladera.
- b) Implementar diques o trinchos transversales en el canal de la cárcava, utilizando materiales disponibles en la zona (troncos, ramas o rocas). Estas estructuras deben presentar cierto grado de permeabilidad, permitiendo el paso controlado del agua, con la finalidad de reducir la velocidad del flujo, retener sedimentos y disminuir la profundización del canal durante eventos de lluvias
- c) Realizar un estudio geotécnico detallado, que permita evaluar la estabilidad de los taludes y definir medidas de estabilización, tales como modificación de la pendiente del talud, obras de drenaje o estructuras de contención, a fin de reducir la probabilidad de derrumbes.
- d) Instalar geomantas o mallas de control de erosión en sectores con pendientes fuertes a muy fuertes, con el fin de proteger la superficie del suelo, estabilizar los taludes y favorecer el establecimiento de cobertura vegetal.
- e) Realizar reforestación con especies nativas dentro del canal de la cárcava y en sus márgenes, con el objetivo de reducir la pérdida de suelos, favorecer la estabilización superficial y disminuir la velocidad de la escorrentía.
- f) Retirar el garaje construido sobre el canal de la cárcava, ubicado en la parte alta de la avenida, a fin de restablecer el cauce natural y garantizar el libre flujo de agua y sedimentos, evitando obstrucciones, represamientos y posibles desbordes.
- g) Restringir la construcción de viviendas e infraestructura dentro del cuerpo y en los márgenes de la cárcava, debido a que los materiales que conforman el terreno presentan baja capacidad portante y alta susceptibilidad a procesos de erosión y derrumbe.
- h) Implementar un programa de monitoreo y mantenimiento periódico de la cárcava, que incluya la inspección de la evolución del ensanchamiento y profundización del canal, especialmente durante y después de la temporada de lluvias. Este control debe considerar la verificación del estado de las obras de mitigación y la identificación temprana de nuevas zonas de inestabilidad, a fin de ejecutar acciones correctivas oportunas.
- i) Realizar una Evaluación de Riesgos (EVAR) que permita determinar la necesidad de reubicación de las seis viviendas identificadas como potencialmente afectadas por los procesos de ensanchamiento y profundización de la cárcava.

**Nota:** Todas las medidas estructurales que se proyecten en el área evaluada deben ser diseñadas, supervisadas y ejecutadas por profesionales especializados, y sustentadas en estudios técnicos detallados que garanticen su eficacia, seguridad y estabilidad a corto, mediano y largo plazo.

## 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.

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>

Carlotto, V. y Cárdenas, J. (2003), Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Cusco (28-s)” Escala 1:50 000, informe inédito. Lima: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, 80 p.

Cruden, D.M. & Varnes, D.J. (1996) - Landslides types and processes, en Turner, K., y Schuster, R.L., ed., Landslides investigation and mitigation: Washintong D. C, National Academy Press, Transportation researchs board Special Report 247, p. 36-75.

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

Meteoblue, (2025) archivos meteorológicos, [https://www.meteoblue.com/es/tiempo/historyclimate/weatherarchive/cuzco\\_per%c3%ba\\_3941584](https://www.meteoblue.com/es/tiempo/historyclimate/weatherarchive/cuzco_per%c3%ba_3941584)

