

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

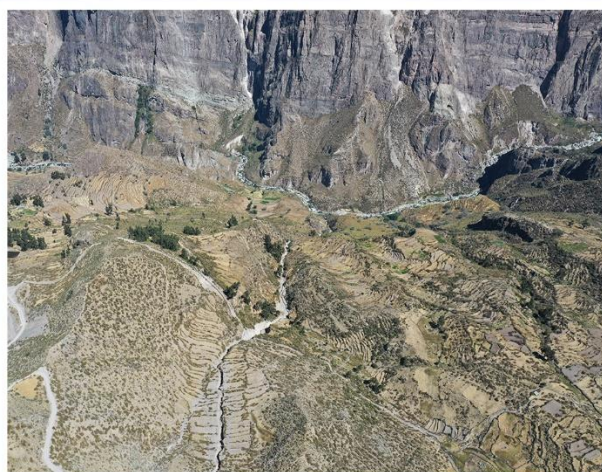
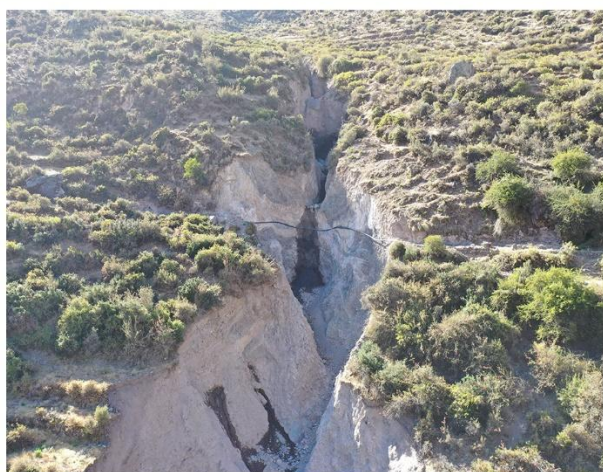
Informe Técnico N° A7608

EVALUACIÓN DE PELIGRO GEOLÓGICO POR FLUJOS DE DETRITOS (HUAICO) EN EL SECTOR IRCO, ANEXO MAGHUANCA

Departamento: Arequipa

Provincia: La Unión

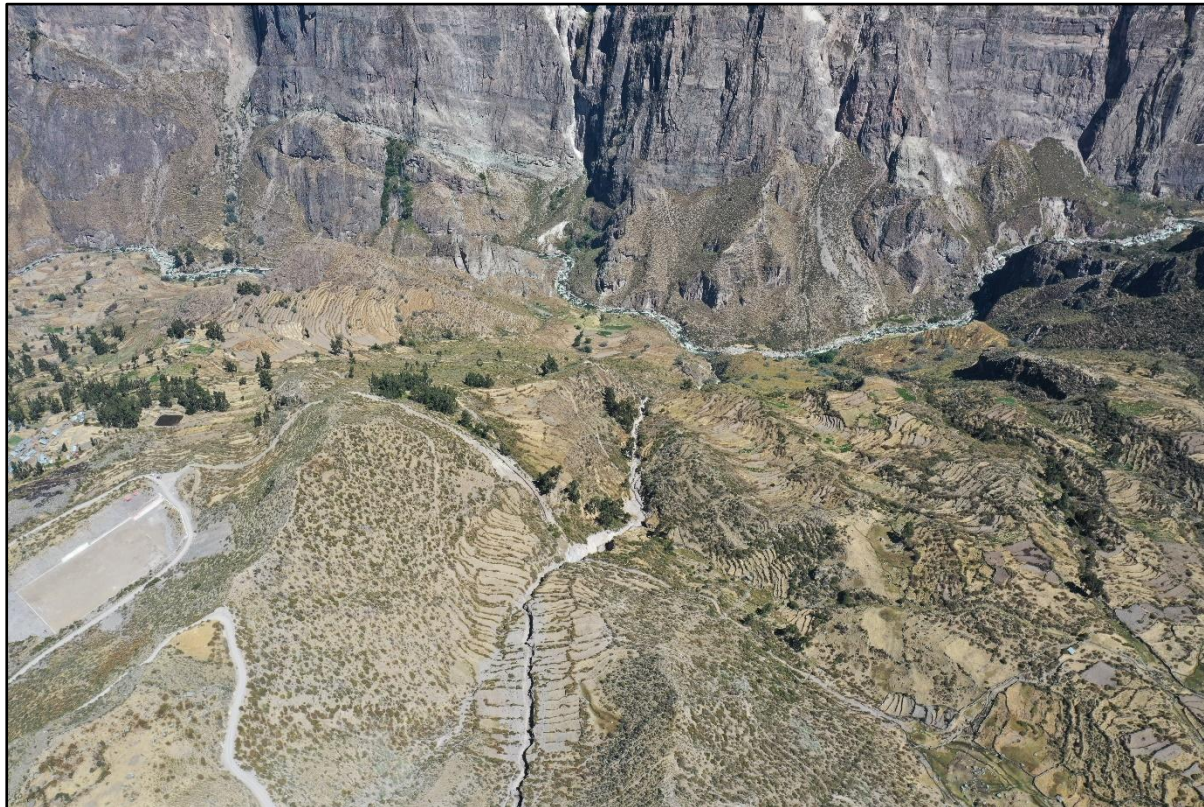
Distrito: Puyca



**MARZO
2025**

EVALUACIÓN DE PELIGRO GEOLÓGICO POR FLUJOS DE DETRITOS (HUAICO) EN EL SECTOR IRCO, ANEXO MAGHUANCA

Distrito de Puyca, Provincia La Unión, Departamento Arequipa.



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

Equipo técnico:

Yhon Soncco Calsina

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2025). *Evaluación de peligro geológico por flujos de detritos (huaico) en el sector Irco, anexo Maghuanca. Distrito de Puyca, provincia La Unión, departamento Arequipa.* Lima: Ingemmet, Informe Técnico A7608, 25 p.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	5
1.1. Objetivos del estudio	5
1.2. Antecedentes y trabajos anteriores.....	5
1.2.1. Ubicación.....	6
1.2.2. Precipitación pluvial	8
2. DEFINICIONES	9
3. ASPECTOS GEOLÓGICOS	12
3.1. Unidades litoestratigráficas.....	13
3.1.1. Centro volcánico Choco.	13
3.1.2. Depósito proluvial (Qh-pl)	13
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	13
4.1. Pendientes del terreno	13
4.2. Unidades Geomorfológicas	14
4.2.1. Unidad de Montaña.....	14
4.2.2. Unidad de Piedemonte	15
5. PELIGROS GEOLÓGICOS.....	15
5.1. Flujo de detritos (huaico)	15
5.2. Cárcavas	17
5.3. Factores condicionantes	18
5.4. Factores desencadenantes.....	18
6. CONCLUSIONES	19
7. RECOMENDACIONES	20
BIBLIOGRAFÍA.....	21
ANEXO 1 MAPAS	23

RESUMEN

El presente informe es el resultado de la evaluación de peligros geológicos realizada en el sector Irco del anexo Maghuanca del distrito Puyca, provincia La Unión, departamento Arequipa. 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 (local, regional y nacional).

En inmediaciones del sector Irco afloran secuencias compuestas de lavas andesíticas, porfíricas con cristales de plagioclasa, cuarzo, etc., en una matriz afanítica de color gris con tonalidades violáceas, pardas y marrones. Las rocas se encuentran altamente meteorizadas y medianamente fracturadas del Grupo Tacaza. Además, se tienen depósitos proluviales no consolidados.

Las unidades geomorfológicas identificadas en la zona de estudio son montaña en roca volcánica, montaña en roca volcano-sedimentaria y vertientes o piedemontes aluvio-torrenciales.

El principal peligro geológico identificado en el sector Irco del anexo Maghuanca, corresponde a flujo de detritos (huaico) y cárcavas, desarrollado sobre substratos de lavas andesíticas meteorizadas y medianamente fracturadas del centro volcánico Choco, y depósitos proluviales no consolidados, pendientes del terreno que varían de muy fuerte a escarpados (25°-45°), con cambios abruptos a terrenos muy escarpados (> 45°); y geoforma de vertientes o piedemontes aluvio- torrenciales.

A partir de la definición de las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas, se concluye que el sector Irco del anexo Maghuanca es considerado de **PELIGRO ALTO a MUY ALTO**, frente a flujo de detritos (huaicos), susceptibles a desencadenarse en temporadas de lluvias intensas y/o prolongadas.

Finalmente, se brindan recomendaciones para las autoridades competentes, como: Construir un pase aéreo (puente colgante) para las tuberías de agua potable que cruzan el sector Irco. Además, considerar el cambio del trazo del camino de herradura en el sector y construir un puente peatonal para comunicar la zona urbana de Maghuanca con los terrenos de cultivo.

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 (ACT16)”, 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 tienen elementos vulnerables.

