

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7399

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN LA LOCALIDAD DE HUAÑIMBA E INSTITUCIONES EDUCATIVAS MIGUEL GRAU SEMINARIO

Departamento Cajamarca
Provincia Cajabamba
Distrito Condebamba



JULIO
2023

***EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN LA LOCALIDAD DE HUAÑIMBA E
INSTITUCIONES EDUCATIVAS MIGUEL GRAU SEMINARIO***

Distrito Condebamba, provincia Cajabamba, departamento Cajamarca

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

Equipo de investigación:

Luis Miguel León Ordáz
Elvis Rubén Alcántara Quispe
Cristhian Anderson Chiroque Herrera

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2023). *Evaluación geológica en el la localidad de Huañimba e Instituciones Educativas Miguel Grau Seminario, distrito Condebamba, provincia Cajabamba, departamento Cajamarca*. Lima: Ingemmet, Informe Técnico A7399, 47 p.

ÍNDICE

RESUMEN.....	3
1. INTRODUCCIÓN	4
1.1. Objetivos del estudio.....	4
1.2. Antecedentes.....	5
1.3. Aspectos generales	6
1.3.1. Ubicación	6
1.3.2. Población	7
1.3.3. Accesibilidad	8
1.3.4. Clima.....	8
1.3.5. Zonificación Sísmica	8
2. DEFINICIONES	11
3. ASPECTO GEOLÓGICO.....	14
3.1. Unidades litoestratigráficas.....	14
3.1.1. Formación Cajabamba (Nm-cjb).....	14
3.1.2. Depósitos cuaternarios.....	16
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS.....	18
4.1. Modelo digital de elevaciones (MDE).....	18
4.2. Pendiente del terreno.....	19
4.3. Unidades geomorfológicas.....	20
4.3.1. Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional.....	20
4.3.2. Geoformas de carácter depositacional y agradacional	21
5. PELIGROS GEOLÓGICOS	22
5.1. Deslizamiento Huañimba	23
5.1.1. Descripción	23
5.1.2. Análisis longitudinal del deslizamiento Huañimba.....	23
5.1.3. Características visuales y morfométricas del deslizamiento	25
5.2. Asentamientos diferenciales en tramo de carretera Cajamarca – Cajabamba (Km 1159 al 1161)	27
5.3. Peligros geológicos en Instituciones Educativas Miguel Grau Seminario	33
5.3.1. Institución Educativa Migue Grau Seminario – 1	33
5.3.2. Institución Educativa Migue Grau Seminario – 2.....	35
6. CONCLUSIONES.....	38
7. RECOMENDACIONES.....	39
8. BIBLIOGRAFÍA.....	40
ANEXO 1. MAPAS	41
ANEXO 2. MEDIDAS CORRECTIVAS.....	45

RESUMEN

El Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – Ingemmet, a través de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR), realiza 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 documento es el resultado de la evaluación del peligros geológicos por movimientos en masa, tipo deslizamiento y asentamientos diferenciales en la localidad de Huañimba e Instituciones Educativas Miguel Grau Seminario, del distrito Condebamba, provincia Cajabamba, departamento Cajamarca; solicitado con Oficio N°950-2022/2023-SMMF-CR por la Congresista de la República Silvia Monteza Facho y con Oficio N°0828-2023-GR-CAJ-DRE-UGEL-CAJABAMBA; solicitando la evaluación del riesgo geológico y la evaluación de peligros geológicos respectivamente.

En el contexto litológico se observan afloramientos rocosos de lutitas, limolitas, evaporitas y areniscas de color blanco amarillento, los cuales se encuentran muy fracturadas y altamente meteorizadas, de la formación Cajabamba, que han ido conformando lomadas en roca sedimentaria, así como vertientes de depósito coluvio deluvial (originado por la acumulación de suelos transportados por antiguos movimientos en masa), piedemonte aluvial y terraza fluvial

Dentro de los procesos geológicos identificados y cartografiados, se tiene un deslizamiento generado en terrenos de moderada a alta pendiente, que conforman geoformas de vertiente coluvio deluvial, compuesto por suelos areno arcillosos; dicho evento afecta terrenos de cultivos y un tramo de la carretera Cajamarca – Cajabamba en las progresivas 1161+370 y 1161+740 de la vía nacional PE-3N.

Se considera, que el sismo del 26 de mayo del 2019, con epicentro en el sector Lagunas en el departamento de Loreto de 8 Mw, actuó como factor detonante para la reactivación del deslizamiento Huañimba. Es importante considerar que el riesgo sísmico se evalúa regionalmente, en base a información proporcionada por el IGP. Siendo así que la región, en donde se ubican los centros educativos evaluados, se localiza en la zona sísmica ZONA 3 según el mapa de zonas sísmicas del IGP.

Por las condiciones geomorfológicas y geodinámicas evaluadas, el tramo de la carretera Cajamarca a Huañimba, del km 1161+370 al 1161+740, afectado por un deslizamiento, se considera como de **Peligro Muy Alto**, ante la ocurrencia de sismos o lluvias intensas y prolongadas.

Los centros educativos Miguel Grau Seminario, a la fecha, no presentan reactivaciones por movimientos en masa que el puedan afectar.

Finalmente, se sugiere que las autoridades competentes y tomadores de decisiones, desarrollen medidas de control, como la construcción de drenes de coronación, reforestar las laderas, prohibir el riego por inundación, capacitar a la población en GRD y elaborar una evaluación de riesgos EVAR.

1. INTRODUCCIÓN

El Ingemmet, ente técnico-científico desarrolla, a través de los proyectos de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR), la “Evaluación de peligros geológicos a nivel nacional (ACT. 11)”. De esta manera contribuye con entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno mediante el reconocimiento, caracterización y diagnóstico del peligro en zonas que tengan elementos vulnerables.

Atendiendo la solicitud remitida por la UGEL – Cajabamba, Oficio N°0828-2023-GR-CAJ-DRE/UGEL-CAJB y Oficio N°950-2022/2023-SMMF-CR enviado la Congresista de la República Silvia Monteza Facho, es en el marco de nuestras competencias que se realiza una evaluación de peligros en la localidad de Huañimba, ante la ocurrencia de movimientos en masa.

La DGAR del Ingemmet designó a los Ingenieros Luis Miguel León Ordáz, Elvis Rubén Alcántara Quispe y Cristhian Anderson Chiroque Herrera, para realizar la evaluación de peligros en la localidad mencionada los días 16 y 17 de junio del 2023.

La presente evaluación técnica se basa en la recopilación y análisis de información existente de trabajos anteriores del Ingemmet, los datos obtenidos durante el trabajo de campo (puntos de control GPS, fotografías terrestres y aéreas), el cartografiado geológico y geodinámico, plasmado en un informe técnico.

Este informe se pone en consideración de la UGEL – Cajabamba, Municipalidad Provincial de Cajabamba, Gobierno Regional de Cajamarca y sectores involucrados; donde se proporcionan los resultados de la evaluación con recomendaciones pertinentes.

