

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7735

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN EL ANEXO EL PORVENIR Y DE LA ZONA PROPUESTA PARA REUBICACIÓN

Departamento: Áncash
Provincia: Sihuas
Distrito: Alfonso Ugarte



MARZO
2026

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN EL ANEXO EL PORVENIR Y DE LA ZONA PROPUESTA PARA REUBICACIÓN

(Distrito Alfonso Ugarte, Provincia Sihuas, Departamento Áncash)



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

Equipo Técnico:

*Wilson Gómez Cahuaya
Guisela Choquenaira Garate*

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2026). *“Evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa en el anexo El Porvenir y de la zona propuesta para reubicación”*. Distrito Alfonso Ugarte, Provincia Sihuas y Departamento Áncash, informe técnico N° A7735, Ingemmet 43p.

RESUMEN	3
1. INTRODUCCIÓN	5
1.1. Objetivos del estudio	5
1.2. Antecedentes y trabajos anteriores.....	6
1.3. Aspectos generales	6
1.3.1. Ubicación	6
1.3.2. Población	7
1.3.3. Accesibilidad	8
1.3.4. Clima.....	8
2. DEFINICIONES.....	9
3. ASPECTOS GEOLÓGICOS	11
3.1. Unidades litoestratigráficas	12
3.1.1. Formación Celendín.....	12
3.1.2. Formación Chota.....	12
3.1.3. Depósitos Cuaternarios.....	13
3.1.3.1. Depósitos coluvio-deluviales (Q-cd).....	13
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	15
4.1. Pendientes del terreno.....	15
4.2. Unidades geomorfológicas	17
4.2.1. Montaña estructural en roca sedimentaria (ME-rs)	17
4.2.2. Vertiente coluvio-deluvial (V-cd).....	18
5. PELIGROS GEOLÓGICOS	18
5.1. Movimientos en masa	21
5.1.1. Avalanchas antiguas	21
5.1.2. Deslizamiento activo	22
5.1.2.1. Factores condicionantes	27
5.1.2.2. Factores desencadenantes.....	28
6. CONCLUSIONES	29
7. RECOMENDACIONES	30
8. BIBLIOGRAFÍA	32
ANEXO 1: MAPAS.....	33
ANEXO 2: PROPUESTA DE MEDIDAS CORRECTIVAS	37

RESUMEN

El presente informe expone los resultados de la evaluación de peligros geológicos asociados a movimientos en masa en el anexo El Porvenir, ubicado en el Distrito Alfonso Ugarte, Provincia Sihuas y Departamento Áncash. El Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – Ingemmet, a través de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico, cumple el rol de brindar asistencia técnica especializada, a los tres niveles de gobierno.

En el contexto geológico, el substrato rocoso está constituido por rocas sedimentarias correspondientes a las formaciones Celendín y Chota. Cuya litología comprende de calizas margosas, areniscas y lutitas en estratos que van de 0.2 a 0.5 m de espesor. Estos macizos rocosos presentan características físicas de resistencia media-baja que oscilan entre 25 a 100 Mpa, además, se encuentran muy fracturados y se hallan de moderada a fuertemente meteorizadas. Los depósitos coluvio-deluviales están conformadas por acumulaciones no consolidadas de fragmentos heterométricos envueltos en matriz limo arenosa, provenientes de antiguas avalanchas y suelos residuales. Estos materiales se caracterizan por sus propiedades geomecánicas poco cohesivas, que ofrecen baja resistencia al corte y a la erosión, lo que favorece la generación, desarrollo y reactivación de procesos de remoción en masa.

Geomorfológicamente, los procesos de movimientos en masa se desarrollaron sobre una morfología montañosa labrada en roca sedimentaria, caracterizada por un relieve abrupto, con pendientes que varían entre 05° a 45°. Las geoformas resultantes como vertientes coluvio-deluviales se emplazan sobre laderas medias al este de los cerros Puquio y Pilanco, el cual, conforman terrenos con pendientes muy pronunciadas. Estas condiciones morfológicas propiciaron indirectamente el deslizamiento de El Porvenir.

Los resultados de la evaluación, muestran la presencia de un deslizamiento a 100 m del poblado El Porvenir, que, por sus características morfológicas del terreno, los escarpes escalonados y grietas presentes en el escarpe principal y en el cuerpo, se trataría de un movimiento en estado activo. Compromete un área de 32.7 ha, con escarpe principal semicircular y flancos cerrados que recorre ~1320 m de longitud. Presenta un salto variable de hasta 2.5. Además, se ha identificado la ocurrencia de depósitos de avalanchas antiguas, entre otros procesos, sobre los cuales se han generado este evento principal de deslizamiento. En conjunto, estos eventos reflejan una clara inestabilidad del terreno que ponen en peligro a los pobladores de dicho anexo e infraestructura local asentadas.

Tras la inspección técnica, se determina que la zona de albergue propuesta por la Municipalidad Distrital de Alfonso Ugarte resulta inviable por su alta inestabilidad geodinámica, al emplazarse a escasos 180 m del escarpe principal del deslizamiento activo y sobre el cuerpo de un deslizamiento inactivo latente. En contraste, el presente informe propone como alternativa la zona de reubicación temporal comprendida entre los poblados de Ullulluco y Bellavista; este sector se ubica fuera de la influencia de la geodinámica antigua y activa, además se localiza sobre un substrato rocoso firme y topográficamente sobre un terreno llano a semillano.

De acuerdo con las características y condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas que presenta el área evaluada, se considera al anexo El Porvenir como **Peligro Alto** ante la ocurrencia de deslizamientos.

Se recomienda a las autoridades competentes y tomadores de decisiones, medidas de mitigación tales como, la construcción de canales de drenaje/coronación con una sección de material impermeable (como geomembranas o arcillas), sellar los agrietamientos a fin de evitar la infiltración de aguas de escorrentía durante lluvias intensas, prohibir la construcción de nuevas viviendas e infraestructura en el área de ocurrencia de deslizamientos, además, se recomienda realizar el EVAR por deslizamiento.

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 asistencia técnica en 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 Dirección de Gestión Riesgo de Desastres del Gobierno Regional de Áncash, según Oficio S-N-2025-GRA/ORGRD, es en el marco de nuestras competencias que se realiza la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa y otros peligros geológicos en el Anexo El Porvenir (Áncash).

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designó a los Ingenieros Geólogos Wilson Gómez Cahuaya y Guisela Choquenaira Garate para realizar la evaluación de peligros geológicos, en el Anexo antes mencionado, el cual, se efectuó el 18 de julio del 2025 en coordinación con las autoridades locales del Distrito de Alfonso Ugarte.

La evaluación técnica se ejecutó en tres etapas: i) Gabinete I (Pre-campo), recopilación de antecedentes de estudios de geología, geodinámica externa y geomorfología por parte del INGEMMET; ii) Campo, consistió en la observación geológica, toma y medición de datos estructurales (levantamiento fotogramétrico con dron, captura de imágenes fotográficas), cartografiado al detalle, recopilación de información y testimonios de población local afectada; iii) Gabinete II (Post-campo), se realizó el procesamiento digital e interpretación de toda la data extraída en campo, que involucra fotointerpretación cartográfica geológica y geodinámica para la identificación de procesos de movimientos en masa a través de imágenes satelitales, que ofrece la plataforma Google Earth y Sentinel 2, elaboración de mapas, figuras temáticas y finalmente redacción del presente informe.

Este informe se pone a consideración de la Municipalidad Distrital de Alfonso Ugarte, Provincia Sihuas y Gobierno Regional Áncash 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 estudio tiene como objetivos:

- a) Evaluar y caracterizar los peligros geológicos por movimientos en masa en el Anexo El Porvenir del Distrito Alfonso Ugarte, Provincia Sihuas y Departamento Áncash.
- b) Determinar los factores condicionantes y desencadenantes de la ocurrencia de peligros geológicos.

- c) Proponer y recomendar medidas de prevención y reducción ante peligros geológicos evaluados en la etapa de campo.

1.2. Antecedentes y trabajos anteriores

Existen trabajos previos y publicaciones del Ingemmet, que incluyen sectores aledaños a la zona de evaluación (informes técnicos) y otros estudios regionales relacionados a la geología y geodinámica externa (boletines), de los cuales destacan los siguientes:

- A) Wilson, J.; Reyes, L. & Garayar, J. (1967). Geología de los cuadrángulos de Mollebamba, Tayabamba, Huaylas, Pomabamba, Carhuaz y Huari. Describen las principales unidades jurásicas y cretácicas, al borde este de la Cordillera del Occidental del Perú a escala 1:100 000.
- B) Boletín N°34, Serie C, Geodinámica e Ingeniería Geológica: “Riesgos Geológicos en la región Áncash” de Zavala & Vílchez (2009). Este trabajo presenta un inventario 2129 peligros geológicos, y según el mapa regional de susceptibilidad por movimientos en masa, a escala 1:250 000, el Anexo El Porvenir se encuentra en zona de susceptibilidad alta a muy alta.

1.3. Aspectos generales

1.3.1. Ubicación

El Anexo El Porvenir pertenece políticamente al distrito de Alfonso Ugarte, provincia Sihuas del departamento de Áncash. Morfoestructuralmente, se ubican en el borde este de la Cordillera Occidental del Perú (**Figura 2**).

El área estudiada se enmarca dentro de las siguientes coordenadas UTM-WGS-84-18S (E230984, N9066340).



Figura 1. Ubicación del Anexo El Porvenir resaltada sobre una imagen satelital mostrando su expansión rural. Las curvas de nivel están cada 25 m.

1.3.2. Población

Según el censo 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas, la localidad de El Porvenir se caracteriza por tener una población heterogénea donde cada familia tiene características que le hacen particular. La prevalencia de los distintos tipos de familia, sus características sociodemográficas variaron con el pasar del tiempo.

La población existente asentada en el cuerpo del deslizamiento inactivo latente y que principalmente se encuentra afectada por la influencia del deslizamiento activo, asciende alrededor de ~57 habitantes distribuidas en 20 viviendas.

1.3.3. Accesibilidad

El acceso se realiza por vía terrestre desde la ciudad de Lima, mediante la siguiente ruta (Tabla 1):

Tabla 1. Ruta de acceso.

Ruta	Tipo de vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Ingemmet (Lima) – Distrito El Porvenir (Áncash)	Asfaltada y vía afirmada	536	10 horas y 40 min

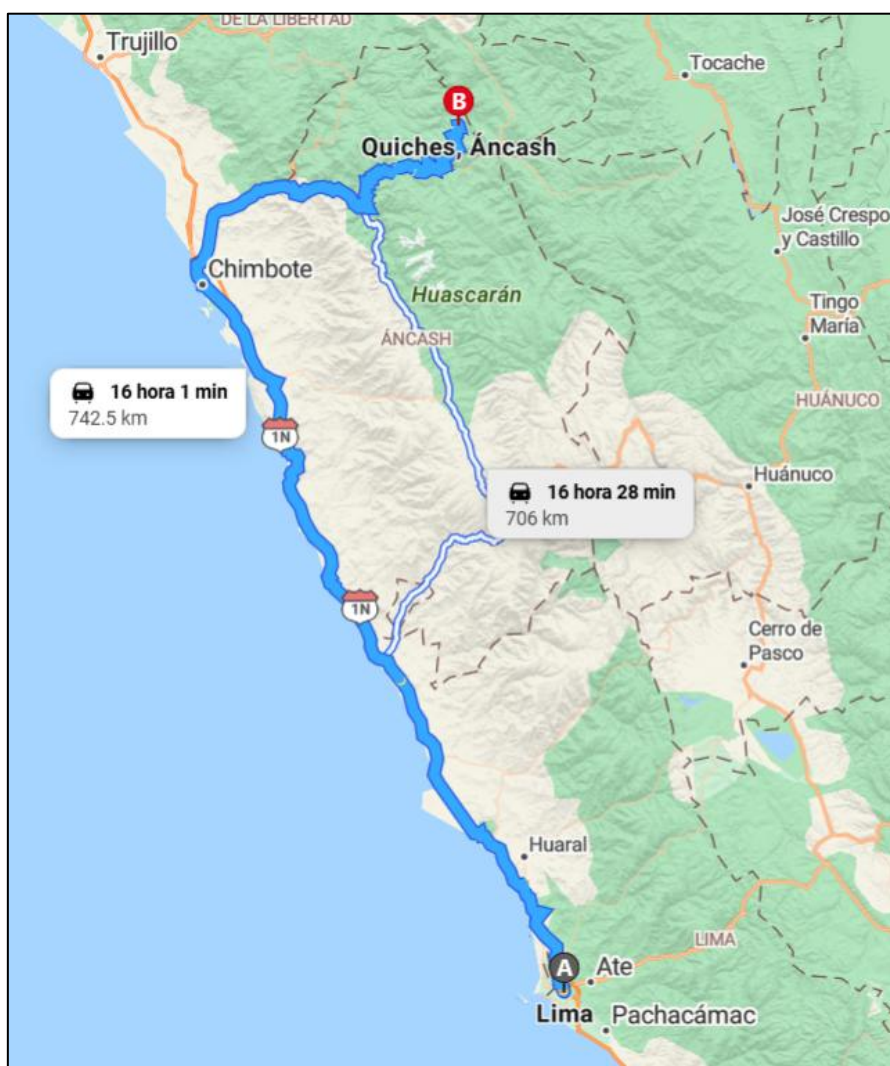


Figura 2. Accesibilidad desde Ingemmet (Lima) hasta el anexo de El Porvenir (Áncash). Fuente: <https://www.bing.com/maps?cp=-10.620752%7E-76.024929&lvl=7.7>.