Atendiendo el oficio N° 466-2024-GRA/GRGRD, emitido por el Gobierno Regional de Arequipa, por impacto de daños a consecuencia de intensas precipitaciones pluviales. Es en el marco de nuestras competencias que se realiza una evaluación de peligros geológicos en el anexo Maghuanca, distrito de Puyca, en la provincia La Unión, en el departamento de Arequipa.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet, designó al ingeniero Yhon Soncco, para realizar la evaluación geológica, geomorfológica, geodinámica y del peligro geológico que afecta al sector Irco en el anexo Maghuanca del distrito de Puyca. Los trabajos de campo se realizaron del 27 y 28 de agosto del 2024.

La evaluación técnica se realizó en tres etapas: a) Gabinete I-Pre-campo, recopilación de antecedentes e información geológica y geomorfológica del Ingemmet; b) Campo, se realizó la observación de procesos de movimientos en masa, tomando datos y evidencias que contribuyan a su evaluación (sobrevuelos dron, puntos GPS, tomas fotográficas), cartografiado geodinámico, recopilación de información y testimonios de población local afectada; y c) Gabinete II, 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 del gobierno regional de Arequipa 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) Evaluar y caracterizar el peligro geológico por huaico en el sector Irco, del anexo Maghuanca, en el distrito de Puyca; evento que puede comprometer terrenos agrícolas, canales de agua y vías de comunicación.
- b) Determinar los factores condicionantes y detonantes que influyen en la ocurrencia de movimientos en masa.
- c) Emitir las recomendaciones generales para la reducción o mitigación de los daños.

1.2. Antecedentes y trabajos anteriores

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

- a) Luque, G.; Pari, W.; Dueñas, K. (2021). Peligro Geológico en la región Arequipa, INGEMMET, Boletín Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica N° 81, 286 p., 13 mapas: El autor menciona presencia de caída de rocas y derrumbes, en la carretera de acceso al distrito de Puyca, debido a substrato de mala calidad, conformado por conglomerados y aglomerados; pendiente del terreno fuerte y escasa cobertura vegetal.
- b) Olchanski E. & Davila D. (1994) – Geología del cuadrángulo de Chuquibamba y Cotahuasi, INGEMMET, Boletín N°50, Serie A. En inmediaciones del distrito de Puyca, afloran rocas riolíticas del Grupo Tacaza.

1.2.1. Ubicación

El sector Irco del anexo de Maghuanca se sitúa en la margen izquierda del río Cotahuasi, del distrito de Puyca, provincia La Unión, departamento Arequipa (figura 1), dentro de las coordenadas siguientes:

Cuadro 1. Coordenadas de área evaluado en el sector Irco.

Área de estudio	UTM - WGS84 - Zona 18S		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
Sector Irco	746892	8337838	-15.023083°	-72.703779°

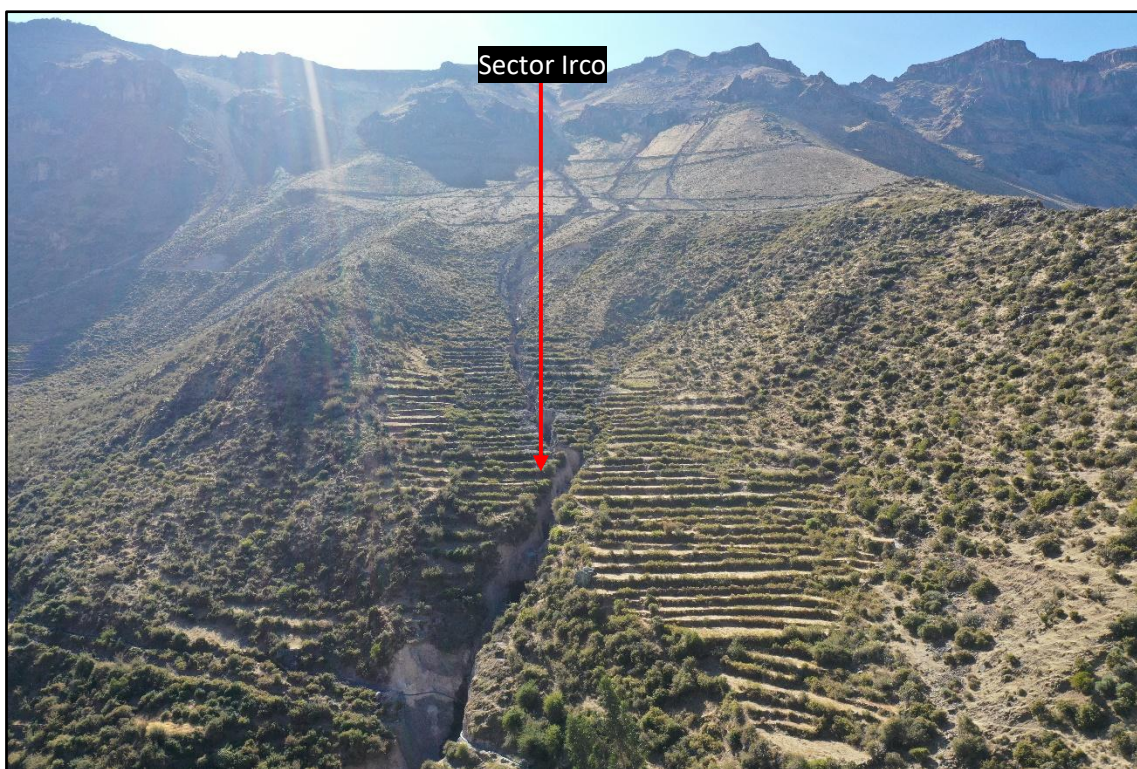


Figura 1. Vista del sector Irco en el anexo Maghuanca.

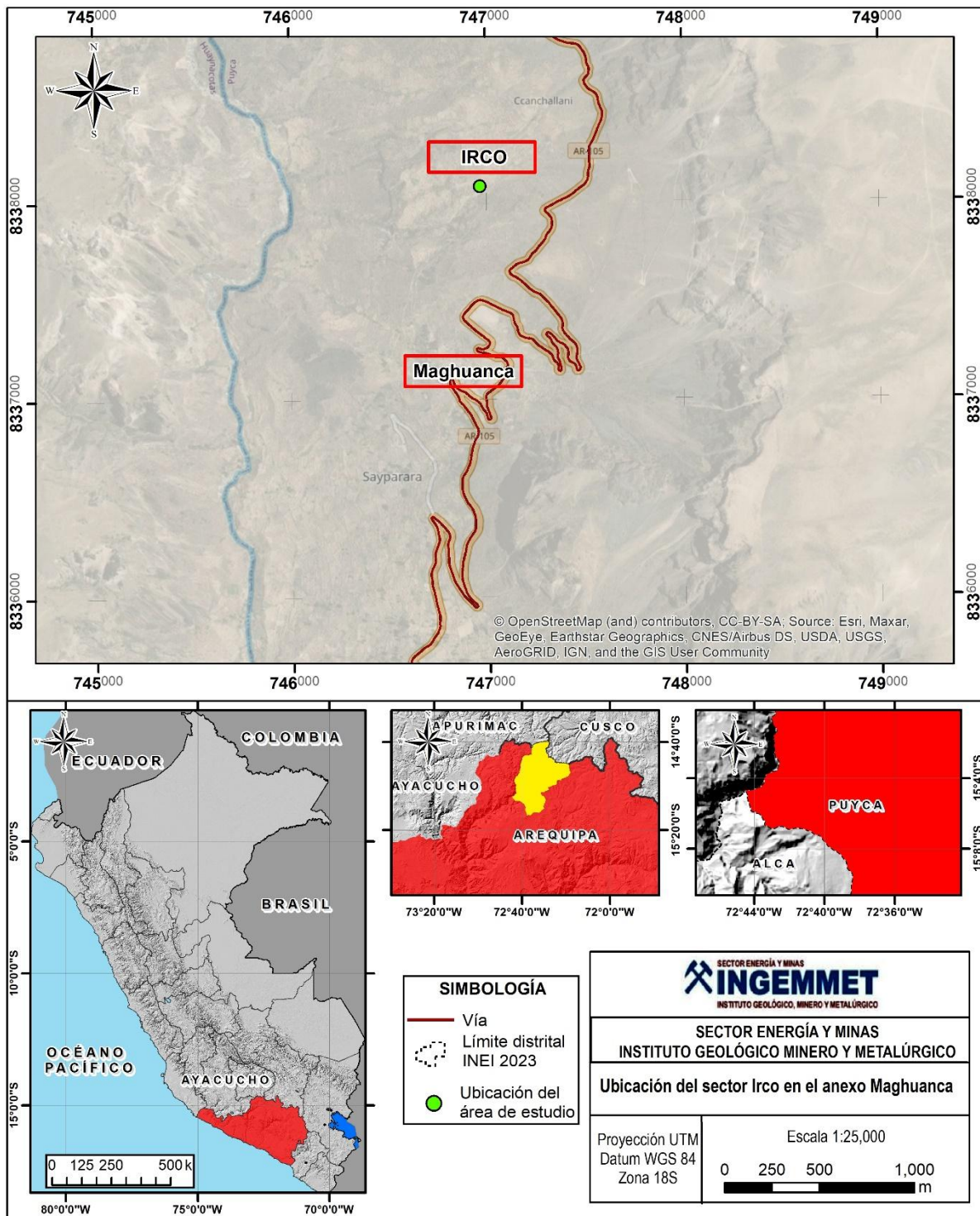


Figura 2. Ubicación de las áreas de evaluación en el sector Maghuanca.

