PERÚ Ministerio de Energía y Minas

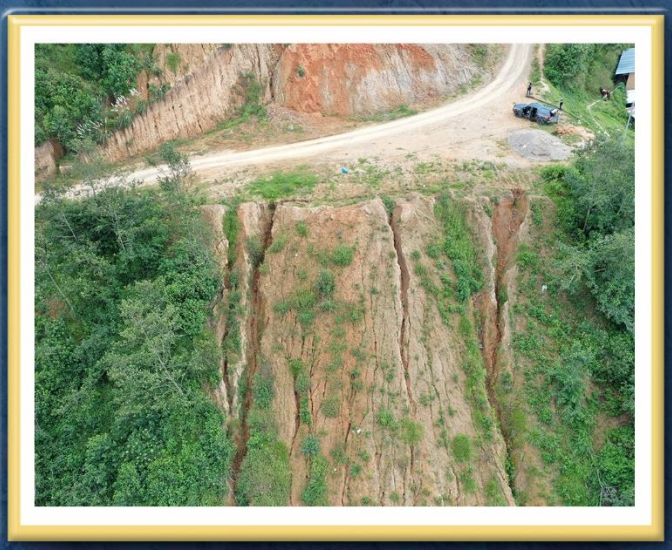
SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

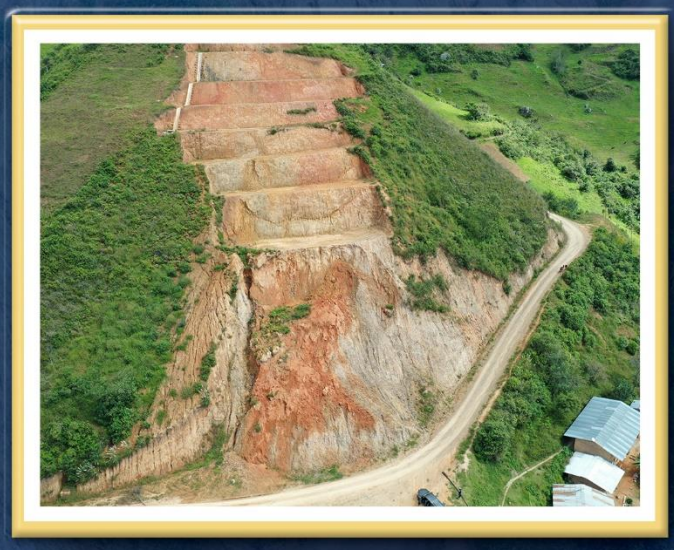
DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico Nº A7572

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR DESLIZAMIENTO Y EROSIÓN EN SURCOS EN LA LOCALIDAD ALTO AYABAMBA

Departamento: Cajamarca
Provincia: Chota
Distrito: Querocoto





DICIEMBRE
2024

VERSIÓN N° 002 CARÁTULA DE INFORME TÉCNICO - INGEMMET / 10.02.23

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR DESLIZAMIENTO Y EROSIÓN EN SURCOS EN LA LOCALIDAD ALTO AYABAMBA

Distrito Querocoto
Provincia Chota
Departamento Cajamarca

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

Equipo Técnico:

Luis Miguel León Ordáz
Elvis Rubén Alcántara Quispe

Referencia bibliográfica
León, L. (2024). Evaluación de peligros geológicos por deslizamiento y erosión en surcos en la localidad Alto Ayabamba, distrito Querocoto, provincia Chota, departamento Cajamarca. Lima: Ingemmet, Informe Técnico N° A7572, 36p.

ÍNDICE

Referencia bibliográfica **2**
ÍNDICE 3
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. Clima 7
2. DEFINICIONES **8**
3. ASPECTOS GEOLÓGICOS **11**
3.1. Unidades litoestratigráficas 11
3.1.1. Centro volcánico La Granja – Pe-graE4 11
3.1.2. Depósitos cuaternarios 12
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS **13**
4.1. Modelo digital de elevaciones (MDE) 13
4.2. Pendiente del terreno 14
4.3. Unidades y subunidades geomorfológicas 16
4.3.1. Unidades de carácter tectónico degradacional y erosional 16
4.3.2. Unidades de carácter depositacional y agradacional 16
5. PELIGROS GEOLÓGICOS **17**
5.1. Deslizamiento rotacional activo 18
5.2. Erosión en surco E1 22
5.3. Erosión en surco E2 25
7. RECOMENDACIONES **29**
7.1. Deslizamiento **29**
7.2. Erosión de ladera - E1 ..... **29**
7.3. Erosión de ladera – E2 ..... **29**
8. BIBLIOGRAFÍA **30**
ANEXO 1. MAPAS **31**
ANEXO 2. MEDIDAS CORRECTIVAS **35**

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 16)”. 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 la localidad de Alto Ayabamba, distrito Querocoto, provincia Chota, departamento Cajamarca.

En la zona evaluada afloran flujos piroclásticos color verdoso y pardusco, altamente meteorizados, muy fracturados, del Centro Volcánico La Granja (Pe-graE4), cubiertos por depósitos de coluvio-deluviales, conformados por gravas angulosas a sub angulosas y escasos bloques; en matriz arcillo limosa de plasticidad media. Geomorfológicamente, se ubica sobre un relieve montañoso en rocas en roca volcano sedimentarias, con laderas de pendiente moderada (5° a 15°) a sectores muy escarpados (>45°); también vertientes con depósitos de deslizamiento con pendiente muy fuerte o escarpada (25° a 45°), vertiente de detritos con pendiente muy fuerte o escarpada (25° a 45°) a terreno muy escarpado (>45°) y vertiente coluvio deluvial con pendiente muy fuerte o escarpada (25° a 45°).

Los peligros geológicos identificados corresponden a un deslizamiento rotacional y erosión en surcos. El deslizamiento abarca un área de 2016 m^2, con un eje principal de 33 m y ancho de 70 m. Si el deslizamiento continúa su desplazamiento podría afectar dos viviendas, un templo religioso y un tramo de 80 m de carretera.

Los factores que condicionan la ocurrencia del deslizamiento determinados a partir del presente informe son: i) características litológicas: depósito coluvio-deluvial, permite la infiltración y retención del agua; ii) cortes de talud en laderas, con la finalidad de construcción de carretera; iii) ausencia de drenajes adecuados en el terreno, contribuyendo con la saturación del terreno y por ende un aumento de peso de la masa inestable; iv) ladera de pendiente muy fuerte o escarpada (25° a 45°), donde material saturado se desplaza más fácilmente cuesta abajo. Los factores detonantes corresponden a las precipitaciones pluviales prolongadas e intensas en temporada de lluvia y la ocurrencia de sismos.

Las áreas con erosión en surco identificadas como E1 y E2, abarcan 3773 m^2 y 5260 m^2 respectivamente, ambas tienen en su eje principal una longitud de 77 m y 118m.

El proceso de erosión E1, afecta banquetas construidas con fines de estabilización de la ladera y un sistema de drenaje de concreto. El proceso de erosión E2, afecta 1.5 hectáreas de terrenos con cultivos y podría afectar un tramo de 33 m de carretera.

Los factores que condicionan la ocurrencia de procesos de erosión son: i) litología y naturaleza incompetente de materiales, compuesto por suelos sueltos de composición limo arcillosa de plasticidad media; ii) laderas de pendiente muy fuerte (25° a 45°), que conforman geoforma de vertiente coluvio deluvial; ii) en el proceso de erosión E1, falta de limpieza y mantenimiento en cunetas de concreto (en mal estado). Los factores

desencadenantes para la ocurrencia de los procesos de erosión E1 y E2 son, las lluvias intensas y prolongadas.

Por las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas, el deslizamiento y la erosión en surcos en la localidad Alto Ayabamba, se considera de peligro Alto. De continuar las mismas condiciones los movimientos en masas podrían aumentar su dimensión y ocasionar daños severos en dos viviendas, un templo religioso y un tramo de 100 m de la carretera 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 reubicación de dos viviendas y un templo religioso a una zona más segura, la construcción de zanjas de coronación, drenes impermeabilizados, realizar mantenimiento a cunetas de concreto, ubicadas sobre las banquetas y reforestación de 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. 16)", 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 Querocoto, según Oficio N° 16-2024-MDQ/A, es en el marco de nuestras competencias que se realiza la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa, en la localidad de Querocoto.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designó a los Ingenieros geológos Luis Miguel León Ordáz y Elvis Rubén Alcántara Quispe, para realizar la evaluación de peligros geológicos en la localidad de Ayabamba Alto; realizado el 01 de junio del 2024.

La evaluación técnica se realizó en tres etapas: i) Pre-campo con la recopilación y análisis de antecedentes e información geológica y geomorfológica del INGEMMET u otros autores; ii) 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; iii) Post-campo: etapa final de gabinete que interga 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.

El informe se pone a consideración de la Municipalidad Distrital de Querocoto, Oficina de Defensa Civil del Gobierno Regional de Cajamarca 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, proporciona 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 la localidad de Alto Ayabamba, distrito de Querocoto, provincia de Chota, Cajamarca.

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 recopiló la data consignada de informes y reportes previos que abarcan los aspectos geológicos y geodinámicos de la zona de estudio, los cuales se mencionan a continuación:

- Boletín N° 148, Serie A: Carta Geológica Nacional; Geología del cuadrángulo de Incahuasi. Hoja: 13-e (Escala 1: 50 000; Jaimes et al, 1995). En el cual el mapa del cuadrángulo de Incahuasi, registra afloramientos de depósitos de flujos piroclásticos de pómez y cenizas, del Centro Volcánico La Granja.

- Informe Técnico N° A5958, Inspección de Riesgo Geológico en el distrito de Querocoto; donde Dávila & Núñez (1999), concluyen que, los peligros geológicos que ocurren en la zona de estudio son deslizamientos y asentamientos superficiales locales. Señalan que estos procesos se deben a la saturación del suelo, como consecuencia de las intensas precipitaciones pluviales que han ocurrido en la zona durante la temporada critica del fenómeno de “El Niño” y las actuales lluvias torrenciales que ocurren en la zona y, comprometen la seguridad física de algunas viviendas y terrenos de cultivo.

