

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

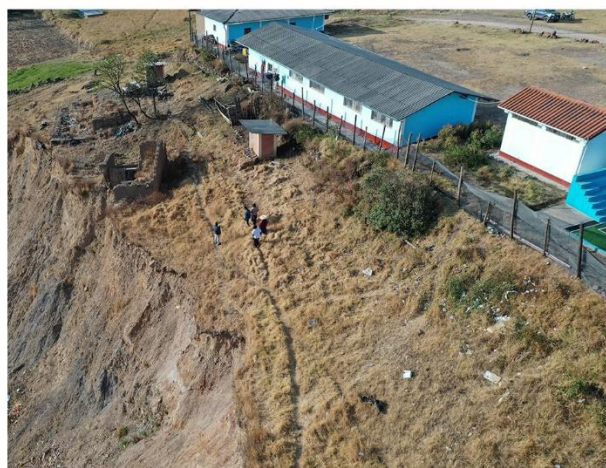
Informe Técnico N° A7598

EVALUACIÓN DEL PELIGRO GEOLÓGICO POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LA LOCALIDAD EL PORVENIR

Departamento: La Libertad

Provincia: Otuzco

Distrito: Usquil



FEBRERO
2025

EVALUACIÓN DEL PELIGRO GEOLÓGICO POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LA LOCALIDAD EL PORVENIR

***Distrito Usquil
Provincia Otuzco
Departamento La Libertad***



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

Equipo Técnico:

***Luis Miguel León Ordáz
Elvis Rubén Alcántara Quispe***

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2025). *“Evaluación del peligro geológico por movimientos en masa en la localidad El Porvenir, Distrito Usquil, Provincia Otuzco, Departamento La Libertad”*. INGEMMET, Informe Técnico N° A7598, 38p.

ÍNDICE

RESUMEN.....	3
1. INTRODUCCIÓN.....	5
1.1. Objetivos del estudio.....	5
1.2. Antecedentes.....	6
1.3. Aspectos generales	6
1.3.1. Ubicación	6
1.3.2. Accesibilidad	7
1.3.3. Población	7
1.3.4. Clima.....	8
2. DEFINICIONES	9
3. ASPECTO GEOLÓGICO.....	12
3.1. Unidades litoestratigráficas.....	12
3.1.1. Formación Farrat (Ki-f)	12
3.1.2. Formación Carhuaz (Ki-ca)	12
3.1.3. Depósitos cuaternarios.....	13
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS.....	15
4.1. Modelo digital de elevaciones (MDE)	15
4.2. Pendiente del terreno.....	16
4.3. Unidades y sub unidades geomorfológicas.....	17
4.3.1 Unidades de carácter tectónico degradacional y erosional	17
Unidad de montaña	17
4.3.2 Unidades de carácter tectónico degradacional y erosional	18
Unidad de Piedemonte	18
5. PELIGROS GEOLÓGICOS	19
5.1. Deslizamientos antiguos	20
5.2. Deslizamientos activos	22
5.2.1 Deslizamiento D-1.....	22
5.2.1.1 Características visuales y morfométricas.....	24
5.2.1.2 Análisis longitudinal	25
5.2.2 Deslizamiento D-2	26
5.2.2.1 Características visuales y morfométricas.....	26
5.3. Derrumbe.....	27
6. CONCLUSIONES	29
7. RECOMENDACIONES.....	31
8. BIBLIOGRAFÍA	32
ANEXO 2. MEDIDAS CORRECTIVAS	37

RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa, tipo deslizamientos y derrumbes, en la localidad El Porvenir, distrito de Usquil, provincia Otuzco, departamento La Libertad. Con este trabajo, el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – Ingemmet, contribuye de esta forma con entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno mediante el reconocimiento, caracterización y diagnóstico del peligro geológico.

En la zona evaluada afloran areniscas rojizas, muy fracturadas y moderadamente meteorizadas, intercaladas con lutitas grises, de la Formación Carhuaz y areniscas blancas de grano medio a grueso de la Formación Farrat, las cuales se encuentran cubiertas por depósitos de origen coluvio-deluvial, conformado por bloques y gravas angulosas a subangulosas, en matriz limoarenosa de plasticidad baja.

Geomorfológicamente se tienen las subunidades de montaña estructural en roca sedimentaria, con pendiente muy fuerte (25° a 45°) a terrenos muy escarpados ($>45^{\circ}$); montaña en roca sedimentaria, presenta una pendiente moderada (5° a 15°) a muy fuerte (25° a 45°); vertiente coluvio-deluvial, la pendiente es moderada (5° a 15°) a terreno muy escarpado ($>45^{\circ}$); vertiente con depósito de deslizamiento, con pendiente moderada (5° a 15°) a muy fuerte (25° a 45°); vertiente coluvial de detritos, la pendiente es moderada (5° a 15°) a fuerte (15° a 25°) y piedemonte proluvial, con pendiente de moderada (5° a 15°) a fuerte (15° a 25°).

En las zonas evaluadas, según versión de los pobladores, los deslizamientos se originaron en marzo del 2019. Se han identificado 02 deslizamientos: El deslizamiento D-1, abarca un área de 39 hectáreas, su eje principal presenta una longitud de 650 m y el desnivel entre la corona y el pie es de 221 m. El deslizamiento D-2, abarca un área de 5 hectáreas, donde el eje principal presenta una longitud 160 m y el desnivel de la corona y el pie es 203 m.

El deslizamiento D-1, afectó 35 hectáreas de terrenos de cultivo y cinco viviendas (inhabitables). De seguir el avance retrogresivo el deslizamiento afectaría la Institución Educativa N° 80987 – El PURME, que se encuentra a solo 17 m al este de la corona del deslizamiento. También podría afectar 20 viviendas que se encuentran a menos de 150 m del escarpe. El D-2, afectó 3.5 hectáreas de terrenos de cultivo.

Los factores que condicionan la ocurrencia de los deslizamientos son: i) depósito coluvio-deluvial, compuesto por bloques y gravas angulosas a sub angulosas; en matriz limoarenosa de plasticidad baja, permite la infiltración y retención del agua; ii) terrenos con cultivos agrícolas bajo riego por inundación y ausencia de drenajes adecuados; también, terrenos denudados, esto contribuye con la saturación del terreno y por ende un aumento de peso de la masa inestable; iii) pendiente fuerte (15° a 25°) a muy fuerte o escarpada (25° a 45°), facilita el origen de movimientos en masa (deslizamientos y derrumbes). El factor detonante fueron las lluvias intensas y prolongadas producidas durante los meses de enero a marzo en los años 2019 y 2023.

El derrumbe ubicado al este del sector evaluado, aporta material a la quebrada Tolorapamba, que en los meses de fuertes precipitaciones puede generar flujo de

detritos, o embalsar la quebrada. Este movimiento afecta terrenos de cultivo ubicados en la zona de arranque.

Por las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas mencionadas anteriormente, la localidad El Porvenir, se considera un área con **Peligro Alto a Muy Alto y Zona Crítica** por deslizamientos y derrumbes, ante lluvias intensas o sismos.

Finalmente, se brindan las recomendaciones para las autoridades competentes y tomadores de decisiones, como reubicar a corto plazo la Institución Educativa N° 80987 – El PURME y a mediano plazo las viviendas ubicadas en la parte superior al deslizamiento D-1, implementar un sistema de drenaje, alrededor de las zonas con movimientos en masa (deslizamientos y derrumbes), siempre, con el apoyo técnico de especialistas en la materia, con la finalidad de reducir la saturación de los terrenos, realizar la evaluación del riesgo (EVAR) de desastres en la localidad El Porvenir, el estudio debe determinar las áreas de riesgo y sugerir medidas de mitigación a corto y mediano plazo, entre otras.

1. INTRODUCCIÓN

El INGEMMET, ente técnico-científico desarrolla a través de los proyectos de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR) y el “Servicio de asistencia en la evaluación de peligros geológicos a nivel nacional (ACT. 16)”, contribuye de esta forma con entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno mediante el reconocimiento, caracterización y diagnóstico del peligro geológico.

Atendiendo la solicitud remitida por la Sub Gerencia de Defensa Civil del Gobierno Regional de La Libertad, según Oficio N° 235-2024-GRLL-GGR-ORDN-SGDC, es en el marco de nuestras competencias que se realiza una evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa y otros peligros geológicos, en la localidad El Porvenir, cuya ocurrencia es periódica y latente durante las temporadas de lluvias. El último evento ocurrió en marzo del 2023.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del INGEMMET, designó a los ingenieros Luis León y Elvis Alcántara, quienes realizaron la evaluación de peligros en la localidad mencionada el día 18 de setiembre del 2024.

La evaluación técnica se realizó en tres fases: a) etapa de pre-campo con la recopilación de antecedentes e información geológica y geomorfológica del Ingemmet; b) etapa de campo a través de la observación, toma de datos (sobrevuelos dron, puntos GPS, tomas fotográficas), cartografiado, recopilación de información y testimonios de población local afectada; y c) etapa de gabinete 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 en consideración de la Municipalidad Distrital de Usquil, Municipalidad Provincial de Otuzco, Gobierno Regional de La Libertad, 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 los peligros geológicos por movimientos en masa de la localidad El Porvenir.
- b) Determinar los factores condicionantes y desencadenantes de la ocurrencia de peligros geológicos.
- c) Proponer medidas de prevención, reducción y mitigación ante peligros geológicos evaluados en la etapa de campo.

1.2. Antecedentes

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

- Informe Técnico N° A7133: Evaluación de peligros geológicos en el sector de río Shitahuara: parte alta del caserío de San Juan de Capachique (Sosa & Araujo, 2020), en el informe se registra en la zona evaluada, movimientos en masa de tipo deslizamientos, derrumbes-caídas y flujos de deslizamiento a ambos flancos y en la parte alta del río Shitahuara, ubicado en el distrito de Usquil.
- Boletín N° 58, Serie A: Carta Geológica Nacional; Geología de los cuadrángulos de Cajamarca, San Marcos y Cajabamba. Hojas: 15-f, 15-g y 16-g (Escala 1: 100 000); (Reyes L., 1998). El sector evaluado se ubica, en el mapa del cuadrángulo de Cajabamba, registra una alternancia de areniscas con lutitas grises, las primeras con matices rojizos, violetas y verdosos (características principales para diferenciarla en el campo). Hacia la parte superior contiene bancos de cuarcitas blancas que se intercalan con lutitas y areniscas de la Formación Carhuaz; así mismo cuarcitas y areniscas blancas de grano medio a grueso de la Formación Farrat.
- El Boletín N° 50 Serie C, Estudio de riesgo geológico en la región La Libertad (Medina et al, 2011) presenta un mapa de susceptibilidad a movimientos en masa, a escala 1:250 000; donde el área evaluada en la localidad El Porvenir, se sitúa en una zona de susceptibilidad de moderada a alta ante la ocurrencia de movimientos en masa.

1.3. Aspectos generales

1.3.1. Ubicación

La localidad El Porvenir, se ubica en el distrito de Usquil, provincia Otuzco, departamento La Libertad (figura 1). En la tabla 1 se consigna las coordenadas UTM WGS 84 – Zona: 17S; además de las coordenadas centrales referenciales del evento identificado.

Tabla 1. Coordenadas de las áreas de estudio.