1.3.4. Clima

De manera general y de acuerdo a la clasificación climática de Thornthwaite (SENAMHI, 2020), el anexo de El Porvenir y alrededores presenta tres tipos de climas de los 38 definidos en la clasificación a nivel nacional. Se caracteriza por presentar una variación de climas que va de templado a lluvioso entre otoño e invierno.

Respecto a las precipitaciones, se tiene datos recopilados de precipitación diaria de los años del 2025 (enero a abril), el cual muestra que las precipitaciones más altas y anómalas registradas corresponden a los meses entre febrero y marzo, meses donde las concentraciones más altas coinciden con las fechas en las que se reportaron reactivaciones de movimientos en masa en el sector de El Porvenir (**Figura 3**).

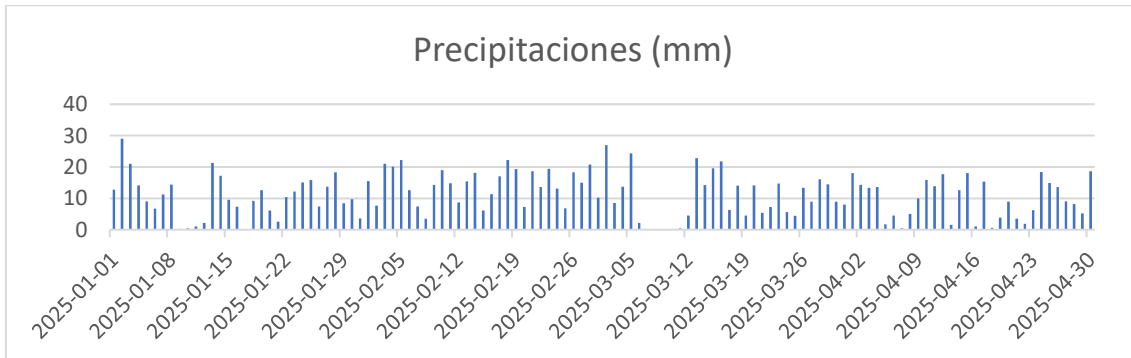


Figura 3. Precipitaciones diarias registrados en el sector El Porvenir. Fuente: Landviewer, disponible en: <https://crop-monitoring.eos.com/weather-history>.

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; es por ese motivo, considerando como base el libro de “Movimientos en masa en la región andina: una guía para la evaluación de amenazas” del Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007), se desarrolla algunas definiciones relevantes en términos sencillos como son:

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.

Caída. Tipo de movimiento en masa en el cual uno o varios bloques de suelo o roca se desprenden de la superficie de un talud, sin que a lo largo de esta superficie ocurra desplazamiento cortante apreciable. Una vez desprendido, el material cae

desplazándose principalmente por el aire, pero con algunos golpes, rebotes y rodamiento. Dependiendo del material desprendido se habla de una caída de roca, o una caída de suelo. Algunos autores, como Corominas y Yague (1997) denominan colapso a los casos en que el material cae de manera eminentemente vertical.

Corona. Zona adyacente arriba del escarpe principal de un deslizamiento que prácticamente no ha sufrido desplazamiento de ladera abajo. Sobre ella suelen presentarse algunas grietas paralelas o semi paralelas conocidas como grietas de tensión o de tracción.

Derrumbe. Son desprendimientos de masas de roca, suelo o ambas, a lo largo de superficies irregulares de arranque o desplome como una sola unidad, que involucra desde pocos metros hasta decenas y centenas de metros. Se presentan en laderas de montañas de fuerte pendiente y paredes verticales a subverticales en acantilados de valles encañonados. También se presentan a lo largo de taludes de corte realizados en laderas de montaña de moderada a fuerte pendiente, con afloramientos fracturados y alterados de diferentes tipos de rocas; así como en depósitos poco consolidados.

Deslizamiento. Son movimientos de masas de roca, residuos o tierra, hacia abajo de un talud (Cruden, 1991). Los deslizamientos producen cambios en la morfología del terreno, diversos daños ambientales, daños en las obras de infraestructura, destrucción de viviendas, puentes, bloqueo de ríos, etc.

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. 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.

Escarpe. 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.

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.

Inactivo. Estado de actividad de un movimiento en masa en el cual la masa de suelo o roca actualmente no presenta movimiento, o que no presenta evidencias de movimientos en el último ciclo estacional (WP/WLI, 1993).

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

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.

Movimiento en masa. Son procesos que incluyen todos aquellos movimientos ladera abajo, de una masa de rocas o suelos por efectos de la gravedad. Los tipos más frecuentes son: caídas, deslizamientos, flujos, vuelcos, expansiones laterales, reptación de suelos, entre otros. Existen movimientos extremadamente rápidos (más de 5 m por segundo) como avalanchas y/o deslizamientos, hasta extremadamente lentos (menos de 16 mm por año) a imperceptibles como la reptación de suelos.

Peligros geológicos. Son procesos o fenómenos geológicos que podrían ocasionar la muerte, lesiones u otros impactos a la salud. Daños a la propiedad, pérdida de medios de sustento y servicios, trastornos sociales y económicos o daños materiales. Pueden originarse al interior (endógenos) o en la superficie de la tierra (exógenos). Al grupo de endógenos pertenecen los terremotos, tsunamis, actividad y emisiones volcánicas; en los exógenos se agrupan los movimientos en masa (deslizamientos, aludes, desprendimientos de rocas, derrumbes, avalanchas, aluviones, huacos, flujos de lodo, hundimientos, entre otros), erosión e inundaciones.

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.

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

3. ASPECTOS GEOLÓGICOS

En este acápite se realizaron distintas mediciones en campo y finalmente apoyada con la información existente de la Carta Geológica Nacional del INGEMMET.

La zona evaluada se enmarca dentro de una extensa franja de dirección andina NO-SE, que, constituye morfoestructuralmente el borde este de la Cordillera Occidental. Esta franja está ocupada por rocas sedimentarias, las cuales han sufrido un intenso proceso de deformación a lo largo de su historia geológica, que se manifestó a través de plegamientos y fallas, acompañadas de un conjunto de fracturas que evidencian una intensa actividad tectónica. Las unidades afectadas son atribuidas a las formaciones Celendín y Chota. Ambas unidades, se encuentran tapizadas y cubiertas

discordantemente por una capa de suelos residuales y depósitos coluvio-deluviales dispuestas sobre una ladera pronunciada, cuya descripción se detallan más adelante.

3.1. Unidades litoestratigráficas

Las unidades litoestratigráficas que intervienen indirectamente en los procesos de movimientos en masa y además constituyen el basamento como parte del substrato rocoso son; la Formación Celendín y la Formación Chota, así también, depósitos cuaternarios como coluvio-deluviales.

3.1.1. Formación Celendín

Esta unidad aflora extensamente en el área evaluada. Sus principales afloramientos se observan al este del cerro Puquio. Se trata de calizas margosas intercaladas con lutitas y limoarcillitas gris amarillentas en estratos delgados que van de 0.2 a 0.5 cm de espesor. Estas rocas se observan superficialmente muy fracturadas y de moderado a fuertemente meteorizadas.



Fotografía 1. Afloramiento rocoso de la Formación Celendín en las inmediaciones del poblado El Porvenir. Se observa un talud natural constituido de calizas y lutitas gris amarillentas. Vista mirando al norte.

3.1.2. Formación Chota

Esta unidad aflora en la parte media del cerro Puquio, cuya litología consiste de areniscas cuarzo feldespáticas gris rojizas de grano medio a grueso en estratos tabulares intercalados algo ondulados con lutitas y limoarcillitas gris rojizas paquetes delgados de 5 a 20 cm de espesor. Conforman macizos rocosos muy fracturados y superficialmente presentan una moderada a fuerte meteorización (**Figura 4**).



Figura 4. Afloramiento de areniscas y lutitas pardo rojizas de la Formación Chota en la parte media de la ladera norte del cerro Puquio en el Anexo El Porvenir. Vista panorámica mirando al sur.

3.1.3. Depósitos Cuaternarios

3.1.3.1. Depósitos coluvio-deluviales (Q-cd)

Estos depósitos se alojan en la parte media de la ladera este de los cerros Puquio y Pilanco. Se trata de secuencias inconsolidadas, con fragmentos heterométricos y polimícticos constituidos de bolones, gravas y gravilla de areniscas y lutitas, envueltos en una matriz limo-arenosa pobremente graduada. Sus fragmentos tienen formas subangulosas a subredondeadas con diámetro de 5 a 30 cm, aunque esporádicamente se hallan bloques con diámetro mayor de 40 cm (**Fotografías 2 y 3**).

Por sus características físicas y geomecánicas, estas secuencias forman suelos no consolidados con baja cohesión y poco competentes, ofreciendo baja resistencia a la erosión, dispuestas sobre una ladera con pendiente fuerte. Esto implica terrenos inestables que las convierte altamente susceptibles a la remoción de masas y procesos gravitacionales, así como deslizamientos y derrumbes.



Fotografía 2. Depósitos coluvio-deluviales ubicados en la ladera media del cerro Puquio, en los alrededores del anexo El Porvenir.



Fotografía 3. Depósito coluvio-deluvial dispuesto sobre la ladera media del cerro Puquio, cerca del Anexo El Porvenir.

4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

4.1. Pendientes del terreno

El análisis de la pendiente del terreno es un parámetro importante en la evaluación de procesos por movimientos en masa, ya que actúa como factor condicionante y dinámico en la propagación de las mismas.

Se consideraron seis rangos de pendientes que van de terrenos llanos (0° - 1°), con pendiente suave (1° a 5°); pendiente moderada (5° a 15°); pendiente fuerte (15° a 25°); pendiente muy fuerte a escarpado (25° a 45°); finalmente, terreno como muy escarpado ($>$ a 45°).

Para la zona evaluada se elaboró un mapa de pendientes de acuerdo con el modelo de elevación digital (DEM) de 30 m de resolución. Los procesos de movimientos en masa (deslizamientos) originados en el Anexo El Porvenir oscilan entre las pendientes moderadas de 5° a 15° , fuertes 15° a 25° , muy fuertes 25° a 45° (**Figura 5**).

De acuerdo al mapa de pendientes, el anexo de El Porvenir se encuentra asentada en una pendiente que oscila entre 5° - 15° y 15° - 25° , y su expansión urbana se desarrolló sobre una ladera con pendiente suave a muy fuerte. Sus viviendas se disponen de manera escalonada por la morfología del terreno (**Fotografía 4**).



Fotografía 4. Morfología escalonada de la ladera este del cerro Puquio, donde se muestra en la parte inferior pendientes fuertes a muy fuertes, mientras que, la zona donde se asentó la población va de suave a moderado. Vista panorámica mirando al sur.

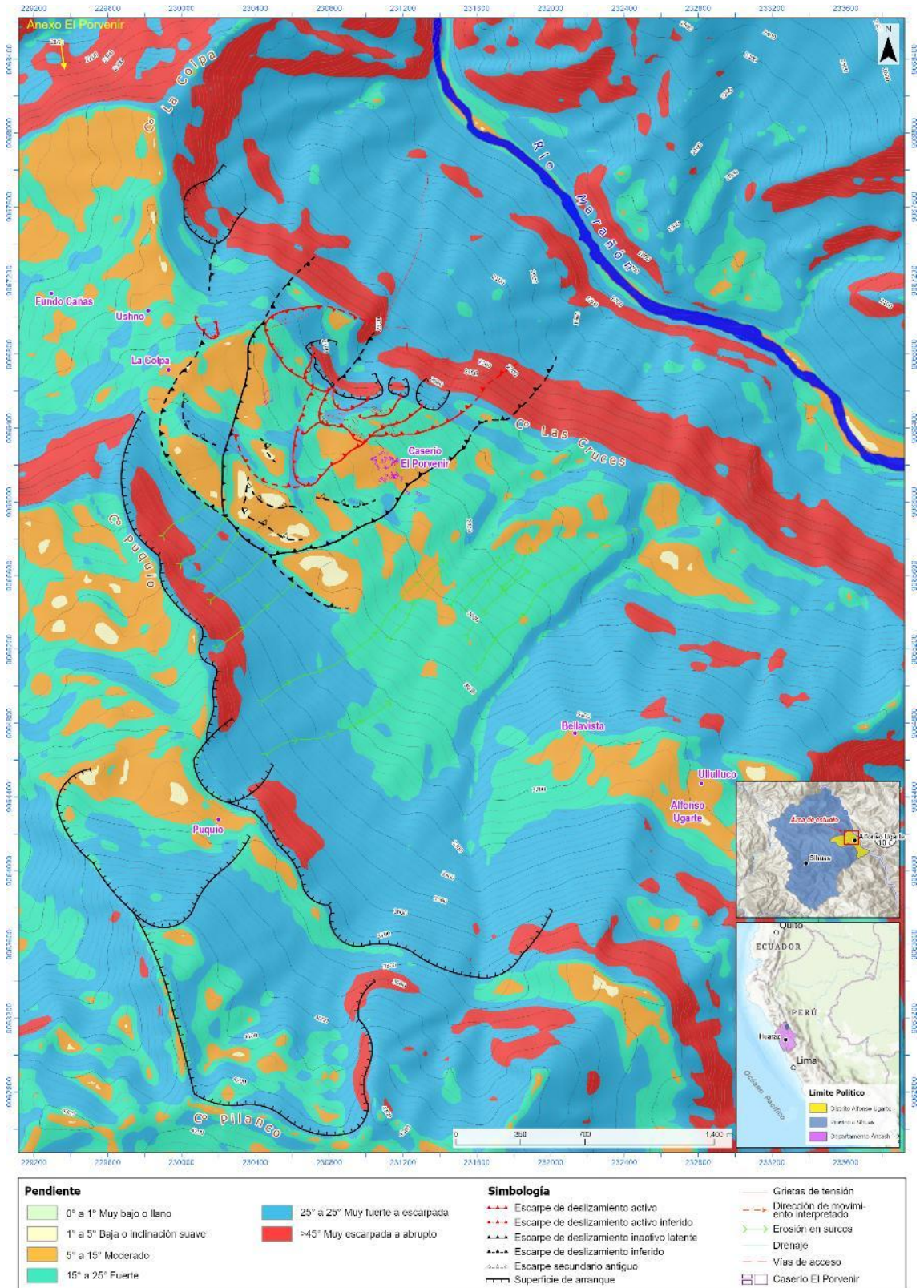


Figura 5. Pendientes del terreno en el sector El Porvenir, donde se observa la relación de la pendiente con los procesos geodinámicos.

