

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

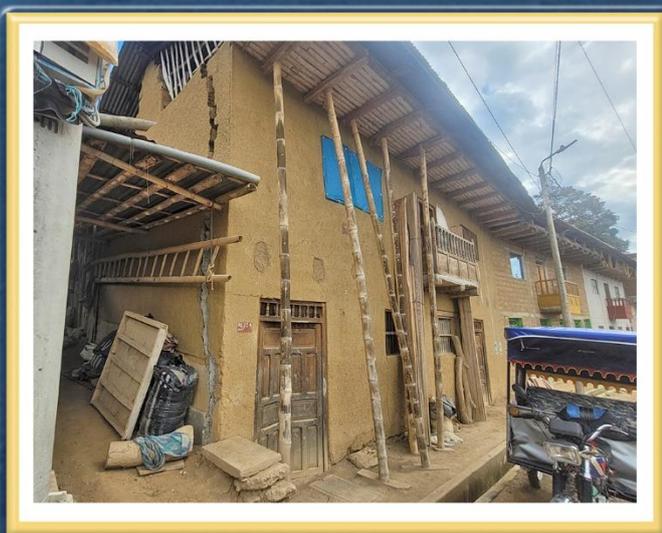
Informe Técnico N° A7520

EVALUACIÓN DEL PELIGRO GEOLÓGICO POR DESLIZAMIENTOS EN EL BARRIO EL PORVENIR

Departamento: Amazonas

Provincia: Utcubamba

Distrito: Lonya Grande



JUNIO
2024

EVALUACIÓN DEL PELIGRO GEOLÓGICO POR DESLIZAMIENTOS EN EL BARRIO EL PORVENIR

***Distrito Lonya Grande
Provincia Utcubamba
Departamento Amazonas***



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

Equipo de investigación:

Luis Miguel León Ordáz

Elvis Rubén Alcántara Quispe

Referencia bibliográfica

León, L. (2024). Evaluación del peligro geológico por deslizamientos en el barrio El Porvenir, distrito Lonya Grande, provincia Utcubamba, departamento Amazonas. Lima: Ingemmet, Informe Técnico N° A7520, 37 p.

ÍNDICE

RESUMEN.....	3
1. INTRODUCCIÓN.....	4
1.1. Objetivos del estudio.....	4
1.2. Antecedentes.....	5
1.3. Aspectos generales	5
1.3.1. Ubicación	5
1.3.2. Población	5
1.3.3. Accesibilidad	6
1.3.4. Clima.....	7
2. DEFINICIONES	7
3. ASPECTOS GEOLÓGICOS.....	9
3.1. Unidades litoestratigráficas.....	10
3.1.1. Grupo Mitu	10
3.1.2. Depósitos cuaternarios.....	11
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS.....	13
4.1. Modelo digital de elevaciones (MDE).....	13
4.2. Pendiente del terreno.....	14
4.3. Unidades y subunidades geomorfológicas.....	15
4.3.1. Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional.....	15
4.3.2. Geoformas de carácter depositacional y agradacional	15
4.3.3 Geoformas particulares.....	16
5. PELIGROS GEOLÓGICOS	17
5.1 Deslizamiento D-1.....	17
5.1.1. Características visuales y morfométricas.....	22
5.2 Deslizamiento D2.....	25
5.2.2. Características visuales y morfométricas.....	27
6. CONCLUSIONES.....	29
7. RECOMENDACIONES.....	30
8. BIBLIOGRAFÍA.....	31
ANEXO 1. MAPAS	32
ANEXO 2. MEDIDAS CORRECTIVAS.....	36

RESUMEN

El Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – Ingemmet, a través de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR), realiza el “Servicio de Asistencia Técnica en la Evaluación de Peligros Geológicos a Nivel Nacional (Actividad 11)”. Con este trabajo cumple con una de sus funciones que consiste en brindar asistencia técnica en peligros geológicos para los tres niveles de gobierno.

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por deslizamiento en el barrio El Porvenir, distrito Lonya Grande, provincia Utcubamba, departamento Amazonas.

Las unidades geológicas que afloran en la zona de estudio son areniscas de grano medio a grueso, muy fracturada, altamente meteorizada, color crema a rojizo, del Grupo Mitu. Están cubiertas por depósitos de origen coluvio-deluvial, conformado por gravas angulosas a sub angulosas y escasos bloques, compuesto por bloques (6%), gravas (8%), gránulos (10%), en matriz limo arcillosa (66 %); y con matriz limoarcillosa de plasticidad media. Las unidades geomorfológicas son montañas y colinas en roca sedimentarias con terrenos de pendiente moderada (5° a 15°) a muy escarpados (>45°); también se tiene vertiente con depósito de deslizamiento con terrenos de pendiente muy fuerte (25° a 45°) a muy escarpado (> 45°). Por último, un depósito antrópico con terreno de pendiente suave (1° a 5°) a muy fuerte (15° a 25°).

En las zonas evaluadas se identificaron deslizamientos que se originaron en marzo 2024. El deslizamiento D1, abarca un área de 2202 m², su eje principal presenta una longitud 86 m, ancho de 69 m y el desnivel entre la escarpa principal y el pie del deslizamiento es 15 m. El deslizamiento D2, abarca un área de 272 m², el eje principal presenta una longitud 23 m, ancho de 14 m y el desnivel entre la escarpa principal y el pie del deslizamiento es 9 m.

Los factores condicionantes para la generación de estos peligros son: Depósito coluvio-deluvial, conformado por material inconsolidado que permite la infiltración y retención del agua; la actividad antrópica, como corte de talud en laderas para la construcción de vía, que modificó la pendiente natural del terreno, aumentando su inestabilidad; y ausencia de drenajes adecuados en el terreno denudado. Varios de los factores antes mencionados, contribuyen con la saturación del terreno, y por ende en el incremento de su peso; sumada la pendiente del terreno (15° a >45°), permite que el material saturado se desplace cuesta abajo. Como factor detonante se tiene las lluvias de intensidad fuerte y prolongadas.

El deslizamiento afectó 8 viviendas, 67 m de la vía afirmada (calle Santa Lucía). Si el deslizamiento continúa podría afectar la Institución Educativa N° 17787 y un coliseo.

El barrio El Porvenir, donde se presentan los deslizamientos activos y áreas aledañas parte baja, se considera de **Peligro Alto a Muy Alto**, ante lluvias intensas o sismo. De aumentar de dimensión el evento podría ocasionar daños severos en viviendas y vía afirmada.

Finalmente, se brindan las recomendaciones necesarias, las cuales deben ser tomadas en cuenta por las autoridades competentes y tomadores de decisiones. Las principales recomendaciones son la construcción de drenes impermeabilizados, reforestación de

las laderas. Además, se recomienda la elaboración de un informe EVAR para determinar medidas de control a largo plazo.

1. INTRODUCCIÓN

El Ingemmet, ente técnico-científico que desarrolla a través de los proyectos de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR), el “Servicio de Asistencia Técnica en la Evaluación de Peligros Geológicos a Nivel Nacional (ACT. 11)”, Con este trabajo cumple con una de sus funciones que consiste en brindar asistencia técnica en peligros geológicos para los tres niveles de gobierno.

Atendiendo la solicitud remitida por la Municipalidad Distrital de Lonya Grande, según Oficio N° 0097-2024-MDLG/A, es en el marco de nuestras competencias que se realiza una evaluación de peligros geológicos por movimientos en el Barrio El Porvenir.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designó a los Ingenieros Luis Miguel León Ordáz y Elvis Rubén Alcántara Quispe, para realizar la evaluación de peligros geológicos en el barrio El Porvenir; llevado a cabo el día 29 de abril del 2024.

La evaluación técnica se realizó en 03 etapas: etapa de pre-campo con la recopilación de antecedentes e información geológica y geomorfológica del INGEMMET; 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 para la etapa final 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 a consideración de la Municipalidad Distrital de Lonya Grande, Oficina de Defensa Civil del Gobierno Regional de Amazonas 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 en el barrio El Porvenir, distrito Lonya Grande, provincia Utcubamba, departamento de Amazonas.
- b) Determinar los factores condicionantes y desencadenantes que influyen en la ocurrencia de los peligros geológicos.
- c) Proponer medidas de prevención, reducción y mitigación ante peligros geológicos identificados en los trabajos de campo.

1.2. Antecedentes

Se han recopilado todos los informes y reportes que abarquen los aspectos geológicos y geodinámicos de la zona de estudio, los cuales se mencionan a continuación:

- Boletín N° 56, Serie A: Carta Geológica Nacional; Geología de los cuadrángulos de Bagua Grande, Jumbilla, Lonya Grande, Chachapoyas, Rioja, Leimebamba y Bolívar. Hojas: 12-g, 12-h, 13-g, 13-h, 13-i, 14-h y 15-h (Escala 1: 100 000); (Sánchez, A., 1995). Según el mapa de Lonya Grande se tiene afloramientos del Grupo Mitu entre las Qdas. Chocta, Yarnalen (Bolívar) en Lluy (Leimebamba), nacientes de Qda. Balsahuayco (Lonya Grande), Qda. La Tina y el Ron (Bagua Grande). Esta unidad presenta en su base y en los niveles inferiores conglomerados polimícticos mal clasificados, constituidos por clastos cuyos diámetros llegan hasta 60 cm., tienen matriz areniscosa a limolítica de color rojo.
- En Boletín N° 39, Serie C, Geodinámica e Ingeniería Geológica; Riesgo Geológico en la Región Amazonas (Medina L. et al, 2009), elaboró un mapa de susceptibilidad a movimientos en masa, a escala 1:250 000; donde la zona evaluada se sitúa sobre áreas con susceptibilidad media a movimientos en masa.