1.1. Objetivos del estudio

El presente trabajo tiene como objetivos:

- a) Evaluar y caracterizar los peligros geológicos en la localidad de Huañimba e instituciones educativas Miguel Grau Seminario.
- b) Determinar los factores condicionantes y desencadenantes que influyen en la ocurrencia de los peligros geológicos. En este sentido, aclarar el alcance del peligro sísmico en el área.
- c) Proponer medidas de prevención, reducción y mitigación ante peligros identificados en los trabajos de campo.

1.2. Antecedentes

Entre los principales estudios realizados a nivel local y regional en el área evaluada, se tienen:

- Informe técnico N° A6899, Primer Reporte: Inspección Geológica del sector Huañimba, Región Cajamarca, Provincia Cajamarca, Distrito Condebamba, paraje carretera Cajabamba – Cajamarca, Km 1161, (Núñez S. 2019), en el cual se indica la reactivación de un deslizamiento antiguo, como consecuencia del sismo del 26 de mayo del 2019, con epicentro en el departamento de Loreto. Este informe, sólo evaluó el deslizamiento en la carretera y áreas de afectación.

El informe menciona:

- El sismo del 26 de mayo 2019, reactivó un deslizamiento antiguo, afectó la vía Cajamarca-Cajabamba en el tramo Km. 1161+370 hasta el km 1161+740, terrenos de cultivo, canal de drenaje y cuneta, así como también a una vivienda. Siendo este de carácter regional.
- El deslizamiento rotacional antiguo está en proceso de reactivación, **con avance retrogresivo**, esto se afirma por los agrietamientos del terreno identificados en la parte de posterior del escarpe reactivado.
- En el cuerpo del deslizamiento antiguo se identificó escarpes secundarios con saltos hasta de 4 m, que actualmente cubiertos por vegetación. En las reactivaciones recientes se apreció escarpes hasta de 4 m de altura, se evidenció agrietamientos con profundidades visibles hasta de 4m y aperturas hasta de 3 m.
- Entre las recomendaciones principales que se mencionan en el informe están orientadas al tratamiento del deslizamiento. las principales tenemos:
 - a) Para estabilizar el terreno es necesario realizar un drenaje del cuerpo del deslizamiento, puede ser mediante canales colectores distribuidos en forma de espina de pescado
 - b) Construir un canal de coronación.
 - c) Reponer las cunetas, canal de drenaje.
 - d) Realizar un banqueteo del cuerpo del deslizamiento, para esto hacer un estudio geotécnico de la zona.
 - e) Los canales de regadío deben estar revestidos con tuberías de PVC, para evitar la infiltración de agua.

En el informe técnico N° A6899, no se menciona que los centros educativos Miguel Grau Seminario se encuentran afectados por el deslizamiento.

- Boletín N° 31 Serie A, Geología de los Cuadrángulos de Cajamarca (15-f), San Marcos (15-g) y Cajabamba (16-g) (Reyes, L., 1984) donde se describe la geología a una escala 1:100 000; se señala que, en la zona de estudio, se tiene una secuencia de lutitas, lodolitas y areniscas de color blanco amarillento de la Formación Cajabamba. En el cartografiado geológico integrado a escala 1:50 000, versión 2022 (Ingemmet, 2022); por escala y detalle, se reafirma la presencia de la litología mencionada.

- En Boletín N° 44, Serie C, Estudio de Riesgo Geológico en la Región Cajamarca (Zavala & Rosado, 2011), se elabora un mapa de susceptibilidad a movimientos en masa, a escala 1:250 000; donde Huañimba, se sitúa en terrenos con susceptibilidad de media a alta ante la ocurrencia de movimientos en masa.

1.3. Aspectos generales

1.3.1. Ubicación

La zona evaluada pertenece a los centros poblados Huañimbita y Huañimba, jurisdicción del distrito de Condebamba, provincia Cajabamba, departamento Cajamarca (Figura 1), ubicados en las coordenadas UTM WGS 84 – Zona: 17S descritas en la tabla 1, además de las coordenadas centrales referenciales del evento identificado.

Tabla 1. Coordenadas de las áreas de estudio.

N°	UTM–WGS 84–Zona 17S		Coordenadas Decimales (°)	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	820580	9159700	-7.5922918	-78.0949249
2	820580	9158100	-7.6067462	-78.0948334
3	818830	9158100	-7.6068521	-78.1106796
4	818830	9159700	-7.5923977	-78.1107712
Coordenada central de los peligros identificados				
Deslizamiento Huañimba	819195	9159123	-7.5975895	-78.1074295
Asentamientos diferenciales Huañimba	819966	9158637	-7.6019359	-78.1004181

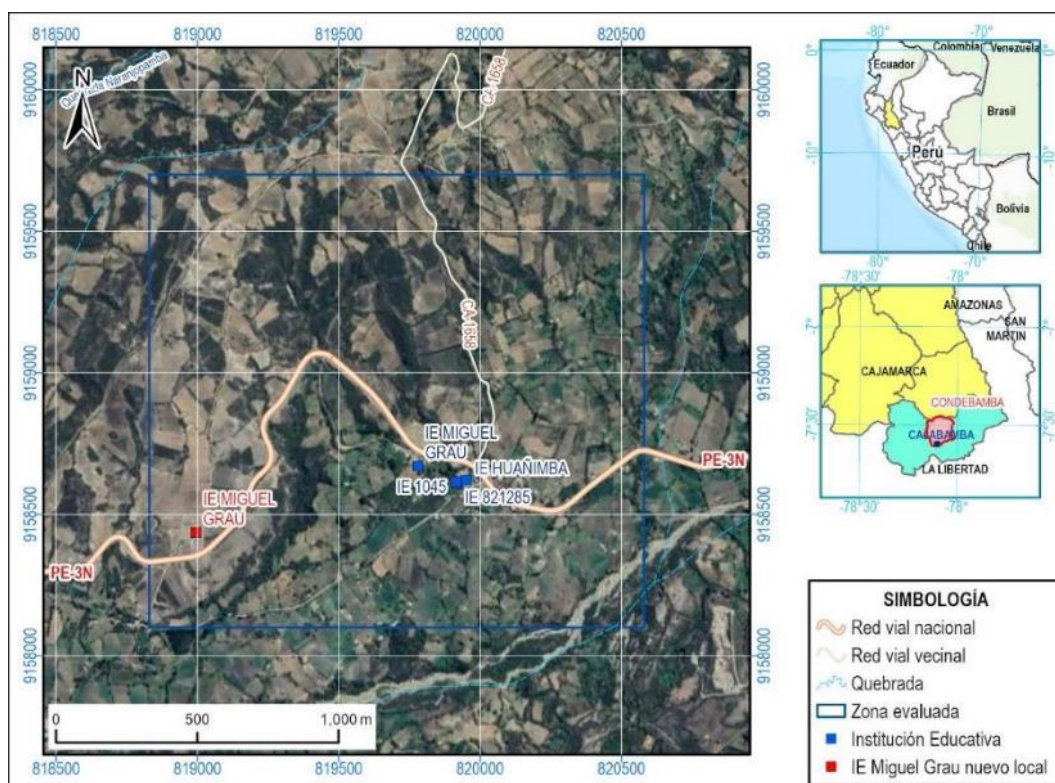


Figura 1. Ubicación del área evaluada (en línea azul).