- Boletín N° 44, Serie C, Riesgo Geológico en la Región Cajamarca. (Zavala & Rosado, 2011), mencionan la presencia de deslizamiento activo en el distrito de Querocoto, con agrietamientos de escarpa vertical, presenta saltos entre 1.50 y 1.80 m. Deslizamiento escalonado de longitudes entre 50-60 m en suelos residuales al extremo oeste de complejo de Querocoto, originado por intensas precipitaciones pluviales por el fenómeno de El Niño; en febrero de 1999 se reportó siete viviendas destruidas, veinte afectadas y daños en terrenos de cultivo.

1.3. Aspectos generales

1.3.1. Ubicación

El área de evaluación corresponde a la localidad Alto Ayabamba, distrito Querocoto, provincia Chota, Cajamarca (figura 1). En la tabla 1 se consigna las coordenadas UTM WGS 84 del sector; además la coordenada central referencial del evento identificado.

Tabla 1. Coordenadas de las áreas de estudio.

N°	UTM – WGS 84 - ZONA 17S		Coordenadas Decimales (°)	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	709645	9300685	-6.3232092	-79.1048580
2	709645	9300160	-6.3279558	-79.1048407
3	709160	9300160	-6.3279718	-79.1092234
4	709160	9300685	-6.3232251	-79.1092407
Coordenada central				
CC	709380	9300405	-6.3257435	-79.1072369

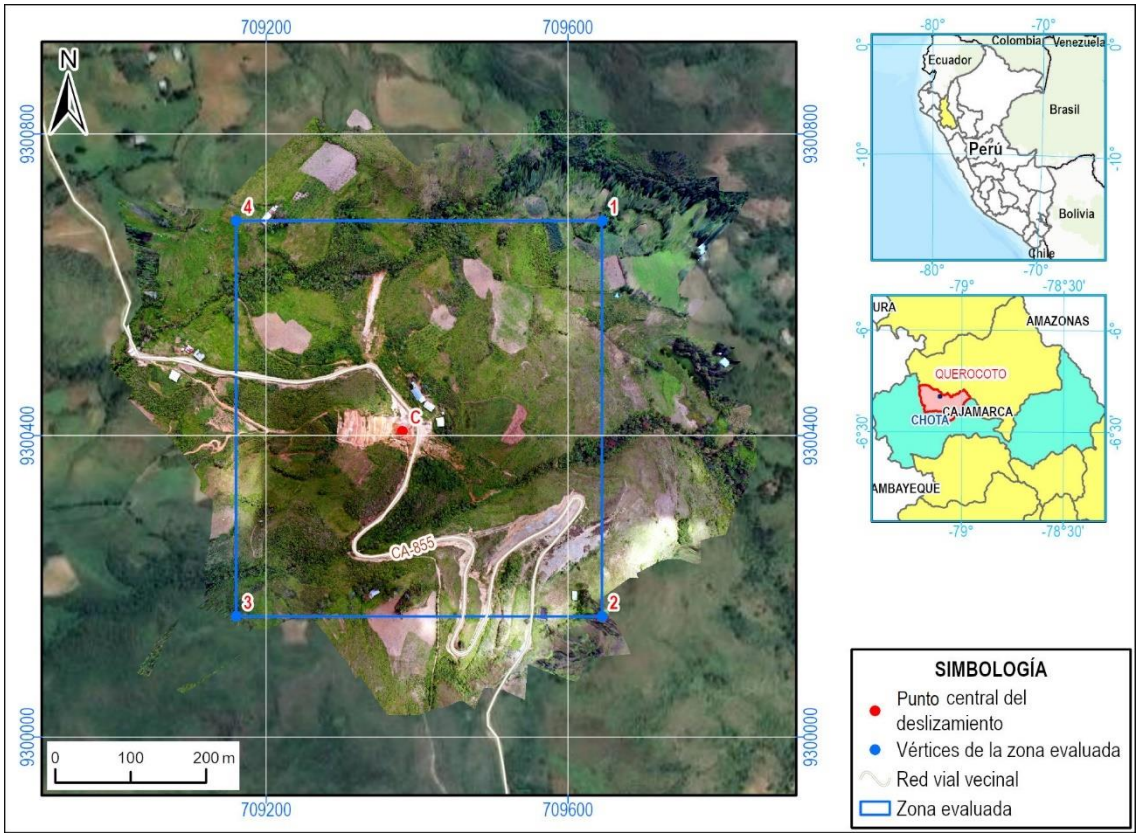


Figura 1. Ubicación del área evaluada.

1.3.2. Accesibilidad

El acceso se realiza por vía terrestre desde la ciudad de Cajamarca, hasta la ciudad de Chota, posteriormente a la localidad de Alto Ayabamba; se estima la distancia y tiempos de arribo (tabla 2):

Tabla 2. Rutas y acceso a la zona evaluada.

Ruta	Tipo de Vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Cajamarca – Chota	Asfaltada – Afirmada	144.1	3 horas 26 minutos
Chota – Querocoto – Alto Ayabamba	Asfaltada – Afirmada	90.3	2 horas 50 minutos

1.3.3. Clima

Según el método de Clasificación Climática de Warren Thornthwaite - (Senamhi, 2020), la zona de estudio posee dos tipos de clima:

Lluvioso con humedad abundante todas las estaciones del año. Templado. B (r) B'.

Clima lluvioso, templado y muy húmedo durante todo el año. Ocupa 9% del territorio nacional y se encuentra en el flanco oriental de la cordillera de los Andes.

El tiempo de esta región está determinada por el Anticiclón del Atlántico Sur, la Baja Amazónica. Jet de bajos niveles al este de los Andes, por la zona de Convergencia intertropical (en el norte del país) y la Zona de convergencia del Atlántico Sur. En invierno, los friajes afectan indirectamente a esta región principalmente con precipitaciones, las cuales pueden llegar a ser intensas.

En esta región el promedio anual de temperaturas máximas oscila entre 25°C a 29°C; a su vez las temperaturas mínimas de 11°C a 17°C. El acumulado de lluvia anual en esta zona pueden variar desde los 1200 mm hasta los 3000 mm aproximadamente.

Semiseco con humedad abundante todas las estaciones del año. Templado. C (r) B'.

Clima semiseco, templado y húmedo durante todo el año, característico entre otros departamentos como Cajamarca.

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[1] 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, en promedio durante el año, 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).

[1] Depresión Aislada en Niveles Altos. Fenómeno meteorológico en forma de masa de aire que se desprende por completo de una corriente muy fría y que desciende sobre otra de aire caliente, produciendo grandes perturbaciones atmosféricas acompañadas de precipitación muy intensa.

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 depósitos locales que se acumulan en una ladera, conformados por materiales que fueron transportados como resultado de la remoción de aguas pluviales. Generalmente no son canalizados.

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.

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

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. Se trata de rocas sedimentarias, volcánicas y volcánico-sedimentarias.

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.

Ladera: Superficie natural inclinada de un terreno.

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

Reptación de suelos: Movimiento lento del terreno en donde no se distingue una superficie de falla. La reptación puede ser de tipo estacional, cuando se asocia a cambios climáticos o de humedad del terreno, y verdadera cuando hay un desplazamiento relativamente continúo en el tiempo.

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. ASPECTOS GEOLÓGICOS

La descripción geológica se desarrolló en base a la información del Boletín N° 148, Serie A: Carta Geológica Nacional; Geología del cuadrángulo Incahuasi. Hoja: 13-e, a escala 1:50 000 (Jaimes et al., 2013). Así mismo, consideró información complementada y validada con trabajo 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 la descripción de las principales formaciones geológicas que afloran en las localidades de evaluación y alrededoresy depósitos superficiales.

3.1. Unidades litoestratigráficas

Comprenden unidades volcánicas y sedimentarias; así como depósitos cuaternarios inconsolidados o no consolidados, producto de movimientos en masa.

3.1.1. Centro volcánico La Granja – Pe-graE4

Conjunto de depósitos de flujos piroclásticos de pómez y cenizas color blanquecino con líticos, cristales de cuarzo y biotita, los clastos de pómez tienen un color rosado y aspecto fibroso; este mismo evento presenta secuencias de flujos piroclásticos color verdoso y pardusco que presentan líticos angulosos bien soldados en matriz muy compactada, (Jaimes et al., 2013).

En el sector evaluado el macizo está conformado de flujos piroclásticos color verdoso y pardusco, altamente meteorizados, muy fracturados (fotografía 1).

Fotografía 1. Flujos piroclásticos color verdoso y pardusco, altamente meteorizados, muy fracturados, coordenadas UTM WGS84 17M. 717488, 9296420.

3.1.2. Depósitos cuaternarios

En la zona de estudio se expone depósitos cuaternarios diferenciados de acuerdo a su composición, origen y tiempo de depositación en:

Depósito coluvio-deluvial (Q-cd)

Conformado principalmente por depósitos de deslizamientos antiguos, compuestos por una mezcla heterogénea de materiales sueltos, como bloques angulosos, gravas, arenas y suelos finos (matriz limo arcillosa). Movilizados por efecto combinado de gravedad y arrastre superficial, provocado por el agua, durante eventos de precipitaciones intensas y prolongadas.

En el sector evaluado están conformados por gravas angulosas a sub angulosas y escasos bloques; en una matriz arcillo limosa de plasticidad media, (tabla 3, fotografía 2); su grosor es variable.