1.3. Aspectos generales

1.3.1. Ubicación

El área de evaluación corresponde al barrio El Porvenir, distrito Lonya Grande, provincia Utcubamba y departamento Amazonas (figura 1). En el cuadro 1 se consigna las coordenadas UTM WGS 84 del sector; además las coordenadas centrales referenciales del evento identificado.

Cuadro 1. Coordenadas de las áreas de estudio.

N°	UTM – WGS 84 - ZONA 17S		Coordenadas Decimales (°)	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	785870	9325514	-6.095853	-78.417305
2	785869	9325249	-6.098248	-78.417297
3	785629	9325249	-6.098259	-78.419464
4	785629	9325249	-6.095863	-78.419471
Coordenada central del movimiento en masa identificado				
Deslizamiento	785758	9325362	-6.097241	-78.418313

1.3.2. Población

De acuerdo a la información del XII Censo de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas o Censo peruano de 2017 (INEI, 2018), la localidad de Lonya Grande, tiene una población de 3000 habitantes (cuadro 2), distribuidos en 600 viviendas, con acceso a red pública de agua y energía eléctrica.

Cuadro 2. Datos de la localidad Lonya Grande.

Descripción	Lonya Grande – INEI
Código de Ubigeo y Centro Poblado	0107060001
Longitud	-78.4225160281
Latitud	-6.09637253536
Altitud	1269.4
Población	3000
Viviendas	600
Agua Por Red Publica	si
Energía eléctrica en la vivienda	si
Desagüe por red publica	si
Institución Educativa Inicial	si
Institución Educativa Primaria	si
Institución Educativa Secundaria	si
Establecimiento de salud	si
Idioma o Lengua hablada con mayor frecuencia	Castellano

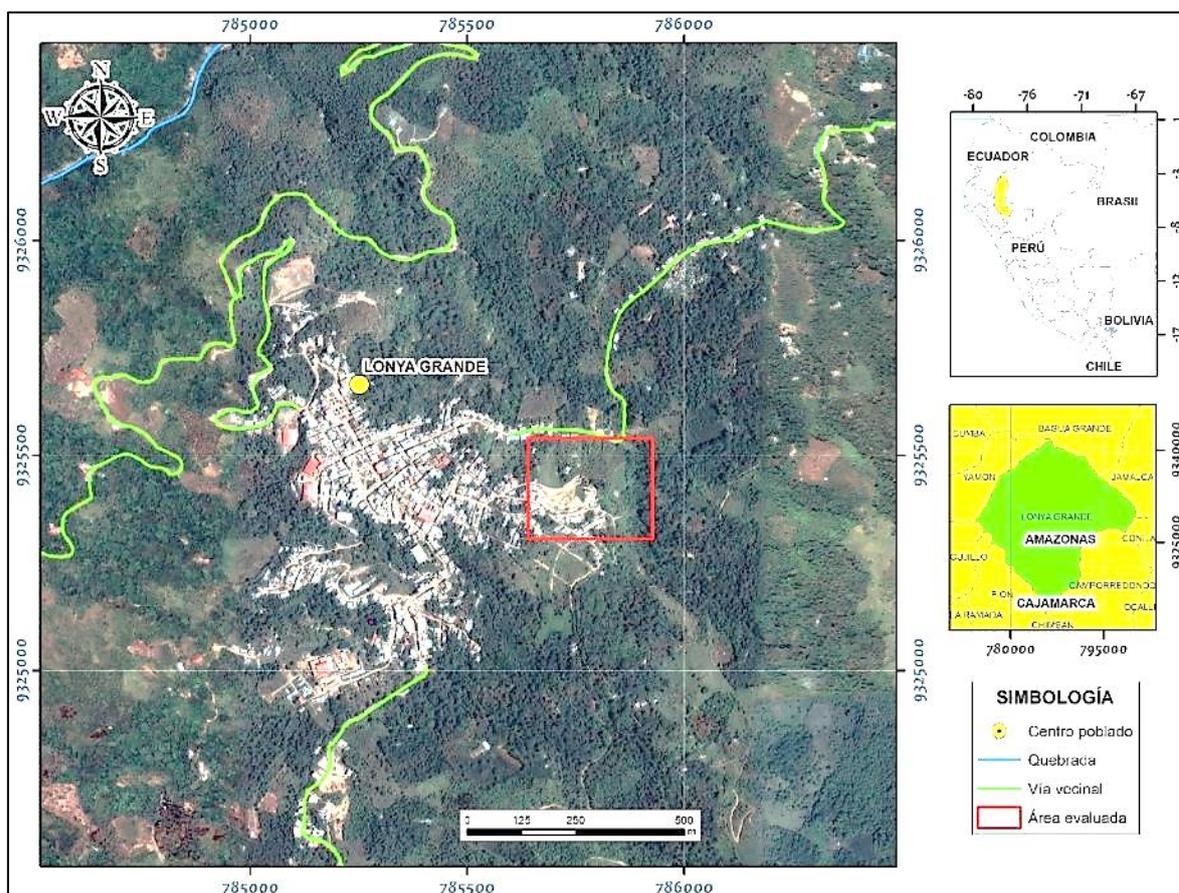


Figura 1. Ubicación del área evaluada.

1.3.3. Accesibilidad

El acceso se realiza por vía terrestre desde la ciudad de Cajamarca, a través de una vía asfaltada - afirmada, hasta el barrio El Porvenir, distrito Lonya Grande, provincia Utcubamba y departamento Amazonas (Cuadro3):

Cuadro 3. Rutas y acceso a la zona evaluada.

Ruta	Tipo de Vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Cajamarca – Jaén – Lonya Grande	Asfaltada – Afirmada	433.9	10 hora 30 minutos

1.3.4. Clima

Según el método de Clasificación Climática de Warren Thornthwaite - (Senamhi, 2020), la zona de estudio posee un clima Semiseco con humedad abundante todas las estaciones del año. Templado. C (r) B'.

Clima de tipo semiseco, templado y húmedo durante todo el año. Ocupa 3% del área nacional y se encuentra en áreas de Amazonas, Cajamarca, La Libertad, Ancash, Huánuco, Pasco, Junín, Huancavelica, Ayacucho, Apurímac, Cusco y Puno.

En verano, el tiempo de esta área está determinado por la Alta de Bolivia, por el flujo de humedad del este y por factores locales. Mientras que, en el invierno, las DANAs pueden generar precipitaciones aisladas principalmente en las zonas altas del centro y sur del país; además, también son frecuentes las heladas en esta temporada debido al ingreso de vientos secos del oeste en altura.

Esta región presenta durante el año, en promedio temperaturas máximas de 21°C a 25°C y temperaturas mínimas de 7°C a 11°C. Los acumulados anuales de lluvias en estas zonas pueden alcanzar valores desde los 700 mm hasta los 2000 mm aproximadamente.

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 para ingeniería con tamaño de partículas menores a 2 micras (0,002 mm) que contienen minerales arcillosos. Las arcillas y suelos arcillosos se caracterizan por presentar cohesión y plasticidad; muy influenciados por el agua en 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.

Condicionante: Se refiere a todos aquellos factores naturales o antrópicos que condicionan o contribuyen a la inestabilidad de una ladera o talud, pero que no constituyen el evento detonante del movimiento.

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.

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.

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.

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.

Ladera: Superficie natural inclinada de un terreno.

Meteorización: Se designa así a todas aquellas alteraciones que modifican las características físicas y químicas de las rocas y suelos. La meteorización puede ser física, química y biológica. Los suelos residuales se forman por la meteorización in situ de las rocas subyacentes.

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.

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.

3. ASPECTOS GEOLÓGICOS

La descripción geológica se desarrolló en base al Boletín N° 56, Serie A: Carta Geológica Nacional; Geología del cuadrángulo de Lonya Grande. Hoja: 13-g, a escala 1:100 000 (Sánchez, A. 1995), complementados y validados 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 movimientos en masa.

3.1.1. Grupo Mitu

Compuesto principalmente rocas clásticas continentales que se presentan en estratos medianos a gruesos, se diferencian fácilmente por su color rojo y su resistencia a la erosión.

En la parte media del Grupo Mitu predominan las areniscas líticas y arcósicas de grano grueso a medio, subangulosas a angulosas, en estratos medios a gruesos (grosor mayor que 30 cm.), están intercaladas con niveles delgados de lodolitas rojas. En Lonya Grande se observan brechas con componentes volcánicos que tienen coloraciones rojo oscuro a violeta, además de otros fragmentos líticos correspondientes a: rocas metamórficas, cuarzo lechoso, etc. (Agapito Sánchez F. 1995).

En el sector evaluado está compuesto por areniscas de grano medio a grueso, muy fracturada, altamente meteorizada, color crema a rojizo (fotografía 1), se encuentran bajo un depósito cuaternario de origen coluvio-deluvial



Fotografía 1. Afloramiento de areniscas muy fracturada, altamente meteorizada, coordenadas UTM WGS84 17M. 785801, 9325376.

3.1.2. Depósitos cuaternarios

En la zona de estudio se exponen depósitos cuaternarios que fueron diferenciados de acuerdo con su composición y tiempo de depositación, entre los cuales tenemos:

Depósito coluvio-deluvial (Q-cd)

Proviene de diversos movimientos en masa, transportados por la gravedad e influencia del agua. Se encuentran sobre las laderas de montañas.