4.2. Unidades geomorfológicas

En la zona de estudio se identificaron dos unidades geomorfológicas: a) relieves montañosos emplazados en rocas sedimentarias, que es de carácter degradacional y b) vertiente coluvial-deluvial y coluvial que son de carácter agradacional.

4.2.1. Montaña estructural en roca sedimentaria (ME-rs)

Relieve labrado en rocas sedimentarias representadas por las formaciones Jumasha, Celendín y Chota, que se extiende ampliamente a lo largo de los cerros Puquio y Pilanco. Su ladera norte presenta una morfología algo escalonada, resultado de procesos geológicos antiguos (**Figura 6**).

Su cima, el cerro Pilanco tiene un desnivel casi de ~2400 m desde el pie de la ladera, es decir, el río Marañón. Su origen se debe principalmente a fases de exhumación¹ y levantamiento que involucró procesos tectónicos y erosivos que dieron lugar a una topografía accidentada. La ladera norte aloja vertientes coluvio-deluviales dispuestas sobre pendientes suaves a muy fuertes, que, en la actualidad representan zonas inestables y sujetas a procesos de reactivación de movimientos en masa (**Figura 6**).

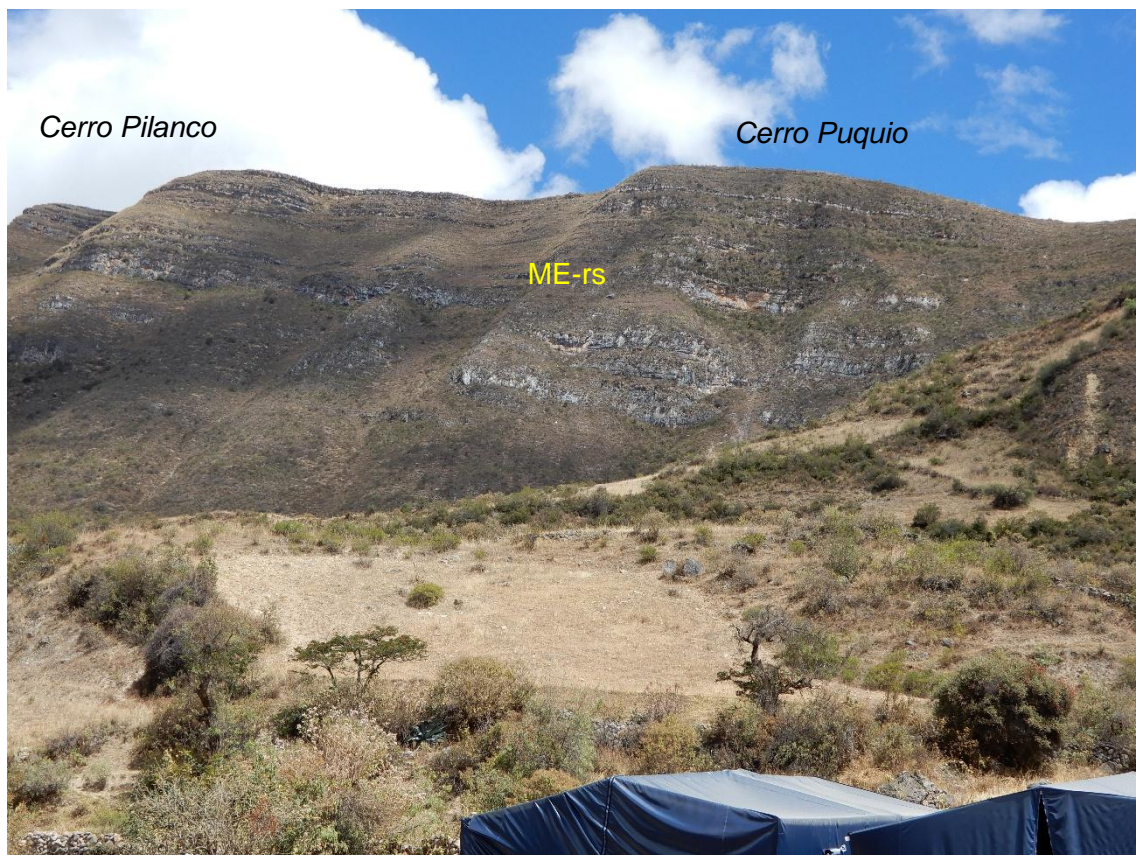


Figura 6. Al fondo se observa un sistema montañoso labrada en roca sedimentaria en la parte superior del cerro Puquio, mientras que, vertiente coluvio-deluvial se muestra en la ladera este con pendientes de moderado a muy fuertes. Vista panorámica mirando al noreste.

¹ Proceso geológico y tectónico que implica levantamiento y el ascenso de rocas de la corteza hacia la superficie (England & Molnar, 1990).

4.2.2. Vertiente coluvio-deluvial (V-cd)

Estas geoformas se emplazan en la parte media a baja de la ladera norte del relieve montañoso en el Anexo El Porvenir. Estos depósitos han sido originados por la acumulación de materiales removidos por avalanchas antiguas que ocurrieron en el pasado y suelos residuales producto de la intensa meteorización de las calizas y lutitas de las formaciones Chúlec-Pariatambo y Jumasha (**Figura 7 y Anexo 1: Mapa Geológico**).



Figura 7. Vertiente coluvio-deluvial dispuesto en la ladera media del cerro Puquio en el Anexo El Porvenir. Vista mirando al noreste.

5. PELIGROS GEOLÓGICOS

En el área estudiada, anexo Porvenir y zonas para reubicación, se identificaron y cartografiaron procesos de movimientos en masa, lo que configuran como peligros geológicos según la clasificación sugerida por el “Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas, 2007”.

En contexto, para caracterizar los movimientos en masa tanto antiguos y recientes, se generó un mapa ráster de Red Relief Image Map (RRIM), a partir de un Modelo de Elevación Digital (DEM) de 30 m de resolución (**Figura 8**).

En la figura 8, se resalta los rasgos morfométricos, morfológicos y geológicos que un DEM convencional no proporciona. En este análisis, se ha podido reconstruir la dinámica de los movimientos en masa tanto antiguos como activos, los cuales representan un peligro para los pobladores del anexo El Porvenir.

De acuerdo con el RRIM, el primer evento geodinámico, es decir, las avalanchas antiguas de rocas y detritos ocurridos en el pasado, afectó gran parte la ladera este de los cerros Puquio y Pilanco, sus zonas de arranque se interpretaron a partir de los rasgos morfológicos del relieve y la imagen satelital, el cual muestra una forma irregular que recorre de manera cóncava los cerros Pilanco y Puquio. En el depósito de las avalanchas antiguas, se asentó gran parte la población del anexo El Porvenir (**Figura 8**).

Mientras que, los eventos más recientes cartografiados en el presente informe, se reflejan en la parte media-superior, media de la ladera del cerro Puquio, caracterizados por deslizamientos activos con escarpes múltiples que involucran terrenos coluvio-deluviales y que ponen en evidencia la fuerte actividad geodinámica en dicho sector. Resaltan por presentar escarpes múltiples que fueron registrado desde por lo menos en 2008 y en 2025, además presentan grietas tensionales discontinuas y escalonadas con dimensiones variables de hasta ~80 m y relativamente profundas de 30 a 40 cm (**Figura 8**).

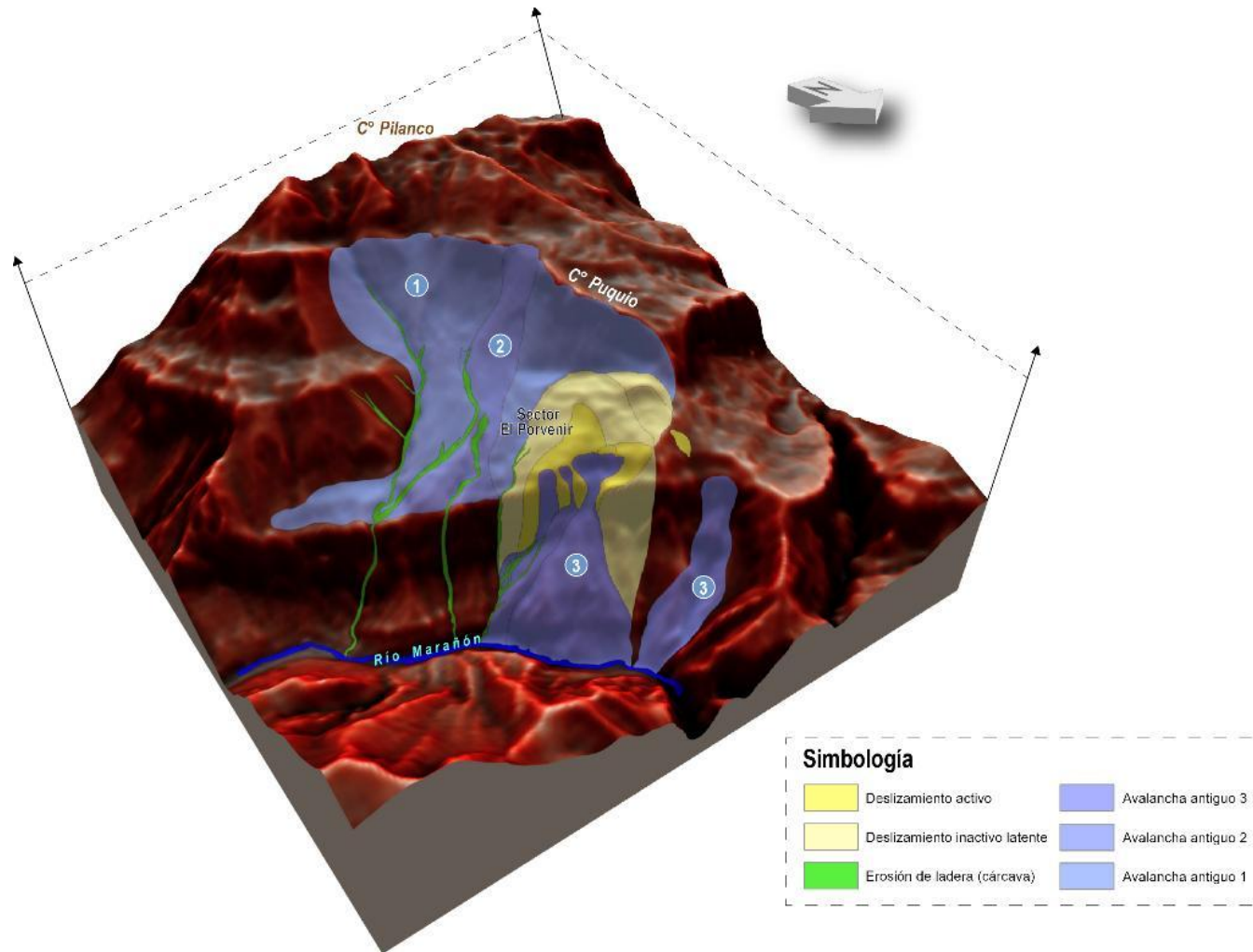


Figura 8. Block diagrama tridimensional donde se muestra la cartografía de procesos de movimientos en masa en el anexo El Porvenir. Nótese la fuerte actividad geodinámica al este de los cerros Puquio y Pilanco. La leyenda de la cartografía se encuentra en el mapa de peligros geológicos.