1.3.2. Población

De acuerdo con el XII Censo de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas de 2017 (INEI, 2018), se tiene la siguiente Información:

Huañimbita

Tiene una población de 350 habitantes, distribuidos en 90 viviendas, con acceso a los servicios de agua y energía eléctrica, pero no a desagüe por red pública (Tabla 3).

Tabla 3. Características. Fuente: INEI - 2017.

Descripción	Huañimbita – INEI
Código de Ubigeo y Centro Poblado	0602030059
Longitud	-78.1189083330
Latitud	-7.60379666700
Altitud	2206.6
Población	318
Viviendas	99
Agua Por Red Publica	si
Energía eléctrica en la vivienda	si
Desagüe por red publica	no
Institución Educativa Inicial	si
Institución Educativa Primaria	si
Institución Educativa Secundaria	no
Establecimiento de salud	no
Idioma o Lengua hablada con mayor frecuencia	Castellano

Huañimba

Tiene una población de 236 habitantes, distribuidos en 105 viviendas, con acceso a los servicios de agua y energía eléctrica, pero no a desagüe por red pública (Tabla 4).

Tabla 4. Características. Fuente: INEI - 2017.

Descripción	Huañimba – INEI
Código de Ubigeo y Centro Poblado	0602030060
Longitud	-78.1007650000
Latitud	-7.60421500000
Altitud	2304.7
Población	236
Viviendas	105
Agua Por Red Publica	si
Energía eléctrica en la vivienda	si
Desagüe por red publica	no
Institución Educativa Inicial	si
Institución Educativa Primaria	si
Institución Educativa Secundaria	no
Establecimiento de salud	si
Idioma o Lengua hablada con mayor frecuencia	Castellano

1.3.3. Accesibilidad

La principal ruta de acceso, desde la ciudad de la ciudad de Cajamarca se realiza a través de las vías nacionales PE-08B y PE-1N, hasta los centros poblados Huañimbita y Huañimba, tal como se detalla en la siguiente ruta (Tabla 5).

Tabla 5. Rutas y acceso a la zona evaluada.

Ruta	Tipo de Vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Ciudad de Cajamarca – Huañimbita	Asfaltada	110	2 horas 38 minutos
Ciudad de Cajamarca – Huañimba	Asfaltada	111	2 horas 41 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 invierno seco, templado (C (i) B'), con una temperatura máxima promedio de 21°C a 25°C, una temperatura mínima promedio de 7°C a 11°C y una precipitación anual entre 300 mm a 700 mm.

1.3.5. Zonificación Sísmica

El territorio nacional se encuentra dividido en tres zonas (Figura 2), como se muestra en la figura 2. A cada zona se asigna un factor Z según se indica en la tabla 2. Este factor se interpreta como la aceleración máxima horizontal en suelo rígido con una probabilidad de 10% de ser excedida en 50 años.

El factor Z se expresa como una fracción de la aceleración de la gravedad (DS No. 003-2016-VIVIENDA). Según dicho mapa, el área de estudio se ubica cerca de la Zona 2 (sismicidad Alta), localizada desde la línea de costa hasta el margen occidental de la Cordillera de los Andes, determinándose aceleraciones de 0.35 g.

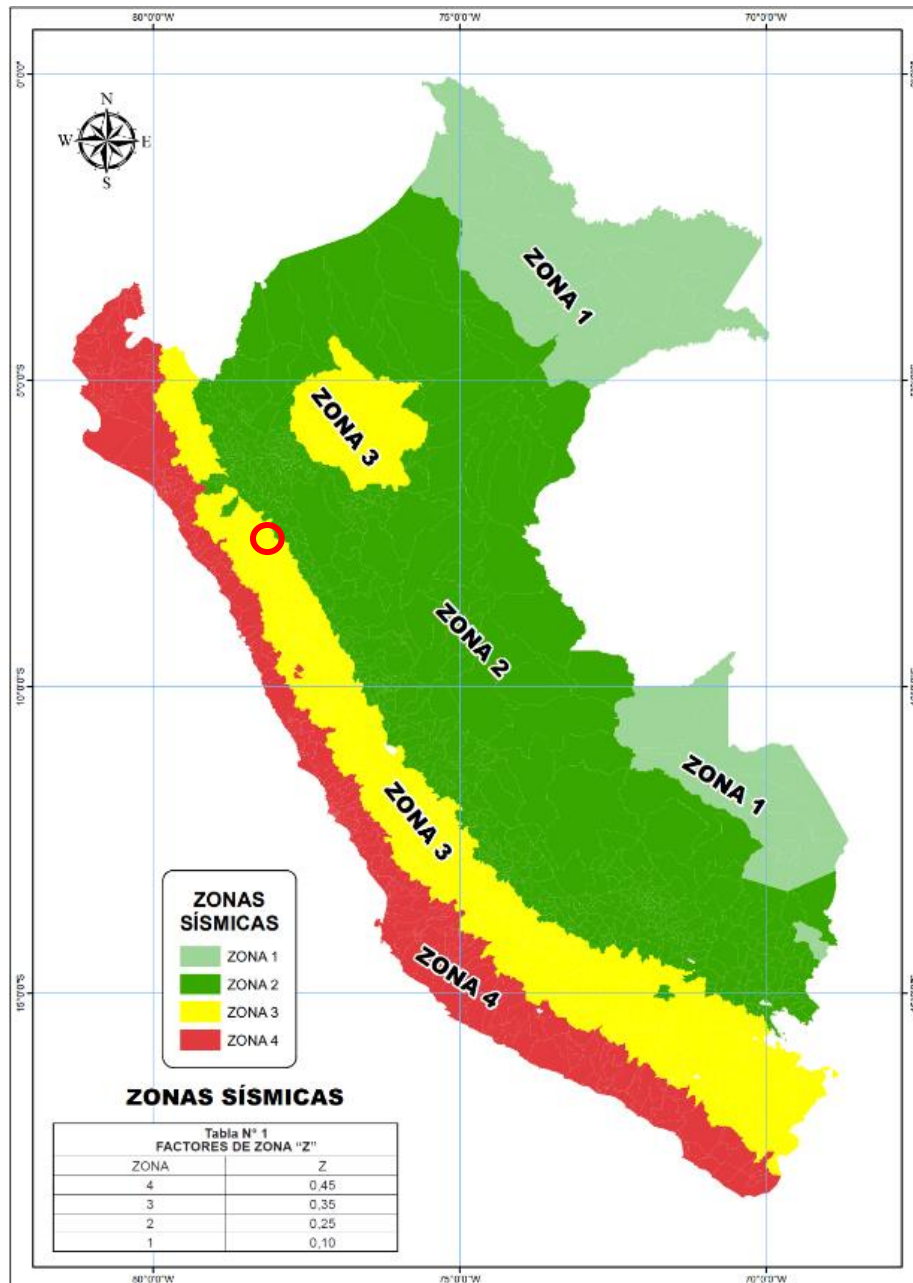


Figura 2. Zonificación sísmica del Perú, el área evaluada se delimita en el círculo rojo (Zona sísmica 3)

El departamento de Cajamarca no presenta sismos de gran magnitud (IGP, 2020), pero los que ocurren tanto en la selva como en la costa (Figura 3) tienen incidencia en el territorio y pueden afectar (dependiendo de su magnitud) la infraestructura y desencadenar movimientos en masa como caídas de rocas, avalanchas de detritos y deslizamientos; como el sismo del 26 de mayo 2019.