Los depósitos deluviales a diferencia de los coluviales son depósitos de ladera removidos por agua de lluvia; se le asigna una edad Cuaternario-Holoceno. Dentro de este tipo de depósito se encuentran los materiales generados por movimientos en masa de tipo deslizamientos, derrumbes, entre otros

Estos depósitos se ubican en el barrio El Porvenir, en la parte media del sector evaluado, conformado por gravas angulosas a sub angulosas y escasos bloques; en una matriz limoarcillosa de plasticidad media, (figura 4); su grosor va de pocos metros en la parte alta y media de la zona (fotografía 2), hasta varios de metros en la parte baja (área urbana).

Cuadro 4. DESCRIPCIÓN DE FORMACIONES SUPERFICIALES

		<input type="checkbox"/> Eluvial	<input type="checkbox"/> Lacustre		
		<input checked="" type="checkbox"/> Deluvial	<input type="checkbox"/> Marino		
		<input checked="" type="checkbox"/> Coluvial	<input type="checkbox"/> Eólico		
		<input type="checkbox"/> Aluvial	<input type="checkbox"/> Orgánico		
		<input type="checkbox"/> Fluvial	<input type="checkbox"/> Artificial		
		<input type="checkbox"/> Proluvial	<input type="checkbox"/> Litoral		
		<input type="checkbox"/> Glaciar	<input type="checkbox"/> Fluvio glaciar		
TIPO DE FORMACIÓN SUPERFICIAL					
GRANULOMETRÍA		FORMA		REDONDES	
%					
<input type="text" value="3"/>	Bolos	<input type="checkbox"/> Esférica	<input type="checkbox"/> Redondeado	<input type="checkbox"/> Alta plasticidad	
<input type="text" value="5"/>	Cantos	<input checked="" type="checkbox"/> Discoidal	<input type="checkbox"/> Subredondeado	<input checked="" type="checkbox"/> Med. Plástico	
<input type="text" value="15"/>	Gravas	<input type="checkbox"/> Laminar	<input checked="" type="checkbox"/> Anguloso	<input type="checkbox"/> Baja Plasticidad	
<input type="text" value="21"/>	Gránulos	<input type="checkbox"/> Cilíndrica	<input checked="" type="checkbox"/> Subanguloso	<input type="checkbox"/> No plástico	
<input type="text" value="10"/>	Arenas				
<input type="text" value="28"/>	Limos				
<input type="text" value="18"/>	Arcillas				

ESTRUCTURA		TEXTURA		CONTENIDO DE		%		LITOLOGÍA	
<input checked="" type="checkbox"/>	Masiva	<input checked="" type="checkbox"/>	Harinoso	<input type="checkbox"/>	Materia Orgánica	<input type="checkbox"/>	Intrusivos	<input type="checkbox"/>	Volcánicos
<input type="checkbox"/>	Estratificada	<input type="checkbox"/>	Arenoso	<input type="checkbox"/>	Carbonatos	<input type="checkbox"/>	Matamórficos	<input type="checkbox"/>	Sedimentarios
<input type="checkbox"/>	Lenticular	<input type="checkbox"/>	Aspero	<input type="checkbox"/>	Sulfatos	<input checked="" type="checkbox"/>			
COMPACIDAD									
SUELOS FINOS					SUELOS GRUESOS				
Limos y Arcillas					Arenas		Gravas		
<input checked="" type="checkbox"/>	Blanda	<input type="checkbox"/>	Suelta	<input type="checkbox"/>	Suelta	<input type="checkbox"/>	Med. Consolidada		
<input type="checkbox"/>	Compacta	<input type="checkbox"/>	Densa	<input type="checkbox"/>	Med. Consolidada	<input type="checkbox"/>	Consolidada		
<input type="checkbox"/>	Dura	<input type="checkbox"/>	Muy Densa	<input type="checkbox"/>	Consolidada	<input type="checkbox"/>	Muy Consolidada		



Fotografía 2. Depósito coluvial ubicado en la zona de deslizamiento activo en el barrio El Porvenir. Coordenadas UTM WGS84 17M. 785695, 9325357.

3.1.3. Depósito antrópico (Q-an)

Depósito antrópico o antropógeno, es un término que vincula directamente al ser humano. Para el área de estudio está asociado principalmente al material utilizado para el afirmado de las vías y del terreno de la construcción de la Institución Educativa N° 17787 (terreno nivelado).

4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

Además de la cartografía regional de geomorfología, a escala 1:250 000 del boletín de riesgos geológicos de la región Amazonas, se utilizó imágenes y modelos digitales de elevación detallados obtenidos de levantamientos fotogramétricos con dron, desarrollados en abril del 2024, lo cual permitirá estudiar el relieve, pendientes y demás características; con el fin de describir subunidades a detalle (escala 1:1500).

4.1. Modelo digital de elevaciones (MDE)

La zona evaluada presenta altitudes que van desde los 1241 m hasta los 1365 m, en los cuales se distinguen siete niveles altitudinales (figura 2), con la finalidad de visualizar la extensión con respecto a la diferencia de alturas; el área con mayor pendiente corresponde a terrenos entre altitudes 1260m a 1330m, con terreno de pendiente promedio muy fuerte (25° a 45°) a muy escarpado (>45°), correspondiendo a la geoforma montaña y colina en roca sedimentaria.

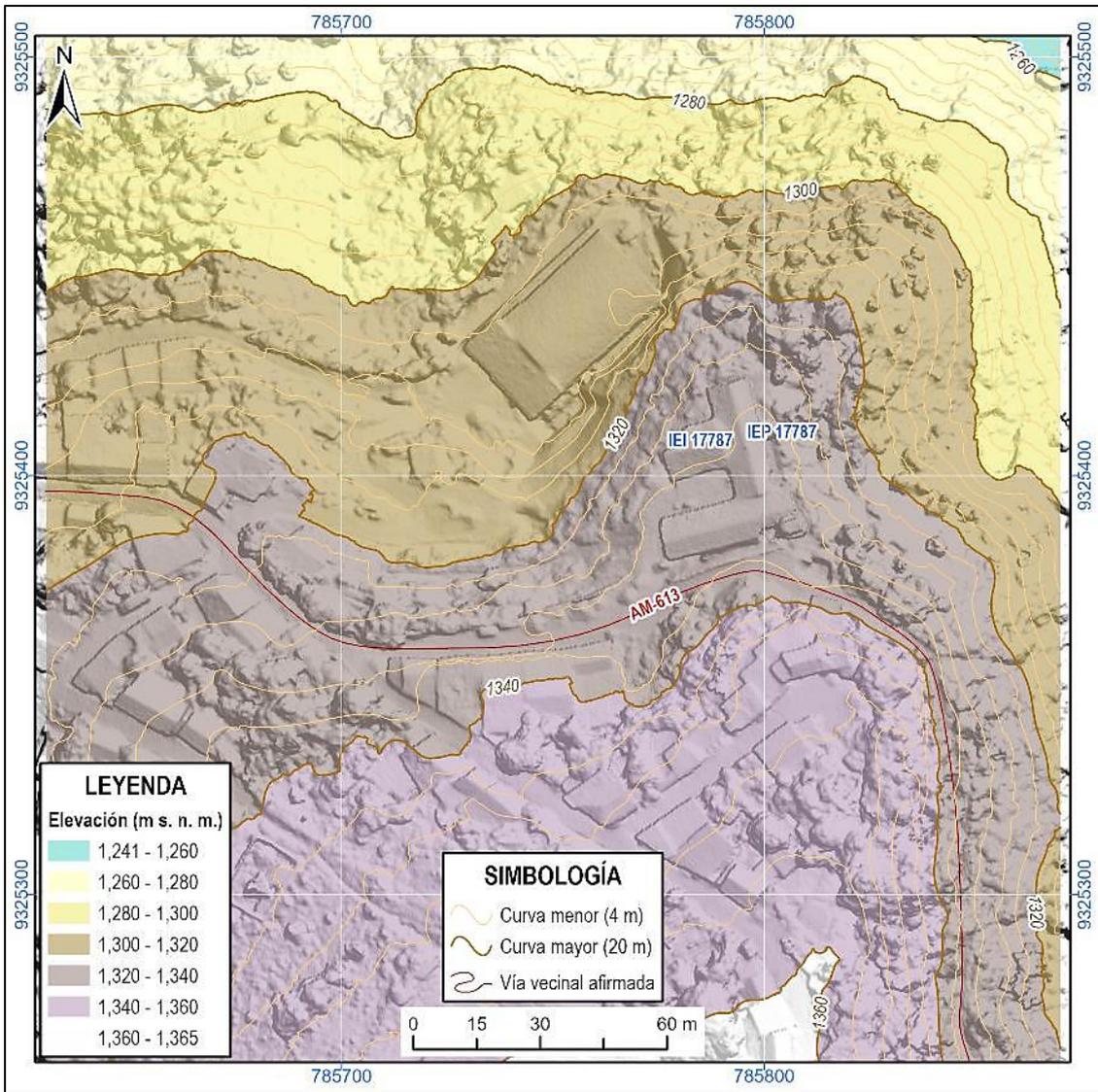


Figura 2. Modelo digital de elevaciones de la zona evaluada.

4.2. Pendiente del terreno

Los relieves con pendientes escarpadas pueden condicionar la ocurrencia de movimientos en masa y controlar el modelamiento de las geoformas que conforman el relieve actual.