5.1. Movimientos en masa

5.1.1. Avalanchas antiguas

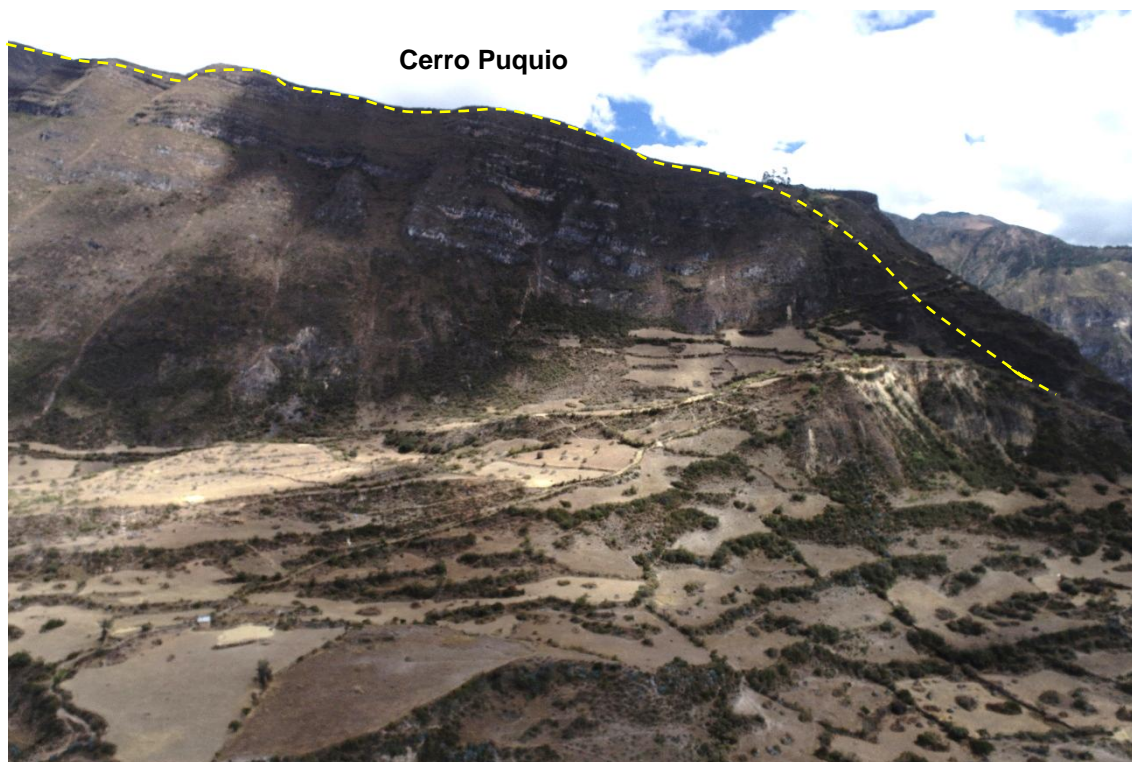
En la ladera este de los cerros Puquio y Pilanco se instalaron eventos geodinámicos del tipo avalanchas, señalados como eventos 1, 2 y 3; que involucran gran extensión y volumen de rocas sedimentarias, condicionado por un intenso fracturamiento y fuerte meteorización de sus estratos, debido a que previamente fueron afectados por una intensa actividad tectónica y geodinámica externa pasada (**Figura 8**).

La geometría y los rasgos morfológicos de las avalanchas antiguas, sugieren un mecanismo de movimiento violento con superficie rotura o zona de arranque semicircular y continua, y con flancos abiertos, lo que indica una influencia directa con la estructura geológica y las condiciones geomecánicas de un substrato rocoso previamente triturado y deformado tectónicamente (**Figura 8 y fotografías 5 y 6**).

Este proceso removilizó material rocoso y residual, desplazándolo ladera abajo hasta depositarse en la zona media de la ladera, con morfología escalonada y algo ondulada de pendientes entre suaves a moderado y sobre el cual se asentó gran parte de la población de El Porvenir, lo que le convierte en una zona altamente susceptible a procesos de reactivación (**fotografías 5 y 6**).



Fotografía 5. Depósito de avalanchas antiguas alojados en la ladera media de los cerros Puquio y Pilanco, sobre este depósito se asentó la población de El Porvenir, donde actualmente representa actividad geodinámica activa. Vista mirando al sur.



Fotografía 6. En la cresta del cerro Puquio se observa la zona de arranque (línea discontinua amarilla) de una avalancha antigua, donde su depósito alojado en la ladera, actualmente representa zonas de deslizamiento activo. Vista mirando al oeste.

5.1.2. Deslizamiento activo

Desde el 2008 a la actualidad, se viene registrando procesos de deslizamiento activo en la ladera media del cerro Puquio, desde entonces ha estado presentando procesos recurrentes de reactivación que fueron reportados por la Oficina de Gestión de Riesgo y Desastres de la Municipalidad Distrital del Alfonso Ugarte (**Figura 8**).

Durante la inspección, se observaron que los procesos de deslizamientos activos se desarrollan sobre depósitos coluvio-deluviales provenientes de antiguas avalanchas, así también sobre parte del macizo rocoso perteneciente a las Formación Celendín y Chota. Estas rocas presentan evidencias claras de haber sido previamente afectadas por una intensa actividad tectónica que dio lugar a una deformación frágil, que en superficie se manifestaron a través de fracturas, discontinuidades y foliaciones. Estas estructuras han debilitado el substrato rocoso, condicionando su estabilidad y favoreciendo la ocurrencia y el desarrollo de movimientos en masa (**Figura 9 y 10**).

Se ha identificado un deslizamiento que, por sus características morfológicas del terreno, los escarpes escalonados y grietas situadas en el escarpe principal y en el cuerpo se trataría de un movimiento en estado activo (**Figura 9, 10 y 11**).

El deslizamiento activo involucra y compromete un área de 32.7 ha. Su escarpe principal presenta una geometría semicircular con flancos cerrados que recorre ~1320 m de longitud. Presenta un salto variable que va desde 2.5 con respecto a la vertical (**Fotografías 7, 8 y 9**).

Lo escarpes secundarios ubicados en el cuerpo principal del deslizamiento configuran una zona altamente inestable que pone en evidencia el carácter activo de la masa en movimiento e inestable del terreno (**Fotografías 7 y 8**).

A 100 m del flanco derecho del escarpe principal del deslizamiento activo se ubica el poblado de El Porvenir (**Figura 9**). Asimismo, una grieta de 67 m de longitud se acerca peligrosamente en dirección de la población. Esta grieta pone en evidencia el carácter retrogresivo en la parte lateral del deslizamiento.

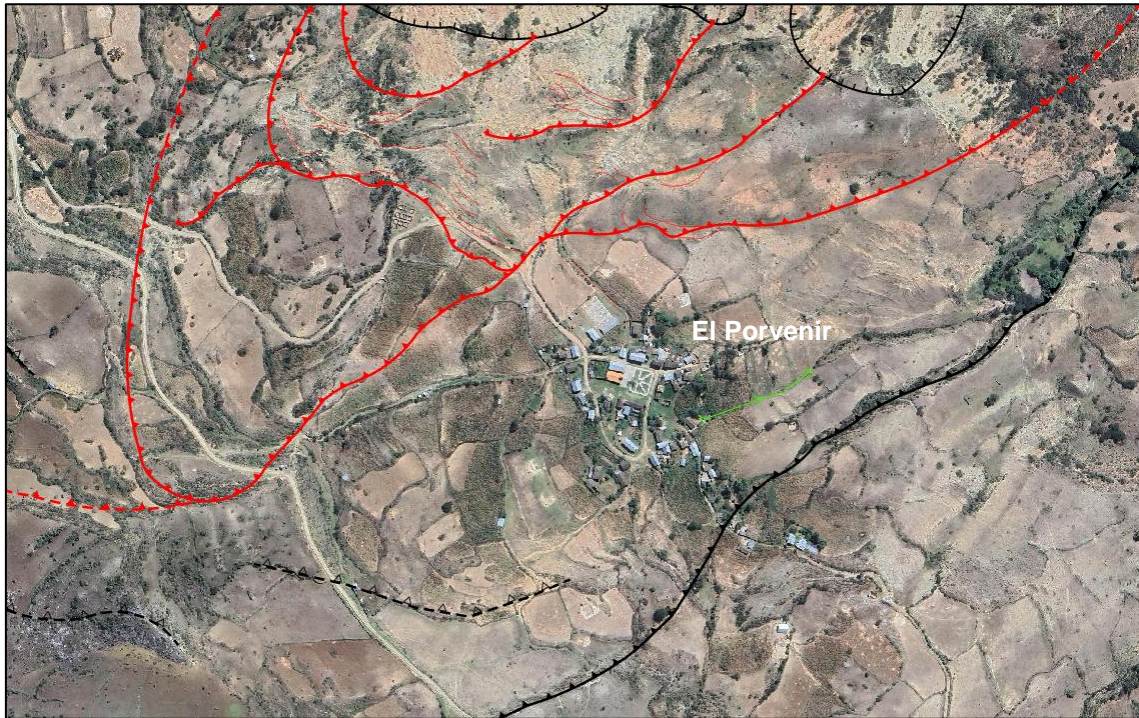


Figura 9. Deslizamiento activo que involucra terrenos coluvio-deluviales en la ladera del cerro Puquio. Nótese, la población del El Porvenir a 100 m del escarpe principal del deslizamiento activo (líneas rojas).

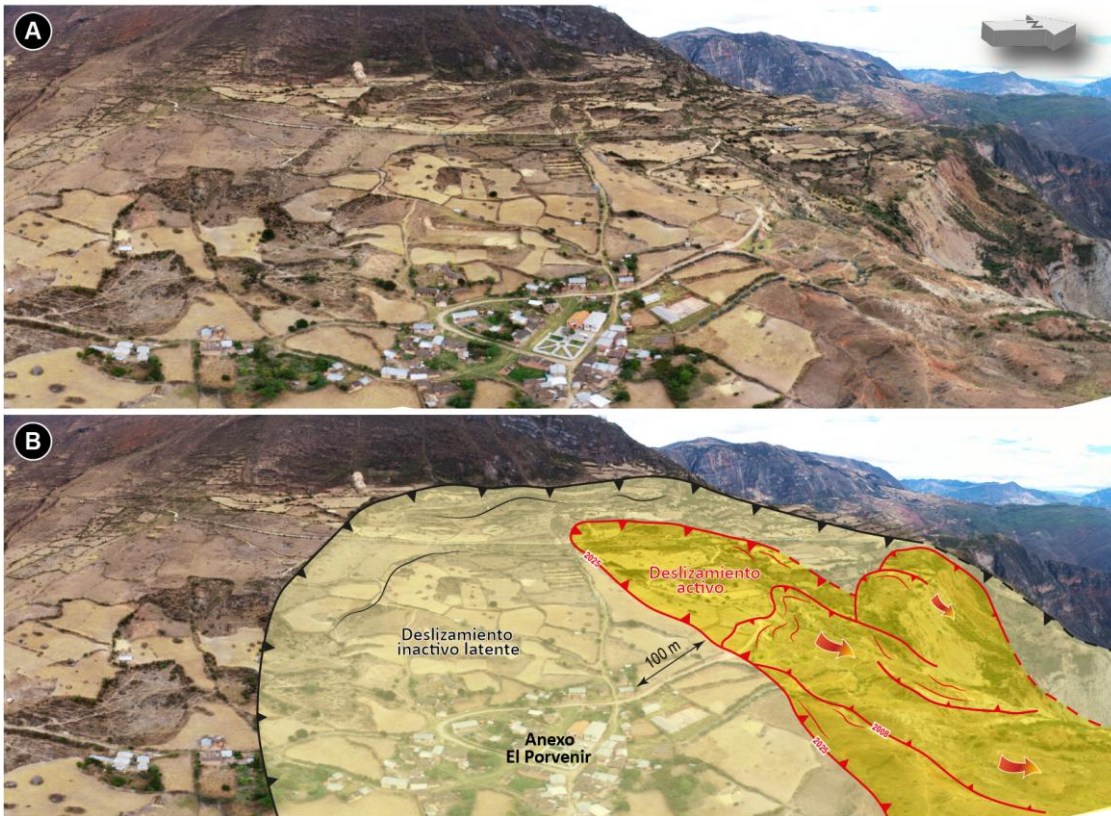


Figura 10. A) y B) Vista área con detalle de la cartografía del flanco derecho del deslizamiento activo, donde se observa una zona de deformación del terreno. El poblado de El Porvenir se ubica a tan solo 100 m del escarpe principal. Imagen panorámica mirando al noroeste.



Fotografía 7. Al fondo de tonos rojizos se observa el escarpe principal del deslizamiento activo en 2025, mientras que, en la parte inferior se observa en tonos blancos el escarpe registrado en el 2008. Vista mirando a oeste.



Fotografía 8. Escarpe principal ubicado en el flanco derecho del deslizamiento activo. Nótese, el salto de 0.8 a 1.2 m con respecto a la vertical. Vista mirando al oeste.



Fotografía 9. Salto de 2.5 m del escarpe principal en el flanco derecho del deslizamiento activo. Vista mirando al oeste.



Figura 11. Prolongación del escarpe principal en la zona de la corona del deslizamiento activo. Vista mirando al noroeste.