N°	UTM – WGS 84 - ZONA 17S		Coordenadas Decimales (°)	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	800710	9132940	-7.835244	-78.273296
2	800710	9131640	-7.846990	-78.273219
3	799285	9131640	-7.847074	-78.286131
4	799285	9132940	-7.835328	-78.286207
Coordenada central de los peligros identificados				
C	800491	9132399	-7.840140	-78.275241

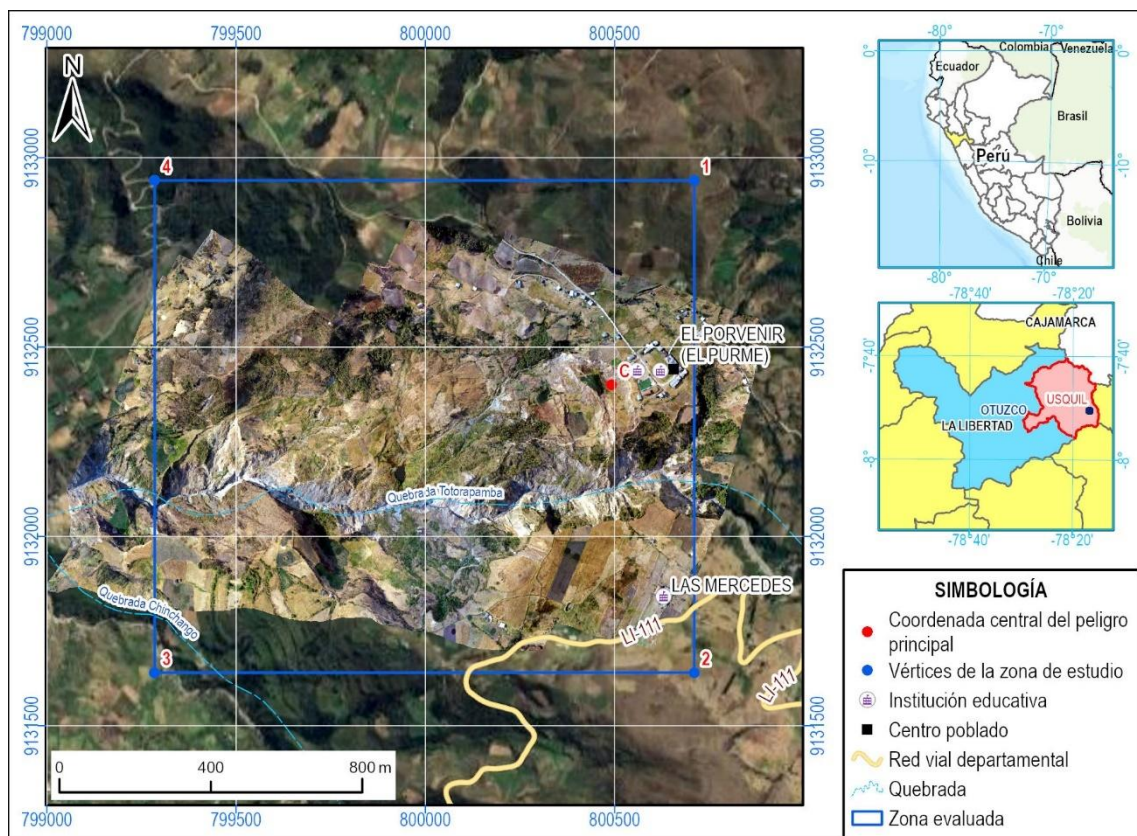


Figura 1. Ubicación del área evaluada (en línea azul).

1.3.2. Accesibilidad

El acceso desde la ciudad de Cajamarca se realiza a través de la vía nacional asfaltada PE-3N, hasta la localidad de Lagunas; tal como se detalla en la siguiente ruta (Tabla 2, ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.):

Tabla 2. Rutas y acceso a la zona evaluada.

Ruta	Tipo de vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Ciudad de Cajamarca – Cajabamba	Asfaltada - Afirmada	121.6	3 horas 8 minutos
Cajabamba – El Porvenir	Asfaltada - Afirmada	141.2	4 horas 50 minutos

1.3.3. Población

De acuerdo con la información del XII Censo de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas de 2017 (INEI, 2018), la localidad El Porvenir, tiene una población de 180 habitantes (tabla 3), distribuidos en 50 viviendas, con acceso a energía eléctrica pero no de desagüe.

Tabla 3. Datos de la localidad El Porvenir

Descripción	El Porvenir – INEI
Código de Ubigeo y Centro Poblado	1306140048
Longitud	-78.2737566667
Latitud	-7.83975166667
Altitud	3299.4
Población	180
Viviendas	50
Agua Por Red Publica	no
Energía eléctrica en la vivienda	si
Desagüe por red publica	no
Institución Educativa Inicial	no
Institución Educativa Primaria	si
Institución Educativa Secundaria	no
Establecimiento de salud	no
Idioma o Lengua hablada con mayor frecuencia	Castellano

1.3.4. Clima

Según el método de Clasificación Climática de Warren Thornthwaite – (Senamhi, 202), la zona de estudio posee climas, lluvioso con otoño e invierno secos, templado. B (o, i) B', con una temperatura máxima promedio de 19 a 23°C, una temperatura mínima promedio entre 3 a 7°C y entre 700 y 1500 mm aproximadamente; Semiseco con humedad abundante todas las estaciones del año, templado. C (r) B', con una temperatura máxima promedio de entre 21 a 25°C, una temperatura mínima promedio entre 7 a 11°C y entre 700 y 2500 mm aproximadamente y lluvioso con otoño e invierno secos, frío. B (o, i) C', con una temperatura máxima promedio de entre 9 a 19°C, una temperatura mínima promedio entre -3 a 3°C y entre 500 y 1200 mm aproximadamente

En el mes de marzo del 2020 (se desencadenó el movimiento en masa, por versión de los pobladores), en la estación de Huamachuco se registró precipitaciones de hasta 52.8 mm/día (figura), considerado por el Senamhi, en su consolidado de umbrales de precipitación del 2014, como Extremadamente Lluvioso (Senamhi, 2014).

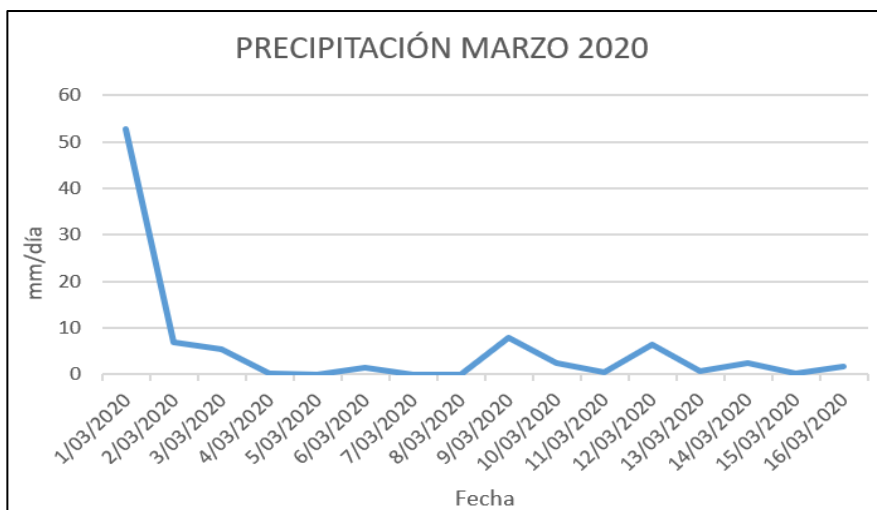


Figura 2. Precipitación del 01 al 16 de marzo año 2020, estación Huamachuco.

Fuente: Senamhi.

2. DEFINICIONES

El presente informe técnico está dirigido a las entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno, así como personal no especializado, que no son necesariamente geólogos; por ello se desarrollan algunas definiciones relevantes, considerando como base el Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (PMA, 2007), 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.

Arcilla: Suelo 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.

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.

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

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 muy 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).

Deslizamiento rotacional: Tipo de deslizamiento en el cual la masa se mueve a lo largo de una superficie de falla curva y cóncava. Los deslizamientos rotacionales muestran una morfología distintiva caracterizada por un escarpe principal pronunciado y una contrapendiente de la superficie de la cabeza del deslizamiento hacia el escarpe principal.

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.

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

Ladera: Superficie natural inclinada de un terreno.

Lutita: Roca sedimentaria de grano muy fino, de textura pelítica, es decir integrada por detritos clásticos constituidos por partículas de tamaños de la arcilla y del limo.

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, completamente meteorizada y suelo residual.

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.

Retrogresivo: Tipo de actividad de un movimiento en masa, en el cual la superficie de falla se extiende en la dirección opuesta al movimiento del material desplazado (Cruden y Varnes, 1996).

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.

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

Velocidad: Para cada tipo de movimiento en masa se describe el rango de velocidades, parámetro importante ya que ésta se relaciona con la intensidad del evento y la amenaza que puede significar. De acuerdo con Cruden y Varnes (1996), las escalas de

velocidades corresponden a: extremadamente lenta, muy lenta, lenta, moderada, rápida, muy rápida y extremadamente rápida.

Zona crítica: Zona o área con peligros potenciales de acuerdo a la vulnerabilidad asociada (infraestructura y centros poblados), que muestran una recurrencia, en algunos casos, entre periódica y excepcional. Pueden presentarse durante la ocurrencia de lluvias excepcionales y puede ser necesario considerarlas dentro de los planes o políticas nacionales, regionales y/o locales sobre prevención y atención de desastres.

3. ASPECTO GEOLÓGICO

La descripción geológica se desarrolló en base al Boletín N° 31, Serie A: Carta Geológica Nacional; Geología de los cuadrángulos de Cajamarca, San Marcos y Cajabamba. Hojas: 15-f, 15-g y 16-g, a escala 1:100 000 (Reyes, 1980). Información complementada y validada con trabajos en campo, análisis de imágenes satelitales, y fotogrametría con dron para caracterizar y delimitar las diferentes unidades litológicas, considerando su grado de resistencia y susceptibilidad a procesos de remoción en masa (Mapa 1).

A continuación, se presenta de manera resumida una descripción de las principales formaciones geológicas y depósitos que afloran en las localidades de evaluación y alrededores.

3.1. Unidades litoestratigráficas

Comprenden unidades sedimentarias y depósitos cuaternarios no consolidados, producto de la ocurrencia de movimientos en masa.

3.1.1. Formación Farrat (Ki-f)

Conformado por cuarcitas y areniscas blancas de grano medio a grueso y afloramientos que poseen, un grosor promedio de 500 m. aumentando en el sector suroeste. En algunos lugares se observa estratificación cruzada y marcas de oleaje. (Reyes, 1980).

En el sector evaluado esta unidad está cubierta por depósitos coluvio deluviales, producto de la ocurrencia de múltiples eventos de movimientos en masa.

3.1.2. Formación Carhuaz (Ki-ca)

En el sector evaluado se observan hacia el norte y al sur, presenta intercalación de lutitas grises y areniscas rojizas de grano medio, muy fracturadas y moderadamente meteorizadas (fotografía 1), cubierta por depósitos coluvio deluviales originados por eventos de movimientos en masa.



Fotografía 1. Lutitas grises y areniscas de grano medio color rojizo, muy fracturadas y moderadamente meteorizadas, coordenadas UTM WGS84 17M. 800495, 9132439

3.1.3. Depósitos cuaternarios

Depósito coluvio deluvial 1 (Q-cd1)

Corresponden a la combinación de depósitos coluviales y deluviales; además, son acumulaciones que se ubican generalmente en la vertiente. Son depósitos antiguos, con compactación y consolidación más alta que los suelos recientes; ocupado por cultivos agrícolas. Compuesto por limo y arenas de baja plasticidad, bloques y gravas, con una capa superficial delgada de suelos orgánicos (fotografía 2, tabla 3).



Fotografía 2. Depósito coluvio - deluvial ubicado, coordenadas UTM WGS84 17M. 800550E, 9132350N

Tabla 3. Descripción de formaciones superficiales.

TIPO DE FORMACIÓN SUPERFICIAL			GRANULOMETRÍA (%)		FORMA		REDONDES	
	Eluvial			Lacustre	X	Esférica		Redondeado
X	Deluvial		2	Cantos		Discoidal		Sub redondeado
X	Coluvial		27	Gravas		Laminar	X	Anguloso
	Aluvial		19	Gránulos		Cilíndrica	X	Sub anguloso
	Fluvial		12	Arenas				
	Proluvial		25	Limos				
	Glaciar		10	Arcillas				

PLASTICIDAD		ESTRUCTURA		TEXTURA		LITOLOGÍA	
	Alta	X	Masiva	X	Harinoso		Intrusivos
X	Media		Estratificada		Arenoso		Volcánicos
	Baja		Lenticular		Áspero		Metamórficos
	No plástico					X	Sedimentarios

COMPACIDAD	
SUELOS FINOS	
Limos y arcillas	
X	Blanda
	Compacta
	Dura

Depósito coluvio - deluvial 2 (Q-cd2)

Son suelos acumulados por movimientos en masa y flujos acarreados por las aguas de escorrentía. Está compuesta por bloques y gravas angulosas a sub redondeadas, en una matriz limo arenosa de baja plasticidad, poco consolidados. Se ubican en el centro del sector evaluado en la localidad El Porvenir.

Depósito coluvial (Q-co)

Compuestos por fragmentos de roca angulosos, heterométricos y de naturaleza litológica homogénea. Se encuentran acumulados al pie de taludes escarpados en forma de conos o canchales. Los bloques más gruesos se depositan en la base y los tamaños menores disminuyen gradualmente hacia el ápice. Carecen de matriz, son sueltos sin cohesión.