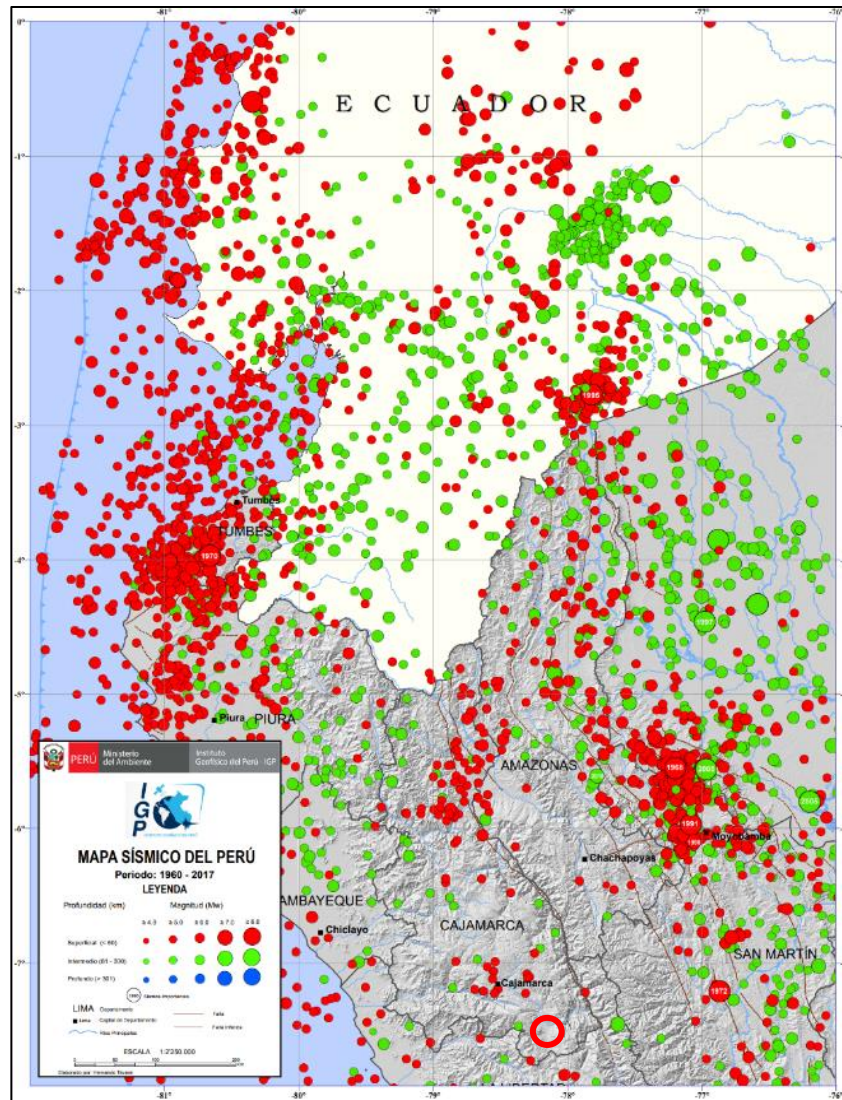


Figura 3. Mapa sísmico del Perú, 1960-2019, la zona evaluada está delimitada por el círculo color rojo. Fuente IGP. Fuente IGP

En la figura 4, se muestra los mecanismos focales obtenidos por diversos autores para sismos con magnitudes $\geq M7.0$ ocurridos en la región norte de Perú y el Ecuador desde 1970 al 2019. La estrella amarilla corresponde al sismo de Lagunas del 26 de mayo del 2019 (M8.0), cuyas características se muestran a continuación:

Sismo del 26 de mayo del 2019 (Tavera, 2019):

- Tiempo Origen: 07h 21min del 26 de mayo, 2019 (Hora Universal)
02h 41min del 26 de mayo, 2019 (Hora Local)
- Latitud Sur: -05.74°
- Longitud Oeste: -75.55°
- Profundidad: 135 km
- Magnitud: M8.0
- Epicentro: A 60 km al sur de la localidad de Laguna (Loreto)
A 64 km al este de la localidad de Yurimaguas (Loreto)
- Intensidad Máxima: VII (MM) localidades de Lagunas y Yurimaguas.