De igual modo, en la figura 12, y en polígono blanco, se observa a la zona de albergue o reubicación temporal propuesta por la Municipalidad Distrital de Alfonso Ugarte, esta se sitúa morfológicamente y geodinámicamente sobre una zona altamente inestable. Se ubica al 180 m del escarpe principal al oeste del flanco izquierdo del deslizamiento activo, asimismo, se encuentra sobre un deslizamiento inactivo latente que podría comprometer la seguridad física de los pobladores de El Porvenir (**Figura 12**).

En ese contexto, durante la inspección en campo y con el apoyo del análisis de imágenes satelitales y de la cartografía de peligros geológicos actualizado en el presente informe, se propone una nueva zona para la reubicación temporal entre los poblados de Ullulluco y Bellavista (**Figura 12**). Esta zona se encuentra fuera de la geodinámica antigua y activa del anexo de El Porvenir. Presenta un terreno sobre roca firme y topográficamente sobre un terreno llano a semillano y fuera del alcance de una zona propensa a caída de rocas y derrumbes.

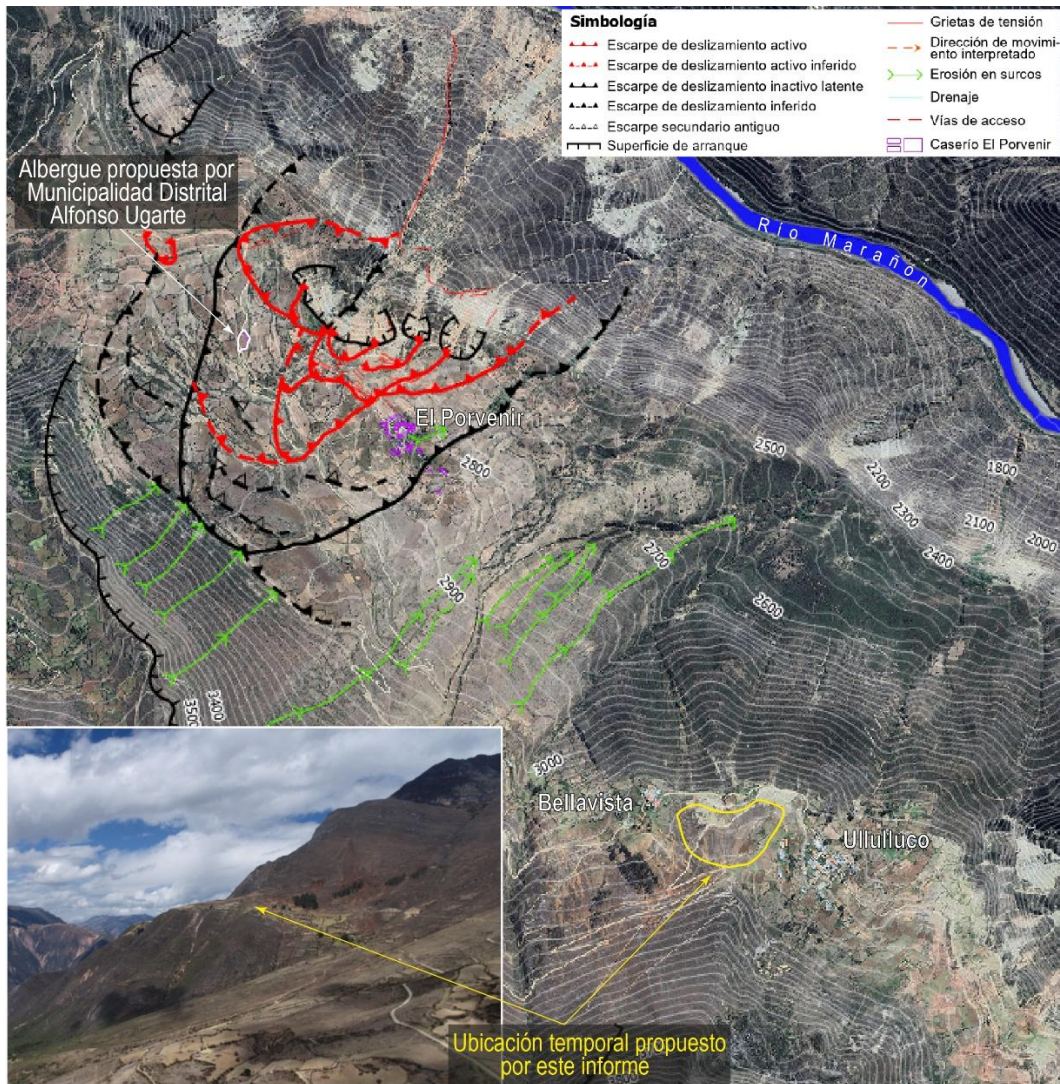


Figura 12. Cartografía donde se muestra la zona de albergue temporal (polígono blanco) propuesta por la Municipalidad Distrital de Alfonso Ugarte. Situado a 180 m del escarpe del deslizamiento activo (líneas rojas) y sobre un deslizamiento inactivo latente. Zona propuesta en el presente informe para la reubicación temporal (polígono amarillo) del anexo de El Porvenir; ubicado entre los poblados de Ullulluco y Bellavista. Imagen satelital de Google Earth.

5.1.2.1. Factores condicionantes

Los factores condicionantes que están relacionados a los procesos de movimientos en masa, es decir, la ocurrencia del deslizamiento se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 2. Factores condicionantes de los procesos de movimientos en masa.

Factores	Características asociadas
Litológico	<ul style="list-style-type: none"> • Presencia de substrato rocoso de areniscas y lutitas de las formaciones Celendín y Chota, muy fracturados y meteorizados. Estas rocas se caracterizan por presentar secuencias incompetentes altamente inestables asociadas al origen de los procesos gravitacionales. • Suelos residuales y depósitos coluvio-deluvial inconsolidados poco resistentes y de baja cohesión provenientes de antiguas avalanchas que se emplaza en la ladera este de los cerros Puquio y Pilanco

	adosadas en pendientes suaves a moderados, lo cual las convierten en zonas inestables propicias a la generación, desarrollo y reactivación de deslizamientos.
Geomorfológico	<ul style="list-style-type: none"> • Montaña estructural labrada en roca sedimentaria. • Relieve con morfología escalonada presenta pendientes que van de suave, moderado a muy fuerte que oscilan de 05° a 45°.

5.1.2.2. Factores desencadenantes

Los principales factores desencadenantes que están asociadas a la ocurrencia de movimientos en masa se detallan a continuación.

Tabla 3. Factores desencadenantes de los movimientos en masa.

Factores	Características asociadas
Precipitaciones	<ul style="list-style-type: none"> • Intensas precipitaciones pluviales y/o excepcionales, principalmente entre los meses de enero a abril.
Hidrológicos	<ul style="list-style-type: none"> • Aguas de escorrentía superficial que discurren la parte media alta de la ladera y desembocan en el cuerpo del deslizamiento inactivo latente. Asimismo, surcan depósitos coluvio-deluviales y sobresaturan el terreno inestable.
Sismos	<ul style="list-style-type: none"> • La ocurrencia de sismos superficiales y locales podrían estar relacionados con la inestabilidad de laderas dispuestas sobre laderas con pendientes muy pronunciadas.
Antrópicos	<ul style="list-style-type: none"> • Cortes de carretera y ensanchamiento de las trochas en la zona del cuerpo del deslizamiento activo e inactivo latente. • Canales sin revestimiento ubicados en la cabecera de la masa del cuerpo del deslizamiento. • Uso de suelo inadecuado y riego no tecnificado que sobresatura el terreno en el cuerpo del deslizamiento.

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, se emiten las siguientes conclusiones.

- 1) En el Anexo El Porvenir, el substrato rocoso está constituido por rocas sedimentarias de las formaciones Celendín y Chota. Cuya litología está compuesta de calizas margosas y areniscas y lutitas en estratos que van de 0.2 a 0.5 m de espesor. Estos macizos rocosos presentan características físicas de resistencia media-baja que oscilan entre los 25 a 100 Mpa, además, se encuentran muy fracturados y se hallan moderada a fuertemente meteorizadas.
- 2) Los depósitos coluvio-deluviales están conformadas por acumulaciones inconsolidadas de fragmentos heterométricos envueltos en matriz limo arenosa, provenientes de antiguas avalanchas y suelos residuales, caracterizados por sus propiedades geomecánicas poco cohesivas que ofrecen baja resistencia a la erosión, lo que favorecen la generación, desarrollo y reactivación de procesos de remoción en masa.
- 3) Desde el punto de vista geomorfológico, los procesos por movimientos en masa se desarrollaron sobre una morfología montañosa labrada en roca sedimentaria, caracterizada por un relieve abrupto, con pendientes que varían de entre 05° a 45°. Las geoformas resultantes de vertientes coluvio-deluviales se emplazan sobre laderas medias al este de los cerros Puquio y Pilanco, el cual, conforman zonas con terrenos de pendientes suaves a muy fuertes que oscilan entre 05° a 45°. Estas condiciones morfológicas del terreno han propiciado la generación, evolución y reactivación del deslizamiento de El Porvenir.
- 4) Se ha identificado un deslizamiento que, por sus características morfológicas del terreno, los escarpes escalonados y grietas situadas en el escarpe principal y en el cuerpo se trataría de un movimiento en estado activo. Compromete un área de 32.7 ha. Su escarpe principal presenta una geometría semicircular con flancos cerrados que recorre ~1320 m de longitud. Presenta un salto variable de hasta 2.5 con respecto a la vertical. Además, se identificaron depósitos de antiguas avalanchas. En conjunto, estos movimientos en masa reflejan una clara inestabilidad del terreno que ponen en peligro a los pobladores del anexo El Porvenir e infraestructura local asentadas.
- 5) Tras la inspección técnica, se determina que la zona de albergue propuesta por la Municipalidad Distrital de Alfonso Ugarte resulta inviable por su alta inestabilidad geodinámica, al emplazarse a escasos 180 m del escarpe principal del deslizamiento activo y sobre el cuerpo de un deslizamiento inactivo latente. En contraste, el presente informe propone como alternativa la zona de reubicación temporal comprendida entre los poblados de Ullulluco y Bellavista; este sector se ubica fuera de la influencia de la geodinámica antigua y activa, además se localiza sobre un substrato rocoso firme y topográficamente sobre un terreno llano a semillano.
- 6) De acuerdo con las características y condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas, el Anexo El Porvenir presenta **Peligro Alto** frente a la ocurrencia de movimientos en masa, del tipo deslizamientos y avalanchas.

7. RECOMENDACIONES

Las recomendaciones que a continuación se brindan tienen por finalidad mitigar el impacto de los peligros geológicos por movimientos en masa identificados en el distrito de El Porvenir.

No estructurales: Transversales a autoridades y población

1. Elaborar la Evaluación de Riesgos (EVAR) por deslizamiento con los insumos (mapas a detalle) presentados en el presente informe, con la finalidad de determinar el nivel de riesgo de los elementos expuestos en el anexo El Porvenir. Este informe deberá determinar la reubicación parcial o total de la población afectada por el deslizamiento. Además, de complementar junto con las recomendaciones emitidas en el presente informe, las medidas correctivas definitivas que atenúen el peligro.
2. En un plazo inmediato, reubicar temporalmente a los pobladores del anexo El Porvenir hacia la zona propuesta entre los poblados Ullulluco y Bellavista tal como se muestra en el presente informe. Esto con el objetivo de salvaguardar la seguridad física de los pobladores.
3. Incluir los peligros geológicos identificados por el Ingemmet en los planes específicos de la Gestión del Riesgo de Desastres de la Municipalidad Distrital de Alfonso Ugarte.
4. Identificar rutas de evacuación y zonas seguras ante la ocurrencia de peligros geológicos. Posteriormente, implementar simulacros de evacuación, con la finalidad de contar con una respuesta rápida y adecuada en situaciones de emergencia.
5. Implementar Sistemas de Alerta Temprana-SAT en coordinación con el INDECI, para la inmediata información de ocurrencia de peligros geológicos o procesos de reactivación de los mismos en caso enfrentara la población de El Porvenir.
6. Control del agua superficial y subterránea con el objetivo de disminuir sus efectos y las fuerzas que producen el movimiento del deslizamiento y aumentar las fuerzas de resistencia de la ladera.
7. Suspender definitivamente el riego por inundación en zonas agrícolas. Implementar riego más tecnificado corroboradas por el Ministerio de Agricultura.
8. Sellar los agrietamientos ubicados en el cuerpo principal y a lo largo del escarpe del deslizamiento activo (**ver Anexo 1: Mapa 03**), con materiales arcillosos a fin de evitar la infiltración del agua durante lluvias intensas.
9. Reforestar la ladera con especies nativas y de raíces densas a fin de dar una mayor resistencia y cohesión a los suelos incompetentes, principalmente entre las zonas fuera de la influencia de los deslizamientos activos y en los alrededores de la zona propuesta para reubicación temporal (**ver figura 12**).
10. Prohibir la construcción de nuevas viviendas o infraestructura en zonas afectadas por deslizamientos activos.
11. Implementar un sistema de monitoreo permanente mediante instrumentación (puntos de control topográficos, extensómetros, inclinómetros, piezómetros, pluviómetros comunitarios) complementado con registros periódicos de agrietamientos y asentamientos. Este sistema debe estar vinculado a un SAT, que

permita anticipar posibles reactivaciones cercanas a la población para la toma de decisiones oportunas que salvaguarden la seguridad de la población.