Tabla 3. DESCRIPCIÓN DE FORMACIONES SUPERFICIALES

TIPO DE FROMACIÓN SUPERFICIAL			
	Eluvial		Lacustre
X	Deluvial		Marino
X	Coluvial		Eólico
	Aluvial		Orgánico
	Fluvial		Artificial
	Proluvial		Litoral
	Glaciar		Fluvio Glaciar

GRANULOMETRÍA (%)	
1	Bolos
2	Cantos
17	Gravas
25	Gránulos
6	Arenas
21	Limos
28	Arcillas

FORMA	
X	Esférica
	Discoidal
	Laminar
	Cilíndrica

REDONDEZ	
	Redondeado
	Sub redondeado
X	Anguloso
	Sub anguloso

	PLASTICIDAD
	Alta
X	Media
	Baja
	No plástico

	ESTRUCTURA
X	Masiva
	Estratificada
	Lenticular

	TEXTURA
X	Harinoso
	Arenoso
	Áspero

	LITOLOGÍA
	Intrusivos
X	Volcánicos
	Metamórficos
	Sedimentarios

COMPACIDAD	
SUELOS FINOS	
Limos y arcillas	
X	Blanda
	Compacta
	Dura

Fotografía 2. Depósito coluvio -deluvial, en la localidad Alto Ayabamba. Coordenadas UTM WGS84 17M. 709384, 9300357.

4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

Además de la cartografía regional de geomorfología, a escala 1:250 000 del boletín de riesgos geológicos de la región Cajamarca, se utilizó imágenes y modelos digitales de elevación detallados obtenidos de levantamientos fotogramétricos con dron, desarrollados en junio del 2024; información que permitió evaluar el relieve, pendientes y demás características; con el fin de describir las subunidades a detalle (escala 1:3000).

4.1. Modelo digital de elevaciones (MDE)

La zona evaluada presenta altitudes que van desde los 2158 hasta los 2392 m s.n.m., en los cuales de distinguen diez 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 2250 m a 2375 m, con terreno de

pendiente muy fuerte (25° a 45°), correspondiendo a la geoforma montaña en roca volcano sedimentaria y vertiente coluvio deluvial.

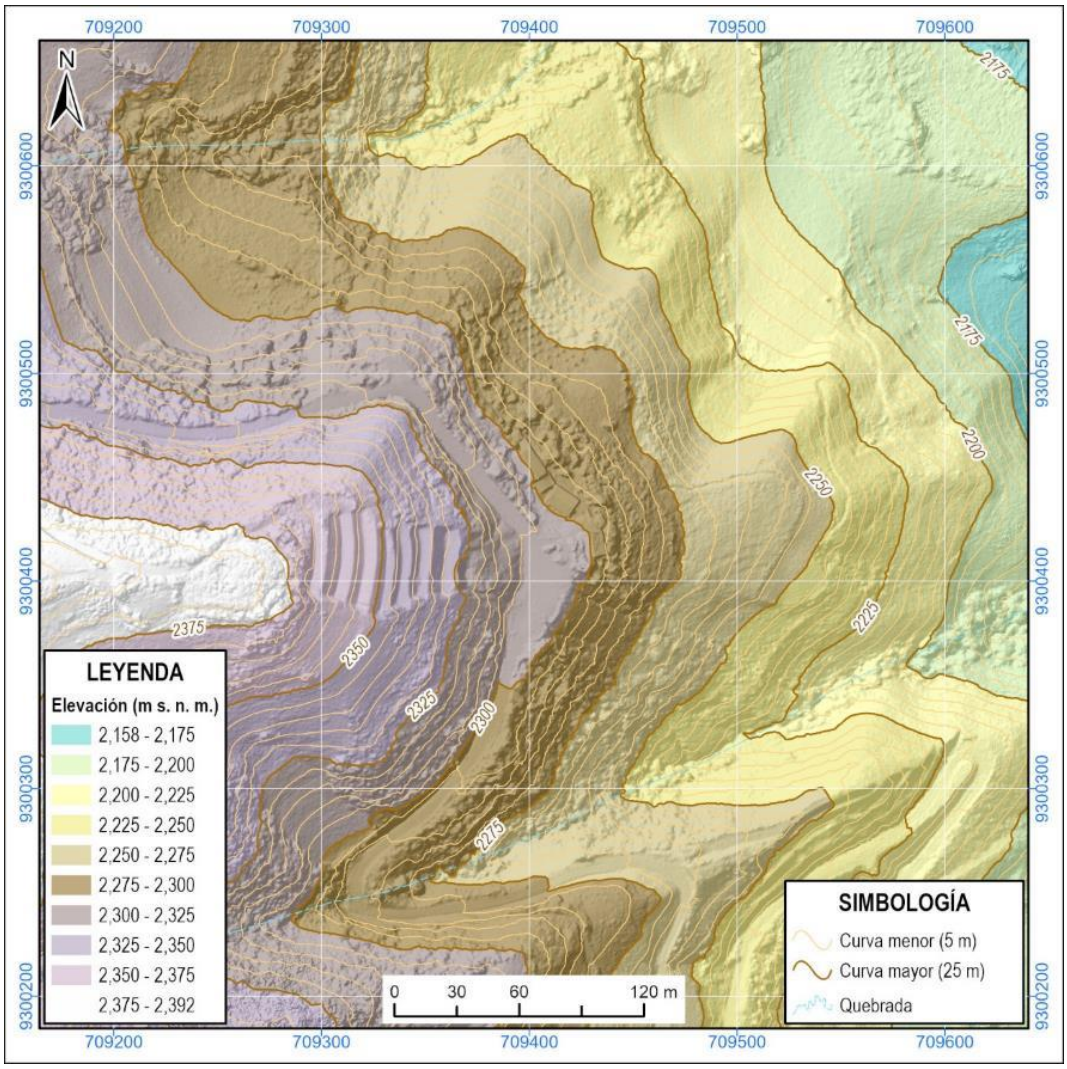


Figura 2. Modelo digital de elevaciones de la zona evaluada.

4.2. Pendiente del terreno

En la localidad Alto Ayabamba, los movimientos en masa (deslizamientos, erosión de laderas y derrumbes), se vienen generando en terrenos con pendiente fuerte (15° a 25°) a terrenos de pendiente muy fuerte o escarpada (25° a 45°), (figura 3 y 4, mapa 2).

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 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.

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.

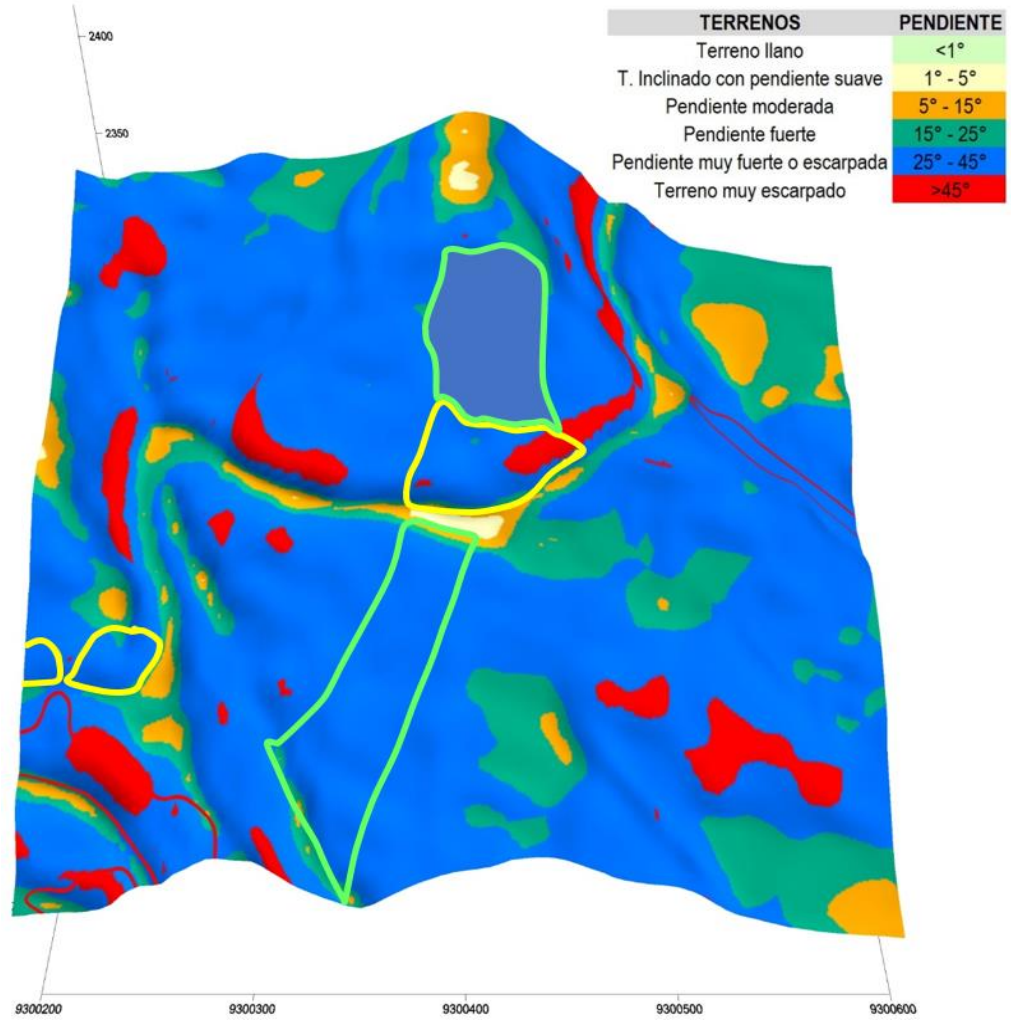


Figura 3. Modelo 3D de las pendientes en la localidad Alto Ayabamba; los deslizamientos están delimitados con líneas amarillas, los procesos de erosión de ladera con líneas verdes y derrumbes con líneas rojas.

Figura 4. Laderas con pendiente fuerte y escalonada, ubicado en la parte alta del sector evaluado.

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, vertientes y montañas (figura 5).

De acuerdo a su origen, se distingue geoformas tanto de carácter tectónico degradacional y erosional (montaña en rocas volcano sedimentaria), como de carácter deposicional y agradacional (vertiente con depósito de deslizamiento); las geoformas se mestran en el mapa 3.

4.3.1. Unidades de carácter tectónico degradacional y erosional

Unidad de Montaña

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).