El acceso se realizó por vía terrestre partiendo desde Arequipa mediante la siguiente ruta:

Cuadro 2. Rutas y accesos a la zona evaluada.

Ruta	Tipo de vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Arequipa - Aplao	Asfaltada	177	3 h 7 min
Aplao – Chuquibamba	Asfaltada	49.5	1 h 15 min

Chuquibamba - Cotahuasi	Asfaltada	144	2 h 58 min
Cotahuasi - Puyca	Trocha	73.1	2 h 55 min
Puyca - Maghuanca	Trocha	8	35 min

1.2.2. Precipitación pluvial

Para el análisis de precipitación en Maghuanca se tomó información disponible de las estaciones meteorológicas Pullhuay y Puyca del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (Senamhi), (figuras 3 y 4).

Se cuenta con información de una ventana de tiempo desde 1964 hasta el 2013. la mayor precipitación es de aproximadamente 500 mm, según la estación Pullhuay. Sin embargo, según la estación Puica se presentó precipitaciones de hasta 50 mm.

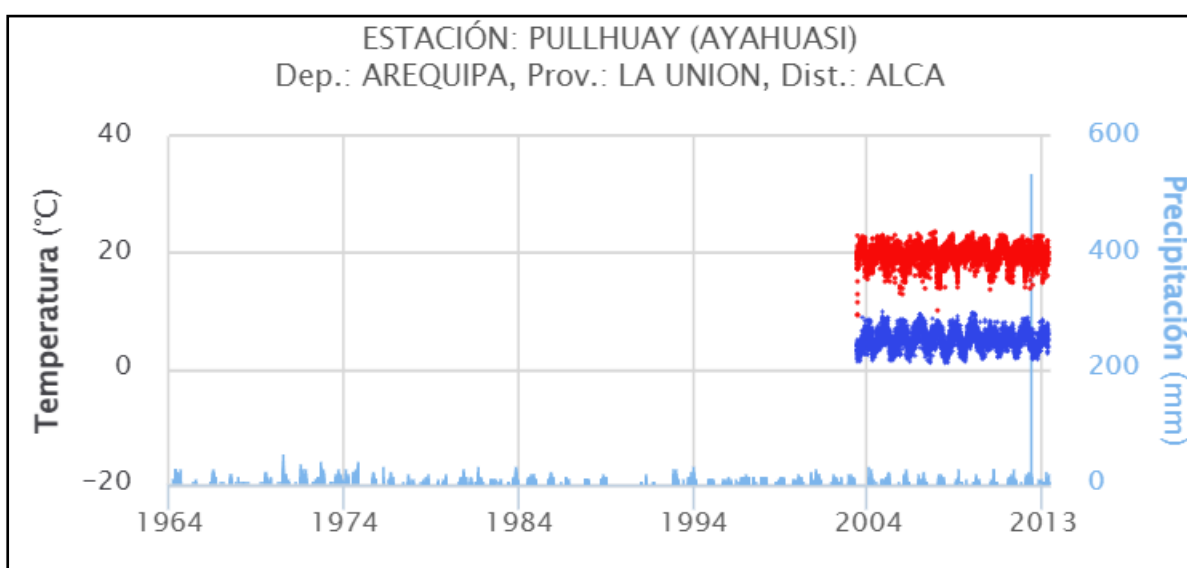


Figura 3. Precipitación diaria según la estación Pullhuay. Ventana de tiempo 1964 al 2013.

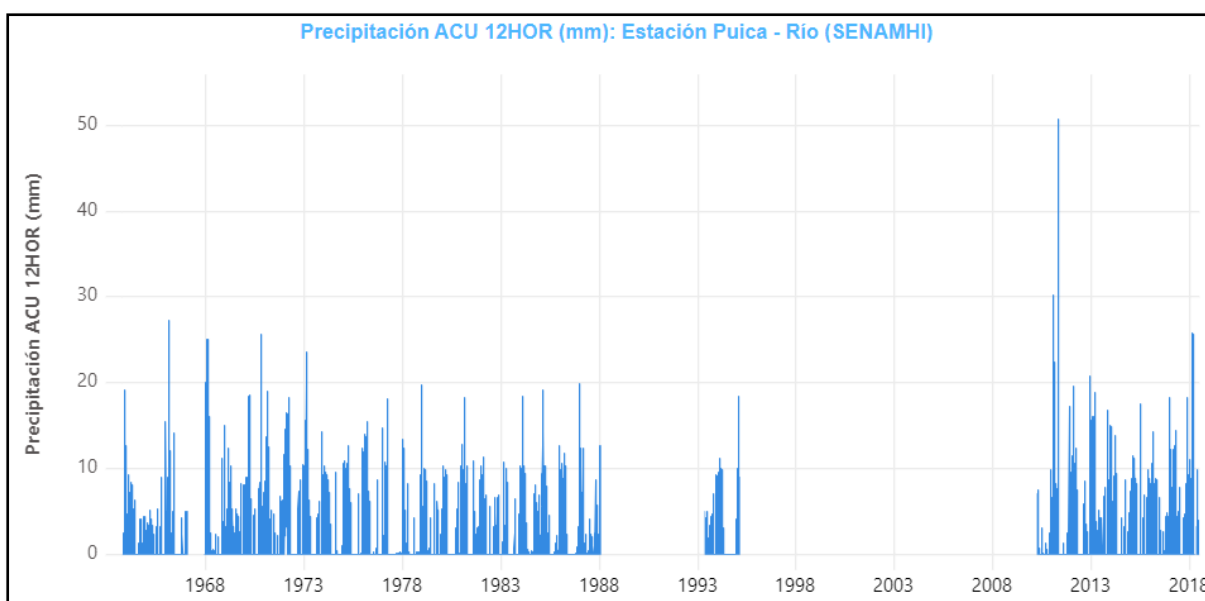


Figura 4. Precipitación diaria según la estación Puica.

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 del Ingemmet. Los términos y definiciones se detallan a continuación:

Actividad: La actividad de un movimiento en masa se refiere a tres aspectos generales del desplazamiento en el tiempo de la masa de material involucrado: el estado, la distribución y el estilo de la actividad. El primero describe la regularidad o irregularidad temporal del desplazamiento; el segundo describe las partes o sectores de la masa que se encuentran en movimiento; y el tercero indica la manera como los diferentes movimientos dentro de la masa contribuyen al movimiento total. El estado de actividad de un movimiento en masa puede ser: activo, reactivado, suspendido, inactivo latente, inactivo abandonado, inactivo estabilizado e inactivo relicto (WP/WLI, 1993).

Activo: Movimiento en masa que actualmente se está moviendo, bien sea de manera continua o intermitente.

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

Aluvial: Génesis de la forma de un terreno o depósito de material debida a la acción de las corrientes naturales de agua.

Aluvión: Flujo extremadamente rápido que desciende por cauces definidos, formando ríos de roca y lodo, alcanzando grandes velocidades, con gran poder destructivo. Están relacionados a lluvias excepcionales, aludes en nevados, movimientos sísmicos, ruptura de lagunas o embalses artificiales y desembalse de un río producido por un movimiento en masa.

Arcilla: Suelo para ingeniería con tamaño de partículas menores a 2 micras (0,002 mm) que contienen minerales arcillosos. Las arcillas y suelos arcillosos se caracterizan por presentar cohesión y plasticidad. En este tipo de suelos es muy importante el efecto del agua sobre su comportamiento.

Avalancha de detritos: Flujo no canalizado de detritos saturados o parcialmente saturados, poco profundos, muy rápidos a extremadamente rápidos. Estos movimientos comienzan como un deslizamiento superficial de una masa de detritos que al desplazarse sufre una considerable distorsión interna y toma la condición de flujo (Hung et al., 2001).

Avalancha de roca: Movimiento tipo flujo, extremadamente rápido y masivo de roca fragmentada proveniente de un gran deslizamiento de roca, o de una caída de roca (Hung et al., 2001).

Caída: 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 (Varnes, 1978). Se clasifican en caídas de rocas, suelos y derrumbes.

Caída de rocas: Tipo de caída producido cuando se separa una masa o fragmento de roca y el desplazamiento es a través del aire o caída libre, a saltos o rodando.

Coluvial: Forma de terreno o material originado por la acción de la gravedad.

Coluvio-deluvial: Forma de terreno o depósito formado por la acumulación intercalada de materiales de origen coluvial y deluvial (material con poco transporte), los cuales se encuentran interestratificados y por lo general no es posible diferenciarlos.

Crecida de detritos: Flujo muy rápido de una crecida de agua que transporta una gran carga de detritos a lo largo de un canal, usualmente también llamados flujos hiperconcentrados (Hung et al., 2001).

Deluvial: Terreno constituido por enormes depósitos de materiales que fueron transportados por grandes corrientes de agua.

Derrumbe: Desplome de una masa de roca, suelo o ambos por gravedad, sin presentar una superficie o plano definido de ruptura, y más bien una zona irregular. Se producen por lluvias intensas, erosión fluvial; rocas altamente meteorizadas y fracturadas.