En el sector evaluado los deslizamientos se vienen produciendo en terrenos con pendiente muy fuerte (25° a 45°) a terreno muy escarpado ($>45^\circ$), ubicado al este del área urbana (figura 3 y 4, mapa 2).



Figura 3. Deslizamiento se origina en laderas con pendiente muy fuerte (25° a 45°).

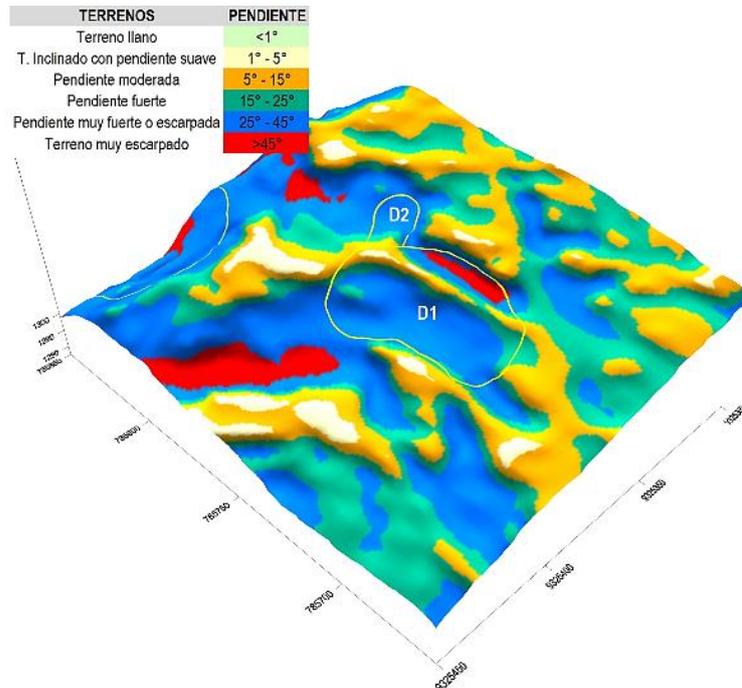


Figura 4. Modelo 3D de las pendientes en el barrio El Porvenir; los deslizamientos están delimitados con líneas amarillas.

4.3. Unidades y subunidades 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 y erosional (montaña en rocas sedimentarias), como de carácter deposicional y agradacional (vertiente coluvial de detritos, vertiente con depósito de deslizamiento y depósito antrópico); las geoformas se grafican en el mapa 3.

4.3.1. Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional

Unidad de Montaña

Las montañas presentan mayor distribución en las zonas evaluadas, se considera dentro de esta unidad a las geoformas que alcanzan alturas mayores a los 300 m respecto al nivel de base local; se reconocen como cumbres 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 como pendiente promedio superior al 30%, cuya cima puede ser aguda, sub aguda, semi redondeada, redondeada o tabular y cuyas laderas pueden ser regulares, irregulares y complejas (como se cita en Villota, 2005).

Sub unidad de montaña y colinas en rocas sedimentarias (RMC-rs)

Tiene una altura mayor a 300 m con respecto al nivel de base local, Corresponde a afloramientos de roca sedimentaria, reducidos por procesos denudativos. Se encuentran conformando elevaciones alargadas, con laderas disectadas y de pendientes superiores a 25°. Estas geoformas presentan susceptibilidad a ser afectados por movimientos en masa.

4.3.2. Geoformas de carácter deposicional y agradacional

Son el resultado del conjunto de procesos geomorfológicos constructivos determinados por fuerzas de desplazamiento y por agentes móviles; tienden a nivelar hacia arriba la superficie de la tierra mediante el depósito de materiales sólidos resultante de la denudación de terrenos más elevados.

Unidad de Piedemonte

Superficie inclinada al pie de los sistemas montañosos, formada por caídas de rocas o por el acarreo de material aluvial arrastrado por corrientes de agua estacional y de carácter excepcional.

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 sub angulosos.

En el sector evaluado esta subunidad está ubicada al este de la Institución Educativa N° 17787, lugar de acumulación continua de materiales removidos por movimientos en masa, se encuentran sobre laderas de pendiente muy fuerte a escarpada, presentan formas cóncavas.

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

Corresponden a zonas con forma cóncava donde se ha desarrollado un deslizamiento, (Figura 5), en el sector evaluado este depósito está ocupado por viviendas y terreno acondicionado (corte de talud), para construcción de accesos la Institución Educativa N° 17787.

4.3.3 Geoformas particulares

En el sector evaluado estas geoformas son originadas por actividad antrópica.

Subunidad de depósito antrópico (Dan)

Los depósitos antrópicos son acumulaciones artificiales de suelos naturales o de fragmentos de roca o material de desecho, o mezcla de ambos. En la zona estudiada se identificaron como depósitos acumulados por máquinas, para afirmado de las vías y para la construcción de la Institución Educativa N° 17788 (figura 5).



Figura 5. Vista de las geoformas de montaña en rocas sedimentarias (M-rs), depósito antrópico (Dan) y vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd), en el barrio El Porvenir.

5. PELIGROS GEOLÓGICOS

En el barrio El Porvenir, se identificó dos deslizamientos de tipo rotacional, Deslizamiento D-1, que afecta a 8 viviendas y 80 m de la vía y Deslizamiento D-2, que afecta un terreno en su parte superior; además se identificó un derrumbe inactivo relicto ubicado 15 m al este de la Institución Educativa 17787, (figura 6).



Figura 6. Modelo 3D del sector evaluado en el barrio Porvenir, los deslizamientos están delimitado en línea amarilla, se aprecia las viviendas y la vía afectada.

5.1 Deslizamiento D-1

El 04 de marzo de 2024, funcionarios de la Municipalidad Distrital de Lonya Grande, realizan una inspección en al barrio El Porvenir, calle Santa Lucía, identificando 8 viviendas y un tramo de 67m de vía afirmada afectados; la zona tiene una pendiente de fuerte (15° a 25°) hasta muy escarpada ($>45^\circ$), sobre un sustrato rocoso de mala calidad.

Según el análisis de las imágenes satelitales disponibles en la plataforma de Google Earth Pro (figura 7), se aprecia que desde el año 2011 hasta el año 2021, el sector evaluado no presenta intervención alguna sobre la ladera, donde se ubican los terrenos colindantes y ocupados por la actual Institución Educativa y coliseo.

En la figura 8 (imagen satelital del 2022), se aprecia que en el sector evaluado se realiza trabajos de movimientos de tierra (cortes de talud y nivelación del

terreno); posterior a la habilitación de los terrenos (año 2024), es que se originan los deslizamientos (figura 9).



Figura 7. En las imágenes satelitales de los años 2011, 2014, 2017 y 2021, se aprecia el sector evaluado sin modificación en el terreno, donde se ubican vivienda, I.E. y el coliseo (las áreas afectadas actualmente por deslizamiento están delimitadas por líneas de color amarillo).

Fuente: Google Earth.



Figura 8. Se aprecia la modificación del terreno (movimiento de tierras), realizado en el año 2022.



Figura 9. Se aprecia los deslizamientos activos (D-1 y D-2), los cuales afectan terreno, viviendas y vía afirmada.

Durante los trabajos de campo se observó que donde se realizaron los cortes en la ladera (talud de relleno de la vía afirmada, calle Santa Lucía), se están construyendo muros de contención, estos no cuentan con un drenaje adecuado (lloraderos), tampoco existen cunetas, lo cual influye en la saturación del terreno (figuras 10 y 11).



Figura 10. La humedad origina cambio de color del muro de contención y en el terreno (delimitado con líneas celestes), es indicador de terrenos saturados.



Figura 11. La humedad origina cambio de color del muro (delimitado con línea celeste), se aprecia también falta de drenaje (lloraderos). Coordenadas UTM WGS84 17M. 785762, 9325373.

A continuación, describimos las características del deslizamiento D-1:

En la figura 12, se muestra la extensión horizontal del deslizamiento de 31 m y 15 m de desnivel; además se expone las viviendas expuestas al peligro en la parte superior y la vía afirmada afectada AM-613.

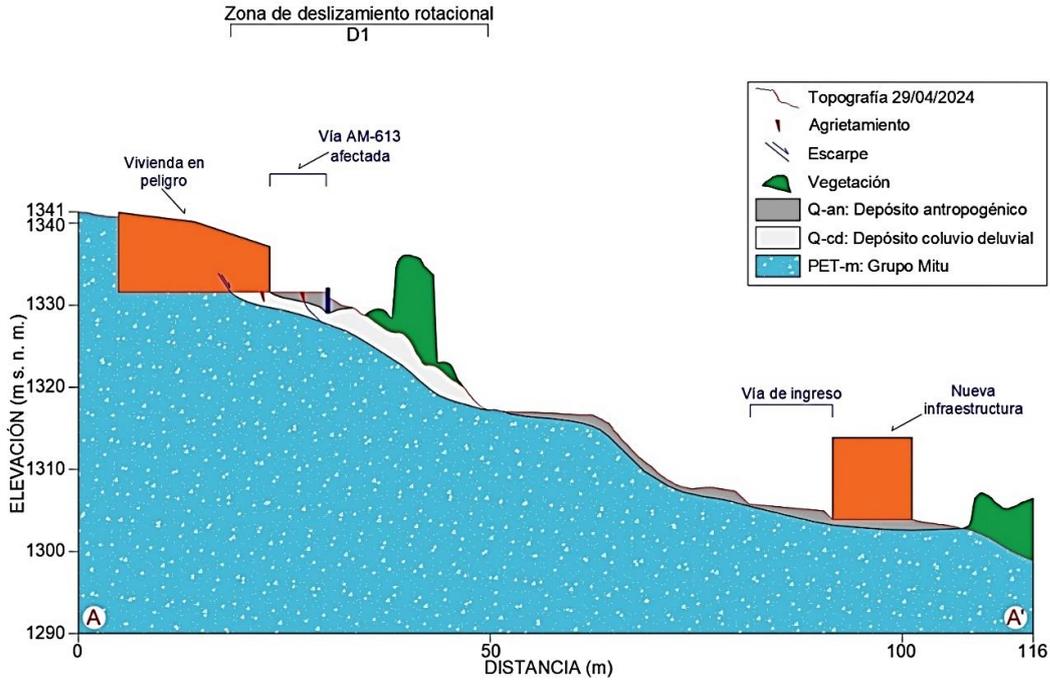


Figura 12. Perfil longitudinal A-A' donde se aprecia la distribución de los materiales geológicos del deslizamiento en el barrio El Porvenir.