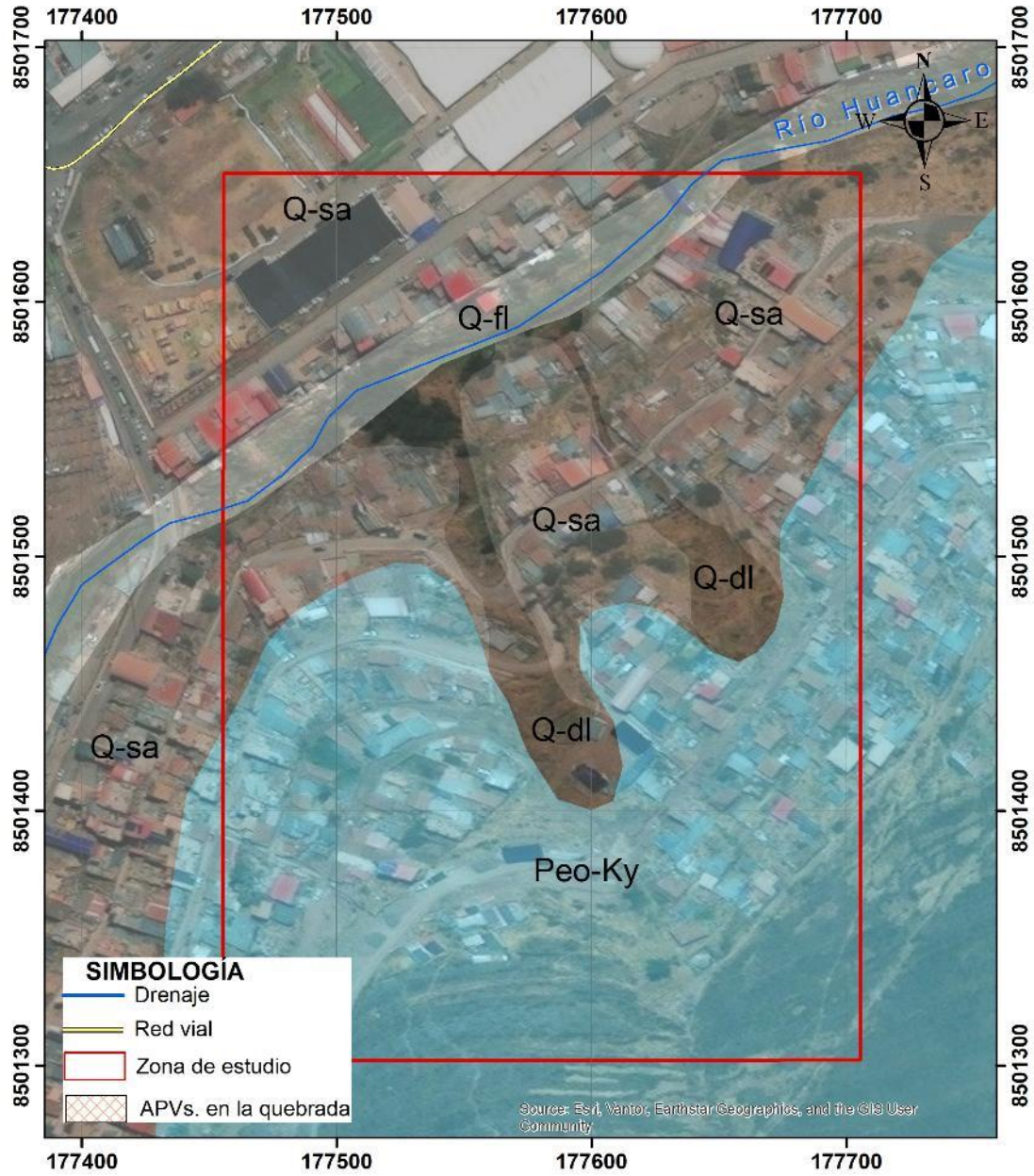
Pecho, V., (1981) – Geología de los cuadrángulos de Chalhuanca, Antabamba y Santo Tomas. hojas 29-p, 29-q, 29-r, INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional, 101 p.

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-hidrologicos en la región Apurímac. INGEMMET, 46 p.