Subunidad de montaña en roca volcánico-sedimentaria (RM-rvs)

Dentro de esta subunidad se consideran a los relieves de montañas modeladas en litología rocas volcánico sedimentarias. Presentan crestas altas e irregulares, con pendientes que pueden superar los 25º, con relieve ondulado y suave, debido a la alta susceptibilidad a erosión y meteorización de las rocas. Esta subunidad se ubica ocupando gran parte del sector evaluado.

4.3.2. Unidades de carácter depositacional 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 con depósito de deslizamiento (V-dd)

En el sector evaluado, está geoforma es el resultado de la acumulación de materiales movilizados debido al deslizamiento, donde los materiales en remoción no han sido transportados muy lejos y, muchas veces, conservan la morfología original.

Subunidad de vertiente coluvio deluvial (V-cd)

Conformada por la acumulación intercalada de materiales de origen coluvial y deluvial, se encuentran interestratificados y no es posible separarlas como unidades individuales. Esta unidad se encuentra depositada al pie de las laderas de montañas o acantilados (Vílchez et al., 2019).

Subunidad de vertiente coluvial de detritos (V-d)

Corresponde a geoformas formadas por las acumulaciones sucesivas del material detrítico en ladera a causa de la gravedad. Se ubica al norte del sector evaluado.

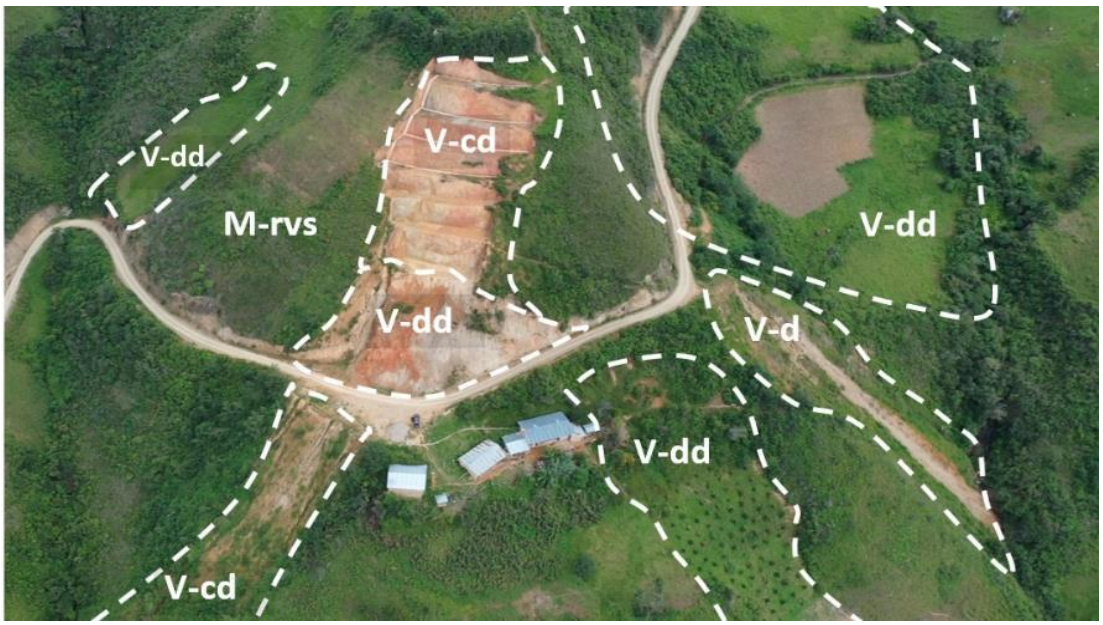


Figura 5. En la localidad Alto Ayabamba, tenemos las siguientes subunidades: montaña en rocas volcano sedimentarias (M-rvs), vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd), vertiente coluvial de detritos (V-d) y vertiente coluvio deluvia (V-dd).

5. PELIGROS GEOLÓGICOS

Los peligros geológicos identificados en la localidad Alto Ayabamba (figura 6), corresponden a un deslizamiento rotacional activo y dos áreas afectadas por la erosión en surco.

Estos movimientos en masa, tienen como causas o condicionantes factores intrínsecos, como son, la morfología de la zona, la pendiente, el tipo de roca, el tipo de suelo, el drenaje superficial y la cobertura vegetal. Se tiene como “detonantes” de estos eventos las precipitaciones pluviales periódicas y extraordinarias que caen en la zona, así como la sismicidad.

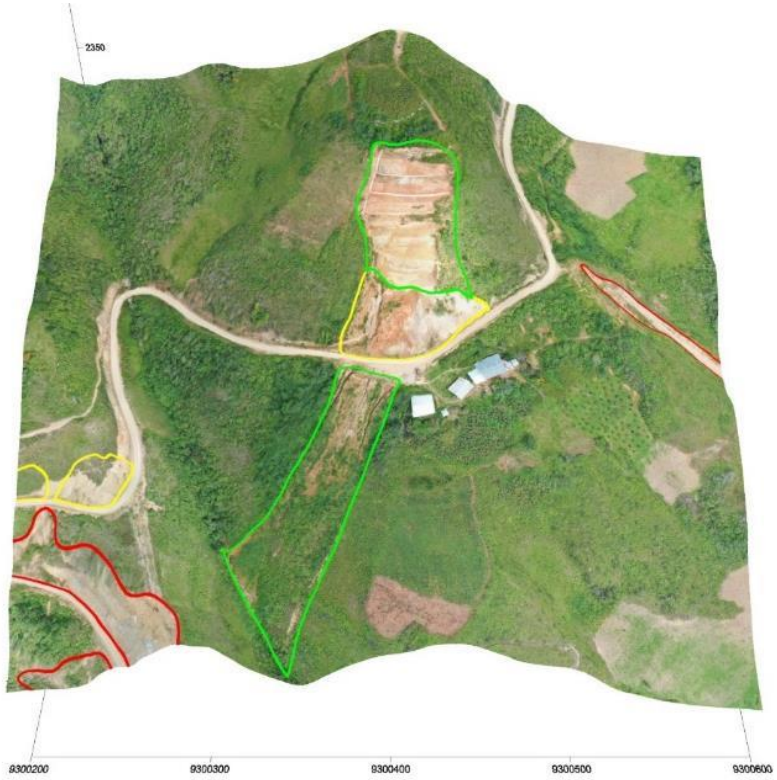


Figura 6. Modelo 3D del sector evaluado en la localidad Alto Ayabamba, los deslizamientos están delimitado en línea amarilla, el proceso de erosión de laderas con líneas verdes y derrumbes encontrados en su entorno con líneas rojas.

5.1. Deslizamiento rotacional activo

El movimiento se desencadenó como resultado de la ocurrencia de lluvias intensas y prolongadas, durante los meses de febrero y marzo en el año 2021. Al noroeste (parte baja del movimiento), se ubican dos viviendas y un templo religioso expuestos al deslizamiento (figura 7). Tiene un área de 2016 m^2, en un perímetro de 204 m, resalta una escarpa principal de 74 m de longitud y un salto vertical de 2 m a 4.5 m.

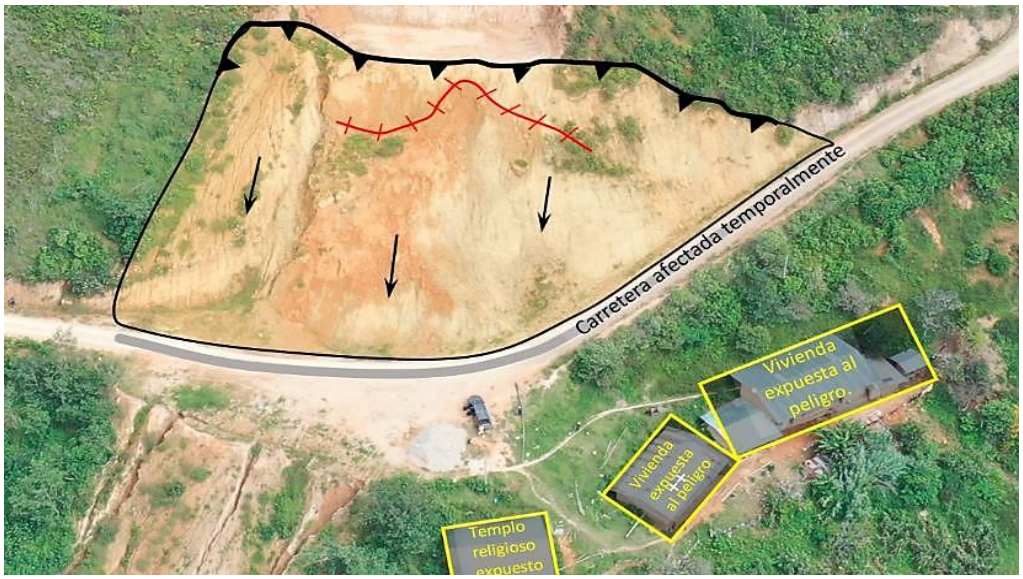


Figura 7. Localidad Alto Ayabamba, se observa el deslizamiento rotacional activo (línea negra), con agrietamientos (línea roja) y viviendas expuestas al peligro.

En la figura 8, se muestra la extensión horizontal del deslizamiento rotacional activo de 33 m de longitud y 20 m de desnivel; además se observa el templo expuesto al peligro y, en la parte inferior la vía afectada CA-855.