En la parte alta del deslizamiento (figura 13), se tiene un escarpe en formación, que durante la visita en campo se evidenciaba por la afectación de las viviendas (agrietamientos en pisos y paredes), se infiere el incremento de su tamaño con el avance del movimiento.



Figura 13. Vista de deslizamiento, viviendas y vía afirmada afectada.

5.1.1. Características visuales y morfométricas

- Tipo de movimiento: Deslizamiento rotacional.
- Estado: Activo.
- Velocidad: Lenta (pocos centímetros al año, según comentario de los pobladores).
- Tipo de avance: Progresivo.

Morfometría:

- Área: 2 202 m²
- Perímetro: 192 m
- Diferencia de alturas corona y pie de deslizamiento: 15 m
- Longitud corona a punta: 31m

Factores condicionantes

- Depósito coluvio-deluvial, compuesto por bloques (6%), gravas (8%), gránulos (10%), en una matriz limo arcillosa (66 %). Los fragmentos de roca son angulosos a sub angulosos, permite la infiltración y retención del agua.
- Modificación del terreno (cortes de talud en laderas), por movimiento de tierra en el sector evaluado.
- Ausencia de drenajes adecuados en el terreno denudado, esto contribuye con la saturación del terreno y por ende un aumento de peso de la masa inestable.
- Ladera de pendiente moderada (5° a 15°) a muy fuerte (28°), que conforman geoformas de montaña en roca sedimentaria (M-rs), permite que el material saturado que se dispone sobre la ladera se desplace cuesta abajo.

Factor detonante

- Precipitaciones pluviales de intensidad fuerte y prolongada.
- La ocurrencia de un sismo en el sector o zonas aledañas, como el reportado por el IGP el 17/06/2024 21:22:10 a 105 km al N de Barranca, Datem del Marañón – Loreto, con magnitud 5.8, puede desestabilizar el deslizamiento, incrementando su tamaño y avance.

Daños ocasionados y probables

- 8 viviendas (figuras 14 al 18).
- 67 m de vía afirmada (figuras 19).
- 1 institución educativa expuesta.
- 1 coliseo deportivo expuesto.



Figura 14. Exterior de vivienda agrietada y con apuntalamiento para evitar la caída abrupta del techo. Coordenadas UTM WGS84 17M. 785758, 9325358.



Figura 15. Interior de vivienda agrietada y con apuntalamiento en las vigas para evitar la caída abrupta del techo. Coordenadas UTM WGS84 17M. 785758, 9325358.



Figura 16. Vivienda afectada por agrietamientos en su fachada.

Coordenadas UTM WGS84
17M. 785758, 9325358.



Figura 17. Las grietas tienen longitudes de 2 m a 3 m y 1 cm de ancho.

Coordenadas UTM WGS84
17M. 785758, 9325358.

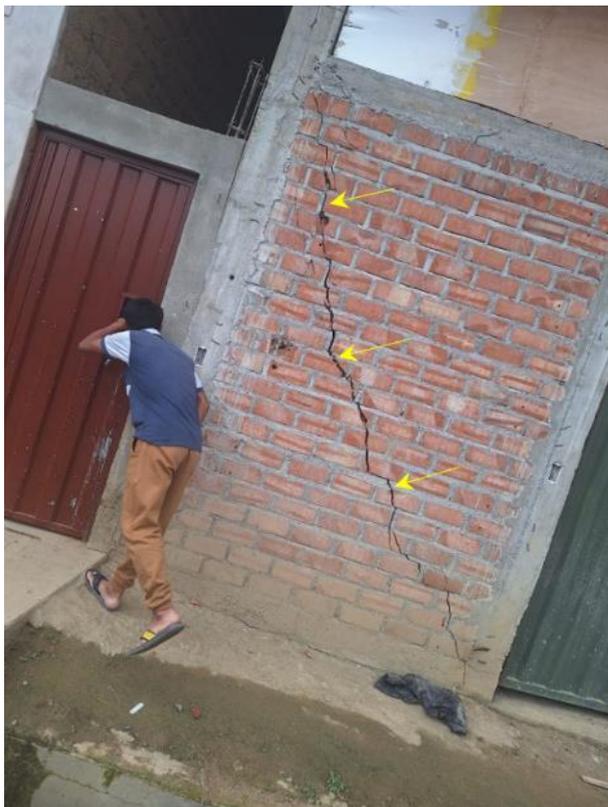


Figura 18. Vivienda afectada por agrietamientos en su fachada, longitud 2.5 m y 1.5 cm a 2 cm de ancho

Coordenadas UTM WGS84
17M. 785741, 9325357.



Figura 19. Grietas en la vía afirmada, presenta 55 m de longitud, 15 cm de ancho. Coordenadas UTM WGS84 17M. 785742, 9325362 – Fecha: 18/06/2024.

5.2 Deslizamiento D2

En la figura 7, se aprecia que, en el año 2022, se realizó el movimiento de material en la ladera en el barrio El Porvenir, incluyendo el corte del talud en el terreno (donde se ubica el deslizamiento D2), con la finalidad de construcción de una vivienda en la calle Santa Lucía, lo que originó la desestabilización de la ladera, originando un deslizamiento con movimiento en dirección sureste, que afectó al terreno ubicado sobre el talud de corte.

Actualmente, se han construido muros de concreto armado, los cuales no cuentan con la implementación de un sistema de drenaje de agua, lo que origina la saturación del terreno colindante en la parte superior (fotografía 3).



Fotografía 3. Movimiento de tierras en ladera, con fines de construcción de vivienda, originó el movimiento de terreno ubicado en la parte superior.

En la figura 20, se muestra la extensión horizontal del deslizamiento de 20 m y 9 m de desnivel; además vivienda expuesta al peligro en la parte superior si el movimiento persiste.

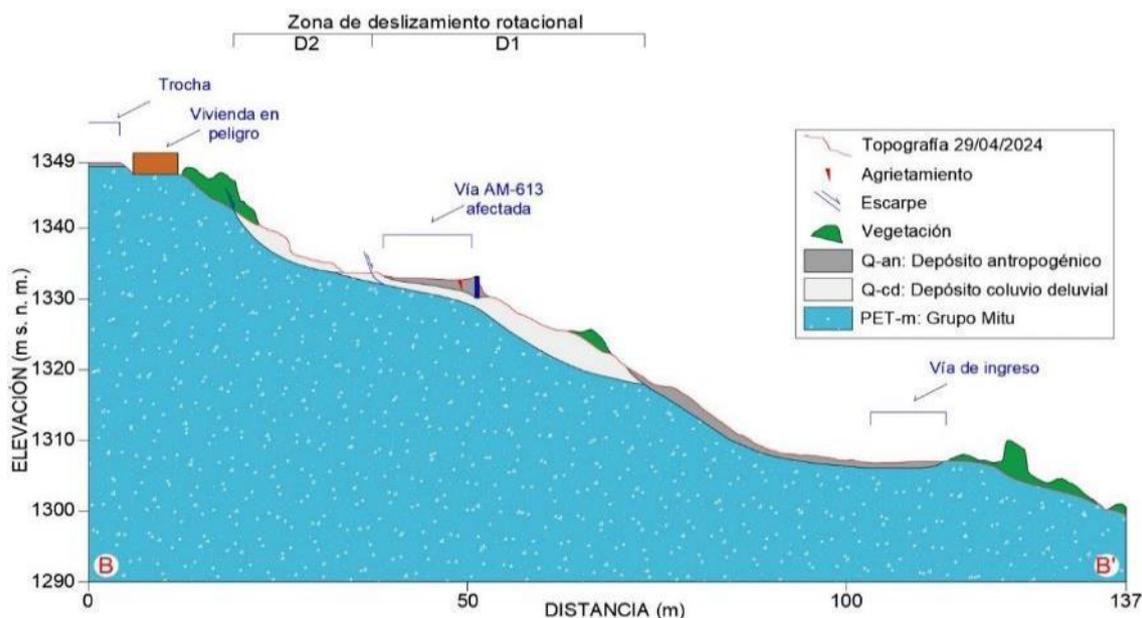


Figura 20. Se muestra la extensión horizontal del deslizamiento de 20 m y 9 m de desnivel; además se observa el terreno afectado en la parte superior.



Figura 13. Vista de deslizamiento, viviendas y vía afirmada afectada.