**ANEXO 1: MAPAS**



Eraterma	Sistema	Serie	UNIDADES LITOESTRATIGRAFICAS Y ROCAS VOLCÁNICAS
CENOZOICA	CUATERNARIO	PLACÉN	Depósito coluvio-deluvial
		FLUVIAL	Depósito fluvial
	NEÓGENO	FLUVIAL	Formación San Sebastián
PALEOGENO	EODÉICO	Gra. Sim. Jayra	
		Enl. Jayra	
			<b>Q-dl</b> Gravias, arenas y limos, angulosos a sub angulosos <b>Q-fl</b> Bloques sub redondeados de diversos diámetros y gravas en matriz arenosa limosa <b>Q-sa</b> Arcillas y arenas fluvio acustrea, con niveles de turba y diatomita <b>Peo-ky</b> Areniscas feldespáticas intercaladas con niveles de lullitas de medios finas, al techo conglomerados turiales y en la base bancos arenosos.

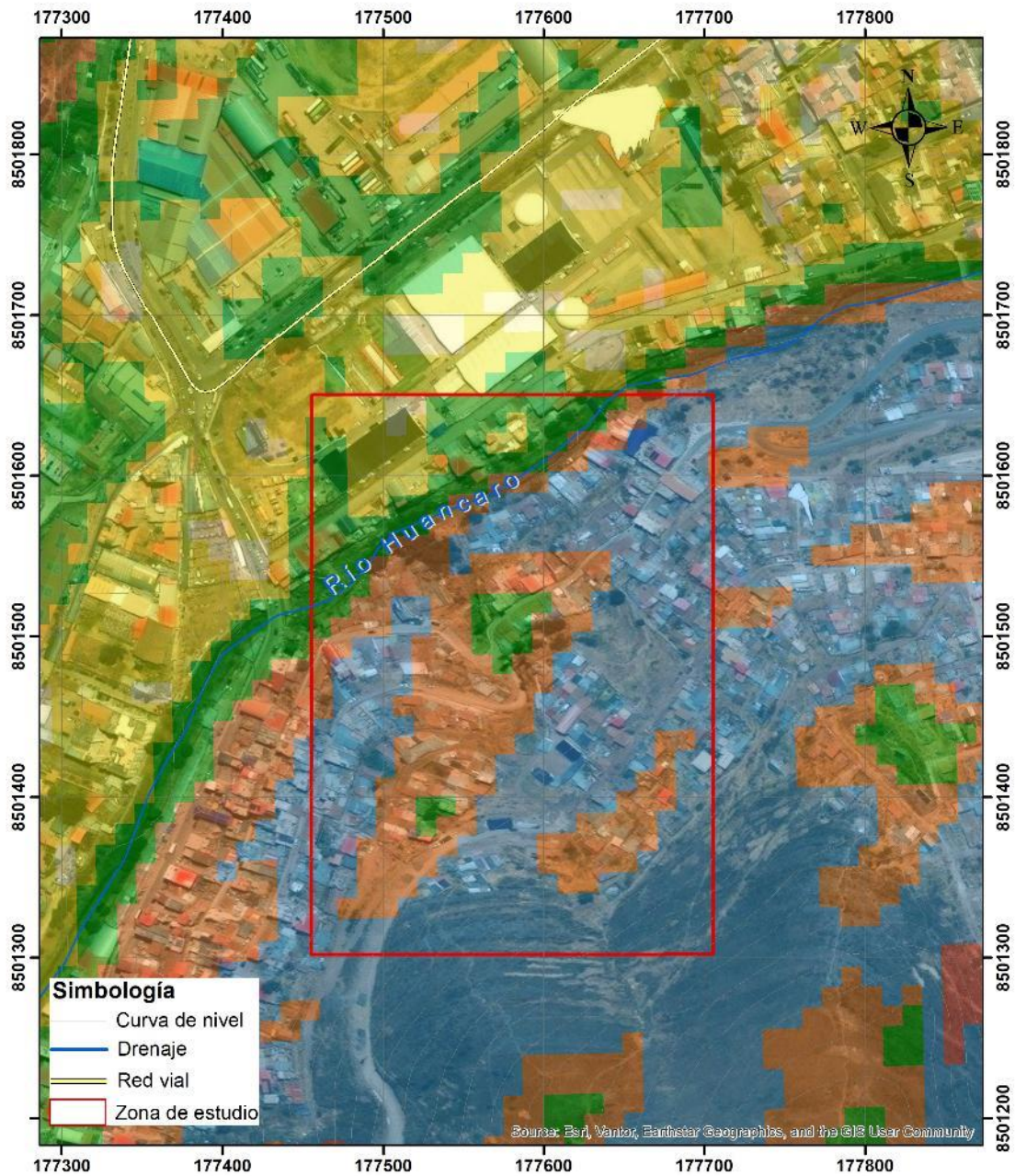
SECTOR ENERGÍA Y MINAS  
**INGEMMET**  
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