Generalmente corresponde a depósitos de derrumbes, caídas de rocas y deslizamientos. Se ubican en la parte central al suroeste del sector evaluado.

4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

Además de la cartografía regional de geomorfología, a escala 1:250 000 del boletín de riesgos geológicos de la región La Libertad, se utilizó imágenes y modelos digitales de elevación detallados, obtenidos de levantamientos fotogramétricos con dron en setiembre del 2024 por el Ingemmet, lo cual permitió estudiar el relieve, pendientes y demás características; con el fin de describir subunidades a detalle (escala 1/8 000).

4.1. Modelo digital de elevaciones (MDE)

La localidad El Porvenir presenta elevaciones desde los 1181 a 2716 m s.n.m., en los cuales se distinguen 6 niveles altitudinales (figura). Visualizando la extensión con respecto a la diferencia de alturas, el área con mayor pendiente corresponde a terrenos entre altitudes 2 800 m s.n.m. hasta los 3 000 m s.n.m., y altitudes de 3 020 a 3 200 m s.n.m.

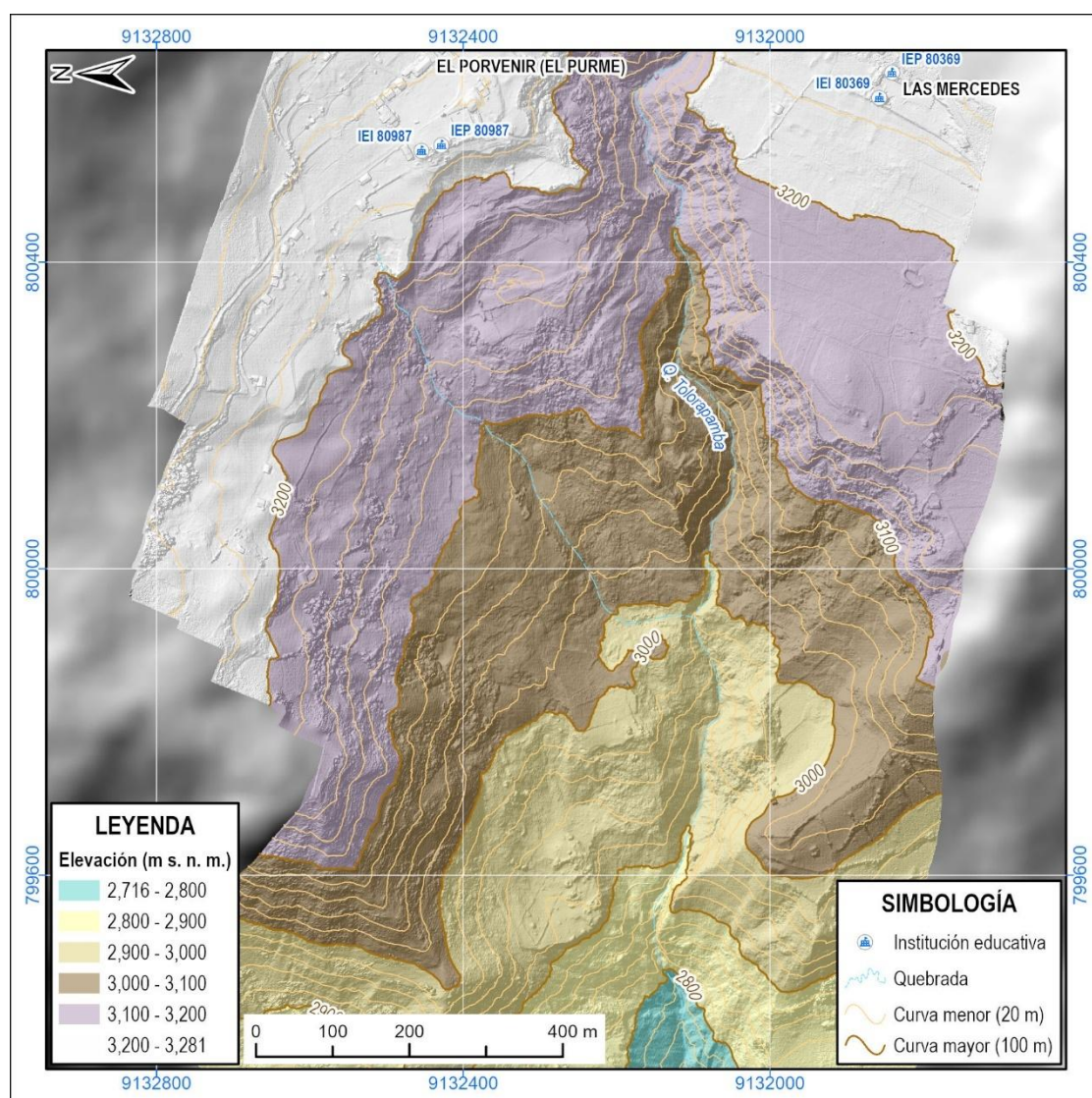


Figura 3. Modelo digital de elevaciones del área evaluada.

4.2. Pendiente del terreno

La zona evaluada, localidad El Porvenir, presenta terrenos con pendientes que varían de terreno llano ($<1^\circ$) a pendiente moderada (5° a 15°) ocupados por instituciones educativas, viviendas y terrenos de cultivo; en terrenos con pendiente fuerte (15° a 25°) a pendiente muy fuerte a escarpada (25° a 45°) (figura 4 y 5), donde se desencadenaron los deslizamientos y derrumbes, también se observan pastos naturales y terrenos de cultivo.

Los relieves con pendientes escarpadas condicionan la ocurrencia de movimientos en masa y controlan el modelamiento de las geoformas que conforman el relieve. En ese sentido, se elaboró el mapa de pendientes para identificar zonas de aporte y recepción de materiales provenientes de deslizamientos y que condicionan los peligros geológicos recientes.

En el área evaluada, mediante el modelo digital de elevaciones, se elaboró el mapa de pendientes, que fue rasterizado y luego reclasificado para la delimitación de áreas por cada rango de pendiente (Mapa 2).

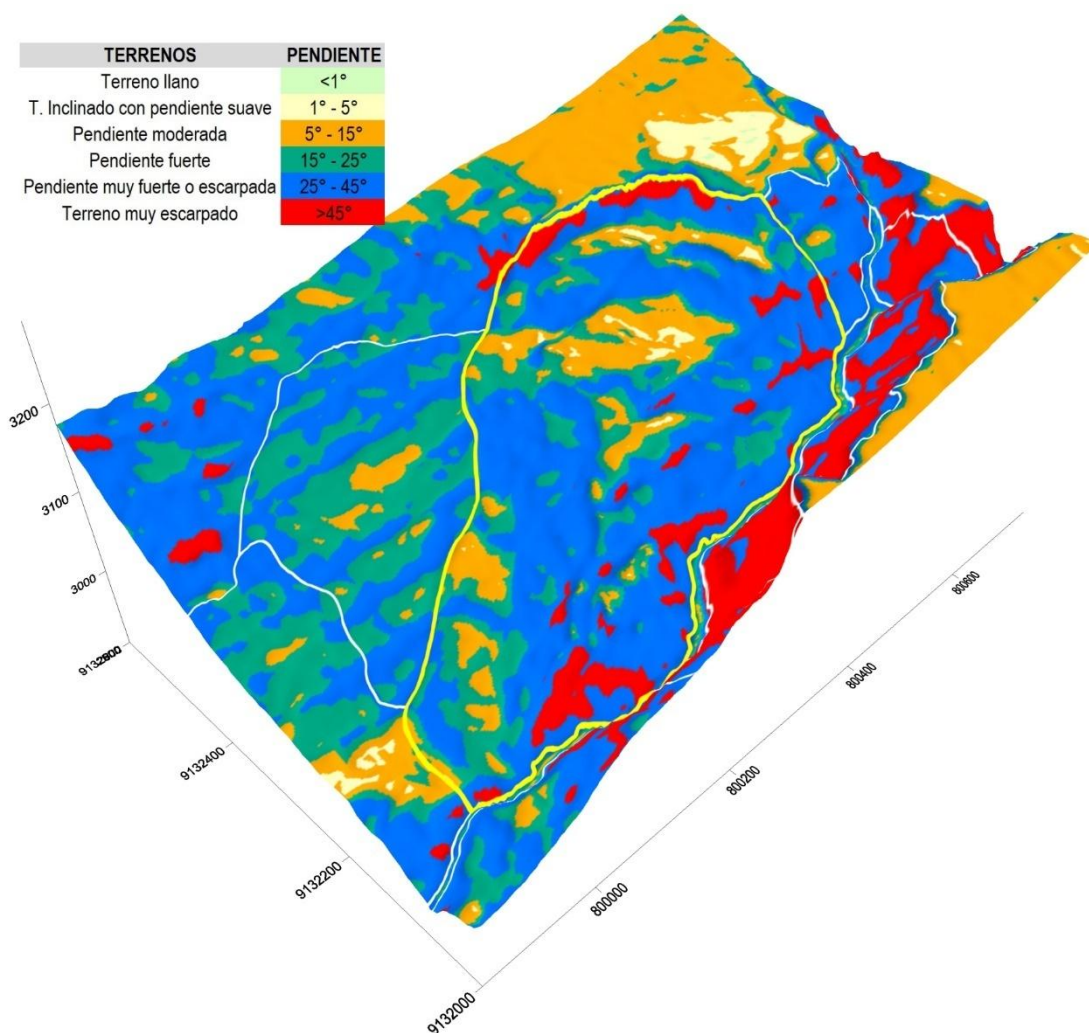


Figura 4. Modelo 3D de las pendientes de la localidad El Porvenir, los movimientos en masa están delimitados en líneas amarillas.



Figura 6. Deslizamiento en laderas con pendiente muy fuerte (32°) a terreno muy escarpado (56°).

4.3. Unidades y sub unidades geomorfológicas

La cartografía geomorfológica y la delimitación de unidades geomorfológicas se realizó utilizando el criterio principal de homogeneidad relativa y la caracterización de aspectos de origen del relieve (erosión o acumulación), individualizando cuatro tipos generales y específicos del relieve en función de la altura relativa, diferenciándose terrazas, vertientes, piedemontes, montañas y otras geoformas.

De acuerdo a su origen, se distinguen geoformas tanto de carácter tectónico degradacional (montaña estructural en roca sedimentaria y montaña en roca sedimentaria), como de carácter agradacional (vertiente coluvio deluvial, vertiente coluvial de detritos, vertiente con depósito de deslizamiento y piedemonte proluvial); las geoformas se grafican en el mapa 3.

4.3.1 Unidades de carácter tectónico degradacional y erosional

Unidad de montaña

Corresponde a unidades mayores a los 300 m respecto al nivel de base local. Se reconocen como cumbres agudas, subagudas, semi redondeadas, redondeadas o tubulares y estribaciones producto de las deformaciones sufridas por la erosión y la influencia de otros eventos de diferente naturaleza (levantamiento, glaciación, etc.). Sus laderas presentan una pendiente superior a 17° (Villota, 2005).

Sub unidad de montaña estructural en roca sedimentaria (ME-rs)

Esta unidad geomorfológica se distribuye ampliamente al noroeste y suroeste del sector El Porvenir, están conformados por secuencias estratigráficas de areniscas que modelan relieves con pendientes fuertes a

muy escarpadas, conforman relieves que alcanzan altitudes mayores a los 2900 m s.n.m. (figura 6).

Sub unidad de montaña en roca sedimentaria (M-rs)

Corresponde a las partes altas de la localidad El Porvenir, donde el substrato está conformado por rocas sedimentarias (areniscas) de mayor resistencia que los depósitos coluvio-deluviales ubicados en las partes bajas, por lo que sobresalen con pendientes de fuertes a muy fuertes. Se ubican al norte y al sur del área evaluada.

4.3.2 Unidades de carácter tectónico degradacional y erosional

Unidad de Piedemonte

Corresponde a la acumulación de material muy heterogéneo, constituido por bloques, cantos, arenas, limos y arcilla no consolidada ubicado al pie de las cadenas montañosas; estos depósitos ocupan grandes extensiones.

Subunidad de piedemonte o vertiente coluvio-deluvial (V-cd)

Ubicada al norte y sur del deslizamiento, corresponde a superficies ubicadas entre las montañas y terrenos de baja pendiente del fondo del valle, formados por la acumulación de suelos originados por diversos movimientos en masa antiguos, ocupados por cultivos agrícolas y viviendas. La pendiente que rodea al deslizamiento varía de moderada a muy fuerte (25° a 45°).