Deslizamiento: Movimiento ladera abajo de una masa de suelo o roca cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla (Cruden y Varnes, 1996). 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).

Erosión de laderas: Se manifiesta a manera de láminas, surcos y cárcavas en los terrenos. Un intenso patrón de estos tipos de erosiones se denomina tierras malas o bad lands. Este proceso comienza con canales muy delgados cuyas dimensiones, a medida que persiste la erosión, pueden variar y aumentar desde estrechas y poco profundas (< 1 m) hasta amplias y de varios metros de profundidad.

Erosión fluvial: Este fenómeno está relacionado con la acción hídrica de los ríos al socavar los valles, profundizarlos, ensancharlos y alargarlos. Ocurre cuando periodos con abundantes o prolongadas precipitaciones pluviales, en las vertientes o quebradas, aumentan el caudal de los ríos principales o secundarios que drenan una cuenca.

Escarpe o 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.

Factor condicionante: Se refiere al factor natural o antrópico que condiciona o contribuye a la inestabilidad de una ladera o talud, pero que no constituye el evento detonante del movimiento.

Factor detonante: Acción o evento natural o antrópico, que es la causa directa e inmediata de un movimiento en masa. Entre ellos pueden estar, por ejemplo, los terremotos, la lluvia, la excavación del pie de una ladera, la sobrecarga de una ladera, entre otros.

Flujo: 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 un deslizamiento o una caída (Varnes, 1978). Existen tipos de flujos como flujos de lodo, flujos de detritos (huaicos), avalanchas de rocas y detritos, crecida de detritos, flujos secos y lahares (por actividad volcánica).

Flujo de detritos (huaico): Flujo con predominancia mayor de 50% de material grueso (bloques, gravas), sobre los finos, que transcurre principalmente confinado a lo largo de un canal o cauce con pendiente pronunciada.

Flujo de lodo: Tipo de flujo con predominancia de materiales de fracción fina (limos, arcillas y arena fina), con al menos un 50%, y el cual se presenta muy saturado.

Flujo de tierra: Movimiento intermitente, rápido o lento, de suelo arcilloso plástico. Los flujos de tierra desarrollan velocidades moderadas, con frecuencia de centímetros por año, sin embargo, pueden alcanzar valores hasta de metros por minuto. El volumen de los flujos de tierra puede llegar hasta cientos de millones de metros cúbicos.

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

Fractura: Estructura de discontinuidad menor en la cual hay separación por tensión, pero sin movimiento tangencial entre los cuerpos que se separan. Los rangos de fracturamiento rocoso, dependiendo del espaciamiento entre las fracturas, pueden ser: maciza, poco fracturada, medianamente fracturada, muy fracturada y fragmentada.

Inactivo abandonado: Estado de actividad de un movimiento en masa en el cual la causa de la inestabilidad del movimiento ha dejado de actuar (WP/WLI, 1993).

Inactivo estabilizado: Movimiento en masa cuyo desplazamiento ha cesado debido a la ejecución de obras correctivas o de control (Cruden y Varnes, 1996).

Inactivo latente: Movimiento en masa actualmente inactivo, pero en donde las causas o factores contribuyentes aún permanecen (WP/WPI, 1993).

Inactivo relicto: Movimiento en masa que claramente ocurrió bajo condiciones geomórficas o climáticas diferentes a las actuales, posiblemente hace miles de años (Cruden y Varnes, 1996).

Inundación de detritos: Flujo muy rápido de una crecida de agua que transporta una gran carga de detritos a lo largo de un canal, usualmente también llamados flujos hiperconcentrados (Hungry et al., 2001). Erosión de laderas: Se manifiesta a manera de láminas, surcos y cárcavas en los terrenos.

Ladera: Superficie natural inclinada de un terreno.

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. Los rangos de meteorización se clasifican en: roca fresca, ligeramente meteorizada, moderadamente meteorizada, altamente meteorizada, altamente meteorizada y suelo residual.

Movimiento complejo: Tipo de movimiento en masa que involucra una combinación de uno o más de los tipos principales de movimientos, ya sea dentro de las diferentes partes que componen la masa en movimiento, o en los diferentes estados de desarrollo del movimiento (Varnes, 1978). Los más comunes son: deslizamiento-flujo, derrumbe-flujo, deslizamiento-caída de rocas, deslizamiento-flujo, deslizamiento-reptación, entre otros.

Movimiento en masa: Movimiento ladera abajo de una masa de roca, de detritos o de tierras (Cruden, 1991). Estos procesos corresponden a caídas, vuelcos, deslizamientos, flujos, entre otros. Sin.: Remoción en masa y movimientos de ladera.

Peligro o amenaza geológica: 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.

Proluvial: Complejo sedimento deltaico friable de material fragmental, acumulado al pie de una pendiente como resultado de una ocasional avenida torrencial.

Reactivado: Movimiento en masa que presenta alguna actividad después de haber permanecido estable o sin movimiento por algún periodo de tiempo.

Runup: Desplazamiento hacia arriba del pie de un deslizamiento que ocurre cuando la masa de este pega contra una ladera opuesta a la zona de arranque.

Saturación: El grado de saturación refleja la cantidad de agua contenida en los poros de un volumen de suelo dado. Se expresa como una relación entre el volumen de agua y el volumen de vacíos.

Susceptibilidad: La susceptibilidad está definida como la propensión que tiene una determinada zona a ser afectada por un determinado proceso geológico, expresado en grados cualitativos y relativos. Los factores que controlan o condicionan la ocurrencia de los procesos geodinámicos son intrínsecos (la geometría del terreno, la resistencia de los materiales, los estados de esfuerzo, el drenaje superficial y subterráneo, y el tipo de cobertura del terreno) y los detonantes o disparadores de estos eventos son la sismicidad y la precipitación pluvial.

Suspendido: Movimiento en masa que se desplazó durante el último ciclo anual de las estaciones climáticas, pero que en el momento no presenta movimiento (Varnes, 1978).

Talud: Superficie artificial inclinada de un terreno que se forma al cortar una ladera, o al construir obras como por ejemplo un terraplén.

Vuelco: Movimiento en masa en el cual hay una rotación generalmente hacia delante de uno o varios bloques de roca o suelo, alrededor de un punto o pivote de giro en su parte inferior. Este movimiento ocurre por acción de la gravedad, por empujes de las unidades adyacentes o por la presión de fluidos en grietas (Varnes, 1978).

3. ASPECTOS GEOLÓGICOS

Para el análisis geológico se tomó como referencia el mapa geológico del cuadrángulo de Cotahuasi 31-q. Olchanski E. & Davila D. (1994).

Se complementó con trabajos de interpretación de imágenes satelitales, fotografías aéreas y observaciones de campo, para definir unidades cuaternarias.

3.1. Unidades litoestratigráficas

3.1.1. Centro volcánico Choco.

Unidad conformada por lavas andesíticas rojizas, textura profirítica con cristales de plagioclasa; tobas vítreas rosáceas con pómez con cristales de plagioclasa y cuarzo, también presenta líticos volcánicos heterogéneos. La unidad aflora en las partes altas del área evaluada, se encuentra altamente meteorizada y medianamente fracturada.

3.1.2. Depósito proluvial (Qh-pl)

Son provenientes de corrientes temporales de agua, lluvia y flujos de detritos (huaicos). Constituido por fragmentos heterométricos de formas angulosas y subangulosas de naturaleza polilitológica, dispuestos en forma caótica, inmersos en matriz areno limosa. Estos depósitos se encuentran en el cauce de la quebrada que desciende en el sector Irco, estos se aprecian poco consolidados.

4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

4.1. Pendientes del terreno

En inmediaciones del sector Irco del anexo de Maghuanca las pendientes de los terrenos, varía desde moderado a fuertemente inclinado (10° - 25°), las laderas presentan pendientes fuertes a muy fuerte (25° - 45°), y en la parte alta de los cerros se tiene un cambio abrupto a terrenos escarpados ($> 45^{\circ}$), (figuras 5).

Se elaboró un mapa de pendientes en base al modelo de elevación digital (DEM), de 20 cm, a partir fotogrametría con dron, tomadas en (agosto del 2024). Anexo 1, mapa 2).