5.2.2. Características visuales y morfológicas

- Tipo de movimiento: Deslizamiento rotacional.
- Estado: Activo.
- Tipo de avance: Retrogresivo.
- Velocidad: lenta (algunos centímetros al mes).

Morfometría:

- Área: 272 m².
- Perímetro: 67 m.
- Diferencia de alturas corona y pie de deslizamiento: 9 m.
- Longitud corona a punta: 23 m.

Factores condicionantes

- Depósito coluvio-deluvial, compuesto por bloques (6%), gravas (8%), gránulos (10%), en una matriz limo arcillosa (66 %). Compuestos por fragmentos de roca son de forma angulosos a sub angulosos.
- Ausencia de drenajes pluviales en el terreno denudado, esto contribuye con la saturación del terreno y por ende de un aumento de peso de la masa inestable.
- Ladera de pendiente moderada (5° a 15°) a muy fuerte (28°), que conforman geofomas de montaña en roca sedimentaria (M-rs). Esto permite que el material saturado que se dispone sobre la ladera se desplace cuesta abajo.

Factores antrópicos

- Corte de ladera para construcción (corte de talud), disminuye la resistencia del talud de corte.
- Ausencia de drenajes adecuados, satura al terreno.

Factor detonante

- El deslizamiento se reactivó con las precipitaciones pluviales extremas y prolongadas.
- La ocurrencia de un sismo en el sector o zonas aledañas, como el reportado por el IGP, el 17/06/2024 21:22:10 a 105 km al N de Barranca, Datem del Marañón – Loreto, con magnitud 5.8, puede desestabilizar el deslizamiento, incrementando su tamaño y avance.

Daños ocasionados

- Un terreno afectado en un área de 45 m².

6. CONCLUSIONES

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

- a. Litológicamente el área evaluada está conformada por areniscas muy fracturadas, altamente meteorizada, color crema a rojizo, del Grupo Mitu, cubiertas por depósitos de origen coluvio-deluvial, conformado por gravas angulosas a sub angulosas y escasos bloques; en matriz limoarcillosa de plasticidad media.
- b. Geomorfológicamente la zona evaluada se ubica sobre montañas y colinas en roca sedimentarias con pendientes moderadas (5° a 15°) a terrenos muy escarpados ($>45^{\circ}$), vertiente con depósito de deslizamiento con pendiente muy fuerte (25° a 45°) a terreno muy escarpado ($> 45^{\circ}$) y depósito antrópico con pendiente suave (1° a 5°) a muy fuerte (15° a 25°).
- c. El deslizamiento D1, abarca un área de 2202 m^2 , su eje principal presenta una longitud 86 m, un ancho de 69 m y el desnivel entre la escarpa principal y el pie del deslizamiento es 15 m. El deslizamiento D2, abarca un área de 272 m^2 , su eje principal presenta una longitud de 23 m, un ancho de 14 m y el desnivel entre la escarpa principal y el pie del deslizamiento es 9 m.
- d. Los factores condicionantes son: a) Depósito coluvio-deluvial, compuesto por bloques (6%), gravas (8%), gránulos (10%), en una matriz limo arcillosa (66 %), que permiten la infiltración y retención del agua; b) modificación de la pendiente del terreno (cortes de talud en laderas), por movimiento de tierra; c) ausencia de drenaje pluvial, esto contribuye con la saturación del terreno, d) aumento de peso de la masa inestable por la saturación del terreno; e) laderas de pendiente moderada (5° a 15°) a terrenos muy escarpados ($>45^{\circ}$), que permite que el material inestable dispone sobre la ladera se desplace cuesta abajo.
- e. Los factores detonantes son las lluvias de intensidad fuerte y prolongadas, así como también pueden ser detonados por sismos (Ver catálogo de sismos del IGP).
- f. El deslizamiento afectó 8 viviendas y 67 m de la vía afirmada (calle Santa Lucía). Si el deslizamiento continúa, pueden ser afectadas la Institución Educativa N° 17787 y un coliseo.
- g. El barrio El Porvenir donde se presenta los deslizamientos activos y áreas aledañas en la parte baja, se considera de **Peligro Alto a Muy Alto**. El deslizamiento podría aumentar su dimensión y ocasionar daños severos en las viviendas y la vía afirmada.

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.

Deslizamiento D1

- a. Reasentar las viviendas afectadas.
- b. Implementar un sistema de drenaje, en las zonas de deslizamiento y alrededores, con el apoyo técnico de un especialista, con la finalidad de reducir la saturación del terreno.
- c. Implementar el monitoreo geodésico, con la instalación de puntos de control, a fin de determinar el tiempo del desplazamiento de la masa que se está deslizando. Esto para evaluar el potencial peligro sobre el área urbana, la Institución Educativa y el coliseo, ubicados en la parte baja.
- d. Elaborar un informe de evaluación de riesgos (EVAR). para determinar las medidas de control adecuadas a largo plazo.

Deslizamiento D2

- a. Reforestar el terreno ubicado sobre el deslizamiento, para evitar la afectación de 2 viviendas ubicadas en la parte alta.
- b. Implementar un sistema de drenaje, en las zonas de deslizamiento y alrededores, con el apoyo técnico de un especialista, con la finalidad de reducir la saturación del terreno.
- c. Prohibir la excavación del terreno, esto podría incrementar el avance del movimiento y afectar las viviendas ubicadas ladera arriba.
- d. Elaborar un informe de evaluación de riesgos (EVAR) para determinar las medidas de control adecuadas a largo plazo.