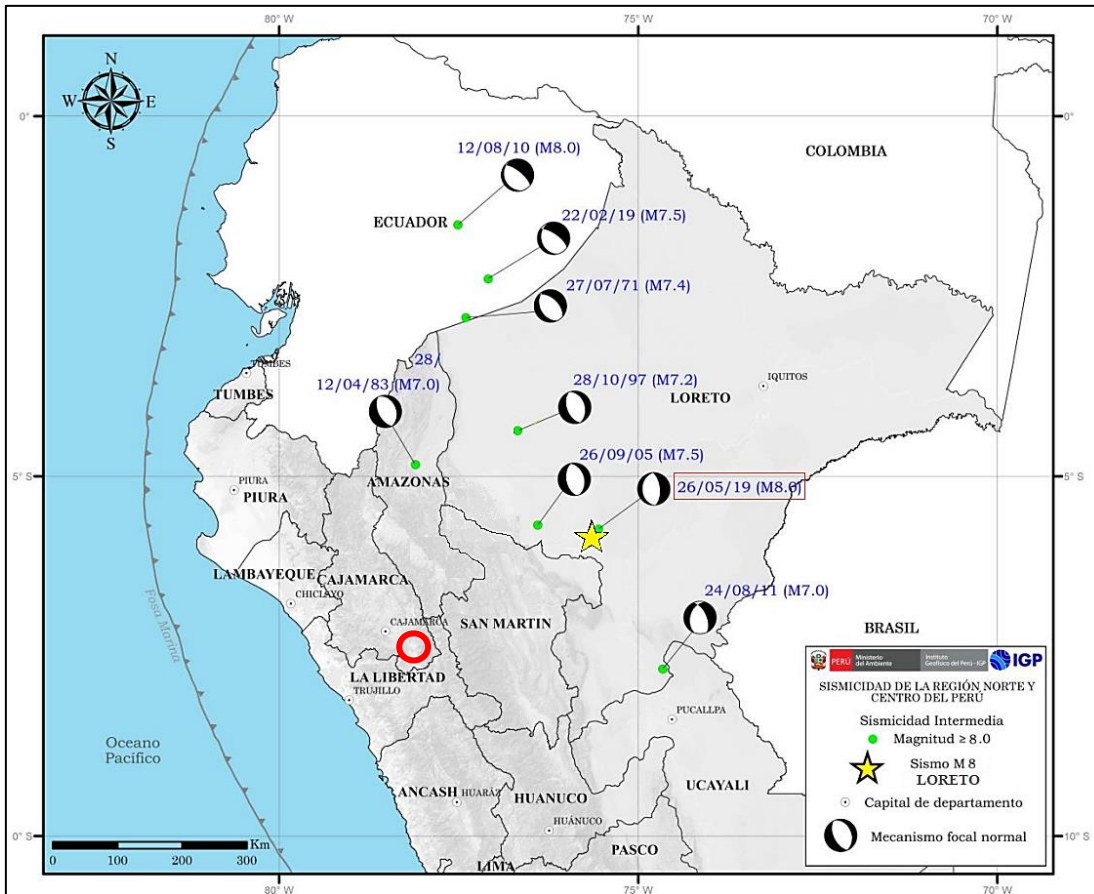


Figura 4. Se muestra los mecanismos focales obtenidos por diversos autores para sismos con magnitudes ≥ 7.0 , la zona evaluada está delimitada por el círculo color rojo.

Es importante considerar que el riesgo sísmico se evalúa regionalmente, en base a información proporcionada por el IGP. Siendo así que la región, en donde se ubican los centros educativos evaluados, se localiza en la zona sísmica ZONA 3 según el mapa de zonas sísmicas del IGP.

2. DEFINICIONES

El presente informe técnico está dirigido a entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno, así como personal no especializado, no necesariamente geólogos; en el cual se desarrollan diversas terminologías y definiciones vinculadas a la identificación, tipificación y caracterización de peligros geológicos, para la elaboración de informes y documentos técnicos en el marco de la gestión de riesgos de desastres. Todas estas denominaciones tienen como base el libro: “Movimientos en masa en la región andina: una guía para la evaluación de amenazas” desarrollado en el Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (PMA, 2007); donde participó la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet. Los términos y definiciones se detallan a continuación:

Actividad: La actividad de un movimiento en masa se refiere a tres aspectos generales del desplazamiento en el tiempo de la masa de material involucrado: el estado, la distribución y el estilo de la actividad. El primero describe la regularidad o irregularidad temporal del desplazamiento; el segundo describe las partes o sectores de la masa que se encuentran en movimiento; y el tercero indica la manera como los diferentes movimientos dentro de la masa contribuyen al movimiento total.

El estado de actividad de un movimiento en masa puede ser: activo, reactivado, suspendido, inactivo latente, inactivo abandonado, inactivo estabilizado e inactivo relicto (WP/WLI, 1993).

Activo: Movimiento en masa que actualmente se encuentra en movimiento, 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.

Asentamiento diferencial: Diferencia de asiento o movimiento vertical entre dos puntos de una cimentación. Las causas más comunes son: variación importante de cargas entre apoyos cercanos; posibles heterogeneidades del terreno de cimentación (zonas blandas y duras) o modificaciones puntuales bajo los soportes.

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; muy influenciados por el agua en su comportamiento.

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.

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. Los rangos de fracturamiento rocoso, dependiendo del espaciamiento entre las fracturas, pueden ser: maciza, poco fracturada, medianamente fracturada, muy fracturada y fragmentada.

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

Ladera: Superficie natural inclinada de un terreno.

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

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

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.

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

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 continuo en el tiempo.

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.

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

3. ASPECTO GEOLÓGICO

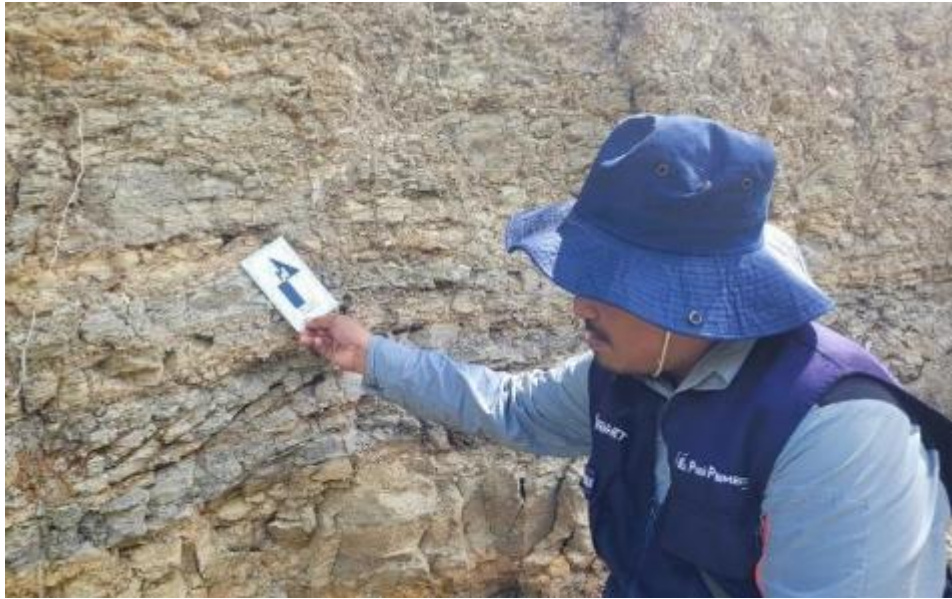
La descripción geológica se desarrolló en base al Boletín N° 31 "Geología de los Cuadrángulos de Cajamarca (15-f), San Marcos (15-g) y Cajabamba (16-g) (Reyes,1984), como también se toma referencia del reciente cartografiado geológico integrado a escala 1:50 000, versión 2022 (Ingemmet, 2022); los cuales se complementaron 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).

3.1. Unidades litoestratigráficas

Corresponden a rocas sedimentarias; además de depósitos aluviales, fluviales y depósitos de movimientos en masa.

3.1.1. Formación Cajabamba (Nm-cjb)

En la zona de estudio tenemos una secuencia con niveles de lutitas, limolitas, evaporitas y areniscas de color blanco amarillento, presenta fósiles de ostrácodos, gasterópodos y lamelibranquios, los cuales se encuentran muy fracturadas y altamente meteorizadas (Fotografía 1 y 2, Figura 5).



Fotografía 1. Lutitas abigarradas de la Formación Cajabamba.
Ubicación: E: 818950, N: 9159284.



Figura 5. Intercalación de lutitas y evaporitas de la Formación Cajabamba.
Ubicación: E: 8189262, N: 9158864.