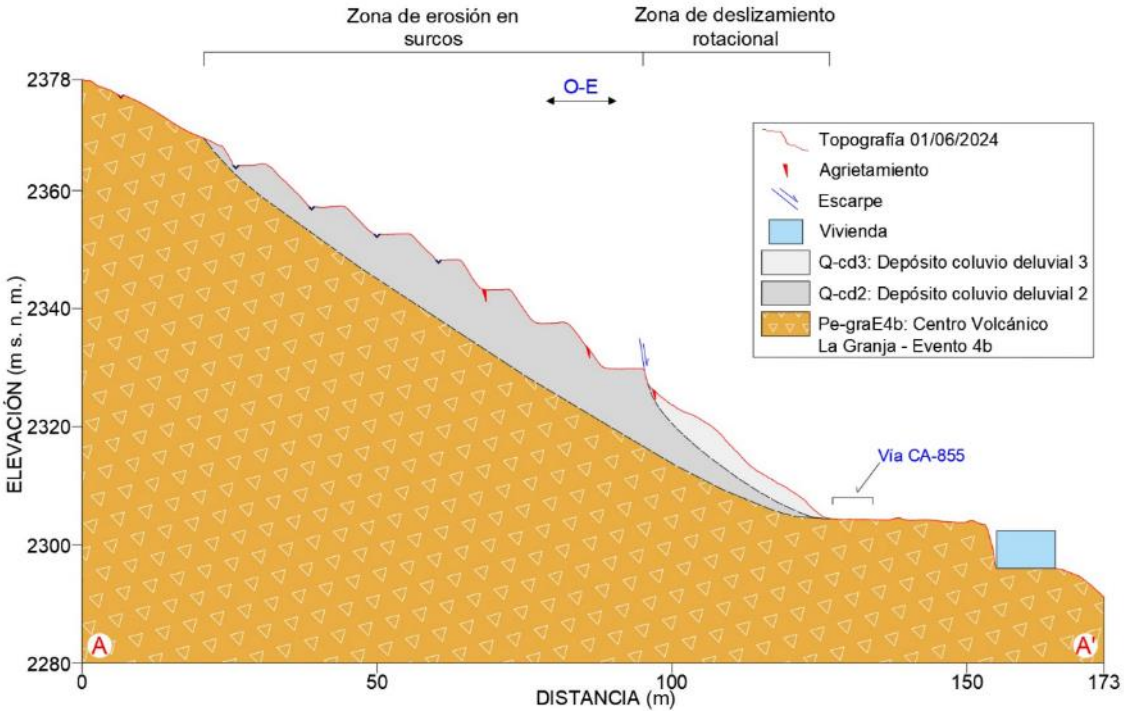


Figura 8. Perfil longitudinal A-A' donde se aprecia la distribución de los materiales geológicos del deslizamiento en la localidad Alto Ayabamba.

5.1.1. Características visuales y morfométricas

- Tipo de movimiento: Deslizamiento rotacional.
- Estado: Activo.
- Velocidad: Moderada (varios centímetros al año, según comentario de los pobladores).
- Tipo de avance: Retrogresivo.

Morfometría:

- Área: 2016 m^2.
- Perímetro: 204 m.
- Salto vertical de la escarpa principal: 2 m a 4.5 m. (figura 9).
- Longitud del escarpe: 74 m.
- Diferencia de alturas corona y pie de deslizamiento: 20 m.
- Longitud corona a punta: 33 m.

Factores condicionantes

- Depósito coluvio-deluvial, compuesto por bloques (3%), gravas (17%), gránulos (25%), en una matriz arcillo limosa (55 %). La composición del material inconsolidado, permite la infiltración y retención del agua.

- Modificación del terreno (cortes de talud en laderas), por movimiento de tierra en el sector evaluado, con la finalidad de construcción de carretera.
- Ausencia de drenajes adecuados en el terreno, esto contribuye con la saturación del terreno y por ende un aumento de peso de la masa inestable.
- Ladera de pendiente muy fuerte (25° a 45°), que conforman geoformas de vertiente con depósito de deslizamiento (V-cdd), permite que el material saturado que se dispone sobre la ladera se desplace cuesta abajo.

Factor detonante o desencadenante

- Precipitaciones pluviales de intensidad fuerte y tiempo prolongado, durante los meses de febrero y marzo del 2021
- Los movimientos sísmicos.

Daños ocasionados y probables

- Dos (02) viviendas y un templo religioso expuestos al peligro (fotografías 3 y 4).
- Tramo de Carretera Querocoto – Alto Ayabamba (fotografía 5)

La parte baja del deslizamiento presenta un corte del talud para la construcción de la carretera, mientras que en la parte posterior a los movimientos (deslizamiento y erosión de laderas), los terrenos son ocupados por cultivos agrícolas, con riego por inundación, sin un sistema de drenaje adecuado. Esto permite una infiltración directa del agua de escorrentía, aumentando el peso de los terrenos y por ende la generación de movimientos en masa (figura 7).

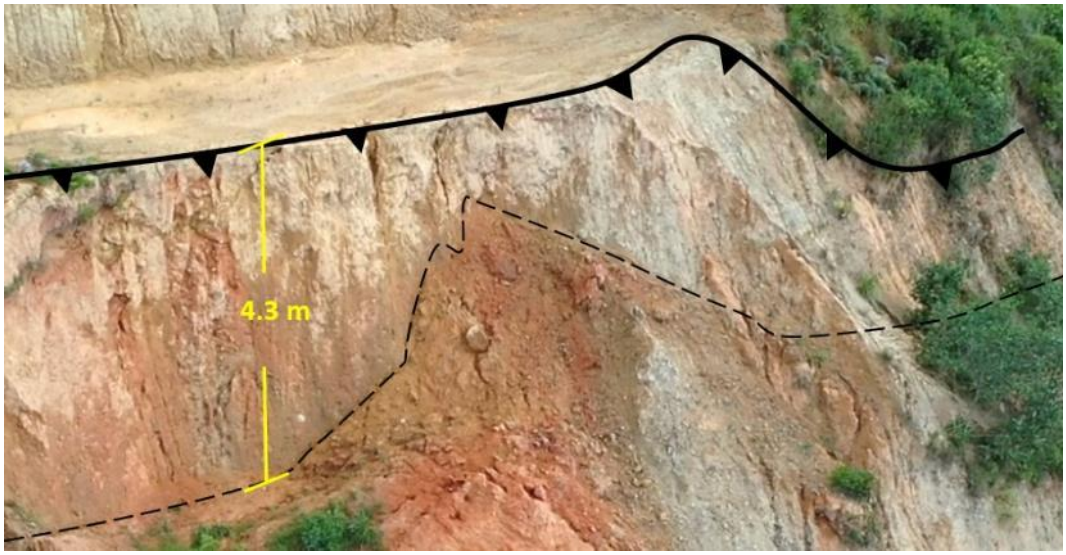


Figura 9. Acercamiento del deslizamiento donde se muestra el salto vertical o escarpe del deslizamiento activo.

Fotografía 3. Viviendas expuestas al peligro por deslizamiento.

Fotografía 4. Templo religioso expuesto a peligro por deslizamiento

Fotografía 5. Tramo de carretera (100 m), afectada temporalmente por el deslizamiento.

5.2. Erosión en surco E1

En el talud superior del deslizamiento, se presenta una erosión en surcos (E1), afectando un área acondicionada con banquetas y un sistema de drenaje. Esto ha sido implementado para evitar, que el agua de escorrentía ingrese al cuerpo del deslizamiento en temporada de lluvia, sature el terreno y acelere el movimiento (figura 10 y fotografía 6).

Debido a la baja resistencia de los suelos superficiales, la superficie escalonada y la pendiente fuerte a muy fuerte de la ladera (15° a 45°), los terrenos en lugar son susceptibles a erosión en surcos.

Figura 10. El proceso de erosión en surcos (E1), ubicado en el talud superior del deslizamiento activo.

Fotografía 6. Implementación de banquetas y sistema de drenaje por canales de derivación de aguas pluviales revestidas de concreto.

A una distancia de 10 m, en la parte superior de las banquetas, el canal de coronación de concreto construido (figura 11), se encuentra colmatado, por falta de limpieza y mantenimiento.

Figura 11. Canal de coronación colmatado, necesita mantenimiento permanente. Coordenadas UTM WGS84 17M. 709280, 9300411.

5.2.1. Características visuales y morfométricas

- Tipo de movimiento: Erosión de ladera en surcos.
- Estado: Activo.
- Estilo: Múltiple.
- Velocidad: Moderada.

Morfometría:

- Área: 3773 m^2.
- Perímetro: 246 m.
- Profundidad de los surcos: 0.1 a 0.2 m.
- Longitud de los surcos: 1 a 2 m.

Factores condicionantes

- Litología y naturaleza incompetente de materiales, suelos sueltos compuestos por gravas, limos y arcillas, con el cual se construyeron las banquetas.
- Laderas de pendiente fuerte a muy fuerte (15° a 45°), que conforman una vertiente coluvio deluvial.

Factores antrópicos

- Deforestación realizada para banqueteo en ladera o talud superior de la carretera.
- Superficie escalonada, con cambio brusco de dependiente.

- Falta de limpieza y mantenimiento en cunetas de concreto (en mal estado).

Factor detonante

- Precipitaciones pluviales cortas de fuerte intensidad fuerte y/o de menor intensidad, pero prolongadas, durante temporada de lluvia.

Daños ocasionados y probables

- Banquetas para estabilizar el talud superior de la carretera, afectadas (figura 12).
- El deterioro del sistema de drenaje, permite el ingreso de agua de escorrentía en el cuerpo del deslizamiento, saturando el terreno e incrementando la velocidad del movimiento (fotografía 7).

Figura 13. Banquetas construidas con suelos sueltos, afectadas por la erosión.

Fotografía 7. Sistema de drenaje en mal estado (canales de concreto colmatados).

5.3. Erosión en surco E2

Ocurre en el talud inferior de la carretera, el área está ocupada por arbustos y vegetación nativa.

Los terrenos susceptibles a erosión en surcos presentan muy fuerte pendiente (25° a 45°).

5.3.1. Características visuales y morfométricas

- Tipo de movimiento: Erosión de ladera en surcos.
- Estado: Activo.
- Estilo: Múltiple.
- Velocidad: Moderada.

Morfometría:

- Área: 5260 m^2.
- Perímetro: 356 m.
- Profundidad de los surcos: 0.1 a 0.8 m.
- Longitud de los surcos: 5 a 50 m.

Factores condicionantes

- Litología y naturaleza incompetente de materiales, compuesto por suelos sueltos de composición limo arcillosa de plasticidad media.
- Laderas de pendiente muy fuerte (25° a 45°), que conforman geoforma de vertiente coluvio deluvial.