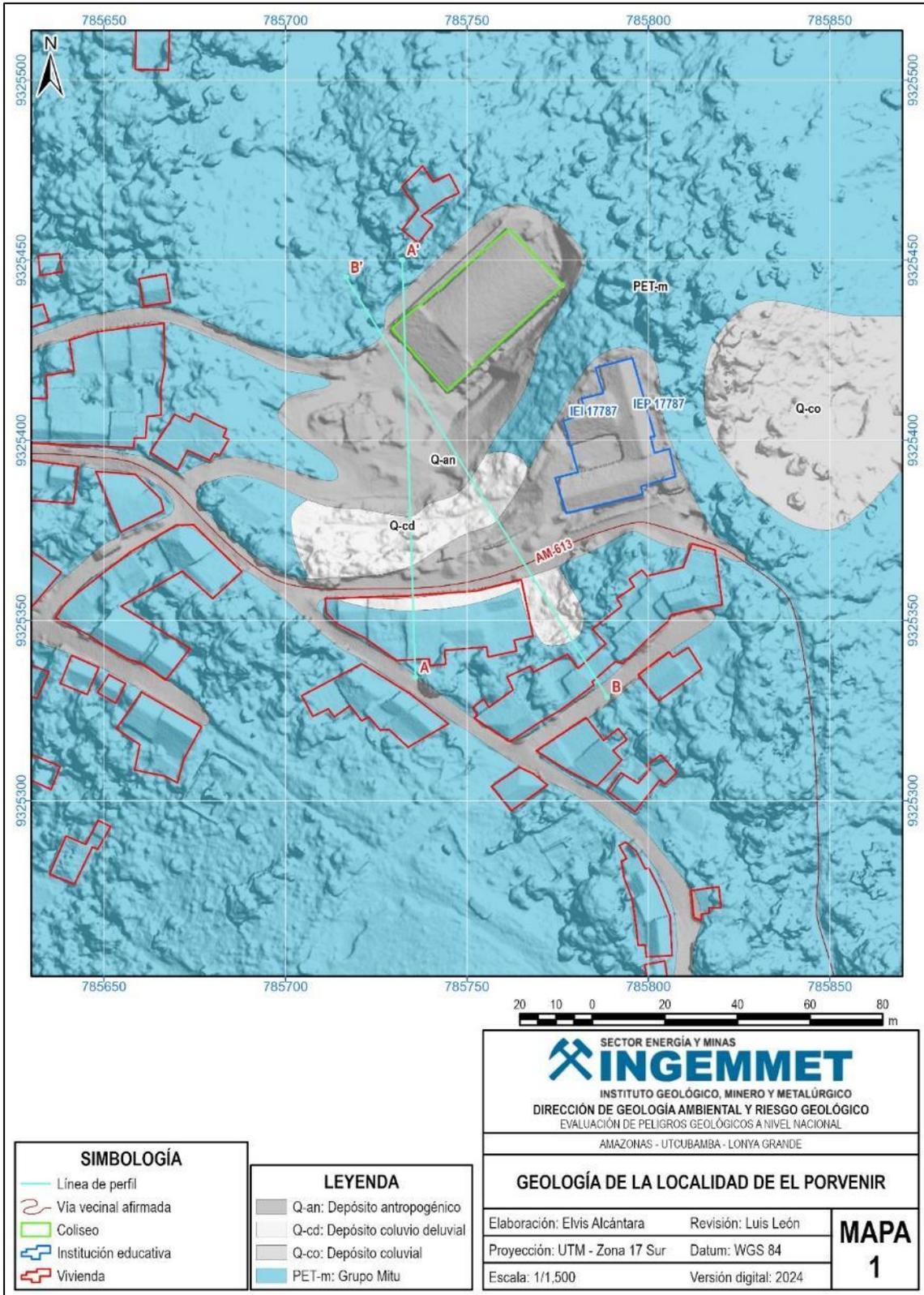

LUIS MIGUEL LEON ORDAZ
Ingeniero Geólogo
Reg. CIP. N° 215610

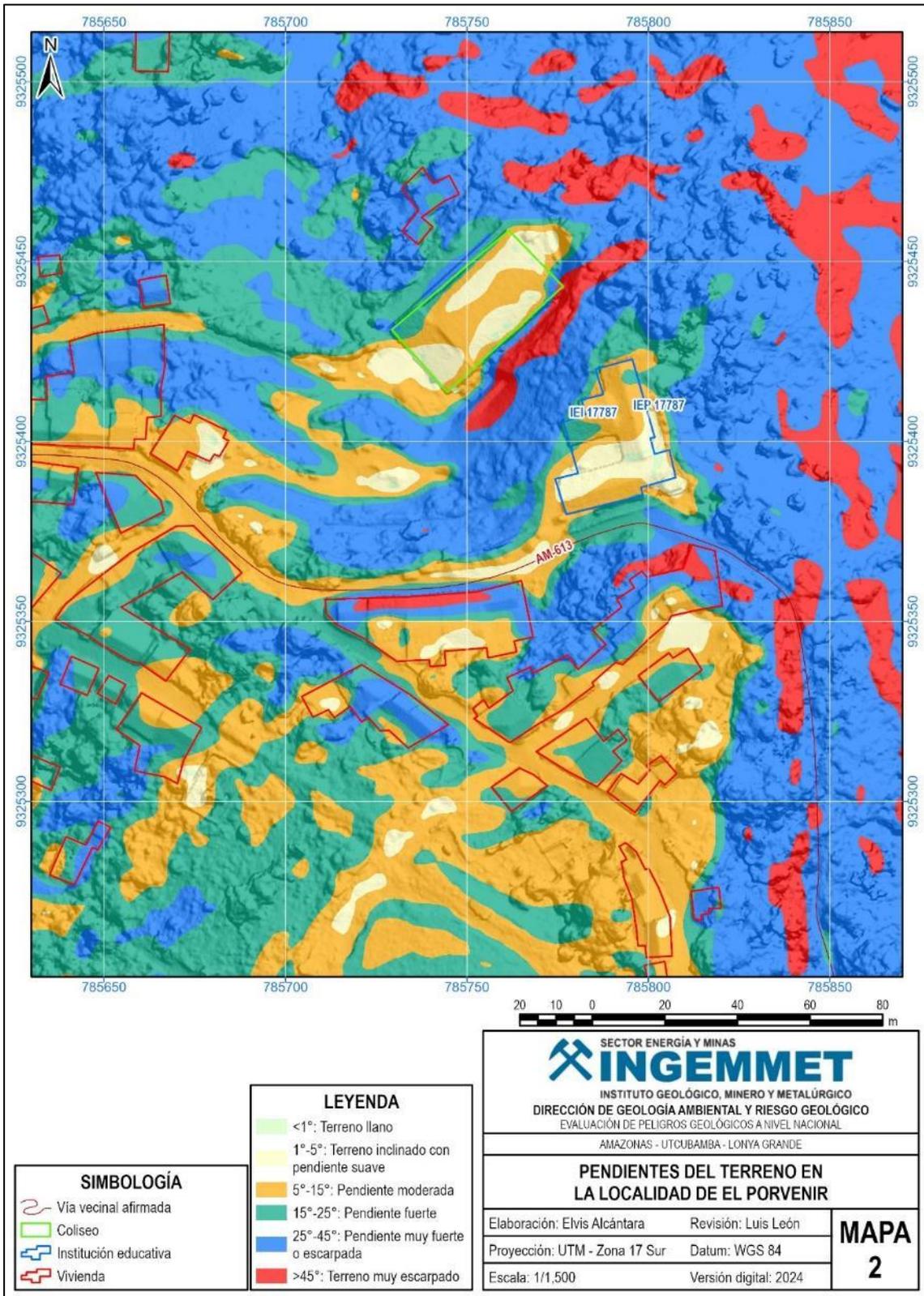

ING. JERSY MARIÑO SALAZAR
Director (e)
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico
INGEMMET