Subunidad de piedemonte o vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd)

Se refiere a relieves de suelos modelados por acción de deslizamientos recientes, donde es apreciable la morfometría de hundido en la parte alta y un sector alzado en la parte baja, debido a la constante acumulación de los suelos en deslizamiento.

Sobre esta geoforma se observan los deslizamientos, con pendientes que varían de moderada a muy fuerte (5° a 45°).

Subunidad de vertiente o piedemonte coluvial de detritos (V-d)

Corresponden a terrenos ubicados en las faldas de las colinas, donde han ocurrido derrumbes recientes o antiguos, conformando terrenos poco consolidados y de composición de bloques y cantos.

En el sector evaluado esta subunidad está ubicada al sur oeste del sector evaluado. Se encuentran sobre laderas de pendiente muy fuerte o escarpada, presentan formas cóncavas.

En esta subunidad se observan los derrumbes, con pendientes que varían de muy fuerte a terrenos muy escarpados (25° a >45°).

Subunidad de piedemonte proluvial (P-pral)

Se ubican en los cauces y cercanías de drenajes superficiales, donde esporádicos eventos de lluvias intensas generan flujos de detritos los mismos que van acumulando suelos de gravas arenosas, a lo largo de la quebrada Tolorapamba (figura 7). La pendiente en esta sub unidad corresponde a moderada (5° a 15°).

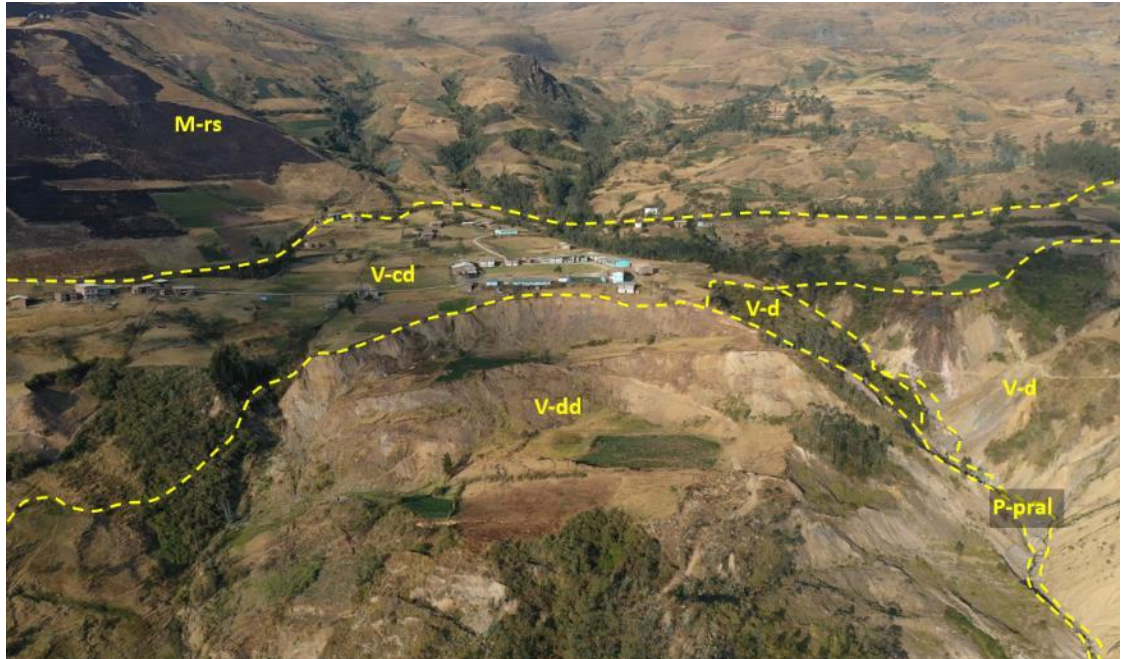


Figura 7. Vista de las geoformas cartografiadas en la localidad El Porvenir: Montaña en roca sedimentaria (M-rs), vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd), vertiente coluvio-deluvial (V-cd), vertiente coluvial de detritos (V-d) y piedemonte proluvial (P-pral).

5. PELIGROS GEOLÓGICOS

En el área de estudio se han identificado movimientos en masa tipo, deslizamientos y derrumbes (Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas, 2007). Estos peligros son resultado del proceso de modelamiento del terreno, coadyuvado por las condiciones del macizo rocoso (afloramiento meteorizado y muy fracturado) y depósito de eventos antiguos. Así también, el factor antrópico contribuye en la ocurrencia de estos procesos (figura 8 y Mapa 4).

Durante los trabajos de campo, en el sector evaluado, se observó que los terrenos están ocupados principalmente por cultivos agrícolas, con prácticas de riego por inundación, sin sistema de drenaje, lo que contribuye a la infiltración directa del agua, aumentando el peso y por ende la generación de movimientos en masa.

Los movimientos afectaron cultivos agrícolas en un área de 60 hectáreas aproximadamente y cinco viviendas, de las cuales cuatro quedaron destruidas y dos inhabitables; así mismo, el avance retrogresivo y la continuidad de los movimientos, podrían afectar la Institución Educativa N° 80987 que se encuentra a 17 m de la corona, como también veinte viviendas a menos de 150 m. En el cuerpo de los deslizamientos activos, se identificaron surgencias de agua, lo que nos indica que los

terrenos se encuentran altamente saturados, aumentando la probabilidad de que el material se desplace cuesta abajo.

El material producto los movimientos en masa es transportado a la parte baja hacia quebrada Tolorapamba, lo que en tiempos de lluvia originan flujos de detritos.

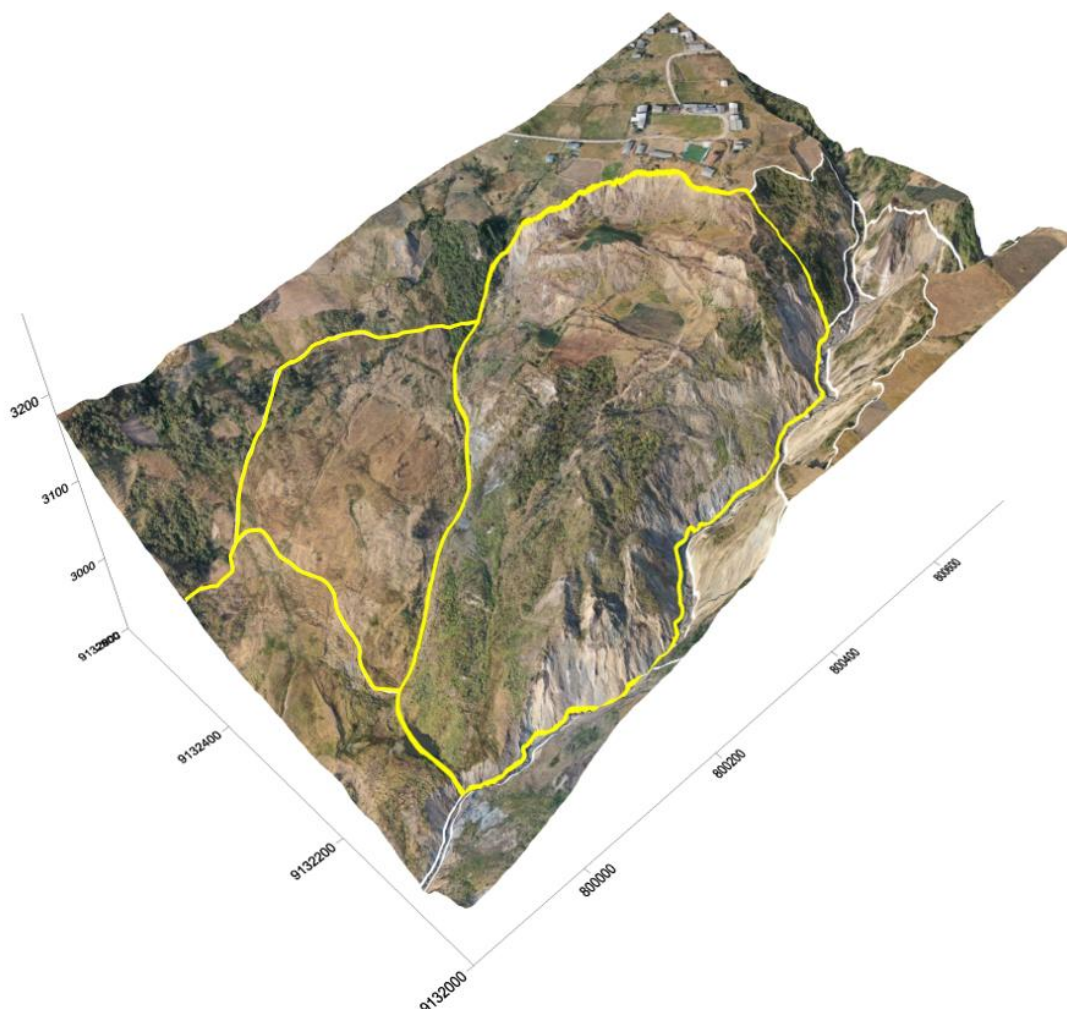


Figura 8. Modelo 3D del sector evaluado localidad El Porvenir, los movimientos en masa, deslizamientos delimitados en línea amarilla y derrumbes con línea blanca.

5.1. Deslizamientos antiguos

En la localidad El Porvenir se identificaron dos deslizamientos antiguos D(a)1 y D(a)2, los cuales tienen un área de 3.5 y 7 hectáreas. Sus escarpes principales tienen 484 m y 1053m respectivamente (figuras 9 y 10), en la tabla 4 se describe su ubicación.

Tabla 4. Ubicación de los deslizamientos antiguos en el área evaluada.

TIPO DE PELIGRO	ACTIVIDAD	CODIGO	COORDENADAS CENTRALES		Cota (m s.n.m.)
			Este	Norte	
Deslizamiento	Antiguo	D(a)1	779507	9132033	2910
		D(a)2	799856	9131923	3009

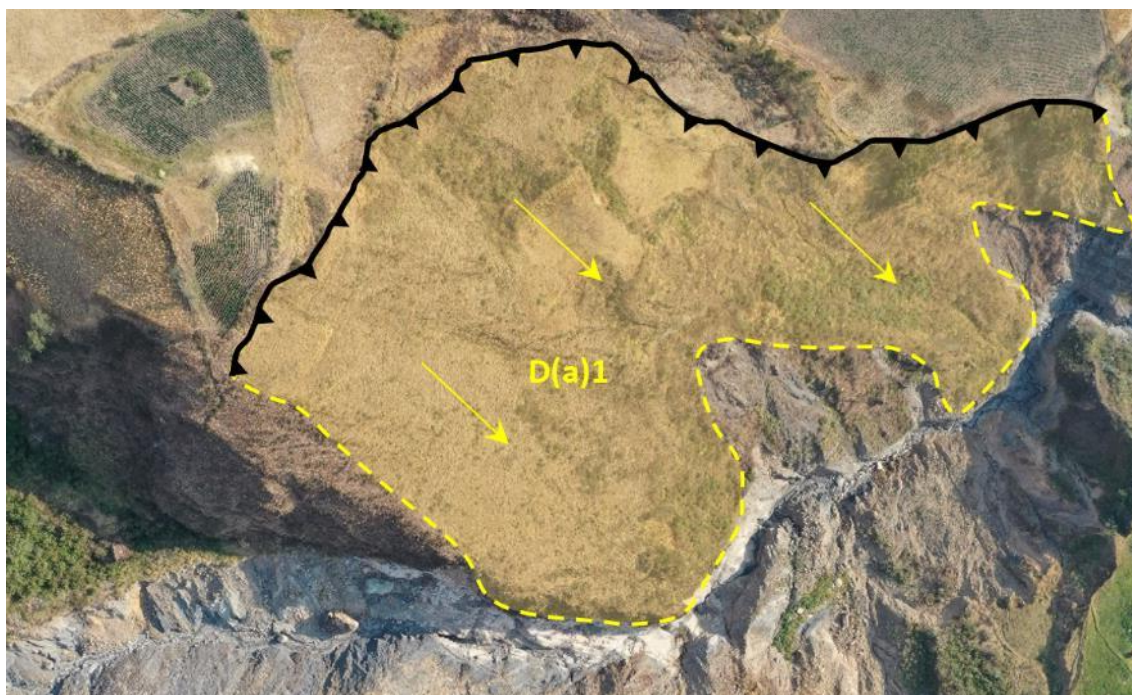


Figura 9. Vista aérea del deslizamiento antiguo D(a)1 de la localidad El Porvenir