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

**Mapa Geológico**

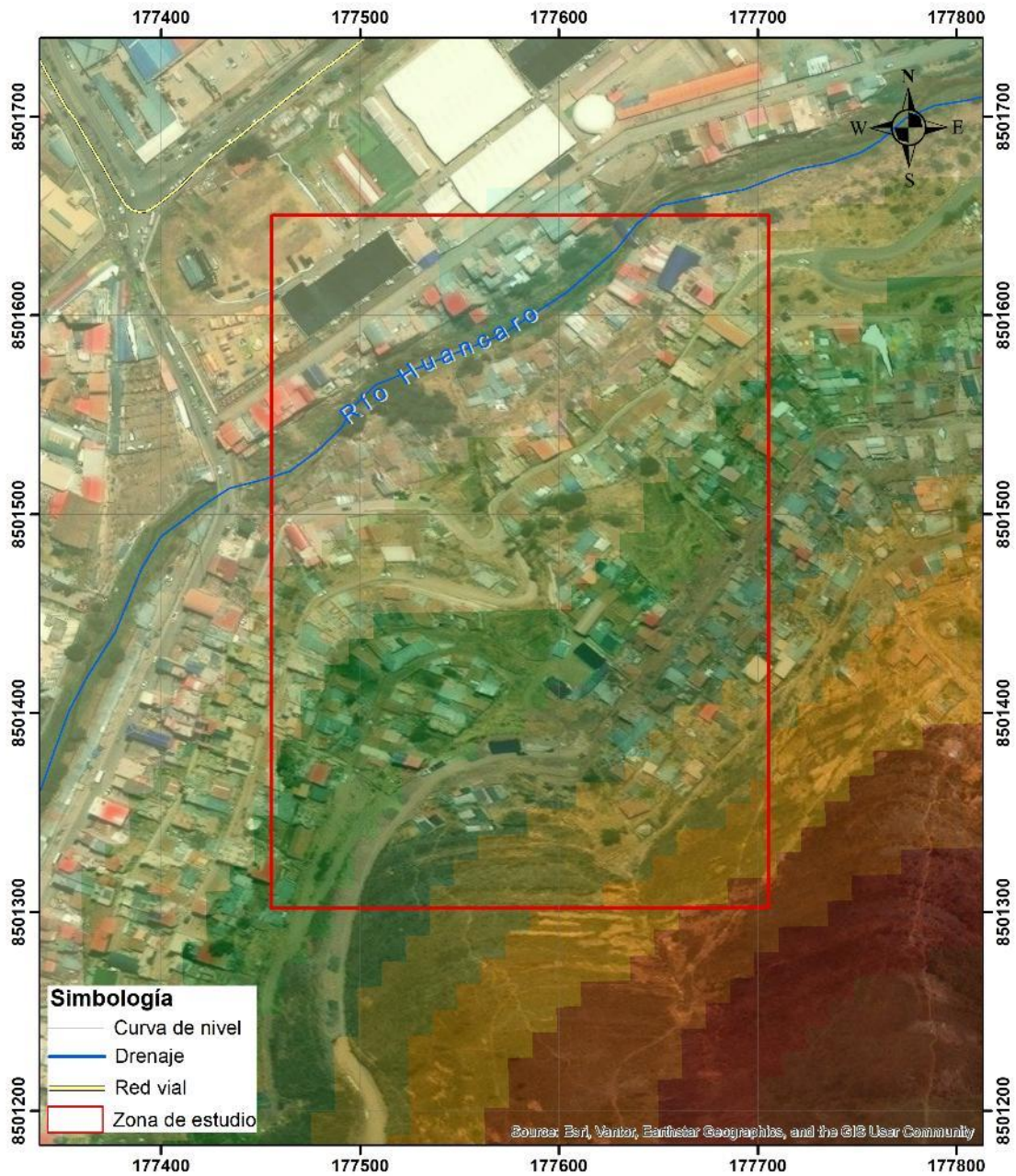
Escala 1:2 000 Datum UTM WGS 84 Zona 19S  
 Versión digital: año 2026 Impreso: marzo 2026