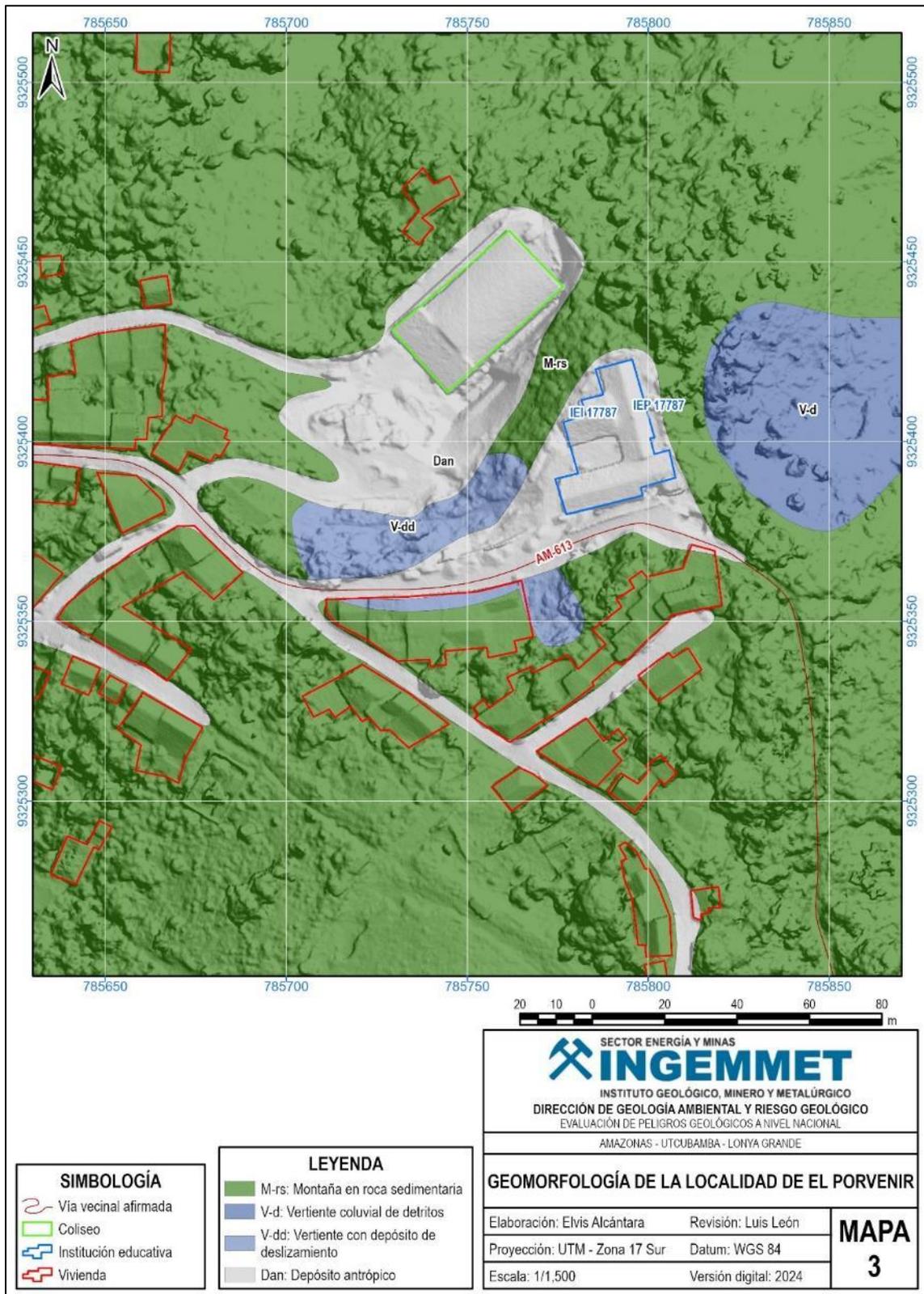
8. BIBLIOGRAFÍA

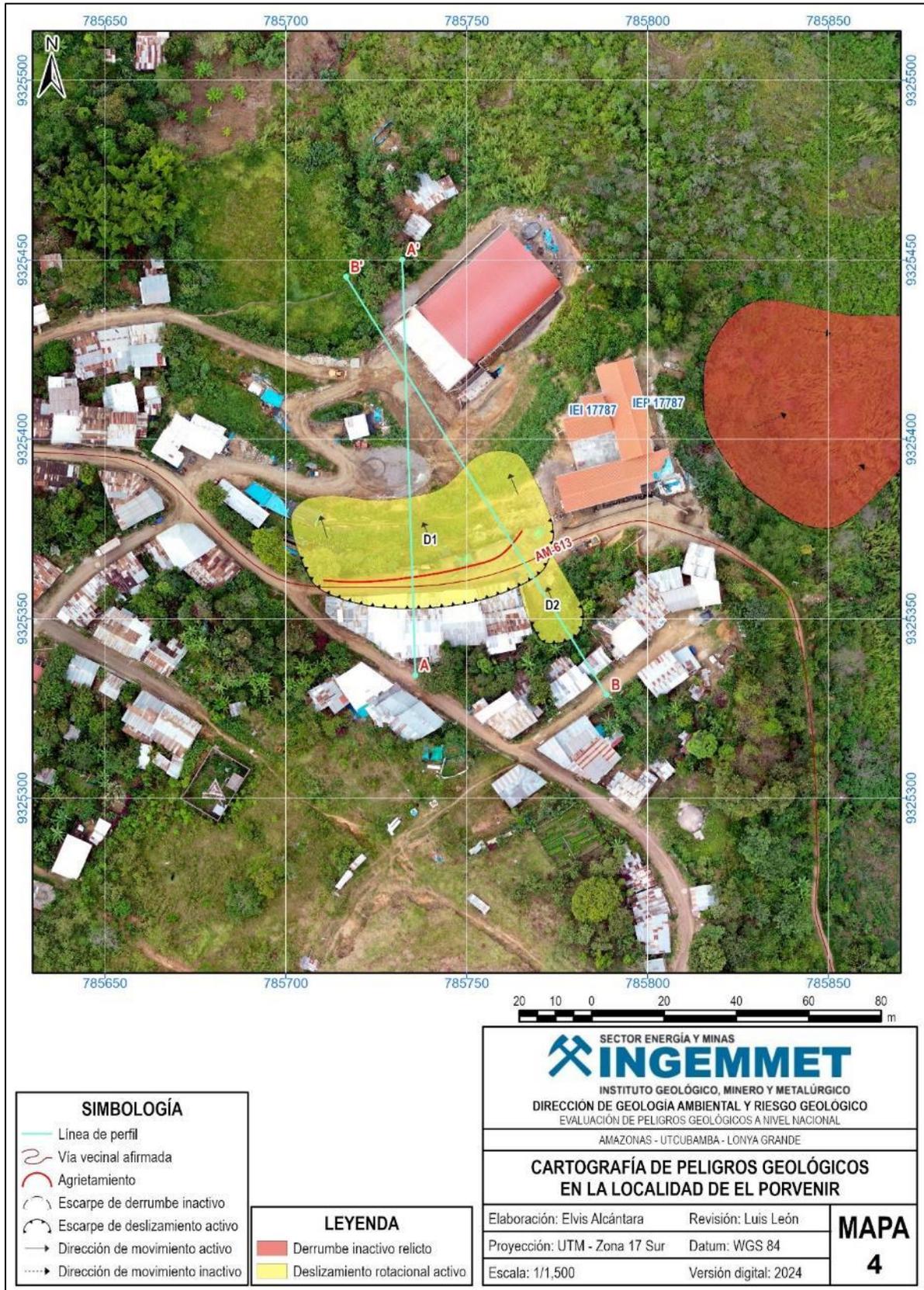
- Agapito Sánchez F. 1995, Geología de los cuadrángulos de Bagua Grande, Jumbilla, Lonya Grande, Chachapoyas, Rioja, Leimebamba y Bolivar. Hojas: 12-g, 12-h, 13-g, 13-h, 13-i, 14-h y 15-h, Boletín N° 56, Serie A: Ingemmet.
- INEI. (2018). *Directorio Nacional de Centros Poblados Censos Nacionales 2017*. Instituto Nacional de Estadística e Informática. https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1541/index.htm
- PMA. (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.
- Senamhi. (2020). *Climas del Perú - Mapa de Clasificación Climática Nacional*. <https://www.senamhi.gob.pe/?p=mapa-climatico-del-peru>
- Suárez Díaz, J. (1998). *Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales* (Ltda, Ed.; 1a ed.). Publicaciones UIS.
- Suárez Díaz, J. (2007). *Deslizamientos - Técnicas de Remediación* (1a ed.). Erosion.com.
- Villota, H. (2005). *Geomorfología Aplicada a Levantamientos Edafológicos y Zonificación Física de Tierras* (2a ed.). Instituto Geográfico Agustín Codazzi.
- Medina L. et al, (2009). *Riesgo Geológico en la Región Amazonas*. Ingemmet Boletín N° 39, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica.

ANEXO 1. MAPAS









SIMBOLOGÍA	
	Línea de perfil
	Vía vecinal afirmada
	Agrietamiento
	Escarpe de derrumbe inactivo
	Escarpe de deslizamiento activo
	Dirección de movimiento activo
	Dirección de movimiento inactivo

LEYENDA	
	Derrumbe inactivo relicto
	Deslizamiento rotacional activo

SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL AMAZONAS - UTCUBAMBA - LONYA GRANDE		
CARTOGRAFÍA DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN LA LOCALIDAD DE EL PORVENIR		
Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León	MAPA 4
Proyección: UTM - Zona 17 Sur	Datum: WGS 84	
Escala: 1/1,500	Versión digital: 2024	

ANEXO 2. MEDIDAS CORRECTIVAS

Para el deslizamiento D1

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 desestabilizantes 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). 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.

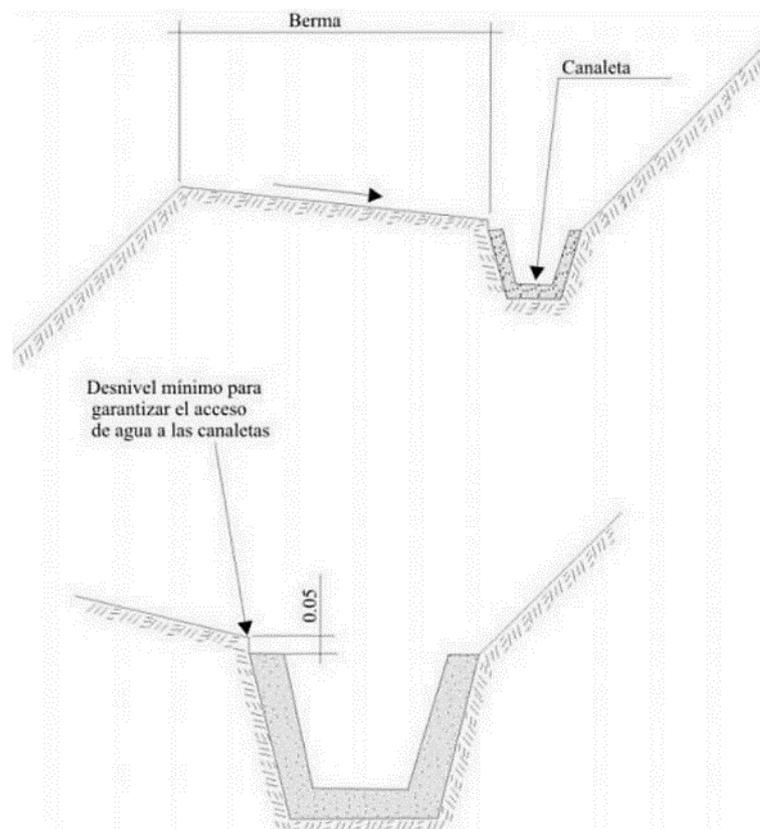


Figura 21. Detalle una canaleta de drenaje superficial (zanjas de coronación). Tomado de INGEMMET (2000).

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).

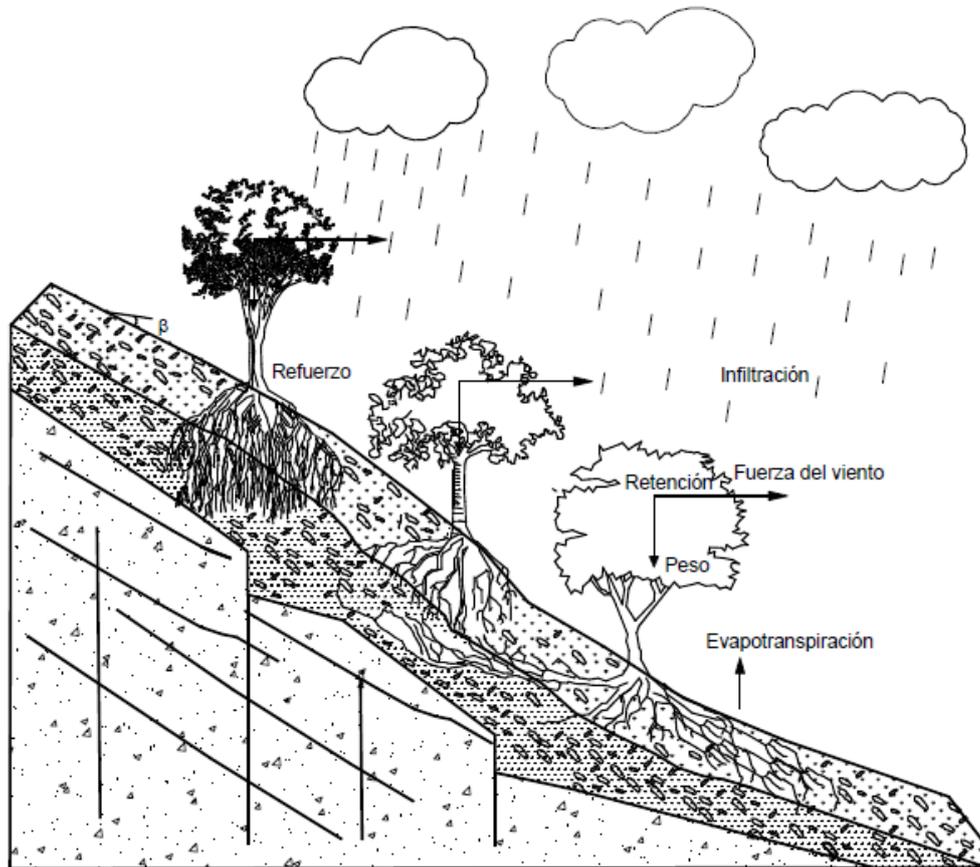


Figura 22. Estabilización de taludes utilizando vegetación. **Fuente:** Suarez, Díaz 2007.



Fotografía 4. Ejemplo de bioingeniería con arbusto (vetiver) en taludes de materiales sueltos.