Fotografía 2. Intercalación de lutitas y areniscas de la Formación Cajabamba.
Ubicación: E: 819852, N: 9158779.

3.1.2. Depósitos cuaternarios

Depósito Coluvio Deluvial (Q-cd)

Corresponde a suelos originados por los diversos movimientos en masa originados en la zona evaluada, su granulometría corresponde a arenas, arcillas de mediana a alta plasticidad) y limos, con escaso contenido de material orgánico (Tabla 6).

Tabla 6. Descripción de formaciones superficiales. **Ubicación:** E: 819194; N: 9159127.

DESCRIPCIÓN DE FORMACIONES SUPERFICIALES			
TIPO DE FORMACIÓN SUPERFICIAL	<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	

GRANULOMETRÍA	FORMA	REDONDES	PLASTICIDAD
%			
<input type="text" value="5"/> Bolos	<input checked="" type="checkbox"/> Esférica	<input type="checkbox"/> Redondeado	<input type="checkbox"/> Alta plasticidad
<input type="text"/> Cantos	<input type="checkbox"/> Discoidal	<input checked="" type="checkbox"/> Subredondeado	<input type="checkbox"/> Med. Plástico
<input type="text" value="5"/> Gravas	<input type="checkbox"/> Laminar	<input type="checkbox"/> Anguloso	<input checked="" type="checkbox"/> Baja Plasticidad
<input type="text"/> Gránulos	<input type="checkbox"/> Cilíndrica	<input type="checkbox"/> Subanguloso	<input type="checkbox"/> No plástico
<input type="text" value="50"/> Arenas			
<input type="text" value="25"/> Limos			
<input type="text" value="15"/> Arcillas			

ESTRUCTURA	TEXTURA	CONTENIDO DE	%	LITOLOGÍA
<input type="checkbox"/> Masiva	<input type="checkbox"/> Harinoso	<input type="checkbox"/> Materia Orgánica	<input type="checkbox"/> Intrusivos	
<input checked="" type="checkbox"/> Estractificada	<input checked="" type="checkbox"/> Arenoso	<input type="checkbox"/> Carbonatos	<input type="checkbox"/> Volcánicos	
<input type="checkbox"/> Lenticular	<input type="checkbox"/> Aspero	<input type="checkbox"/> Sulfatos	<input type="checkbox"/> Matamórficos	
			<input checked="" type="checkbox"/> Sedimentarios	

COMPACIDAD		SUELOS GRUESOS	
SUELOS FINOS		Arenas	Gravas
Limos y Arcillas			
<input type="checkbox"/> Blanda	<input type="checkbox"/> Suelta	<input type="checkbox"/> Suelta	
<input type="checkbox"/> Compacta	<input checked="" type="checkbox"/> Densa	<input type="checkbox"/> Med. Consolidada	
<input type="checkbox"/> Dura	<input type="checkbox"/> Muy Densa	<input type="checkbox"/> Consolidada	
		<input type="checkbox"/> Muy Consolidada	

CLASIFICACIÓN TENTATIVA S.U.C.S.

SUELOS GRUESOS		SUELOS FINOS	
<input type="checkbox"/> GW	<input type="checkbox"/> GC	<input type="checkbox"/> ML	<input type="checkbox"/> CH
<input type="checkbox"/> GP	<input type="checkbox"/> SW	<input type="checkbox"/> CL	<input type="checkbox"/> OH
<input type="checkbox"/> GM	<input type="checkbox"/> SP	<input type="checkbox"/> OL	<input type="checkbox"/> PT
<input checked="" type="checkbox"/> SM	<input type="checkbox"/> SC	<input type="checkbox"/> MH	

Depósito aluvial (Q-al)

Se considera dentro de este grupo a los materiales que conforman, terrazas de ríos y quebradas, así como conos aluviales. En el sector evaluado está conformado por bloques, gravas, arenas y limos, los bloques presentan formas redondeadas a subredondeadas.

Depósito fluvial (Q-fl)

Aflorante a lo largo de la quebrada Honda, en la zona de estudio se presentan de manera inconsolidados, con presencia de bloques heterogéneos, dentro de una matriz areno-limosa.

Depósito antropógeno (Q-an)

Los depósitos antrópicos son acumulaciones artificiales de suelos naturales o de fragmentos de roca o material de desecho, o una mezcla de ellos. Así mismo, estos materiales en algunas ocasiones pueden haber recibido un tratamiento industrial. En la zona de estudio se identificaron como depósitos antropógenos, aquellos acumulados como base de la vía nacional asfaltada PE-3N; y/o como material de relleno para nivelar el terreno para la construcción de las alcantarillas construidas a lo largo de la vía asfaltada.

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 hace uso de imágenes y modelos digitales de elevación de detalle 0.3 m obtenidos de vuelos fotogramétricos de junio del 2023, lo cual permitirá estudiar el relieve, pendientes y demás características; con el fin de describir subunidades a detalle (escala 1:/ 5 000).

4.1. Modelo digital de elevaciones (MDE)

El sector evaluado presenta elevaciones desde los 2 223 m hasta los 2 422 m, en los cuales se distinguen 10 niveles altitudinales (Figura 6), visualizando la extensión con respecto a la diferencia de alturas; el área con mayor pendiente corresponde a terrenos entre altitudes 2340 y 2360 m, con pendiente promedio de fuerte a muy fuerte (15° a 45°) correspondiente a depósitos coluvio deluviales y lutitas y areniscas de la Formación Cajabamba.