Mapa: **1**



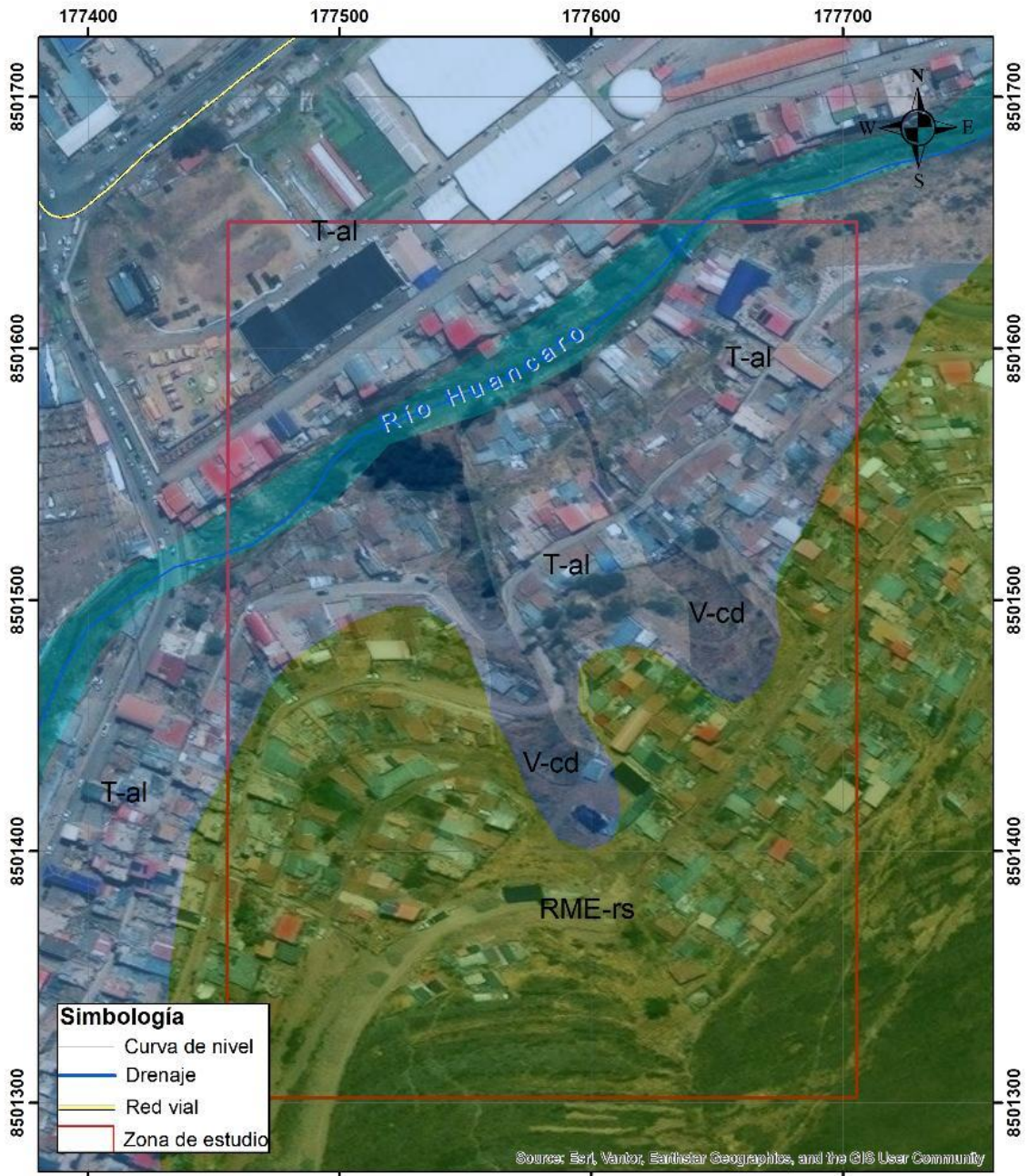
LEYENDA	
	(< 1°) Terreno llano
	(1° - 5°) Terreno inclinado con pendiente suave
	(5° - 15°) Pendiente moderada
	(15° - 25°) Pendiente fuerte
	(25° - 45°) Pendiente muy fuerte o escarpada
	(45° - 90°) Terreno muy escarpado