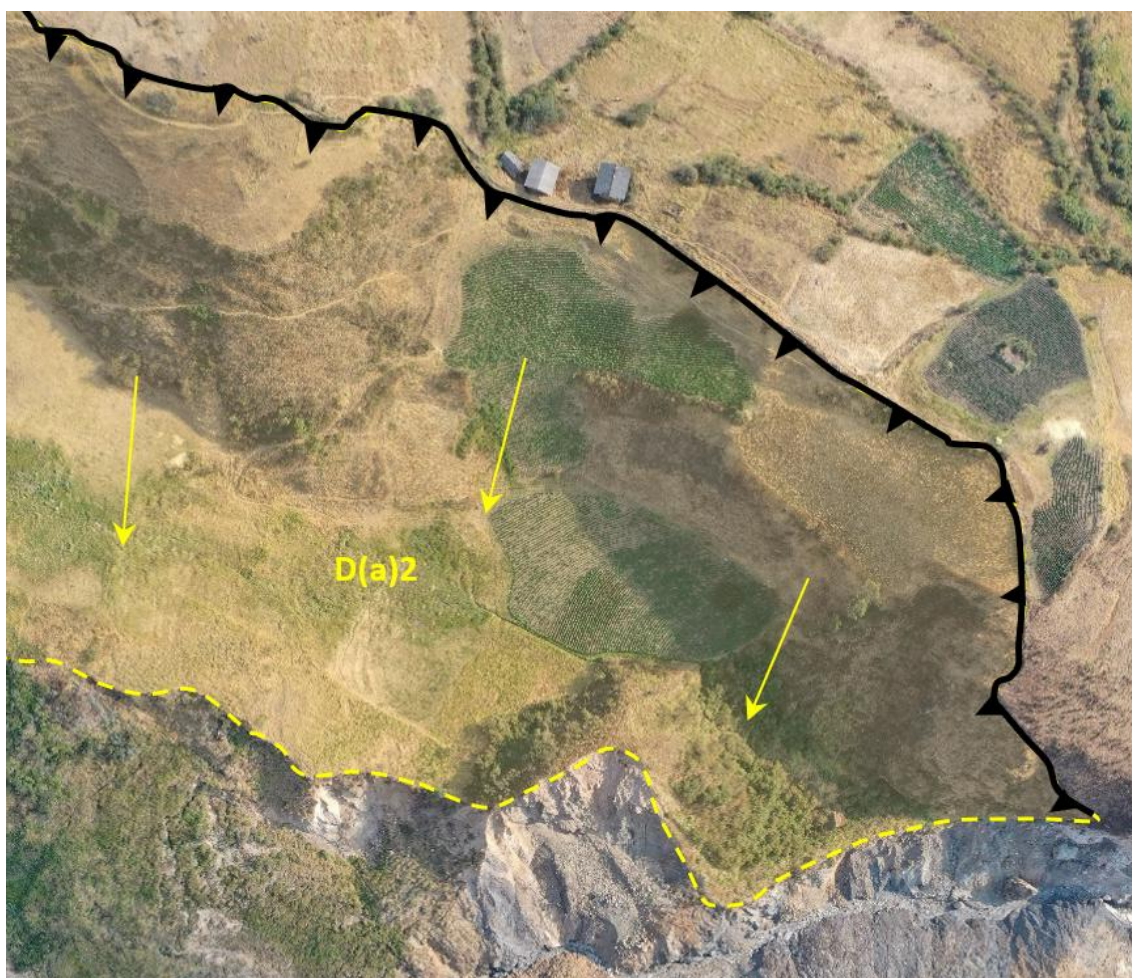


Figura10. Vista aérea del deslizamiento antiguo D(a)2 de la localidad El Porvenir

5.2. Deslizamientos activos

Se identificaron dos deslizamientos activos D1 y D2, los cuales tienen áreas de 39 y 5 hectáreas, sus escarpes principales miden 498 y 277 m respectivamente. En la tabla 5 se detalla su ubicación.

Tabla 5. Ubicación de los deslizamientos activos en el área evaluada.

TIPO DE PELIGRO	ACTIVIDAD	CODIGO	COORDENADAS CENTRALES		Cota (m s.n.m.)
			Este	Norte	
Deslizamiento	Activo	D1	800376	9132371	3160
		D2	800084	9131971	3009

5.2.1 Deslizamiento D-1

Según versión de los pobladores, este se produjo en marzo del 2019, se ubica al oeste de la localidad El Porvenir, el movimiento en masa afectó cinco viviendas, 39 hectáreas de cultivos agrícolas y a 17 m de la corona del deslizamiento está expuesta la Institución Educativa N° 80987 – El Purme, poniendo en riesgo la integridad de la población estudiantil e infraestructura; así mismo el área urbana se encuentra a una distancia de 150 m.

En las figuras 10 a 13, se observa el avance del movimiento durante los años 2016, 2019 y 2024, en dirección a la Institución Educativa N° 80987–El PURME (figura 14).

En la figura 14 se muestra el escarpe principal y secundario del deslizamiento, los cuales tienen un salto vertical de 23 y 17 m respectivamente; asimismo se observa agrietamientos, con longitudes del 3 a 30 m y aperturas de 15 a 50 cm. Actualmente la Institución Educativa tiene una distancia de 17 m hasta la corona del deslizamiento (figura 15). También se observó la presencia de surgencia de agua dentro del cuerpo del deslizamiento, lo que evidencia que los terrenos están saturados (figura 16).



Figura11. Vista aérea del deslizamiento en el año 2016. Delimitada en líneas amarillas.

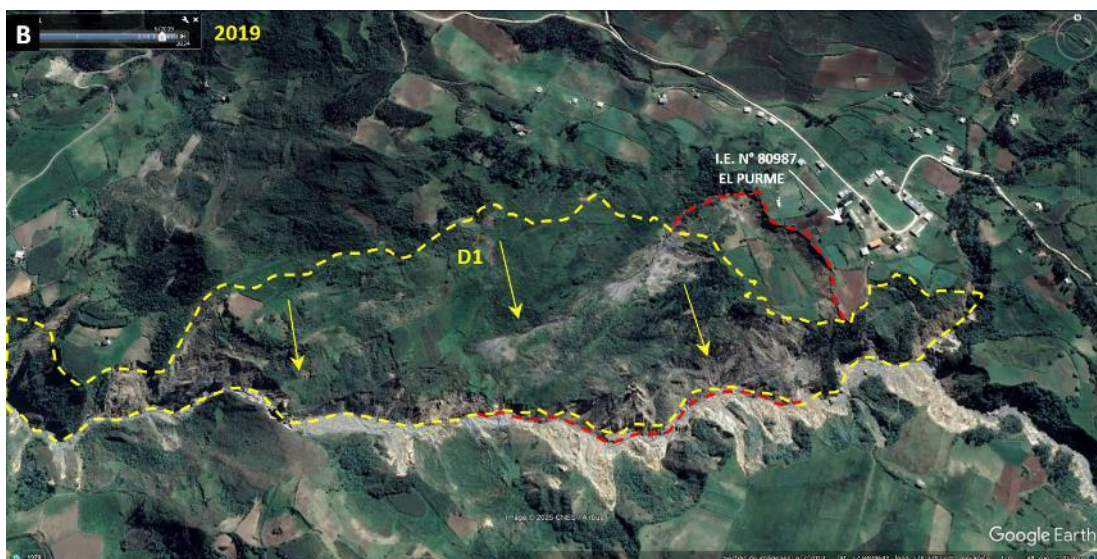


Figura12. Vista aérea del deslizamiento en el año 2019, en dirección a la Institución Educativa N° 80987 – EL PURME. Delimitada en líneas rojas.



Figura13. Vista aérea del movimiento en masas, 2024. Delimitada con línea roja.

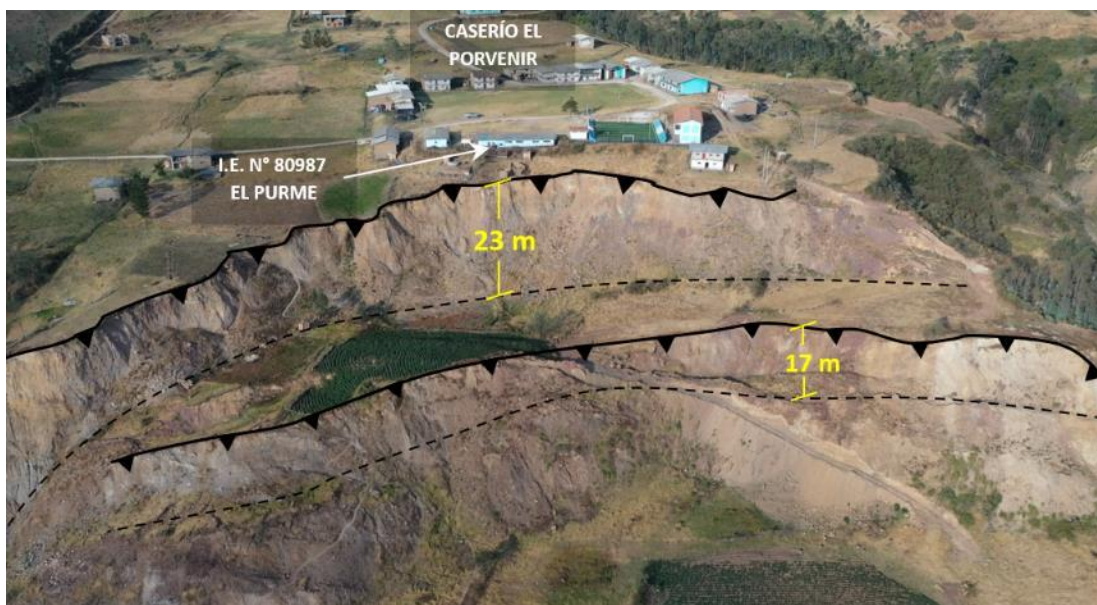


Figura 2. Escarpe principal con una altura de 23 m, también se puede apreciar un escarpe secundario con una altura de 17 m.



Figura 15. Se aprecia la distancia de la corona del deslizamiento a la Institución Educativa de 17 m.

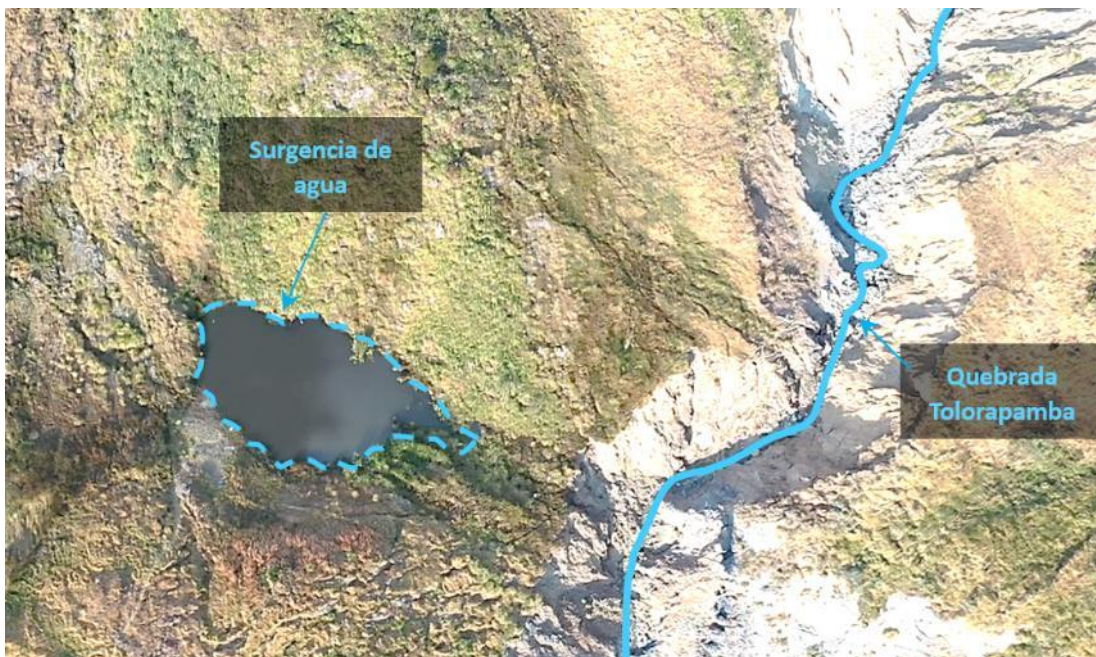


Figura 16. Surgencia de agua en la parte baja del cuerpo del deslizamiento D1. coordenadas UTM WGS84 17M. 799933, 9132163

5.2.1.1 Características visuales y morfométricas

- Tipo de movimiento: Rotacional.
- Estado: Activo.
- Distribución: Retrogresivo
- Deformación del terreno: Escalonado
- Velocidad: Lento
- Composición: Suelos coluvio deluviales.