Estructurales

Con fines de estabilización de la ladera:

La estabilización de los deslizamientos activos y potencialmente inestables, es un trabajo relativamente complejo que requiere de metodologías especializadas de diseño y construcción, es por ello, que las medidas de mitigación que se recomiendan en el presente informe deben ser ejecutados por profesionales especialistas entendidos en la materia.

1. Implementar un sistema de drenaje a fin de disminuir la saturación del terreno, ubicadas en el cuerpo de los deslizamientos y alrededores.
2. Construir drenajes tipo espina de pez, con canales de mangueras flexibles o tuberías de PVC. Un primer canal en la parte superior del deslizamiento activo con la finalidad de interceptar el escurrimiento en la zona de mayor pendiente (cambio de pendiente); el segundo canal en la parte media con la finalidad de evitar la infiltración de las aguas en la masa que actualmente se viene desplazando, las que podría detener en parte el avance de los deslizamientos. Los canales deben desembocar a un canal longitudinal, ubicadas en los flancos del deslizamiento activo, con la finalidad de conducir el agua de escorrentía hacia el río Marañón (**Ejemplo: anexo 2.6 y 2.7**).
3. Construir subdrenajes longitudinales para captar las aguas subterráneas y reducir el nivel freático en el subsuelo, protegiendo así la ladera (**Ejemplo: anexo 2.8**).
4. Construir zanjas de coronación (impermeabilizadas) ubicadas en la cabecera del deslizamiento activo, a fin de coleccionar las aguas de las lluvias y drenarlas hacia una quebrada alterna o por canales de derivación, con el objetivo de evitar que estas se infiltren en las grietas y escarpes (**Ejemplo: anexo 2.4 y 2.5**).
5. Construir zanjas de desvíos de aguas en los flancos del deslizamiento con la finalidad de coleccionar las aguas de las lluvias y las transporte hacia la parte externa del deslizamiento, de manera que no se vea afectado el deslizamiento en estado activo (**Ejemplo: anexo 2.7**).

8. BIBLIOGRAFÍA

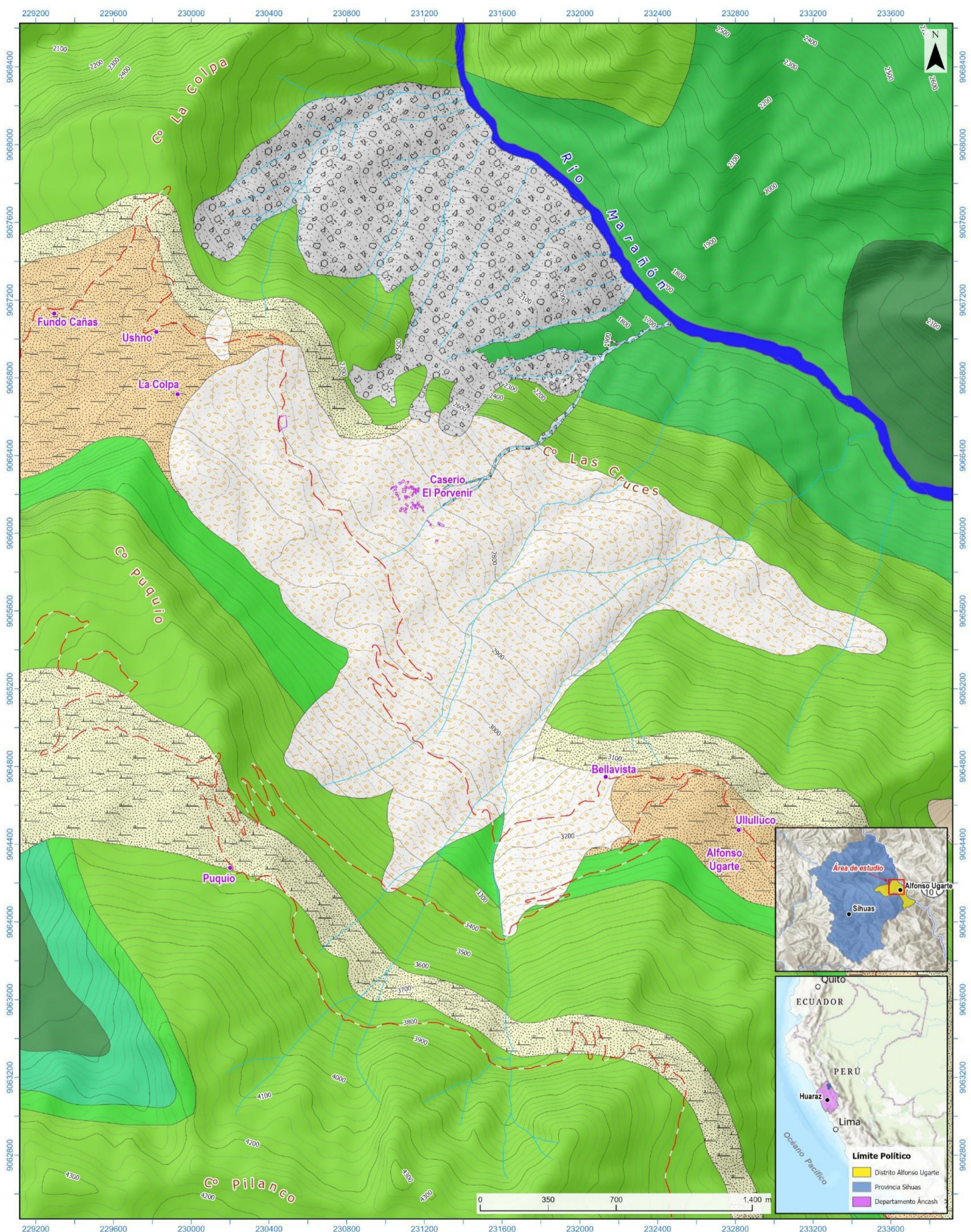
- Cruden, D. M., Varnes, D.J., (1996). Landslide types and processes, en Turner, K., y Schuster, R.L., ed., Landslide's investigation and mitigation: Washintong D. C, National Academy Press, Transportation researchs board Special Report 247, p. 36-75.
- Evans, S. G., y Hungr, O., (1993). The analysis of rock fall hazard at the base of talus slope: Canadian Geotechnical Journal, v. 30p.
- England, P. & Molnar, P. (1990). Surface uplift, uplift of rocks, and exhumation of rocks. Geology, v18, p. 1173-1177. DOI:10.1130/0091-7613(1990)018<1173:SUUORA>2.3.CO;2.
- Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (2000). Estudio de riesgos geológicos del Perú, Franja N° 1. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 23, 330 p.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI (2017). Directorio Nacional de Centros Poblados. Censos Nacionales 2017: XII de Población; VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas.
- ISRM (1981). Suggest method for the quantitative description of discontinuities in rock masses: International Journal of Rock Mechanics, Min. Sci. & Geomech. Abstr. V. 18, p. 85-110.
- Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007) Movimientos en Masa en la Región Andina: Una guía para la evaluación de amenazas. Servicio Nacional de Geología y Minería, Publicación Geológica Multinacional, No. 4, 432 p., 1 CD-ROM.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, SENAMHI (2020). Mapa de clasificación climática del Perú (Texto). Lima, Perú.
- Suárez Díaz, J. (2007). Deslizamientos - Técnicas de Remediación (1a ed.). Erosion.com.
- Wilson, J.; Reyes, L. & Garayar, J. (1967). Geología de los cuadrángulos de Mollebamba, Tayabamba, Huaylas, Pomabamba, Carhuaz y Huari. (Hojas 17-h, 17-i, 18-h, 18-i, 19-h, 19-i). Boletín N° 16. Servicio de Geología y Minería.
- WP/WLI, (1993). A suggest method for describing the activity of a landslide: Bulletin of the International Association of Engineering Geology, N°47. p. 53-57.
- Zavala, B.; & Vílchez, M. (2009). Estudio de Riesgos Geológicos en la Región Áncash. Boletín N°34, Serie C. INGEMMET.

ANEXO 1: MAPAS
MAPAS DEL ANEXO EL PORVENIR

Mapa 01: Mapa Geológico

Mapa 02: Mapa Geomorfológico

Mapa 03: Mapa de Cartografía de Peligros Geológicos



Unidades litoestratigráficas

- | | | | | | |
|--|------------------------------|--|----------------------|--|-----------------------------|
| | Depósitos Proluviales | | Formación Celendín | | Formación Chúlec-Pariatambo |
| | Depósitos Coluviales | | Formación Jumasha | | Grupo Goyllarizquiza |
| | Depósitos Coluvio-deluviales | | Formación Pariatambo | | Formación Chúlec |
| | Formación Chota | | | | |

Simbología

- Curvas principales
- Curvas secundarias
- Drenaje
- Vías de acceso
- Caserio El Porvenir

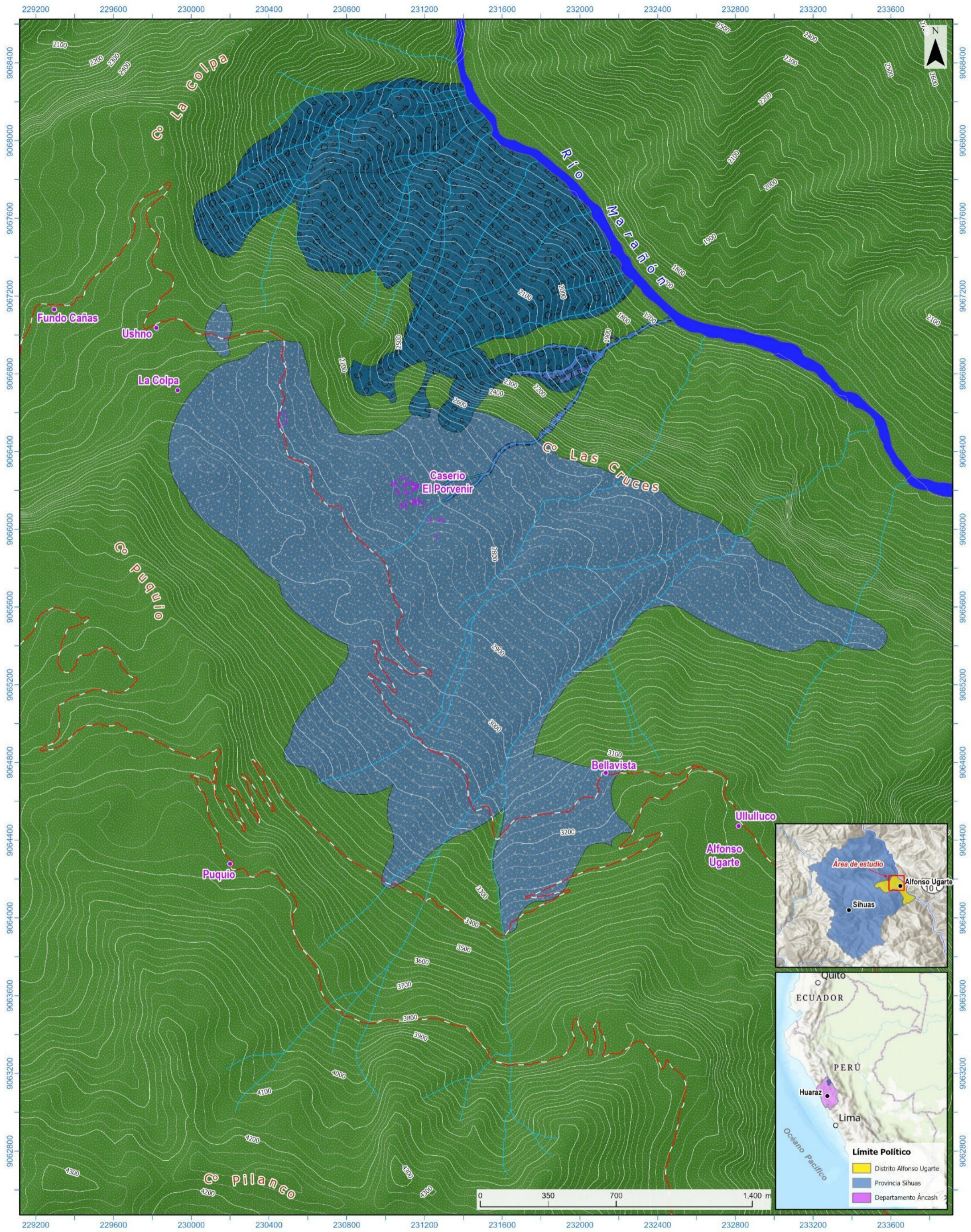
INGEMMET
INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALURGICO

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

ACT16: Servicio de asistencia técnica en la evaluación de peligros geológicos a nivel nacional

Mapa Geológico	01
-----------------------	----

Datum: UTM-WGS84, Zona 18s
Versión digital: año 2025; Versión impresa: 2025



Unidades geomorfológicas

- Montaña estructural en roca sedimentaria
- Vertiente coluvial
- Vertiente coluvio-deluvial
- Piedemonte aluvio-torrencial