<p>SECTOR ENERGÍA Y MINAS  <b>INGEMMET</b>          INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO</p>	
<p>ACT. 16: SERVICIO DE EVALUACIÓN DE PELIGROS          GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL</p>	
<p><b>Mapa de Pendientes</b></p>	<p>Mapa:  <b>2</b></p>
<p>Fuente: Esri, DeLorme, Earthstar Geographics, and the GIS User Community</p>	
<p>Escala 1:2 500 Datum UTM WGS 84 Zona 18S          Versión digital: año 2026 Impreso: marzo 2026</p>	



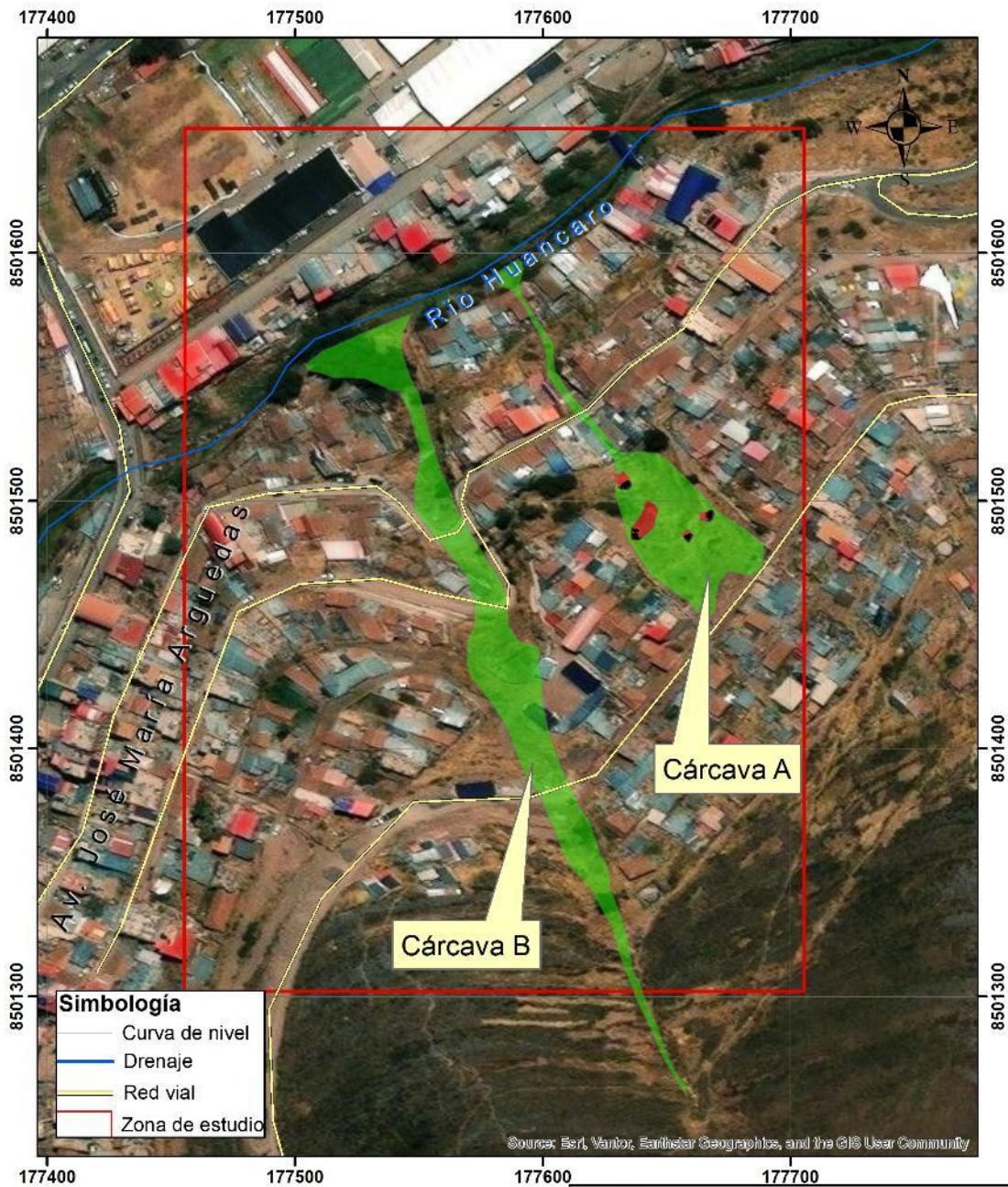
LEYENDA			
	3,400.000001 - 3,425		3,550.000001 - 3,575
	3,425.000001 - 3,450		3,575.000001 - 3,600
	3,450.000001 - 3,475		3,600.000001 - 3,625
	3,475.000001 - 3,500		3,625.000001 - 3,650
	3,500.000001 - 3,525		3,650.000001 - 3,675
	3,525.000001 - 3,550		3,675.000001 - 3,700