Morfometría

- Área: 39 hectáreas.
- Perímetro: 3271 m.
- Diferencia de alturas corona-pie del deslizamiento: 221 m.
- Longitud horizontal: 650 m.
- Pendiente promedio: muy fuerte (27°)
- Salto vertical de la escarpa principal: 5 a 23 m.
- Longitud del escarpe principal: 498 m.

Factores condicionantes

- Litología y naturaleza incompetente de materiales, principalmente suelos poco consolidados de origen coluvio-deluvial.
- Ladera de fuerte a muy fuerte pendiente (25° a 45°), que conforman geoforma de vertiente con depósito de deslizamiento.
- Abundante humedad propia de la zona.

Factores antrópicos

- Ocupación de terrenos con cultivos agrícolas, con prácticas de riego por inundación y ausencia de drenajes adecuados, esto contribuye con la saturación del terreno y por ende un aumento de peso de la masa inestable.
- Canales perimetrales sin recubrimiento impermeabilizante.

Factor detonante

- Precipitaciones pluviales extremas y prolongadas, durante la temporada enero-marzo.
- Sismos.

Daños ocasionados y probables

- 35 hectáreas de terrenos de cultivos agrícolas.
- Cinco viviendas, de las cuales cuatro quedaron destruidas y una inhabitable.
- Institución Educativa N° 80987 – El PURME a 17 m, y veinte viviendas ubicadas en la parte superior de la corona a menos de 150 m, expuestas al peligro.

5.2.1.2 Análisis longitudinal

En la figura 17 muestra la extensión esquemática del deslizamiento rotacional D1, originado sobre suelos de origen coluvio-deluvial, poco consolidados, se observa la Institución Educativa N° 80987, muy cerca de la corona del movimiento; así mismo la secuencia de escarpes secundarios y agrietamientos en el terreno.

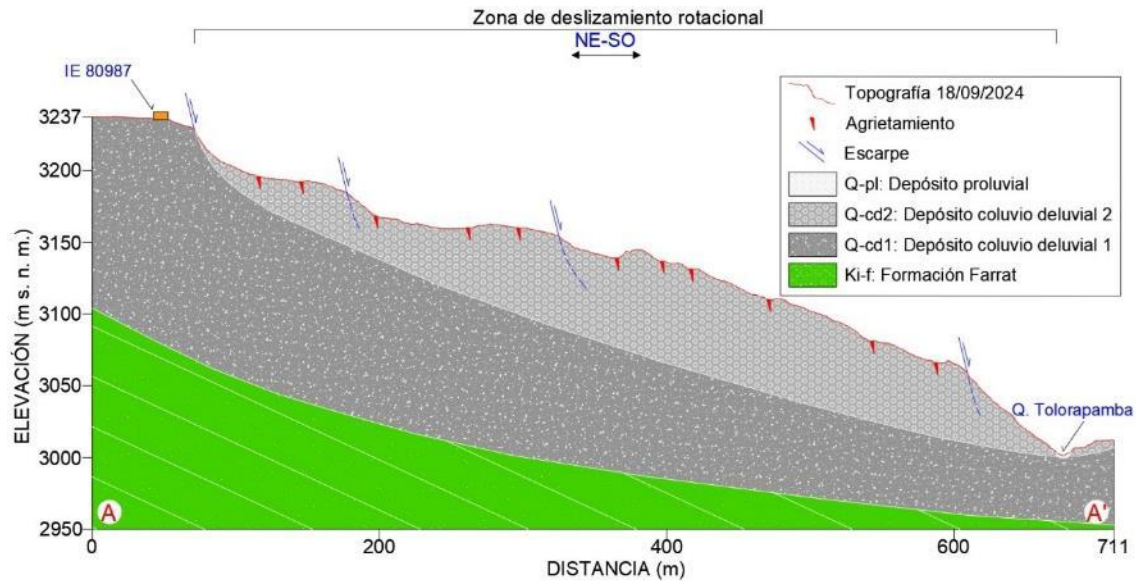


Figura 3. Perfil longitudinal A- A', se aprecia la distribución de los materiales geológicos del deslizamiento D1, y la proximidad de la Institución Educativa con la corona del deslizamiento activo.

5.2.2 Deslizamiento D-2

Ubicado al sur del sector evaluado, afectó 5 hectáreas de terrenos con cultivos agrícolas. Dentro del cuerpo se identificó agrietamientos paralelos al escarpe, con longitudes de 3 m a 40 m y 10 cm a 30 cm de apertura (figura 18).

5.2.2.1 Características visuales y morfométricas

- Tipo de movimiento: Rotacional.
- Estado: Activo.
- Distribución: Retrogresivo
- Deformación del terreno: Escalonado
- Velocidad: Lento
- Composición: Suelos coluvio deluviales.

Morfometría

- Área: 5 hectáreas.
- Perímetro: 1105 m.
- Diferencia de alturas corona-punta: 160 m.
- Longitud horizontal: 290 m.
- Pendiente promedio: muy fuerte (25°)
- Salto vertical de la escarpa principal: 1 a 17 m.
- Longitud del escarpe principal: 594 m.

Factores condicionantes

- Litología y naturaleza incompetente de materiales, principalmente suelos poco consolidados de origen coluvio-deluvial.
- Ladera de fuerte a muy fuerte pendiente (25° a 45°), que conforman geoforma de vertiente con depósito de deslizamiento.
- Abundante humedad propia de la zona.

Factores antrópicos

- Ocupación de terrenos con cultivos agrícolas, con prácticas de riego por inundación y ausencia de drenajes adecuados, esto contribuye con la saturación del terreno y por ende un aumento de peso de la masa inestable.
- Canales perimetrales sin recubrimiento impermeabilizante.

Factor detonante

- Precipitaciones pluviales extremas y prolongadas, durante la temporada enero-marzo.
- Sismos.

Daños ocasionados y probables

- 3.5 hectáreas de terrenos de cultivos agrícolas.



Figura 4. Deslizamiento D2, ubicado al

5.3. Derrumbe

Ubicado al este del sector evaluado, ocupa un área de 4 hectáreas. La altura de la zona de arranque a la parte baja es de 115 m, el material origina depósitos coluviales sueltos, compuestos por gravas angulosas a sub angulosas, con escasa o ausencia de una matriz, que en temporada de lluvia es arrastrado por la quebrada generándose un flujo de detritos.

Ante la ocurrencia de movimientos sísmicos de moderada a fuerte magnitud se podrían generar nuevos derrumbes que podrían embalsar la quebrada Tolorapamba (figura 19).

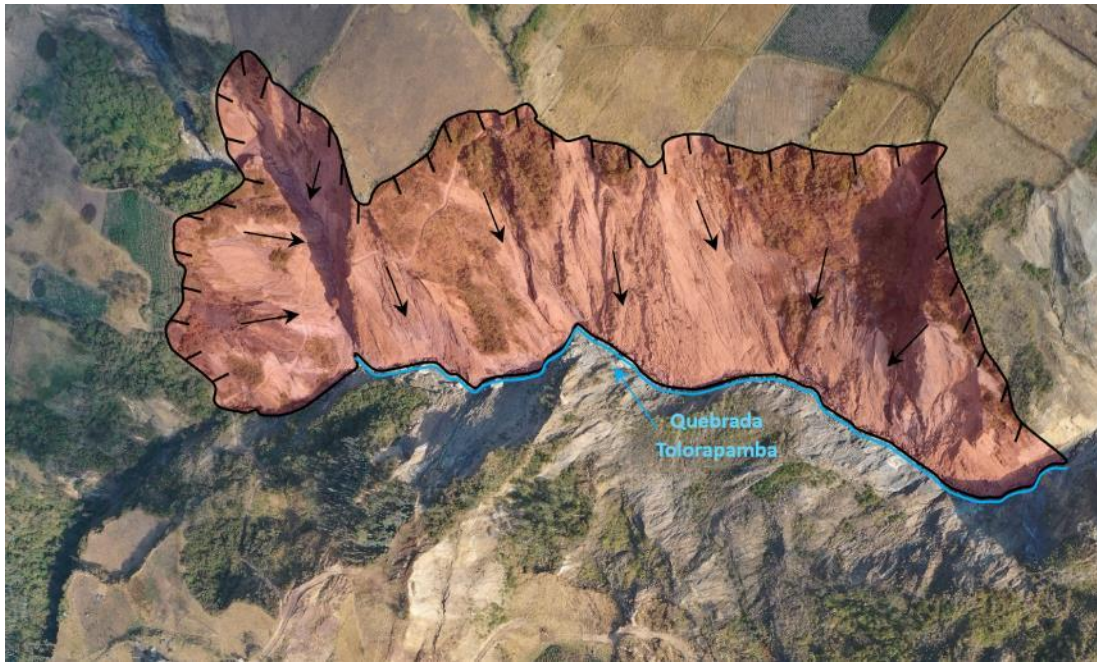


Figura 5. Derrumbe activo, material arrastrado podría embalsar la quebrada Tolorapamba,

6. CONCLUSIONES

En base al análisis de información geológica, geomorfológica de la localidad de Lagunas, así como a los trabajos de campo, y la evaluación de peligros geológicos, se emiten las siguientes conclusiones.

- a. Litológicamente, el área evaluada está conformada por areniscas blancas de grano medio a grueso de la Formación Carhuaz, areniscas rojizas, muy fracturadas y moderadamente meteorizadas, intercaladas con lutitas grises, de la Formación Carhuaz, ambas formaciones cubiertas por depósitos de origen coluvio-deluvial, conformado por bloques y gravas angulosas a subangulosas, en matriz limoarenosa de plasticidad baja.
- b. Se identificaron las siguientes geoformas, a) montaña estructural en roca sedimentaria, b) montaña en roca sedimentaria, c) vertiente coluvio-deluvial, d) vertiente con depósito de deslizamiento, e) vertiente coluvial de detritos y f) piedemonte proluvial.
- c. En el sector evaluado los terrenos al noreste y noroeste tienen pendiente suave (1° a 5°) a moderada (5° a 15°), y al sur, donde se originan los movimientos en masa, la pendiente es fuerte (15° a 25°) a terreno muy escarpado ($>45^{\circ}$).
- d. Se ha identificado dos deslizamientos activos D1 y D2, con áreas de 39 y 5 ha, escarpes de 498 y 594 m de longitud, con salto vertical de 23 y 17 m respectivamente.
- e. El deslizamiento D-1, afectó terrenos de cultivos agrícolas en 35 hectáreas y cinco viviendas. De seguir el avance retrogresivo del deslizamiento, afectará la Institución Educativa N° 80987 – El PURME que se encuentra a solo 17 m al este de la corona, también podría afectar 20 viviendas que se encuentran a menos de 150 m del escarpe. El deslizamiento D-2, afectó terrenos de cultivos agrícolas en 3.5 hectáreas.
- f. La ocurrencia de deslizamientos está condicionada por:
 - Características litológicas: depósito coluvio-deluvial, compuesto por bloques y gravas angulosos a sub angulosos; en matriz limoarenosa de plasticidad baja, que permite la infiltración y retención del agua.
 - Cultivos agrícolas con riego por inundación, ausencia de drenajes adecuados, terrenos denudados; todo ello, contribuye con la saturación del terreno y por ende un aumento de peso de la masa inestable.
 - Ladera de pendiente fuerte (15° a 25°) a muy fuerte o escarpada (25° a 45°).
 - El material suelto o inestable que se encuentra sobre la ladera, la saturación del terreno, sumada con la inclinación facilita que se generen movimientos en masa, la presencia de agua actúa como un lubricante.
- g. El factor detonante fue las lluvias intensas y prolongadas que se generan durante los meses de enero a marzo, durante los años 2019 y 2023.

- h. El derrumbe identificado al este del sector evaluado, aporta material suelto a la quebrada, lo que en temporada de lluvia puede ser removido y origina flujos de detritos. De darse nuevamente este evento afectaría terrenos de cultivos ubicados en la zona de arranque. Ante la presencia de lluvias intensas y movimientos sísmicos de moderada a fuerte magnitud podría activarlo e incrementar su tamaño, que podrían embalsar la quebrada, Tolorapamba.
- i. Debido a las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas descritas, la localidad El Porvenir, se consideran de Peligro **Alto a Muy Alto y Zona Crítica** a la ocurrencia de deslizamientos y derrumbes.