Simbología

- Curvas principales
- Curvas secundarias
- Drenaje
- Vías de acceso
- Caserio El Porvenir

INGEMMET
INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALURGICO

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

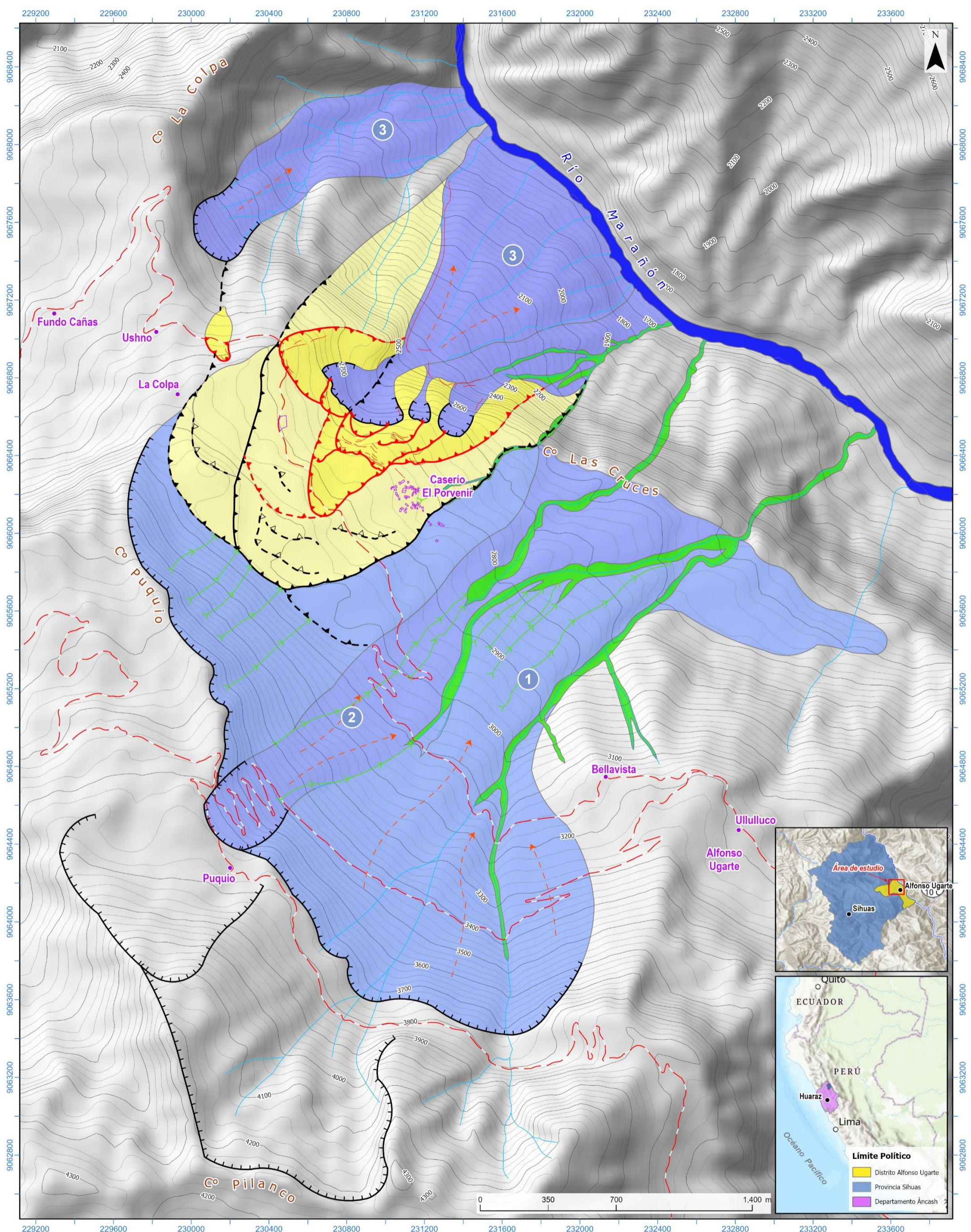
ACT16: Servicio de asistencia técnica en la evaluación de peligros geológicos a nivel nacional

Mapa Geomorfológico

Datum: UTM-WGS84, Zona 18s
Versión digital: año 2023; Versión impresa: 2025

02











Cartografía de peligros geológicos

- | | |
|---|---|
|  Deslizamiento activo |  Avalancha antiguo 3 |
|  Deslizamiento inactivo latente |  Avalancha antiguo 2 |
|  Erosión de ladera (cárcava) |  Avalancha antiguo 1 |

Simbología

-  Escarpe de deslizamiento activo
-  Escarpe de deslizamiento activo inferido
-  Escarpe de deslizamiento inactivo latente
-  Escarpe de deslizamiento inferido
-  Escarpe secundario antiguo
-  Superficie de arranque

-  Grietas de tensión
-  Dirección de movimiento interpretado
-  Erosión en surcos
-  Drenaje
-  Vías de acceso
-  Caserío El Porvenir



SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALURGICO

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

ACT16: Servicio de asistencia técnica en la evaluación de peligros geológicos a nivel nacional

Cartografía de peligros Geológicos

Datum: UTM-WGS84, Zona 18s
Versión digital: año 2025; Versión Impreso: 2025

03

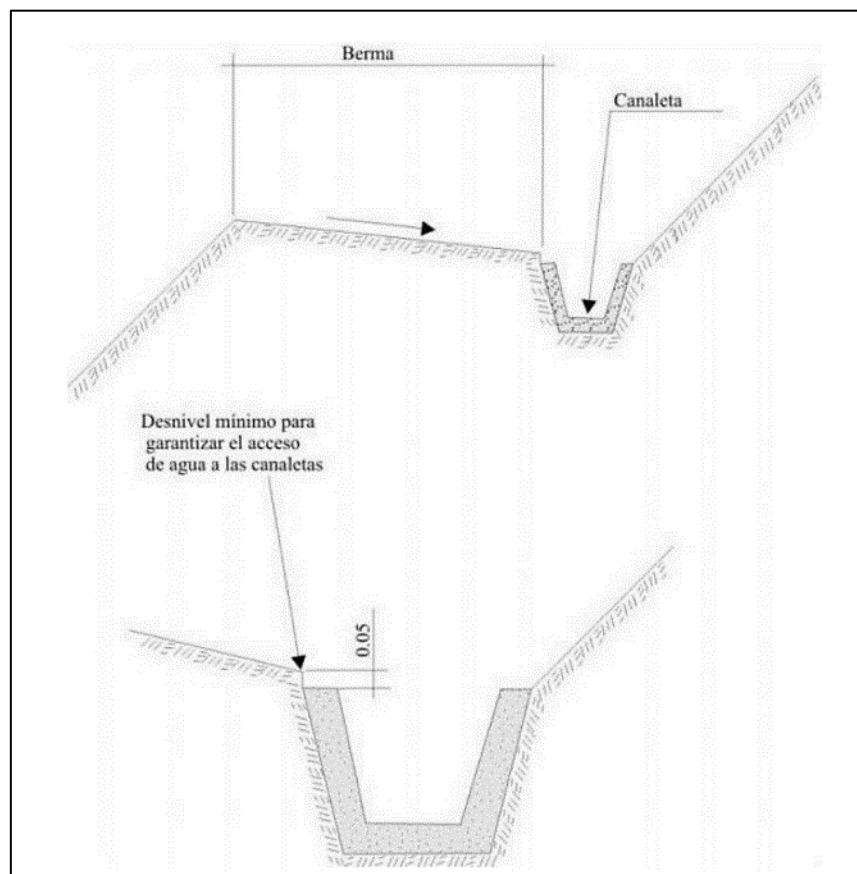
ANEXO 2: PROPUESTA DE MEDIDAS CORRECTIVAS

Para deslizamientos

En la zona evaluada para la mitigación de los peligros geológicos, se debe controlar la infiltración del agua hacia afuera del cuerpo en movimiento. Los métodos de estabilización de los movimientos en masa, que contemplan el control del agua, tanto superficial como subterránea, son muy efectivos y generalmente más económicos que la construcción de grandes obras de contención, desactivan y disminuyen la presión de los poros, considerada el principal elemento desestabilizante en laderas. El drenaje reduce el peso de la masa y al mismo tiempo aumenta la resistencia de la ladera (Suárez Díaz, 1998). Las medidas de drenaje recomendadas son:

a. Drenaje Superficial

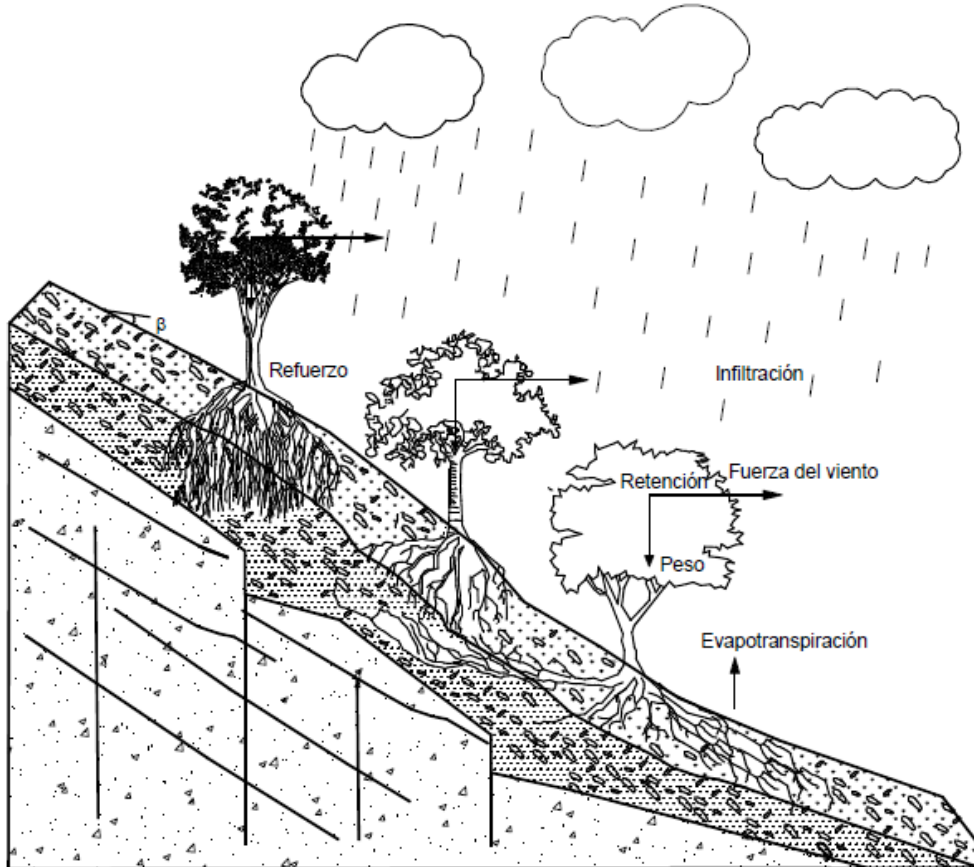
Las zanjas construidas permiten la recolección de aguas superficiales, captan la escorrentía tanto de la ladera, como de la cuenca de drenaje arriba del talud y desvía el agua a las quebradas adyacentes al cuerpo de la zona afectada, evitando su infiltración, captando el agua de escorrentía, llevándola a un sitio lejos del movimiento. Éstas deben ser construidas en la parte superior de la zona en movimiento (**Anexo 2.1**). En las obras construidas - zanjas de drenaje es necesario impermeabilizar la caja hidráulica captando y evitando totalmente la infiltración de las aguas de escurrimiento la ladera, según las imágenes adjuntas.



Anexo 2.1. Detalle una canaleta de drenaje superficial (zanjas de coronación). Tomado de INGEMMET (2000).

b. Revegetación

Los árboles y arbustos de raíz profunda aportan una resistencia cohesiva significativa a los mantos de suelo más superficiales y al mismo tiempo, facilitan el drenaje subterráneo, reduciendo en esta forma la probabilidad de movimientos en masa poco profundos (Suárez Díaz, 2007).



Anexo 2.2. Estabilización de taludes utilizando vegetación. Fuente: Suarez, Díaz (2007).



Anexo 2.3. Ejemplo de bioingeniería con arbusto (vetiver) en taludes de materiales sueltos.