SECTOR ENERGÍA Y MINAS <b>INGEMMET</b> INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO	
ACT. 16: SERVICIO DE EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL	
<b>Mapa de Elevación del Terreno</b>	Mapa: <div style="font-size: 24pt; font-weight: bold; text-align: center;">3</div>
Escala 1:2 500 Datum UTM WGS 84 Zona 19S Versión digital: año 2026 Impreso: marzo 2026	



LEYENDA	
<span style="background-color: #90EE90; border: 1px solid black; padding: 2px;">RM-rs</span>	Montaña en roca sedimentaria
<span style="background-color: #4682B4; border: 1px solid black; padding: 2px;">V-cd</span>	Vertiente coluvio-deluvial
<span style="background-color: #ADD8E6; border: 1px solid black; padding: 2px;">T-al</span>	Terraza aluvial
<span style="background-color: #ADD8E6; border: 1px solid black; padding: 2px;">Río</span>	Río

 SECTOR ENERGÍA Y MINAS <b>INGEMMET</b> INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALURGICO	
ACT. 16: SERVICIO DE EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLOGICOS A NIVEL NACIONAL	
<b>Mapa geomorfológico</b>	Mapa: <span style="font-size: 24px; font-weight: bold;">4</span>
Escala 1:5 000 Datum UTM WGS 84 Zona 19S Versión digital: año 2026 Impreso: Marzo 2026	



LEYENDA	
	Erosión en cárcava
	Derrumbe
	Escarpa de derrumbe

SECTOR ENERGÍA Y MINAS <b>INGEMMET</b> INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO	
ACT. 16: SERVICIO DE ASISTENCIA TÉCNICA EN EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS	
<b>Cartografía de Peligros</b>	Mapa: <b>5</b>
Escala 1:2 000 Datum UTM WGS 84 Zona 19S Versión digital: año 2026 Impreso: Marzo 2026	