7. RECOMENDACIONES

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

- a. Reubicar a corto plazo la Institución Educativa N° 80987 – El PURME y a mediano plazo las viviendas ubicadas en la parte superior al deslizamiento D-1.
- b. Implementar un sistema de drenaje, alrededor de las zonas con movimientos en masa (deslizamientos y derrumbes), con el apoyo técnico de un especialista, con la finalidad de reducir la saturación de los terrenos.
- c. Reforestar el área afectada con especies nativas y evitar la tala en el entorno.
- d. Cambiar el tipo de riego de los terrenos de cultivo por riego de goteo aspersión, para disminuir la saturación y por ende el peso de la masa susceptible a movimientos.
- e. Prohibir la construcción de viviendas y/o algún tipo de infraestructura dentro del cuerpo del deslizamiento y zonas aledañas.
- f. Realizar la evaluación del riesgo (EVAR) de desastres en la localidad El Porvenir, el estudio debe ser realizado por un profesional acreditado, aplicando la normatividad vigente, para determinar las áreas de riesgo e implementar medidas de mitigación a corto y mediano plazo.
- g. Realizar charlas de sensibilización y concientización del peligro al que se encuentra expuesta la localidad El Porvenir y alrededores.
- h. Implementar señalización en la corona del deslizamiento, prohibiendo el ingreso de personas y el pastoreo de animales, dentro del cuerpo del deslizamiento, con el objetivo de evitar accidentes.

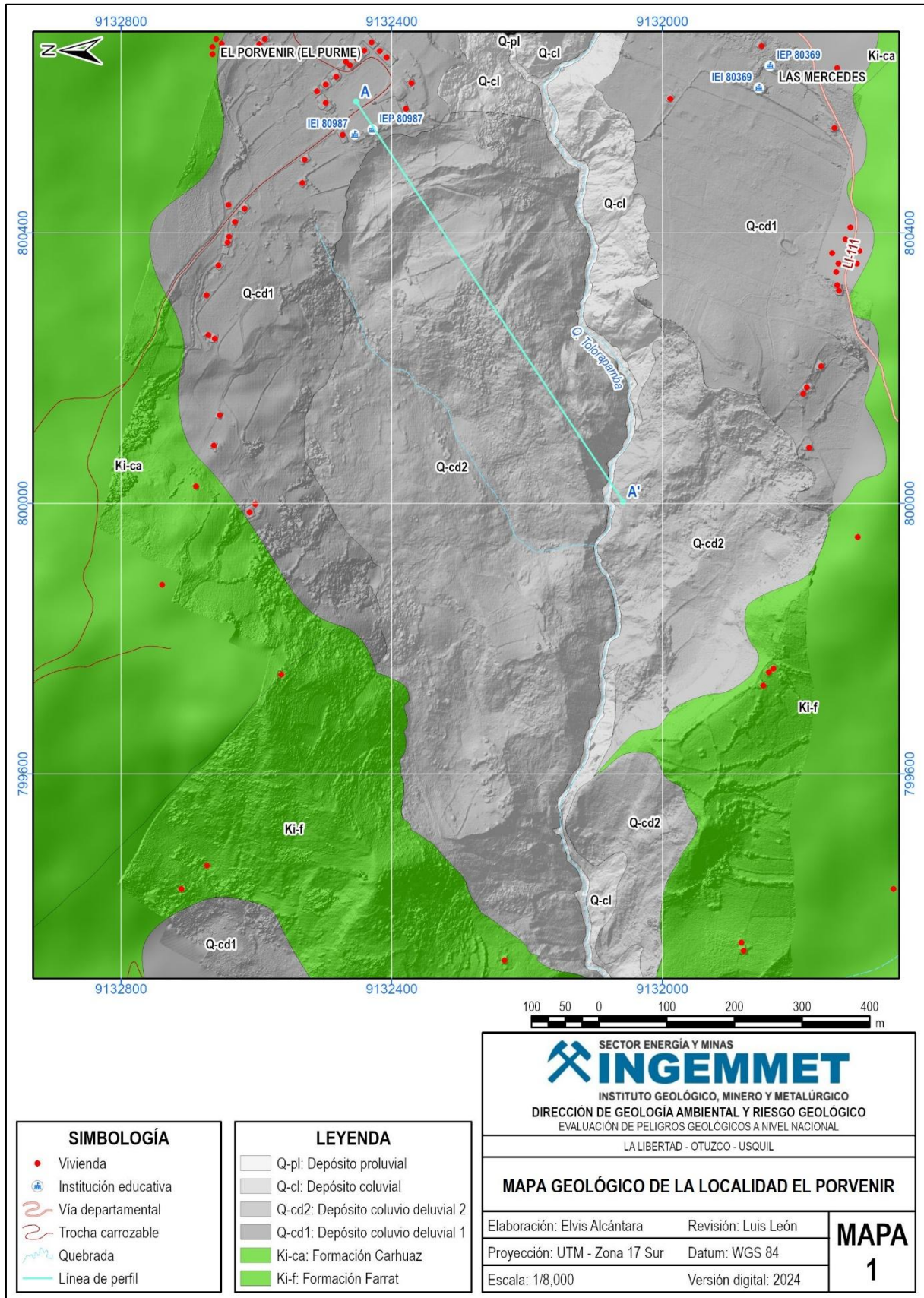

LUIS MIGUEL LEON ORDAZ
Ingeniero Geólogo
Reg.CIP. N° 215610

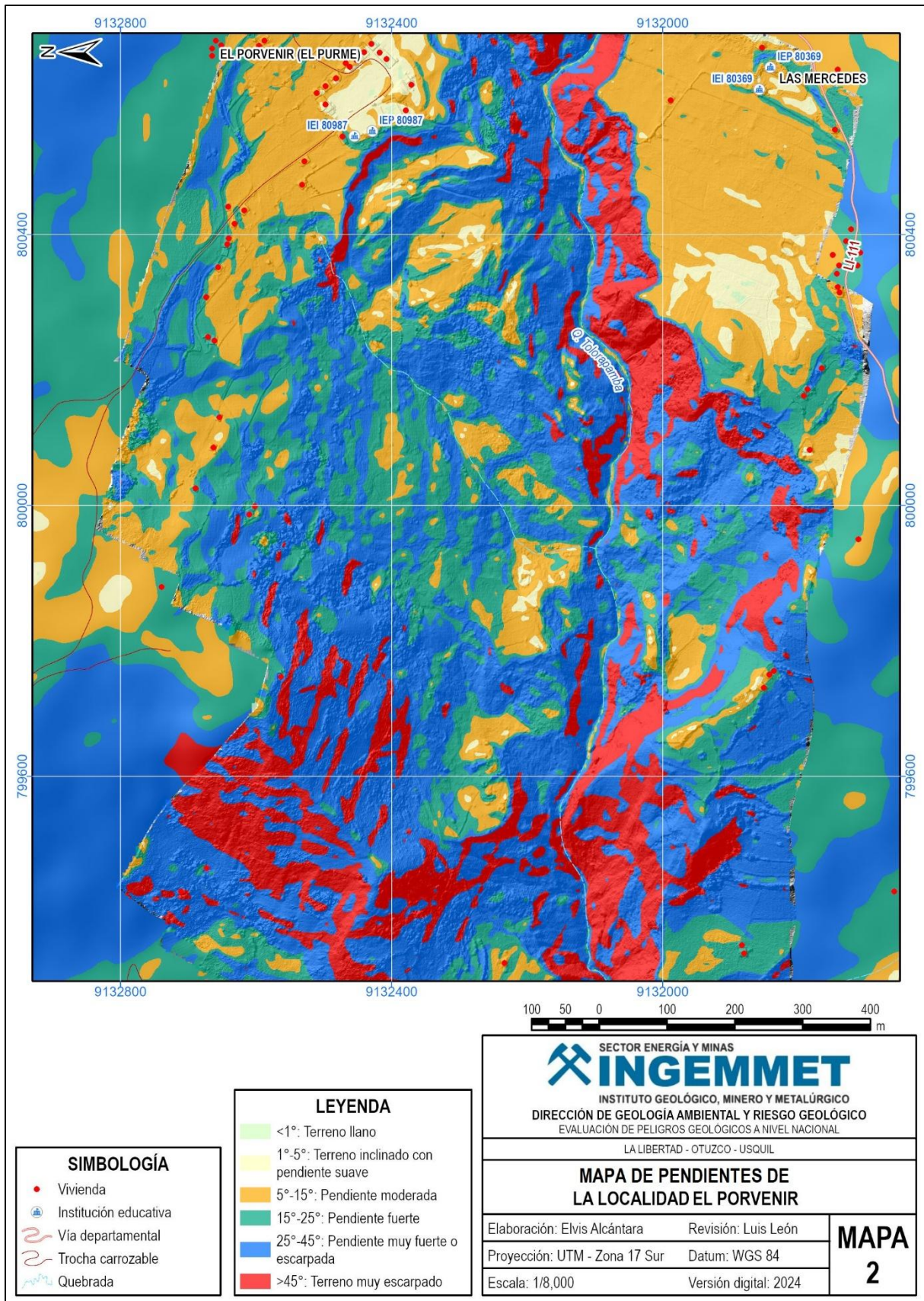

Ing. SEGUNDO NÚÑEZ JUÁREZ
Director (e)
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico
INGEMMET