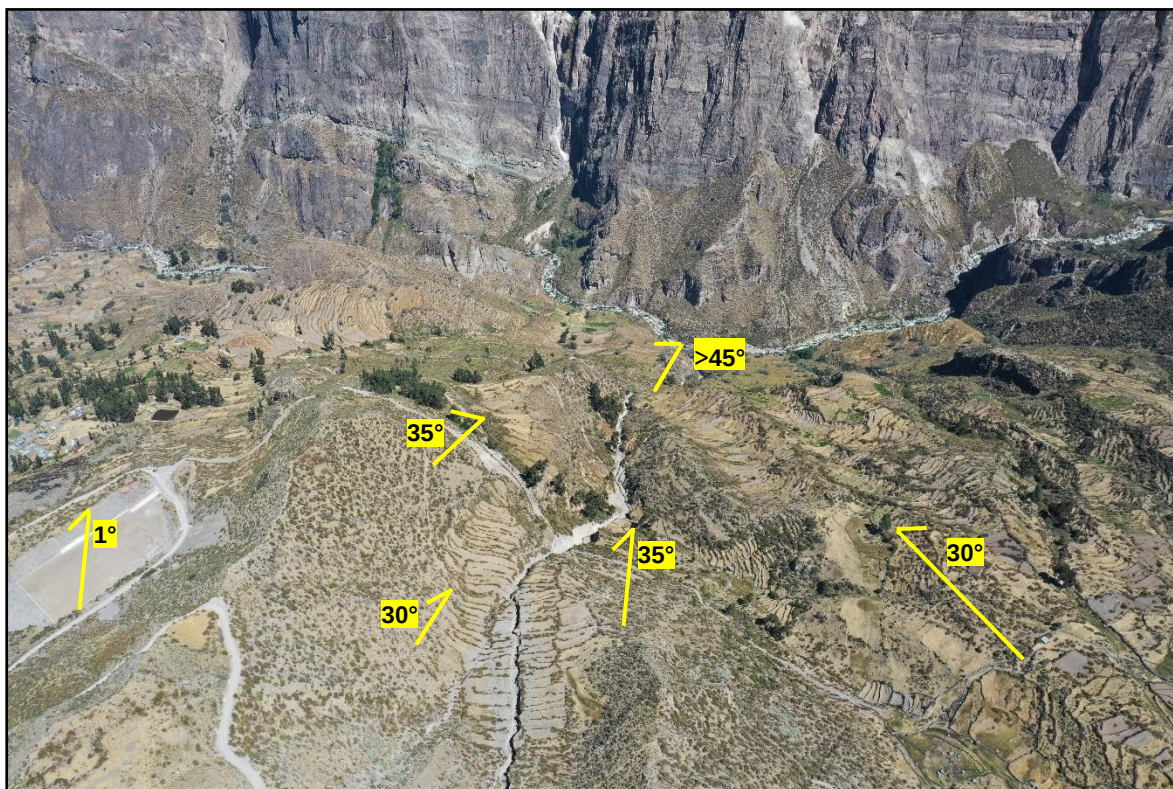


Figura 5. Muestra las distintas pendientes en inmediaciones del sector Irco, Anexo Maghuanca.

Tabla 1. Clasificación de pendientes del terreno.

Rangos de pendientes del terreno (°)	CLASIFICACIÓN
<1	Llano
1 – 5	Suavemente inclinado
5 – 15	Moderado
15 – 25	Fuerte
25 – 45	Muy fuerte ha escapado
>45	Muy escarpado

4.2. Unidades Geomorfológicas

Para la clasificación y caracterización de las unidades geomorfológicas en el sector, se ha empleado la propuesta de Villota (2005) y la clasificación de unidades geomorfológicas utilizadas en los estudios del Ingemmet (escala 1:200.000); cuyas concepciones se basan en considerar el efecto de los procesos morfodinámicos siguientes:

La evolución del relieve en el área evaluada se presenta en el (Anexo 1, mapas 2 y 3).

4.2.1. Unidad de Montaña

Es la unidad o componente de cualquier cadena montañosa y se define como una elevación natural del terreno, de diverso origen, con más de 300 metros de desnivel, cuya cima puede ser aguda, sub-aguda, semi redondeada, redondeada o tabular y cuyas laderas regulares, irregulares a

complejas y que presenta un declive promedio superior al 30% (FAO, 1968).

Montaña en roca volcanosedimentaria (RM-rvs): Laderas montañosas en donde procesos denudativos afectaron rocas volcánico-sedimentarias. Tienen buena exposición en el sector evaluado. Litológicamente corresponde a rocas del Grupo Tacaza y el centro volcánico Choco. Se encuentran conformando elevaciones alargadas, con laderas de pendiente fuerte a muy fuerte (25° a 45°). Esta subunidad es susceptible a generar flujo de detritos y avalancha de detritos.

Montaña en roca volcánica (RM-rv): Unidad que se caracteriza por afloramientos de rocas volcánicas. Las laderas de estas montañas pueden ser de pendiente media a fuerte, y sus cimas son uniformes.

4.2.2. Unidad de Piedemonte

Ambiente de agradación que constituye una transición entre los relieves montañosos, accidentados y las áreas bajas circundantes; en este ambiente predominan los depósitos coluviales, las cuales están relacionadas con el repentino cambio de los perfiles longitudinales. Las subunidades de piedemonte identificadas son las siguientes:

Vertiente o piedemonte aluvio-torrencial (P-at): Unidad extendida al pie de estribaciones andinas o los sistemas montañosos; con terrenos de pendientes que varían entre 10° y 25°. Está formado por la acumulación producto de corrientes de agua. Se ubica en el sector Irco.

5. PELIGROS GEOLÓGICOS

Los peligros geológicos son resultados del proceso de modelamiento del terreno, así como la incisión sufrida en los valles de la Cordillera de los Andes por los ríos, que conllevó a la generación de diversos movimientos en masa, que modificaron la topografía de los terrenos y movilizaron cantidades variables de materiales desde las laderas hacia el curso de los ríos.

5.1. Flujo de detritos (huaico)

El 19 de febrero del 2024 ocurrió una lluvia intensa en la parte alta del sector Irco. Esto generó un flujo de detritos (huaico), que descendió por el cauce de la quebrada. Según los pobladores el hecho ocurrió al promediar las 13:00 horas.

Durante los trabajos de campo se identificaron, como cicatrices dejados por los flujos de detritos recientes (huaico), el cual tuvo una altura entre 1 a 4 m. En la parte interna de las sinuosidades de la quebrada se aprecian depósitos conformados por bloques (25%), gravas (40%), con matriz fina de (25%). Los bloques de mayor tamaño tienen diámetro de hasta 1.5 m de.

El flujo de detritos (huaico) en su descenso erosionó y profundizó el cauce de la quebrada en el sector Irco, (figura 6). Afectó camino de herradura y canal de agua en 25 m, (figura 7).

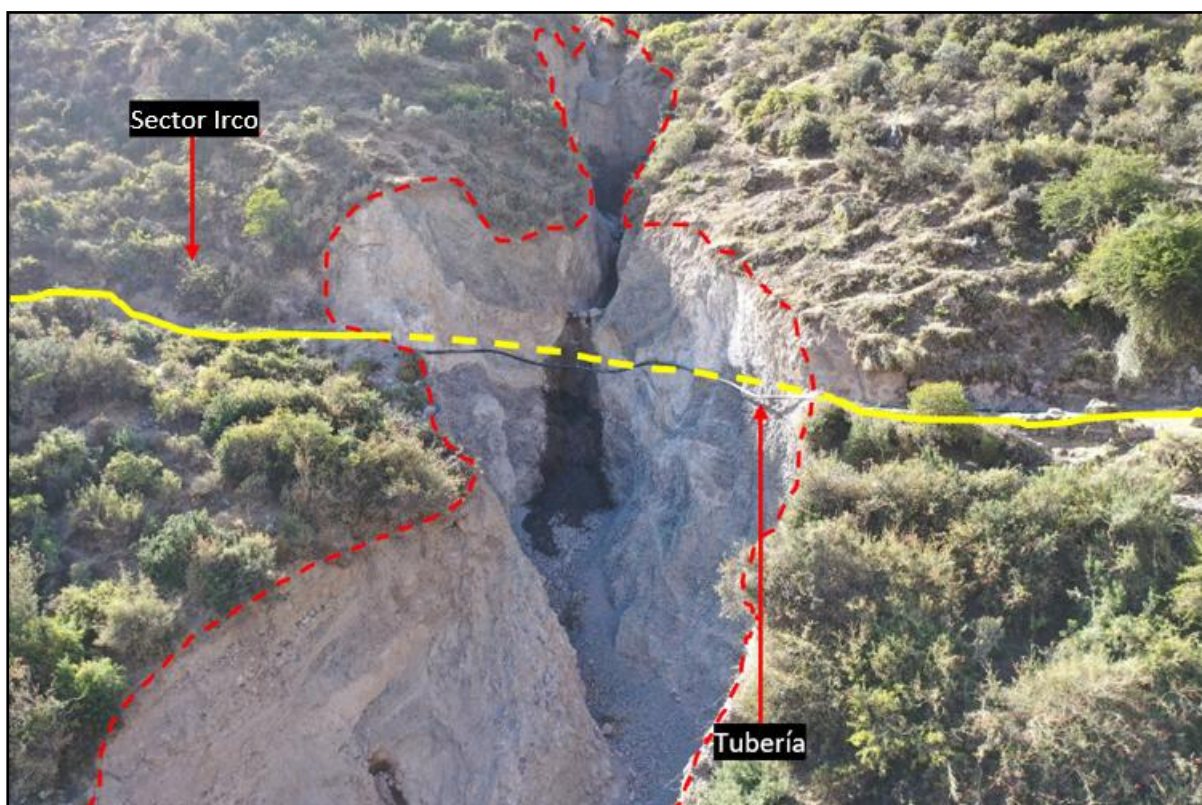


Figura 6. Cauce de la quebrada en el sector Irco.



Figura 7. En el área fue afectado el principal camino de herradura y el canal de agua, el cual actualmente está entubada.