Factor detonante

- Precipitaciones pluviales de intensidad fuerte y prolongada, durante temporada de lluvia.

Daños ocasionados y probables

- Probable afectación de la carretera en un tramo de 35 m (fotografía 8).
- 1.5 hectáreas de terrenos con cultivos afectadas.

Fotografía 8. Carretera afirmada puede ser afectada por proceso de erosión en surcos ubicado a 12 m de distancia.

Figura 14. Afectación de 1.5 hectáreas de cultivos por proceso de erosión en sucos.

6. CONCLUSIONES

En base al análisis de información geológica, geomorfológica de la localidad Alto Ayabamba, 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 de flujos piroclásticos de color verdoso y pardusco, altamente meteorizados, muy fracturados, del Centro Volcánico La Granja, además presenta depósitos coluvio-deluviales, conformado por gravas angulosas a sub angulosas y escasos bloques; en matriz arcillo limosa de plasticidad media.

b. Geomorfológicamente la zona evaluada, se ubica sobre montañas en roca volcánico sedimentarias, vertiente con depósito de deslizamiento; vertiente coluvial de detritos y vertiente coluvio deluvial, estas geoformas se desarrollan en laderas de pendiente moderada (5° a 15°) a muy escarpada (>45°).

c. El deslizamiento activo, abarca 2016 m^2, su eje principal presenta una longitud 33 m, un ancho de 70 m y el desnivel entre la corona y el pie del deslizamiento es 20 m, el movimiento podría afectar dos viviendas, un templo religioso y un tramo de 80 m de carretera, expuestos al peligro.

d. Los factores que condicionan la ocurrencia de peligros geologicos en la zona de estudio, son la presencia de depósitos coluvio – deluviales inconsolidados, lo que permite la infiltración y retención de agua; cortes en la ladera, con fines de construcción de la carretera; ausencia de drenajes adecuados y ladera de pendiente muy fuerte o escarpada (25° a 45°), generan inestabilidad del terreno saturado.

e. El factor detonante corresponde a las precipitaciones pluviales intensas y prolongadas durante los meses de febrero y marzo.

f. Los procesos de erosión en surco E1 y E2 abarcan áreas de 3773 m^2 y 5260 m^2 respectivamente, ambos tienen en su eje principal una longitud de 77 m y 118m.

g. La ocurrencia de Erosión en surcos E1, afecta banquetas construidas para la estabilización de la ladera en el sector. El proceso de erosión en surcos E2, ubicado en la parte baja de la carretera afectó 1.5 hectáreas de terrenos con cultivos y podría afectar la carretera en un tramo de 33 m.

h. Los factores que condicionan la ocurrencia de los procesos de erosión, son los depósitos de origen coluvio deluvial, compuesto por suelos sueltos de composición limo arcillosa de plasticidad media; laderas de pendiente muy fuerte (25° a 45°), que favorece el desplazamiento del material suelto cuesta abajo y la falta de limpieza y mantenimiento en cunetas de concreto

i. Loa factores desencadenantes para la ocurrencia de los procesos de erosión E1 y E2 corresponde a lluvias intensas y prolongadas típicas de la zona.

j. Debido a las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas, los movimientos en masas, deslizamiento y erosión en la localidad Alto Ayabamba, se consideran de peligro Alto. De continuar las mismas condiciones los movimientos en masas podrían aumentar su dimensión y ocasionar daños severos en dos viviendas, un templo religioso y un tramo de 100 m de la carretera 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.

7.1. Deslizamiento

a. Reasentar las viviendas expuestas al peligro por deslizamiento.

b. Reforestar la ladera, afectada por el deslizamiento, con arbustos nativos.

c. Elaborar un informe de evaluación de riesgos (EVAR). para determinar las medidas de control adecuadas a largo plazo.

7.2. Erosión de ladera - E1

a. Realizar mantenimiento continuo del canal de coronación, ubicado en la parte alta del área afectada por erosión en surcos.

b. Realizar mantenimiento a cunetas de concreto, ubicadas sobre las banquetas.

c. Derivar el agua captada en los canales, hacia un curso de agua permanente (quebrada), no verterlas sobre la ladera.

d. Evitar prácticas agrícolas con riego por inundación en cultivos agrícolas identificados alrededor de las zonas con procesos de erosión en surcos.

7.3. Erosión de ladera – E2

a. Reforestar las laderas con especies nativas y de raíces densas a fin de dar una mayor resistencia y cohesión a los suelos superficiales.

b. Construcción de un sistema de drenaje impermeabilizado

c. Evitar prácticas agrícolas con riego por inundación en cultivos agrícolas identificados alrededor de las zonas con procesos de erosión en surcos.

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

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

8. BIBLIOGRAFÍA

Dávila, S. & Nuñez, S. Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (1999). Inspección de riesgo geológico en el distrito de Querocoto. Provincia de Chota, departamento de Cajamarca. Lima: INGEMMET, Informe Técnico A5958, 17 p. Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico.

Hoek, E. (2007). Rocks Mass Properties. En *Practical Rock Engineering* (2a ed., pp. 190-236). Rocksciense

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

Jaimes, F.; Navarro, J.& Santos, A. (2013) - Geología del cuadrángulo de Incahuasi, hoja 13-e, escala 1:50,000. INGEMMET. Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional, 148, 114 p., 4 mapas.

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.

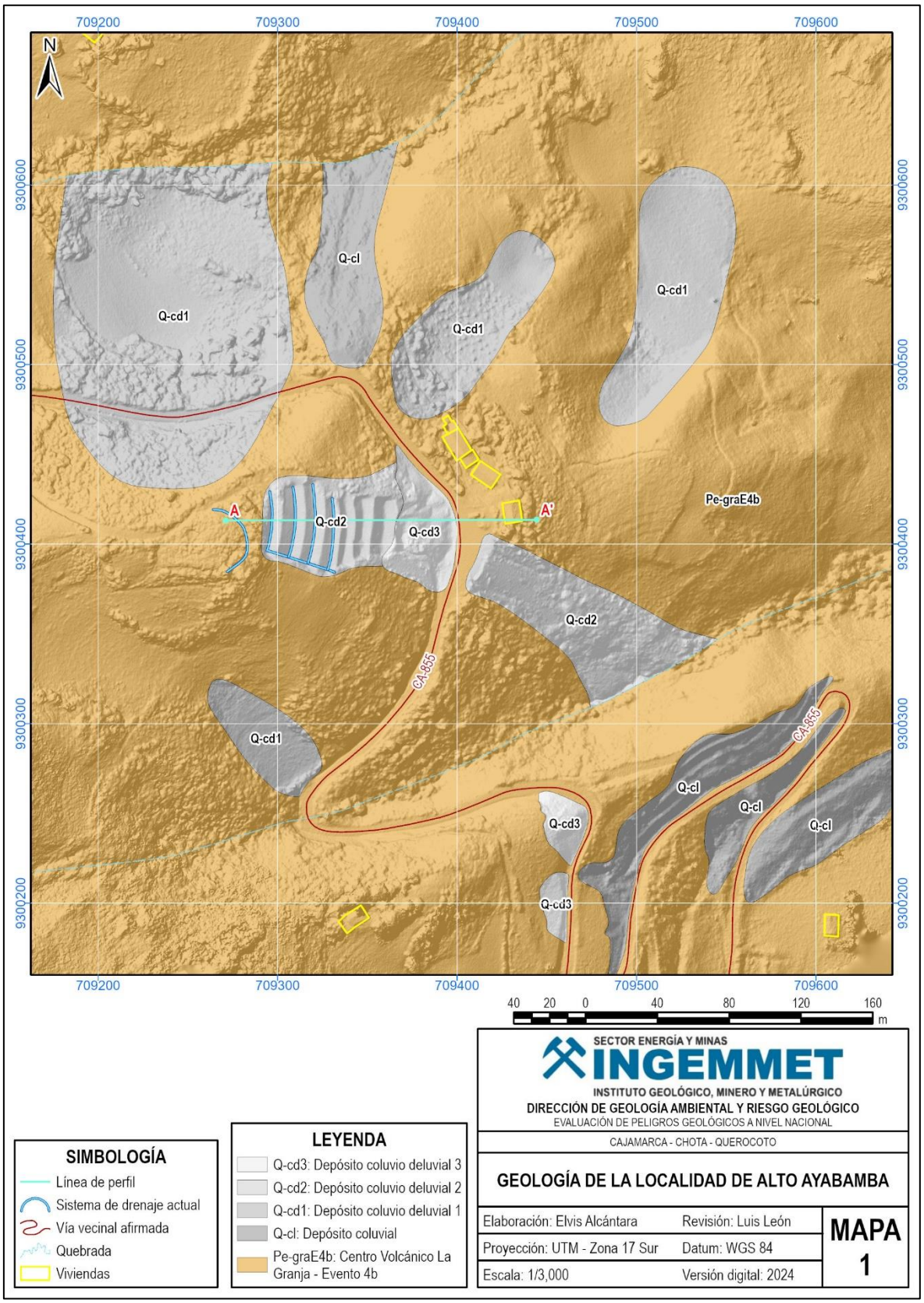
Suárez Díaz, J. (2007). *Deslizamientos - Técnicas de Remediación* (1ª ed.). Erosion.com.