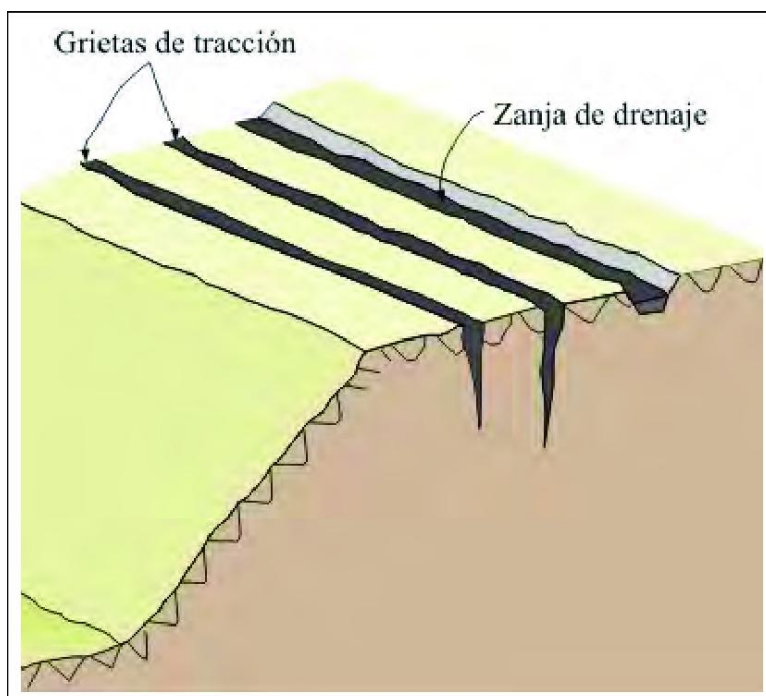
Zanjas de coronación

Las zanjas de coronación, ubicadas en la corona, encima de la corona y superficies de ruptura o en la parte superior de un talud, cumplen la función de interceptar y canalizar eficientemente y de manera adecuada las aguas de pluviales, evitando su infiltración y luego debilitar el talud. Estas estructuras no deben construirse demasiado próximos al borde superior del talud, ya que podría contribuir a la inestabilidad y desequilibrio del talud, lo que actuaría como factor desencadenante ante nuevos deslizamientos o desarrollo de nuevas superficies de falla de movimientos en masa (**Anexo 2.4**).

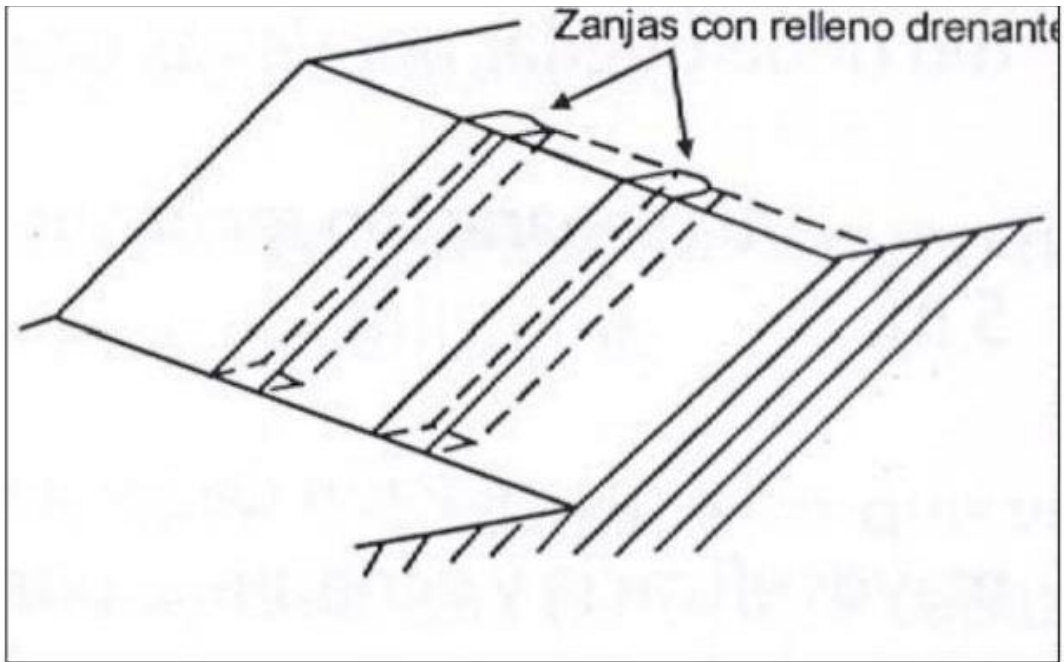
Es fundamental realizar un mantenimiento periódico que debe efectuarse en las zanjas de coronación, con el objetivo de garantizar su funcionamiento eficazmente y prevenir obstrucciones o deterioros que puedan comprometer la estabilidad del talud. La acumulación de sedimentos, colapso parcial de las paredes o la misma erosión interna pueden alterar su capacidad de drenaje, lo que aumentaría significativamente su infiltración y afectar la resistencia del suelo.

Pueden ser de dos tipos:

- **Zanjas de talud.** Son las que siguen la línea de máxima pendiente del talud y son aplicables cuando los deslizamientos están situados a poca profundidad (**Anexo 2.5**).
- **Zanjas horizontales.** Son paralelas al talud y se sitúan próximos al hombro del talud. Son útiles los drenes en forma de “*espina de pescado*” (**Anexo 2.7 y 2.8**), que combinan una zanja drenante según la línea de máxima pendiente con zanjas secundarias (espinas) ligeramente inclinadas que convergen en la espina central. Su construcción y mantenimiento en zonas afectadas debe tener buena vigilancia.



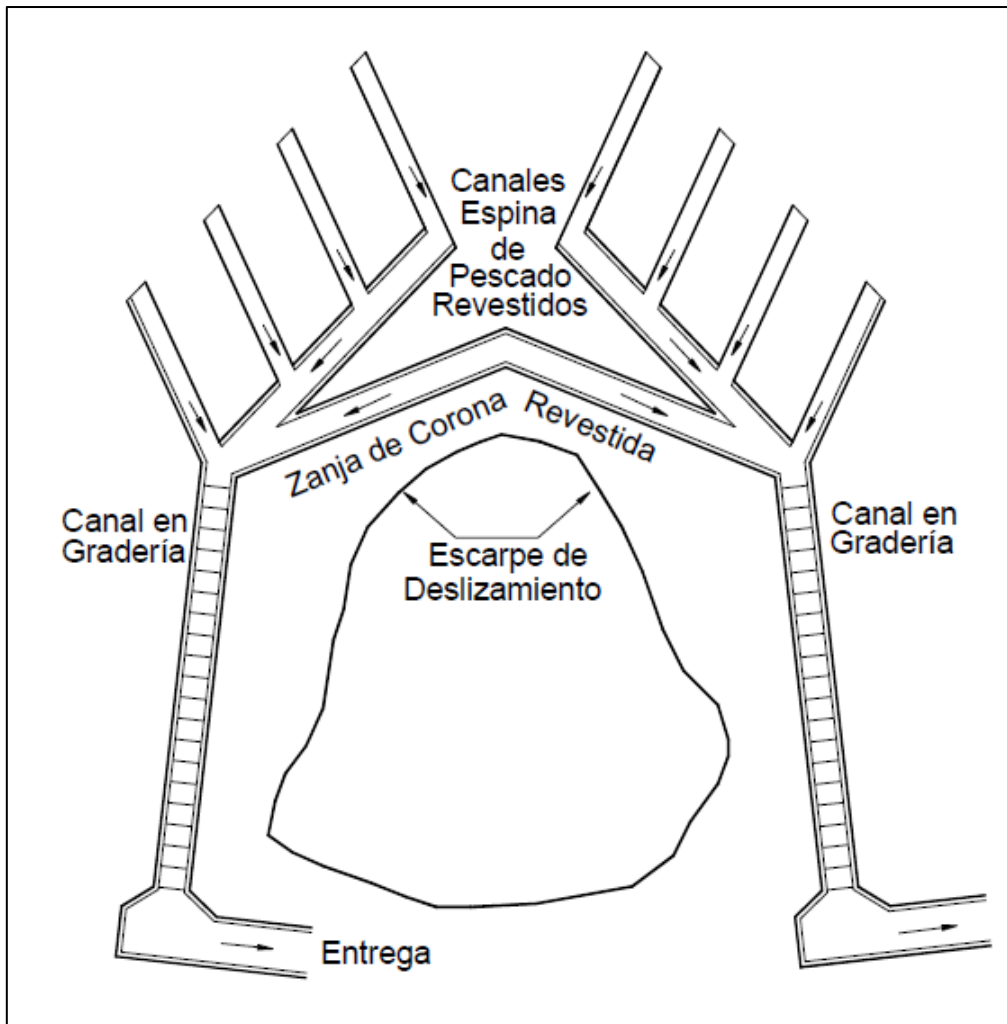
Anexo 2.4. Zanjas o canales de coronación para deslizamientos. Tomado de INGEMMET (2000).



Anexo 2.5. Zanjas de talud. Tomado de INGEMMET (2000).



Anexo 2.6. Drenaje tipo espina de pescado. Tomado de INGEMMET (2000).



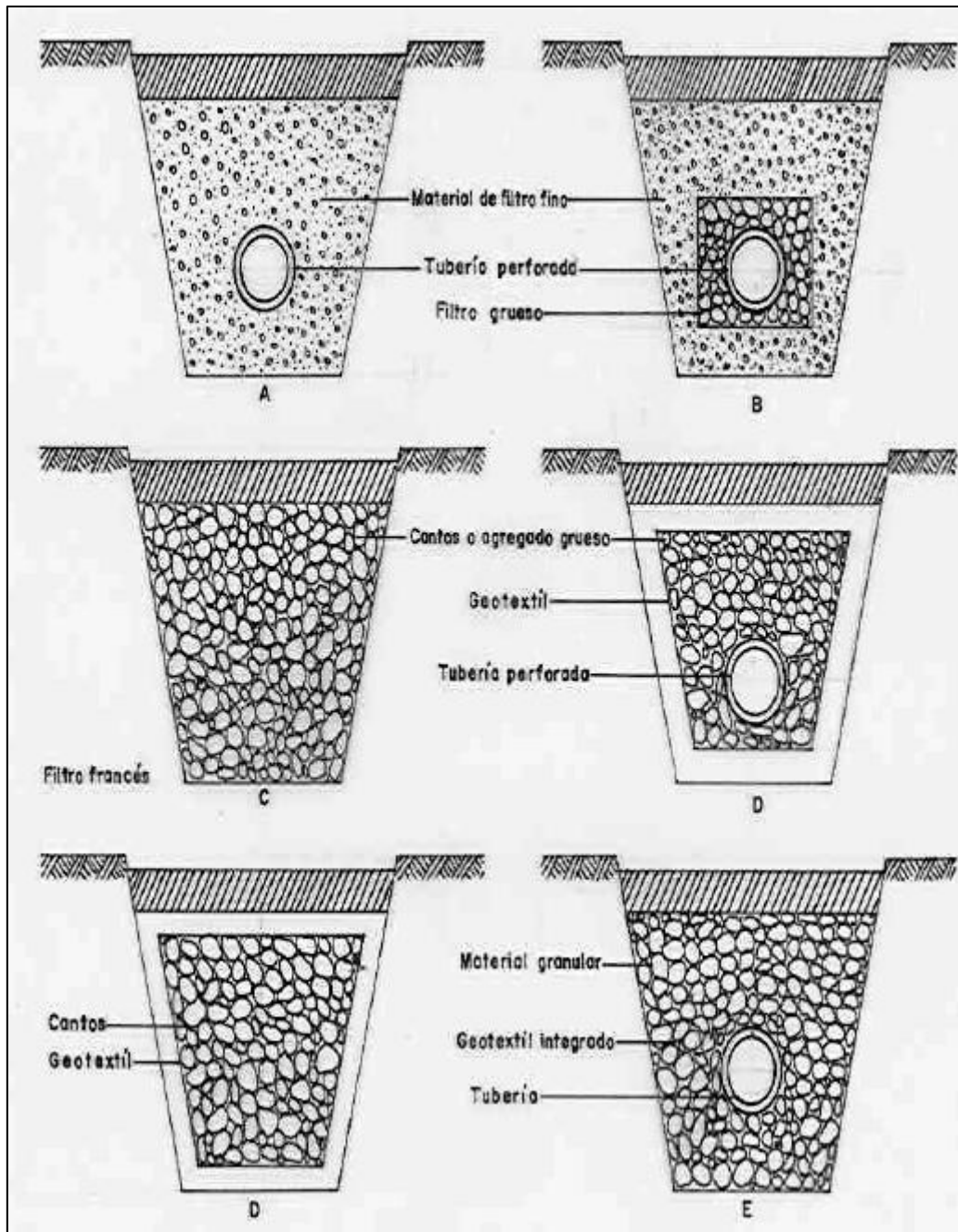
Anexo 2.7. Esquema en planta de canales colectores espina de pescado. Tomado de Suarez Diaz (2007).

Subdrenes interceptores

Son zanjas excavadas a mano o con retroexcavadora, rellenas de material filtrante y elementos de captación y transporte del agua. Este subdren se recomienda para El Porvenir y debe tener como máximo 3.50 m de profundidad.

Hay diversas formas: A) Con material de filtro y tubo colector; B) con geotextil como filtro, material grueso y tubo colector; C) con material grueso permeable sin tubo (dren francés); D) tubo colector con capa gruesa de geotextil a su alrededor; E) con geotextil, material grueso sin tubo; F) Dren sintético con geomalla, geotextil y tubo colector (**Anexo 2.8**).

El uso de cualquiera de los tipos dependerá del material disponible en la zona y costos; así como la necesidad de captación y caudal del dren. Para El Porvenir, se recomienda cualquiera de los tipos A), C) y D).



Anexo 2.8. Tipos de subdrenes interceptores (Adaptado de Suárez, 1992).