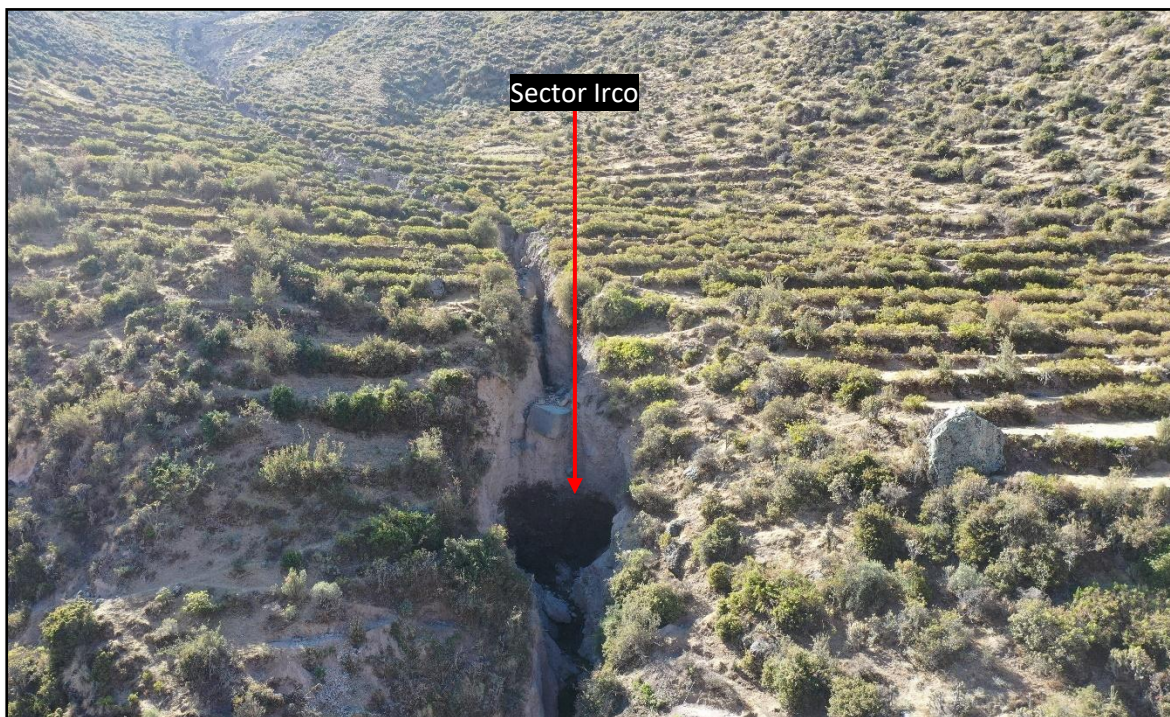


Figura 8. En el cauce de la quebrada se muestran saltos de agua de hasta 10 m. el cual acelero la erosión fluvial.

5.2. Cárcavas

En el área de estudio las cárcavas aportan grandes cantidades de material, a los cauces de las quebradas. Las precipitaciones pluviales intensas aumentan el poder erosivo de las aguas, por tanto, las cárcavas sufren ensanchamiento y profundización, (figura 9). El material erosionado es acumulado en la parte baja del cauce de las quebradas, aumentando el volumen y poder destructivo de los flujos de detritos, que posteriormente se originan.

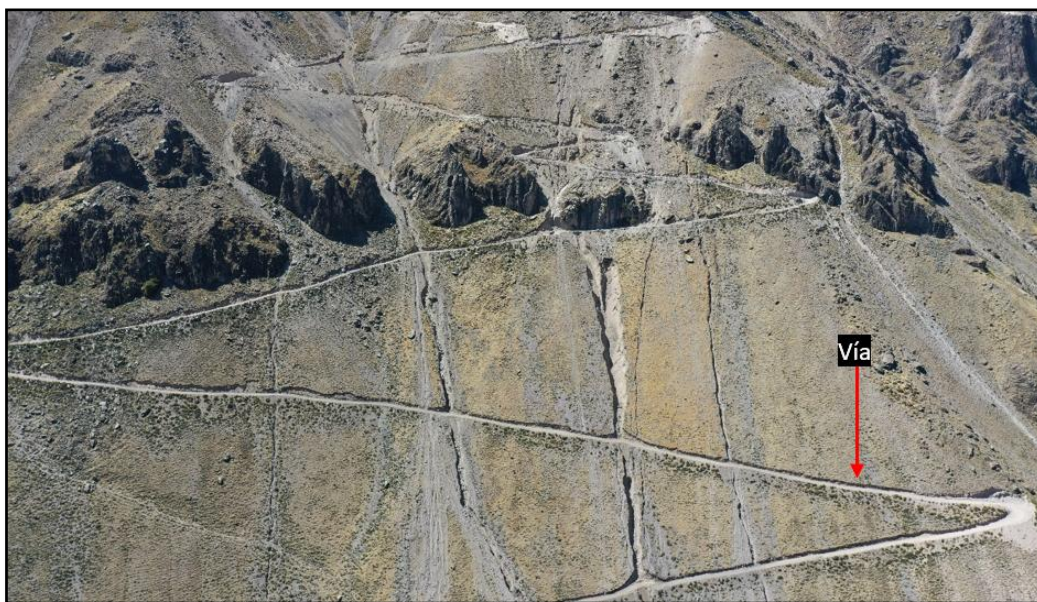


Figura 9. Procesos de erosión en cárcavas, se aprecia su ensanchamiento y profundización. Sector parte alta Irco; afectando varios desarrollos de vía carrozable.



Figura 10. El flujo de detrito del 19 de febrero erosionó la ladera, arrastrando e incorporando material al volumen de flujo. Cárcavas erosionadas.

5.3. Factores condicionantes

- Presencia de lavas andesíticas altamente meteorizadas y medianamente fracturadas; y depósitos proluviales no consolidados de fácil erosión.
- Las laderas presentan pendientes que varían de moderado a fuertemente inclinado, en los terrenos de cultivo (10° - 25°), en la parte baja y media es muy fuerte (25° - 45°), en las márgenes de los ríos se tiene un cambio abrupto a terrenos escarpados ($> 45^{\circ}$).
- Presencia de unidades geomorfológicas de vertiente o piedemonte coluvio-deluvial y vertientes o piedemontes aluvio- torrenciales.
- Escasa vegetación en las laderas que favorece la erosión lineal y en cárcavas.

5.4. Factores desencadenantes

- Lluvias intensas, prolongadas o extraordinarias (según el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú-Senamhi, el período de lluvia en la sierra de Perú se da entre los meses de diciembre a abril), las aguas saturan los terrenos, aumentando el peso del material y las fuerzas tendentes al deslizamiento y los flujos de detritos (huaicos) también son generados por lluvias intensas. Según la estación de Pullhuay del (Senamhi), en la zona, históricamente se presentaron precipitaciones de hasta 500 mm.

6. CONCLUSIONES

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

1. En el área de estudio afloran secuencias compuesta de lavas andesítica, porfíricas con cristales de plagioclasas, cuarzo, etc., en una matriz afanítica de color gris con tonalidades violáceas, pardas y marrones. Las rocas se encuentran altamente meteorizadas y medianamente fracturadas del Grupo Tacaza y depósitos proluviales, no consolidados.
2. Las unidades geomorfológicas identificadas en la zona de estudio son montaña en roca volcánica, vertiente o piedemonte coluvio-deluvial y vertientes o piedemontes aluvio- torrenciales. Los flujos de detritos curren en la última unidad.
3. El principal peligro geológico identificado en el sector Irco del anexo Maghuanca es peligro por flujo de detritos (huaico), en el área también se han identificado procesos de erosión de ladera en cárcavas; que favorecen el arrastre de material, aumentando el poder erosivo de los flujos de detritos.
4. Los factores condicionantes que originan los flujos de detritos son: Presencia de lavas andesíticas altamente meteorizadas y medianamente fracturadas del Grupo Tacaza, y depósitos proluviales no consolidados. Pendientes del terreno que varían de muy fuerte a escarpados (25°-45°), con cambios abruptos a terrenos muy escarpados (> 45°); y geoforma de vertientes o piedemontes aluvio- torrenciales.
5. Con base a las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas, se concluye que el sector Irco del anexo Maghuanca es considerado de **PELIGRO ALTO a MUY ALTO**, frente a movimientos en masa, principalmente por flujo de detritos (huaicos).

7. RECOMENDACIONES

A continuación, se brindan recomendaciones con la finalidad de mitigar el impacto de los movimientos en masa. La implementación de estas recomendaciones permitirá mitigar el impacto de los riesgos geológicos.

1. Sensibilizar a la población a través de talleres y charlas, en gestión de riesgos, para evitar la construcción de viviendas o infraestructura en áreas susceptibles a la ocurrencia de movimientos en masa.
2. Construir un pase aéreo (puente colgante) para las tuberías de agua potable que cruzan el sector Irco.
3. Se debe considerar el cambio del trazo del camino de Herradura en el sector Irco. Además, construir un puente peatonal para comunicar la zona urbana de Maghuanca con los terrenos de cultivo.
4. Antes de realizar cualquier tipo de obras de prevención y mitigación en la zona, se debe considerar efectuar estudios geotécnicos y de mecánica de suelos.
5. Ante la ocurrencia de erosión en cárcavas se debe considerar la reforestación de las vertientes donde se identifican estos procesos, así como otras medidas que permitan disminuir la profundización y ensanchamiento de cárcavas.