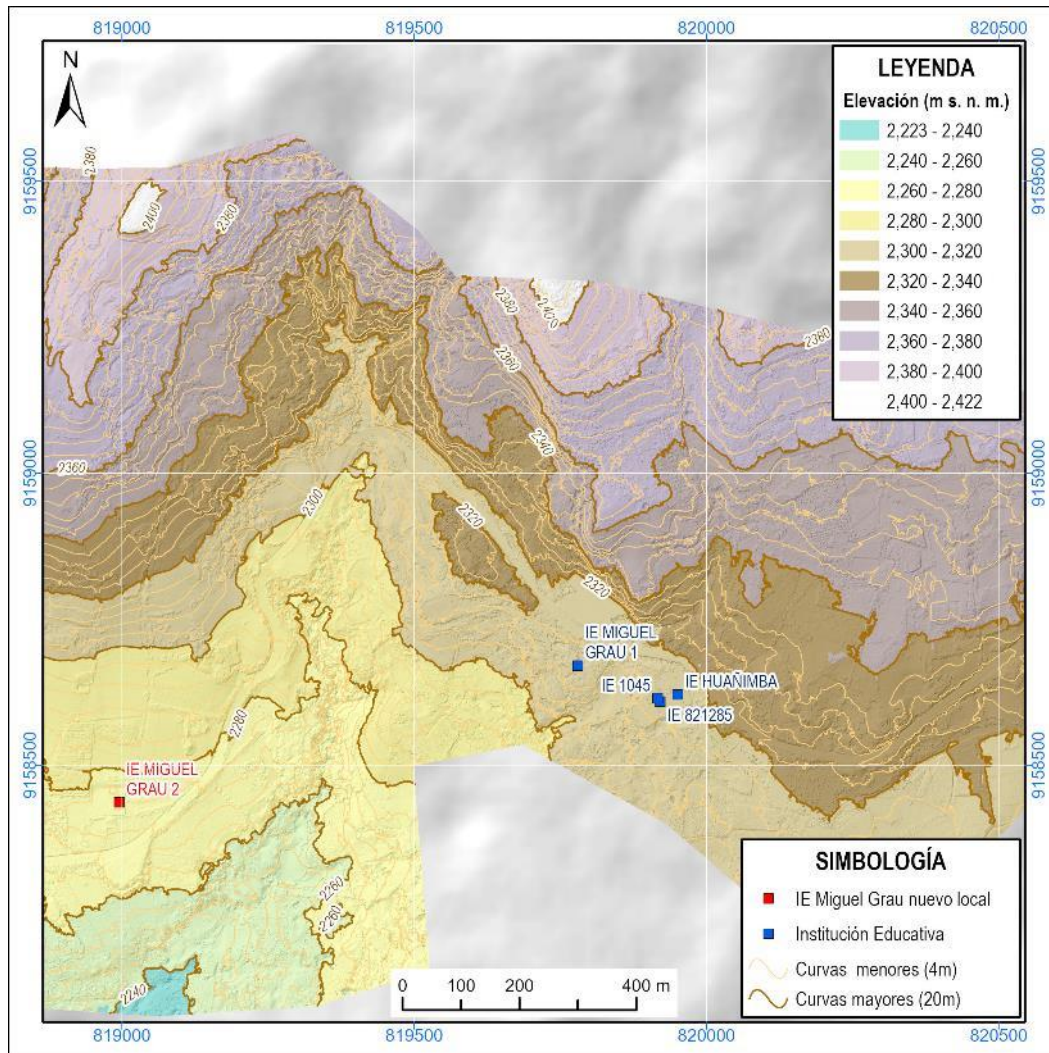


Figura 6. Modelo digital de elevaciones del sector evaluado.

4.2. Pendiente del terreno

La zona evaluada, presenta terrenos de inclinados con pendiente suave (1° a 5°) pendientes moderada (5° a 15°), los cuales modelan geoforma de lomada en roca sedimentaria, y pendientes fuertes a muy fuertes (15° a 45°) con geoforma de vertiente coluvio deluvial y vertiente con depósito de deslizamiento, donde se han generado movimientos en masa (Figura 7; mapa 2).

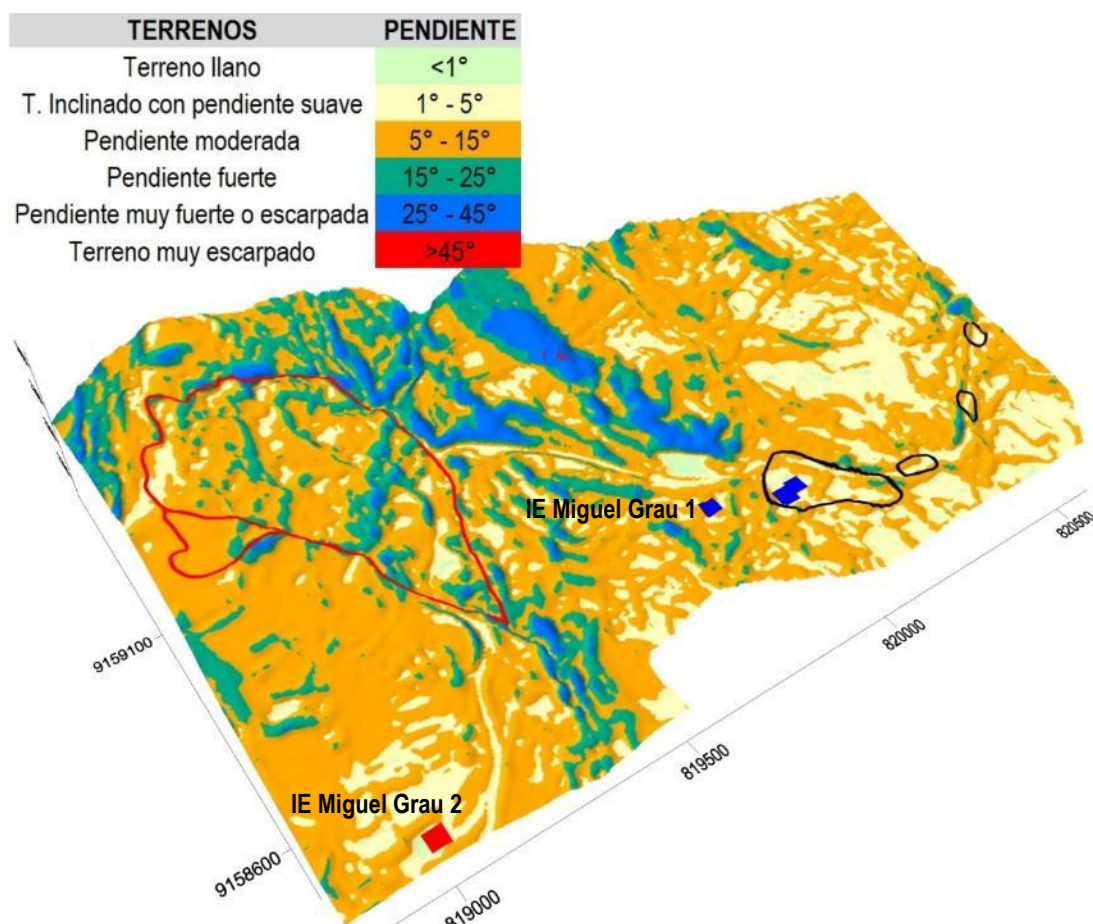


Figura 7. Modelo 3D de las pendientes del sector evaluado; el deslizamiento suspendido está delimitado en línea roja y los procesos de reptación identificados se encuentran delimitados con líneas negras, las instituciones educativas por cuadrados rojos y azules.

4.3. Unidades geomorfológicas

De acuerdo a su origen, en el sector evaluado, se distinguen geformas tanto de carácter tectónico degradacional y erosional (Lomada en roca sedimentaria: L-rs), como de carácter deposicional y agradacional (Vertiente coluvio deluvial: V-cd, vertiente con depósito de deslizamiento: V-dd, depósito antrópico: D-an, piedemonte aluvial: P-a y terraza fluvial: T-f), (Figura 8, mapa 3).

4.3.1. Geformas de carácter tectónico degradacional y erosional

Resultan del efecto progresivo de los procesos morfodinámicos degradacionales sobre los relieves iniciales originados por la tectónica o sobre algunos paisajes construidos por procesos exógenos agradacionales. Estos procesos conducen a la modificación parcial o total de ellos a través del tiempo geológico y bajo condiciones climáticas cambiantes (Villota, 2005).