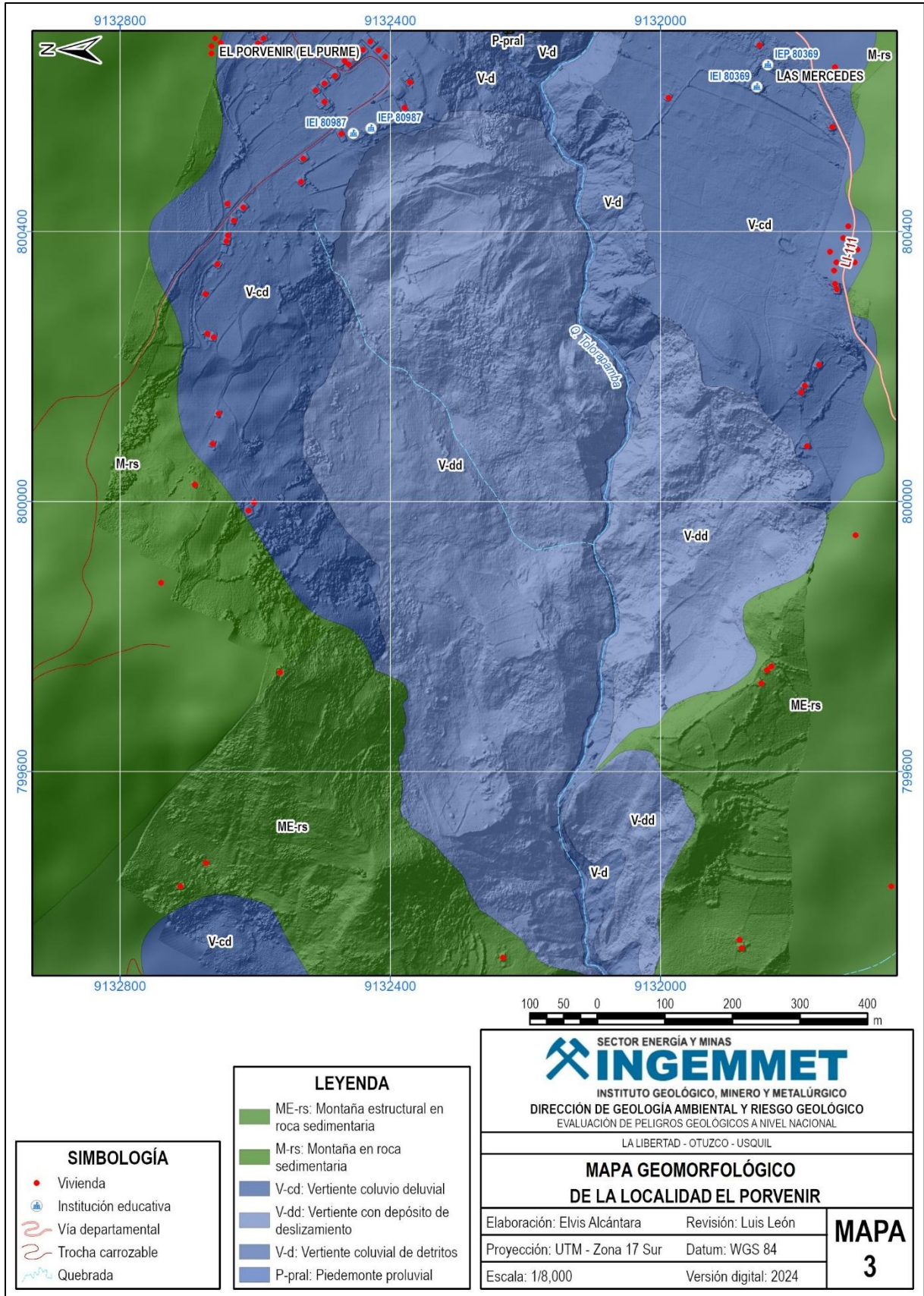
8. BIBLIOGRAFÍA

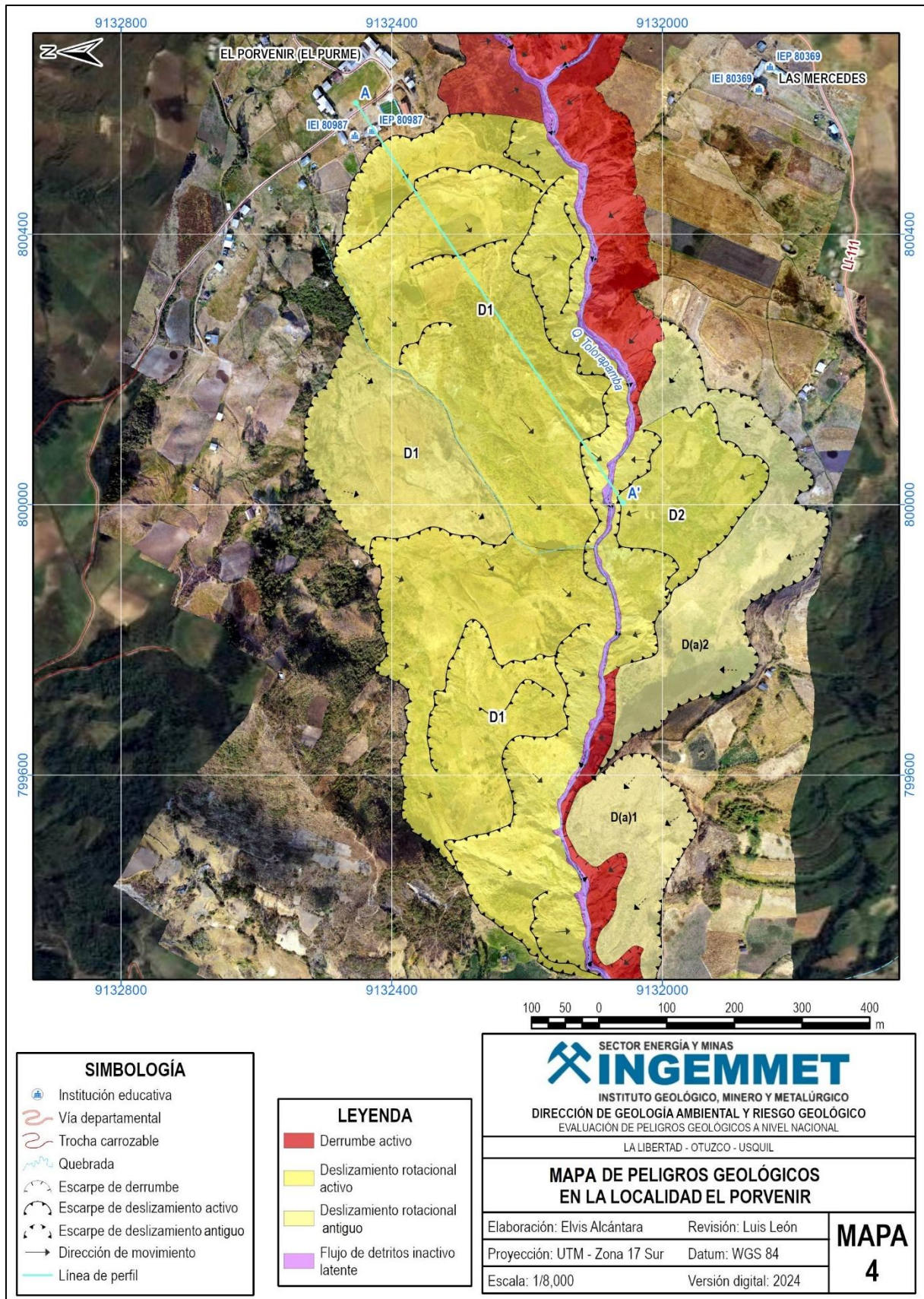
- Cruden, D.M., Varnes, D.J., 1996, Landslide types and processes, en Turner, K., y Schuster, R.L., ed., Landslides investigation and mitigation: Washington D. C, National Academy Press, Transportation Research Board Special Report 247, p. 36–75.
- INEI. (2018). *Directorio Nacional de Centros Poblados Censos Nacionales 2017*. Instituto Nacional de Estadística e Informática.
https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1541/index.htm
- Medina, L.; Luque, L. y Pari, W. 2012, Riesgo Geológico en la Región La Libertad. Ingemmet Boletín N° 50, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 245p.
<https://hdl.handle.net/20.500.12544/290>
- PMA:GCA. (2007). *Movimientos en Masa en la Región Andina: Una Guía para la Evaluación de Amenazas* (1a ed.). Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas.
<https://hdl.handle.net/20.500.12544/2830>
- Reyes, L. (1980) - Geología de los cuadrángulos de Cajamarca, San Marcos y Cajabamba. Hojas 15-f, 15-g, y 16-g: 100 000 INGEMMET, Boletín, Serie A: 31, 83p.
<https://hdl.handle.net/20.500.12544/150>
- Senamhi. (2020). *Climas del Perú - Mapa de Clasificación Climática Nacional*.
<https://www.senamhi.gob.pe/?p=mapa-climatico-del-peru>
- Sosa, N. y Araujo, G. (2021) - "Evaluación de peligros geológicos en el sector de río Shitahuara: Parte alta del caserío de San Juan de Capachique.", Informe Técnico, Dirección de Geología Ambiental y Riesgos Geológicos, 30p.
<https://hdl.handle.net/20.500.12544/3099>
- Suárez Díaz, J. (1998). *Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales* (Ltda, Ed.; 1a ed.). Publicaciones UIS.
- Varnes, D. J. (1978). Slope movements types and processes. In Special Report 176: Landslides: Analysis and control (Eds: Schuster, R.L and Krizek, R.J), Transportation and Road research board, 9–33.
- Villota, H. (2005). *Geomorfología Aplicada a Levantamientos Edafológicos y Zonificación Física de Tierras* (2a ed.). Instituto Geográfico Agustín Codazzi.
- WP/WLI, 1993, A suggested method for describing the activity of a landslide: Bulletin of the International Association of engineering Geology, no. 47, p. 53–57.

ANEXO 1. MAPAS









ANEXO 2. MEDIDAS CORRECTIVAS

Para deslizamientos y derrumbes

En la zona evaluada para la mitigación de los peligros geológicos, se debe controlar la infiltración del agua hacia afuera del cuerpo de los movimientos en masa. Los métodos de estabilización de los deslizamientos, 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 (Figura 6). 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.

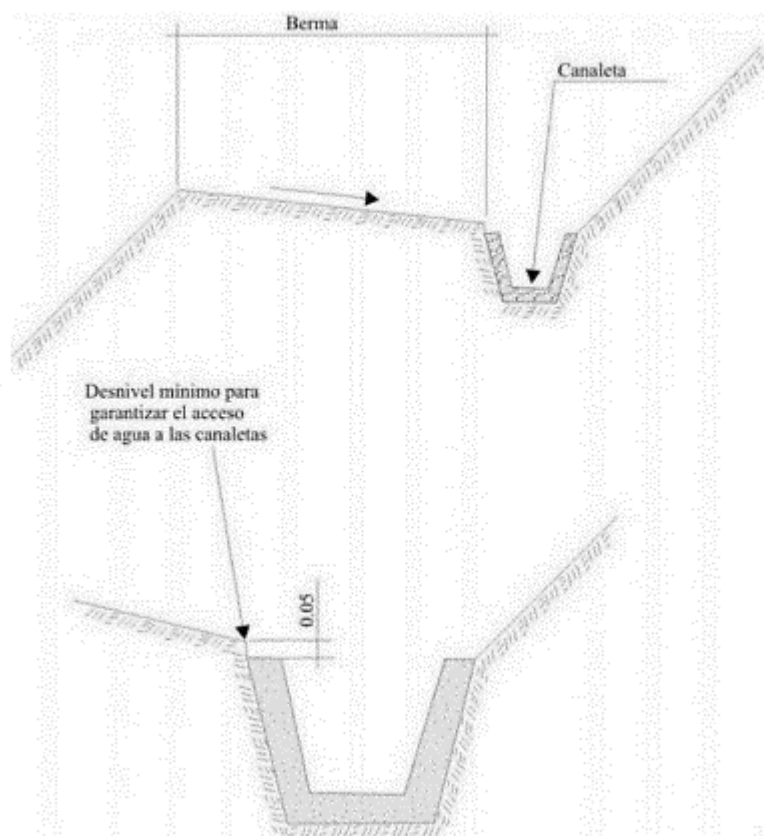


Figura 6. Detalle una canaleta de drenaje superficial (zanjas de coronación). Tomado de INGEMMET (2000).

b. Revegetación y bioingeniería

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).

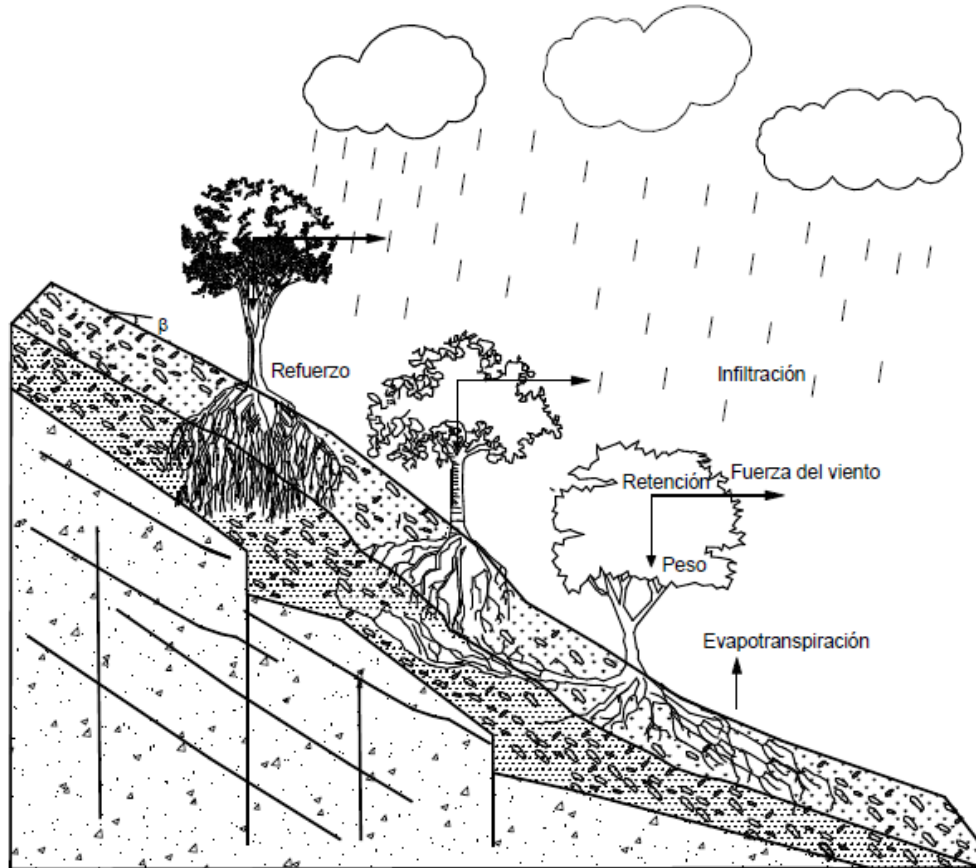


Figura 21. Estabilización de taludes utilizando vegetación. **Fuente:** Suarez, Díaz 2007.



Fotografía 3. Ejemplo de bioingeniería con arbusto (vetiver) en taludes de materiales sueltos.