Segundo A. Núñez Juárez
ESPECIALISTA EN PELIGROS GEOLÓGICOS


Ing. BILBERTO ZAVALA CARRIÓN
Director (e)
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico
INGEMMET

BIBLIOGRAFÍA

Corominas, J. & García Y agüe A. (1997). Terminología de los movimientos de ladera. I V Simposio Nacional sobre Taludes y Laderas Inestables. Granada. Vol. 3, 1051-1072

Cruden, D. M., Varnes, D.J., (1996). Landslide types and processes, en Turner, K., y Schuster, R.L., ed., Landslide's investigation and mitigation: Washintong D. C, National Academy Press, Transportati3n researchs board Special Report 247, p. 36-75.

Evans, S. G., y Hungr, O., (1993). The analysis of rock fall hazard at the base of talus slope: Canadian Geotechnical Journal, v. 30p.

Luque, G.; Pari, W.; Dueñas, K. (2021). Peligro Geológico en la región Arequipa, INGEMMET, Boletín Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica N° 81, 286 p., 13 mapas:

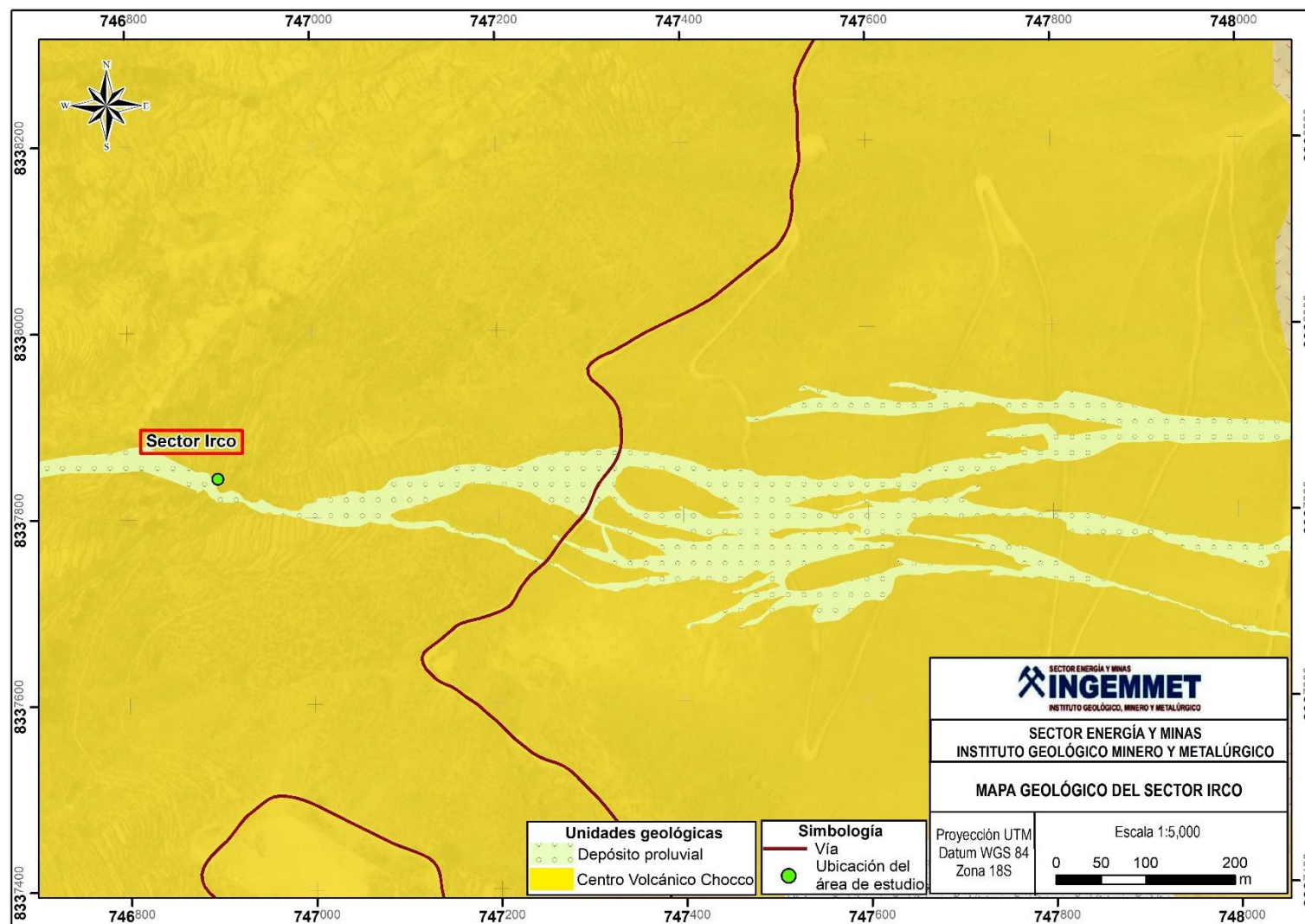
Olchanski, E. & Dávila, D. (1994) – Geología de los cuadrángulos de Chuquibamba y Cotahuasi. Hojas: 32-q, 31-q. INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional, 50, 52 p. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/171>

Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas. (2007). Movimientos en Masa en la Departamento Andina: Una guía para la evaluación de amenazas. Servicio Nacional de Geología y Minería, Publicación Geológica Multinacional, No. 4, 432 p., 1 CD-ROM.

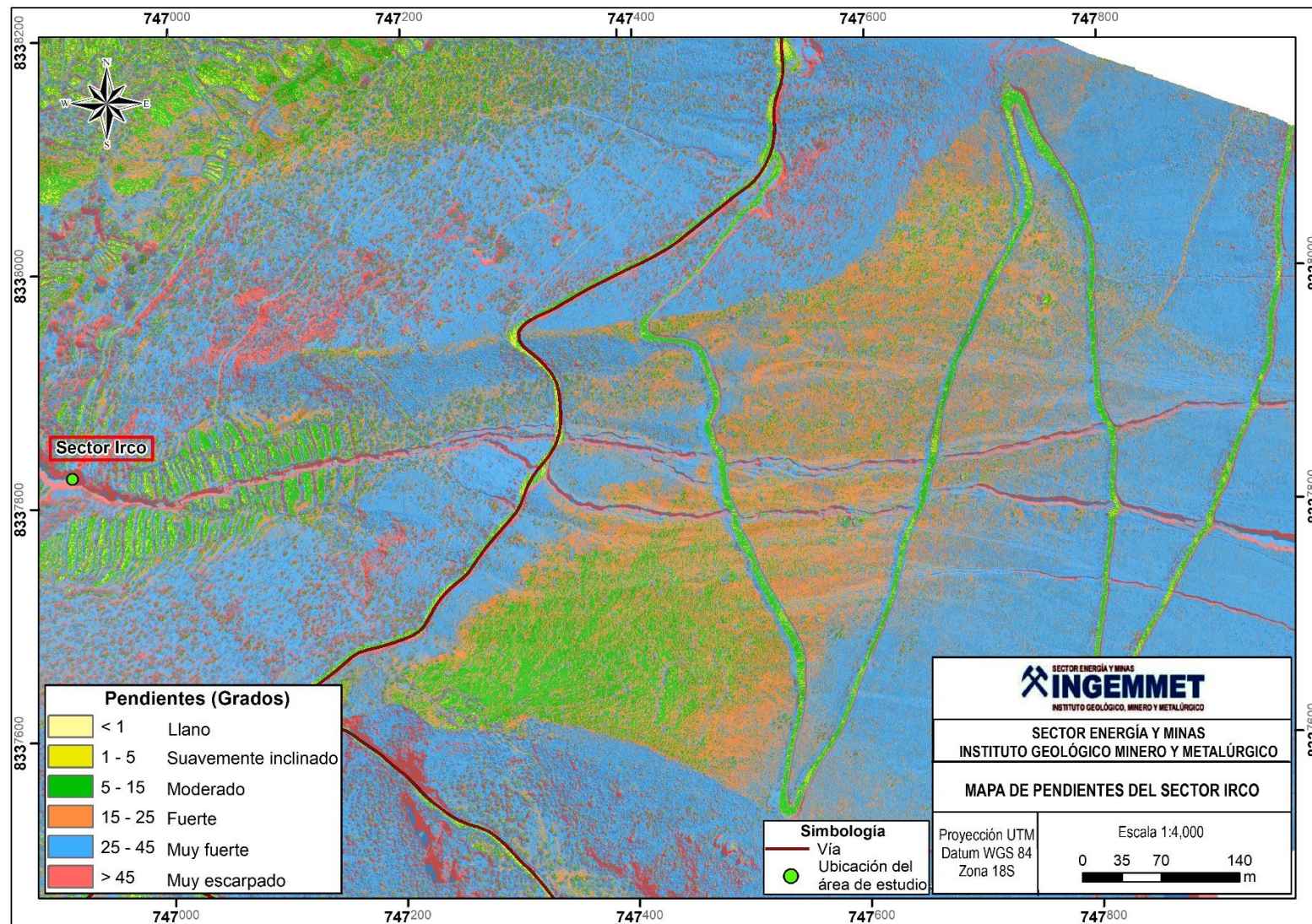
Varnes, D. J. (1978). Slope movement types and processes, en Schuster R.L., y Krizek R.J., ad, Landslides analisys and control: Washintong D. C, National Academy Press, Transportati3n researchs board Special Report 176, p. 9-33

Villota, H. (2005). Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de tierras. España: Instituto Geográfico Agustín Codazi.