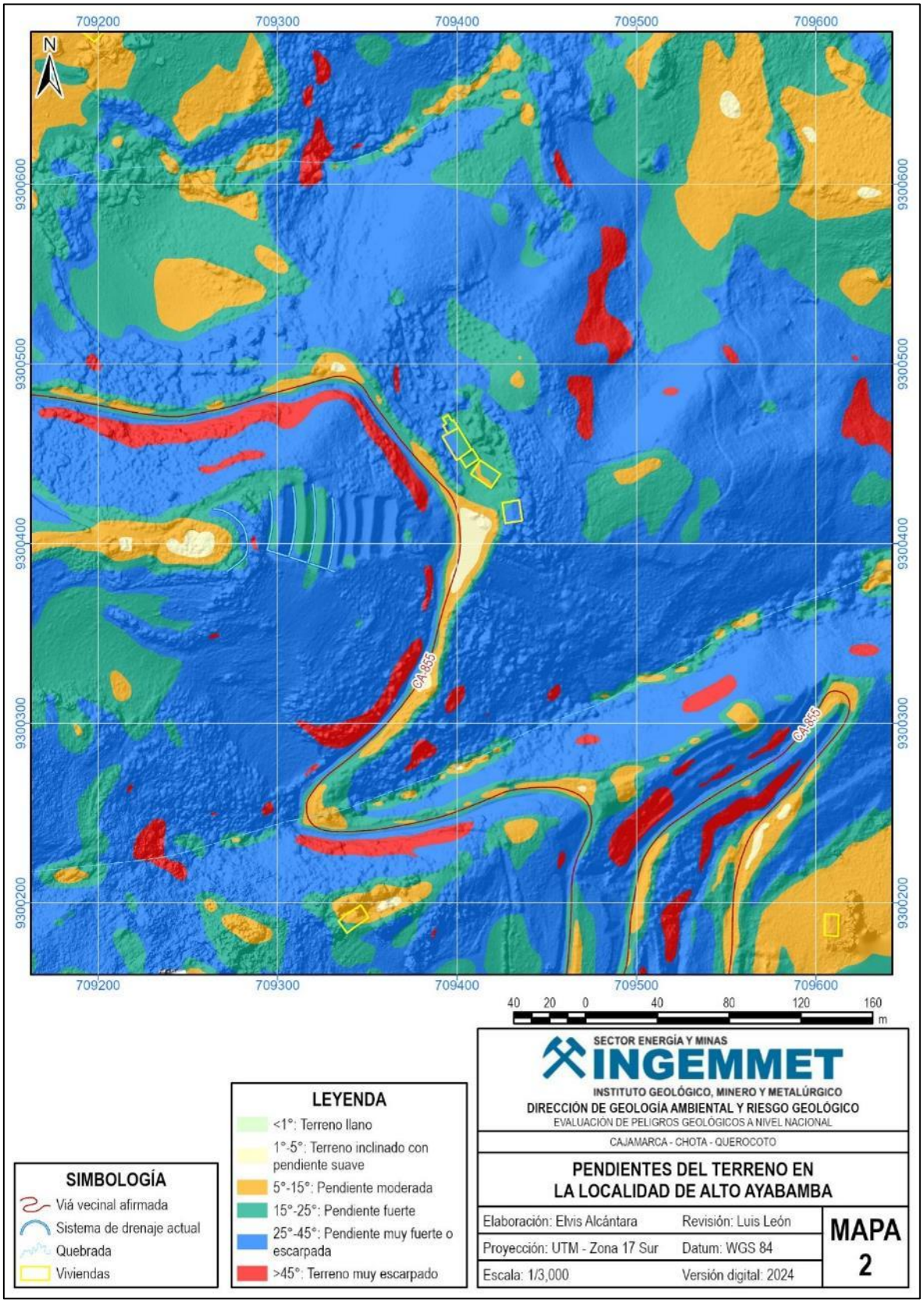
Villota, H. (2005). Geomorfología Aplicada a Levantamientos Edafológicos y Zonificación Física de Tierras (2ª ed.). Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

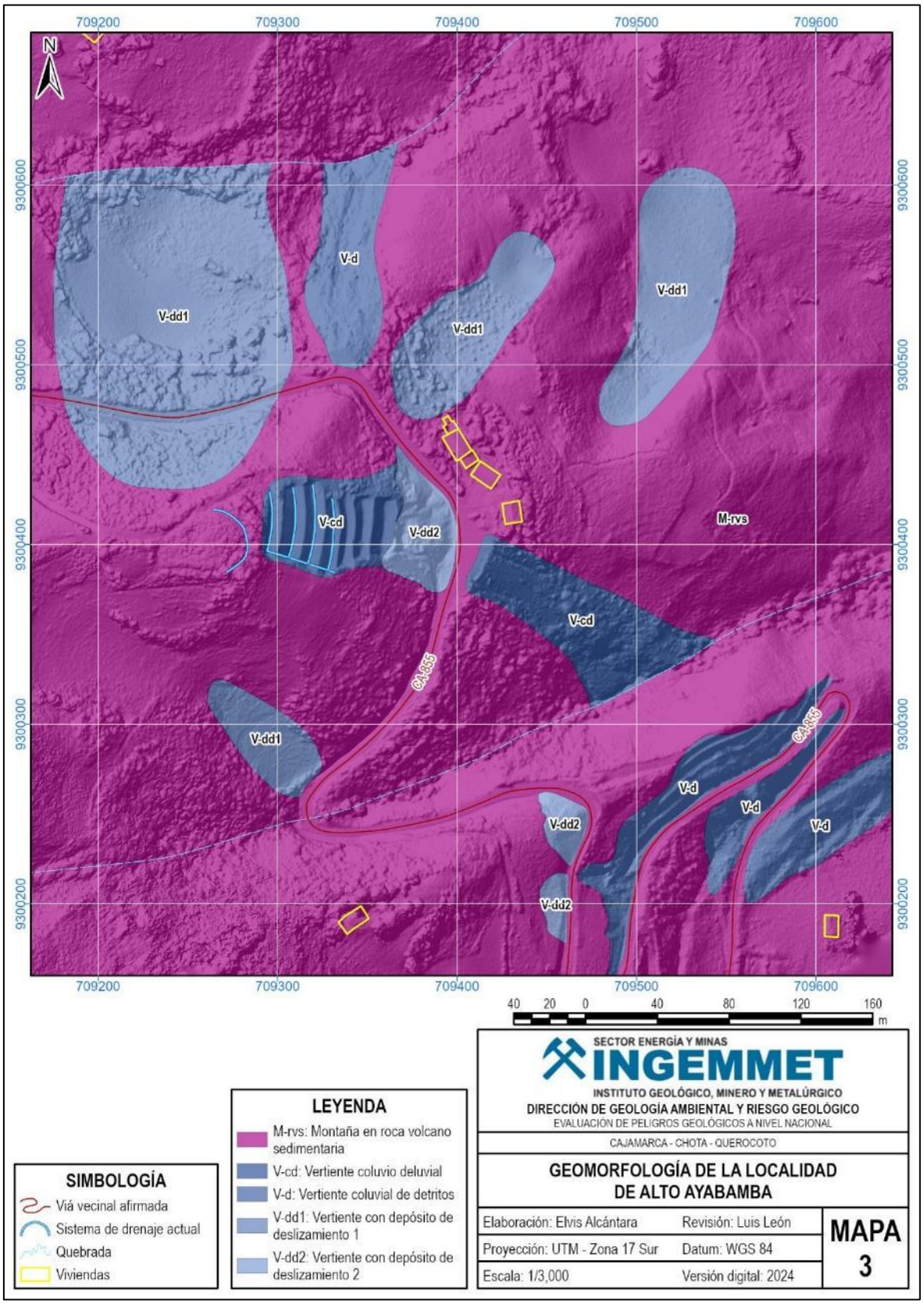
Wilson, J. (1984). Geología de los Cuadrángulos de Jayanca, Incahuasi, Cutervo, Chiclayo, Chongoyape, Chota, Celendín, Pacasmayo, Chepén. Ingemmet Boletín N° 38 Serie A (1ª ed.).

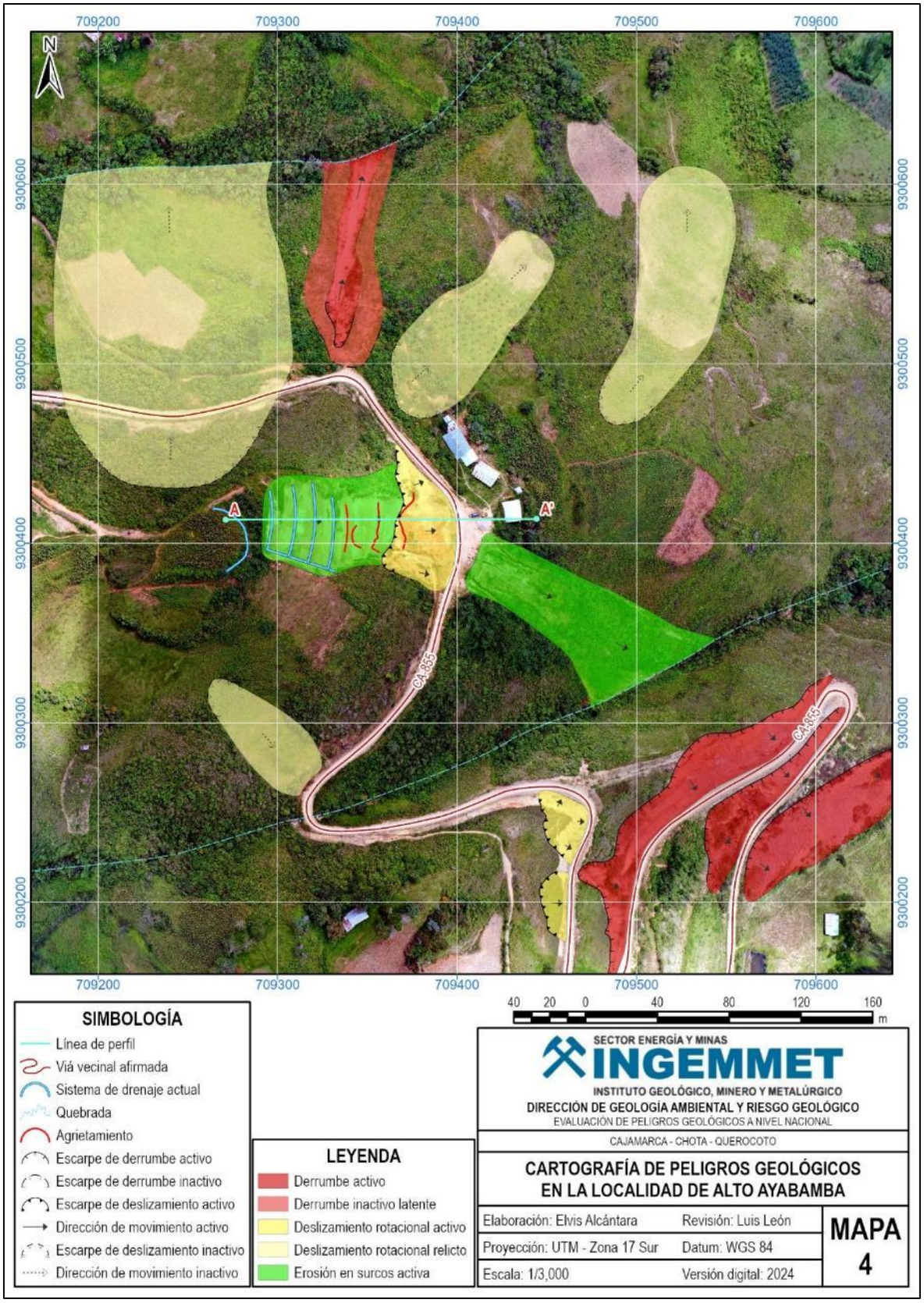
Zavala, B., & Rosado, M. (2011). Riesgo Geológico en la Región Cajamarca. Ingemmet Boletín N° 44, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica

ANEXO 1. MAPAS




709200
709300
709400
709500
709600
N
9300600
9300500
9300400
9300300
9300200
CA-855
40 20 0 40 80 120 160
m
SIMBOLOGÍA
Viá vecinal afirmada
Sistema de drenaje actual
Quebrada
Viviendas
LEYENDA
<1°: Terreno llano
1°-5°: Terreno inclinado con pendiente suave
5°-15°: Pendiente moderada
15°-25°: Pendiente fuerte
25°-45°: Pendiente muy fuerte o escarpada
>45°: Terreno muy escarpado
SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO
DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO
EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL
CAJAMARCA - CHOTA - QUEROCOTO
PENDIENTES DEL TERRENO EN LA LOCALIDAD DE ALTO AYABAMBA
Elaboración: Elvis Alcántara
Revisión: Luis León
Proyección: UTM - Zona 17 Sur
Datum: WGS 84
Escala: 1/3,000
Versión digital: 2024
MAPA 2


709200
709300
709400
709500
709600
N
9300600
9300500
9300400
9300300
9300200
V-d
V-dd1
V-dd1
V-dd1
V-cd
V-dd2
M-rvs
V-cd
CA-955
V-dd1
CA-955
V-d
V-d
V-d
V-dd2
V-dd2
40 20 0 40 80 120 160
m
SIMBOLOGÍA
Viá vecinal afirmada
Sistema de drenaje actual
Quebrada
Viviendas
LEYENDA
M-rvs: Montaña en roca volcano sedimentaria
V-cd: Vertiente coluvio deluvial
V-d: Vertiente coluvial de detritos
V-dd1: Vertiente con depósito de deslizamiento 1
V-dd2: Vertiente con depósito de deslizamiento 2
SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO
DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO
EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL
CAJAMARCA - CHOTA - QUEROCOTO
GEOMORFOLOGÍA DE LA LOCALIDAD DE ALTO AYABAMBA
Elaboración: Elvis Alcántara
Revisión: Luis León
Proyección: UTM - Zona 17 Sur
Datum: WGS 84
Escala: 1/3,000
Versión digital: 2024
MAPA 3


709200
709300
709400
709500
709600
9300600
9300500
9300400
9300300
9300200
N
A
A'
CA-855
40 20 0 40 80 120 160
m
SIMBOLOGÍA
Línea de perfil
Viá vecinal afirmada
Sistema de drenaje actual
Quebrada
Agrietamiento
Escarpe de derrumbe activo
Escarpe de derrumbe inactivo
Escarpe de deslizamiento activo
Dirección de movimiento activo
Escarpe de deslizamiento inactivo
Dirección de movimiento inactivo
LEYENDA
Derrumbe activo
Derrumbe inactivo latente
Deslizamiento rotacional activo
Deslizamiento rotacional relicto
Erosión en surcos activa
SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO
DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO
EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL
CAJAMARCA - CHOTA - QUEROCOTO
CARTOGRAFÍA DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN LA LOCALIDAD DE ALTO AYABAMBA
Elaboración: Elvis Alcántara
Revisión: Luis León
Proyección: UTM - Zona 17 Sur
Datum: WGS 84
Escala: 1/3,000
Versión digital: 2024
MAPA 4

ANEXO 2. MEDIDAS CORRECTIVAS

Para los deslizamientos y erosión de laderas

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, 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 15). 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.

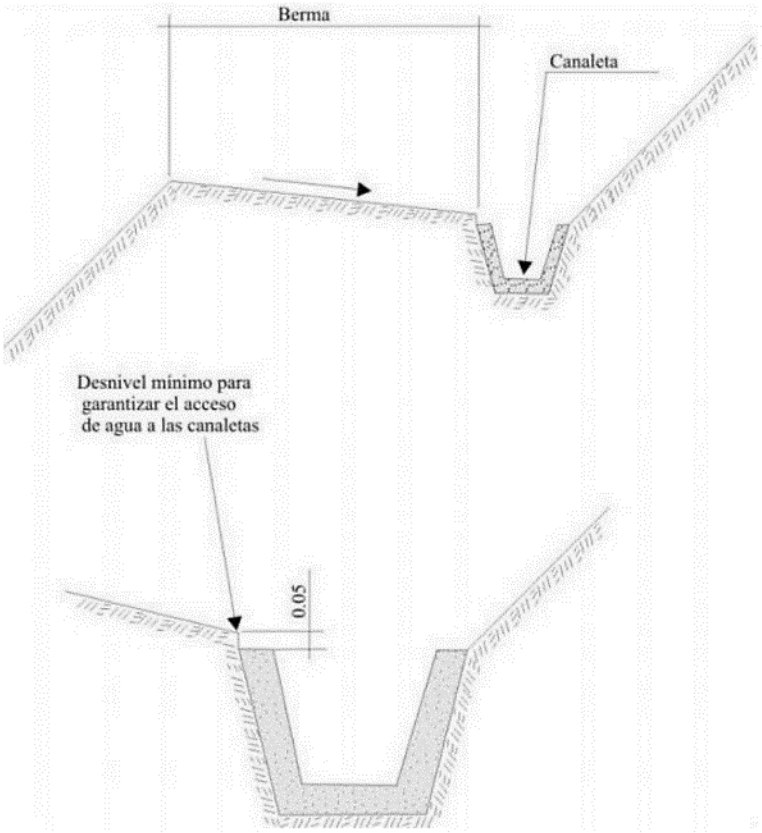


Figura 15. Detalle una canaleta de drenaje superficial (zanjas de coronación). Tomado de INGEMMET (2000).

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 (figura 15 y fotografía 15), facilitan el drenaje subterráneo, reduciendo en esta forma la probabilidad de movimientos en masa poco profundos (Suárez Díaz, 2007).

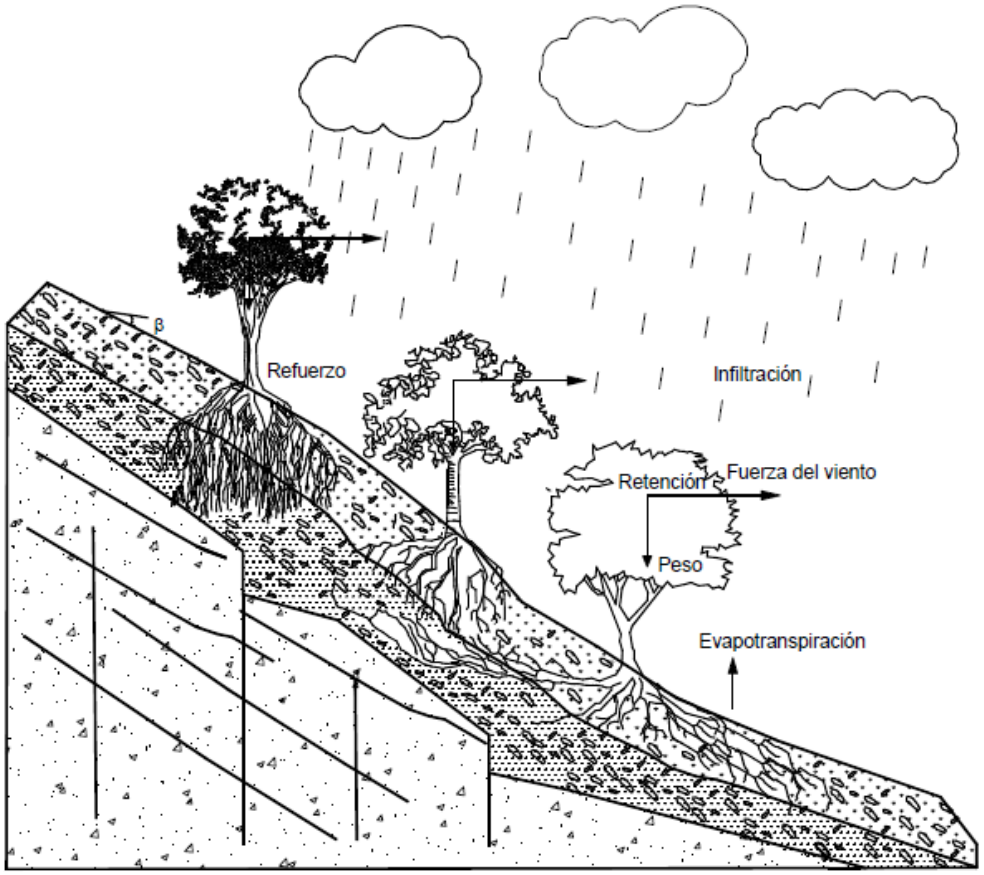


Figura 15. Estabilización de taludes utilizando vegetación. **Fuente:** Suarez, Díaz 2007.

Fotografía 9. Ejemplo de bioingeniería con arbusto (vetiver) en taludes de materiales sueltos.