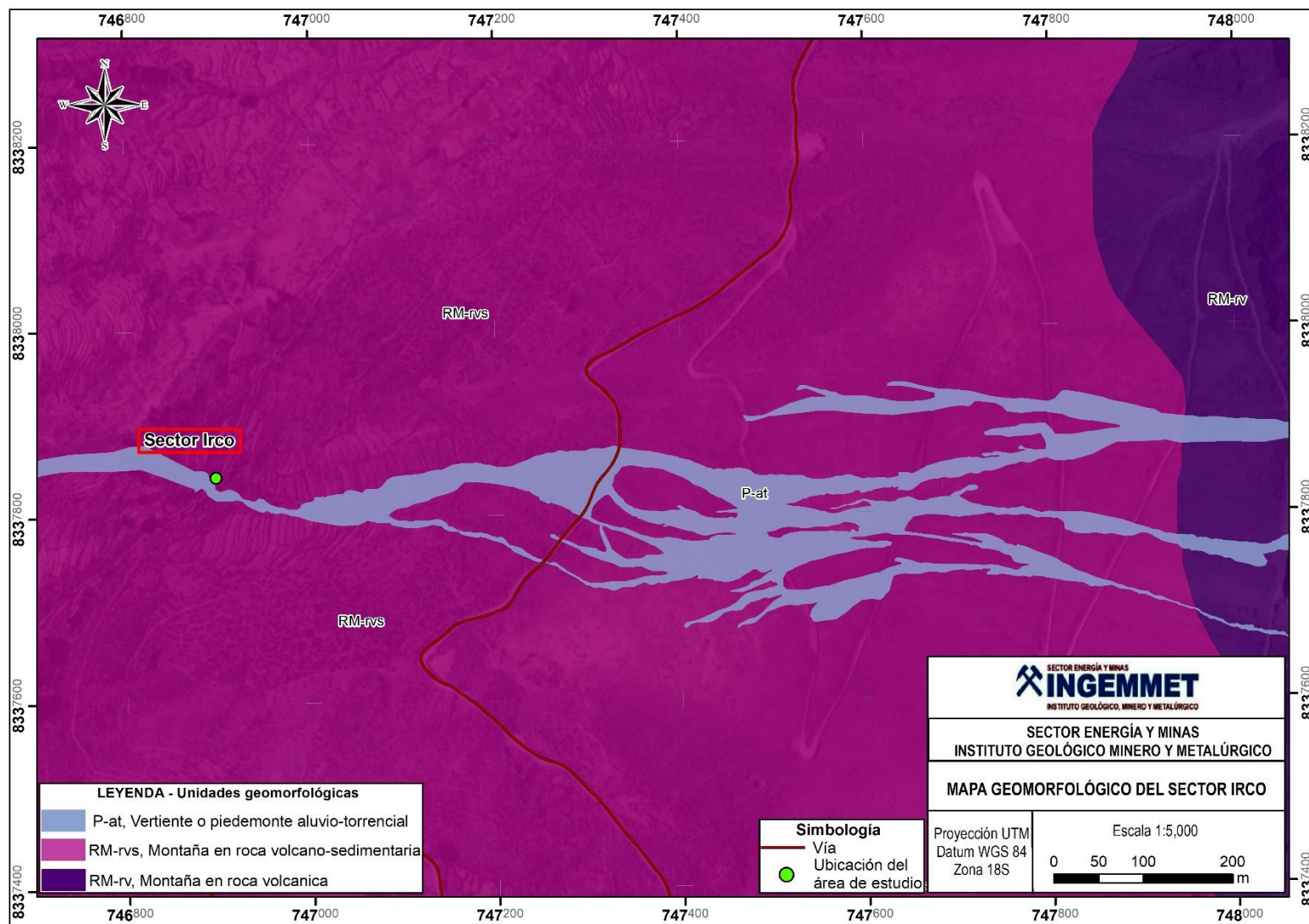
ANEXO 1 MAPAS



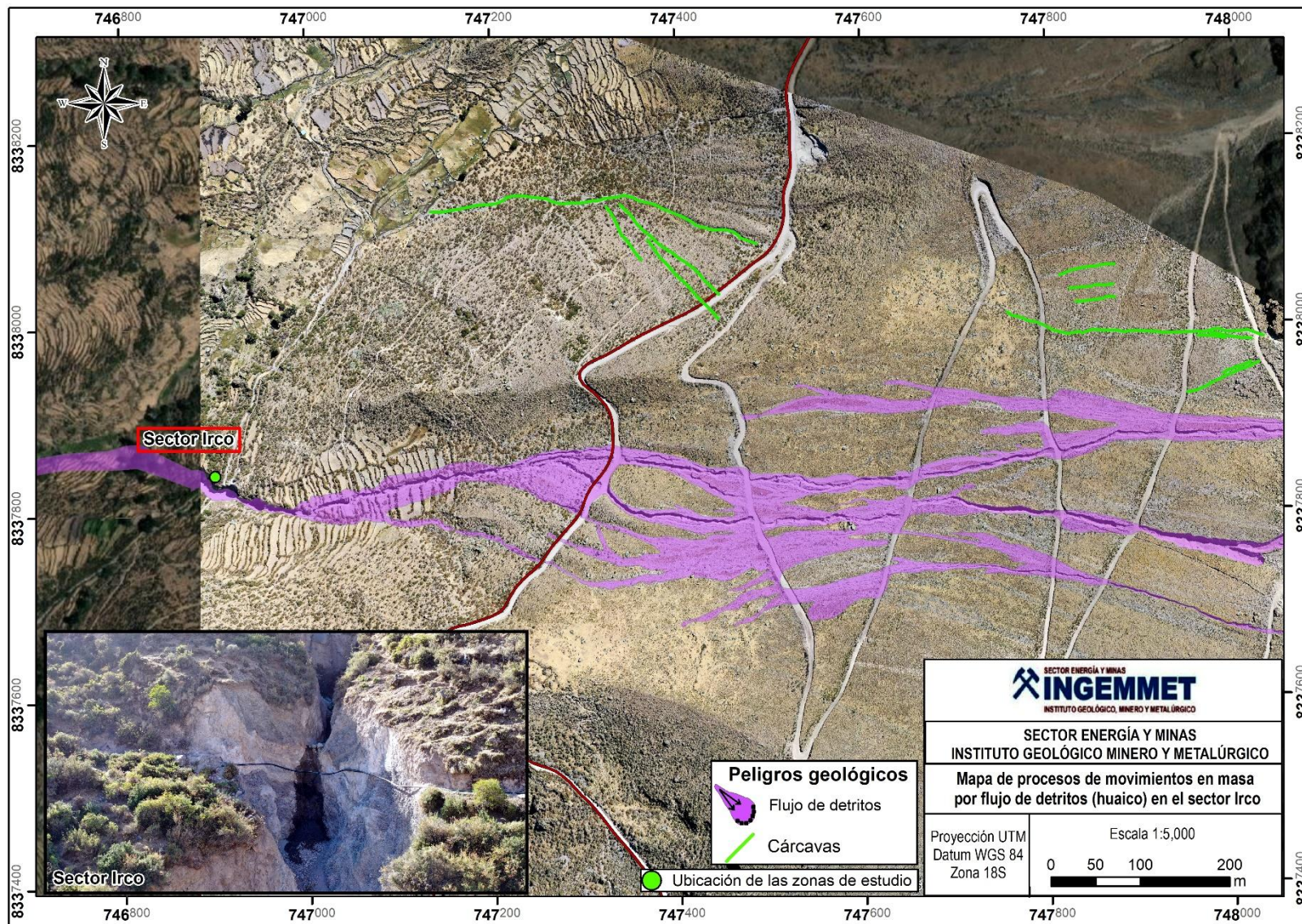
Mapa N°1. Mapa geológico del sector Irco en el anexo Maghuanca. Tomado y modificado de mapa geológico de los cuadrángulos de Chuquibamba y Cotahuasi. Hojas: 32-q, 31-q. Olchanski, E. & Dávila, D. (1994)



Mapa N°2. Mapa de pendientes del sector Irco en el anexo Maghuanca, elaborado a partir de un modelo digital de elevaciones (DEM) de 30 cm de resolución. Elaboración propia.



Mapa N°3. Mapa geomorfológico del sector Irco en el anexo Maghuanca. Tomado del mapa geomorfológico a escala 1:200,000 del Ingemmet.



Mapa N°4. Mapa de movimientos en masa del sector Irco en el anexo Maghuanca. Elaboración propia.