Unidad de lomada

Esta unidad geomorfológica, presenta menor altura que una montaña (menos de 300 m desde el nivel base local); además, presentan una inclinación menor de 10°, sus cimas con amplias, redondeadas y alargadas con pendientes menores.

- Subunidad de lomada en roca sedimentaria (L-rs)

Relieve modelado en rocas sedimentarias reducidos por procesos denudativos, conforman elevaciones alargadas, esta geoforma se identificó al norte y al oeste del sector evaluado.

4.3.2. Geoformas 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 Piedemontes

Estas geoformas son resultado del conjunto de procesos geomorfológicos constructivos, determinados por fuerzas de desplazamiento, como por agentes móviles, tales como: el agua de escorrentía y los vientos, los cuales tienden a nivelar hacia arriba la superficie de la tierra, mediante el depósito de materiales sólidos resultantes de la denudación de terrenos.

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

Son terrenos cóncavos con pendientes de moderada a muy fuerte (15° a 45°), producto de la acumulación de suelos transportados por deslizamientos; su relieve es escalonado.

- Subunidad de piedemonte aluvial (P-a)

Constituidos por material inconsolidado, consistente en grava mezclados con finos de limo y arena, el material se encuentra distribuido caóticamente. Este tipo de geoformas se aprecian al sur del sector evaluado.

- Terraza fluvial (T-f)

Litológicamente está compuesta por fragmentos rocosos heterogéneos (bloques, gravas, arenas, etc.), son transportados por la corriente de la quebrada Honda a grandes distancias, se depositan formando terrazas bajas.



Figura 8. Subunidades geomorfológicas identificadas en los sectores evaluados.

5. PELIGROS GEOLÓGICOS

Por efectos del sismo del 26 de mayo del 2019 (magnitud 8, epicentro Lagunas, departamento Loreto) en el sector de Huañimba (altura del km 1161+370 hasta el km 1161+740) se activó un deslizamiento, que en la actualidad se encuentra inactivo, sin embargo, se podría volver a activar con sismos de gran intensidad, o lluvias extremas.

Dentro del contexto litológico, en el sector se observan afloramientos de lutitas y areniscas de la Formación Cajabamba, calificadas como rocas de mala calidad, muy susceptibles a la generación de movimientos en masa como deslizamientos.

Se observó asentamientos a lo largo de la carretera. Cabe mencionar que el cimiento o base de esta vía, se encuentra sobre depósitos antropogénicos (vertidos como material de relleno para nivelar el terreno para la construcción de alcantarillas en la carretera).

Se identificó un proceso de asentamiento, debido a la alta humedad en suelos con arcillas de alta plasticidad, que podría afectar la infraestructura de tres Instituciones Educativas: Inicial N° 1045, Institución Educativa Programa no escolarizado Huañimba e Institución Educativa Primaria N° 821285 (Figura 9), las cuales se verían afectadas si no se toman las medidas de control del riesgo correspondientes.

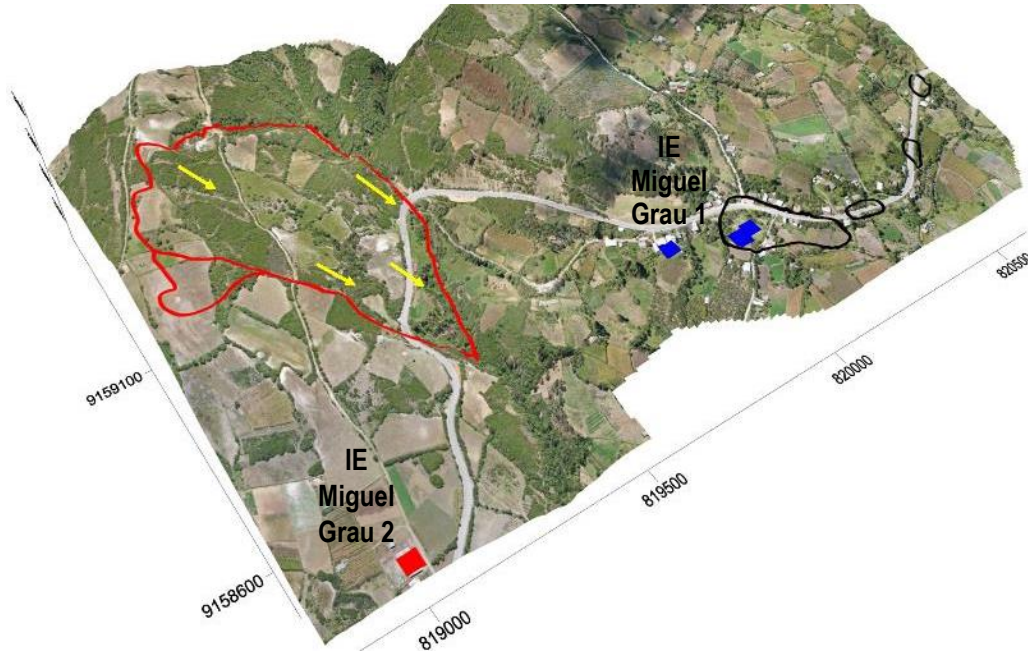


Figura 9. Modelo 3D en el sector Huañimba, donde se muestra el deslizamiento suspendido (Línea roja) y las zonas de asentamientos (línea negra); también se indican las instituciones educativas de Huañimba (en cuadrados azules) y la nueva IE Miguel Grau en Huañimbita (en cuadrado rojo).

A continuación, se describen los eventos de deslizamiento y asentamientos por sectores producidos en las zonas evaluadas:

5.1. Deslizamiento Huañimba

5.1.1. Descripción

Este movimiento en masa abarca 20 ha y se ha desarrollado sobre un deslizamiento antiguo, en terrenos con pendiente moderada (5° a 15°) a muy fuerte (25° a 45°); y cuyos materiales geológicos están compuestos por arenas, limos y arcilla de plasticidad media, con escaso material orgánico de un depósito coluvio deluvial, que cubre a las areniscas poco consolidadas, muy fracturadas y altamente meteorizadas de la Formación Cajabamba.

Dicho evento ha afectado terrenos agrícolas (trigo y maíz) y 370 m de la vía asfaltada PE-3N.

El desplazamiento de este deslizamiento ha quedado suspendido en la ladera de pendiente moderada a fuerte, por lo que podrían seguir movilizándose ladera abajo, ante la presencia de sismos o lluvias intensas prolongadas.

5.1.2. Análisis longitudinal del deslizamiento Huañimba

En el perfil longitudinal A-A' (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** 10) se aprecia la distribución de los materiales geológicos (Formación Cajabamba, depósito coluvio deluvial y depósito antropógeno)

y la ubicación de la vía nacional PE-3N afectada por el deslizamiento rotacional suspendido.

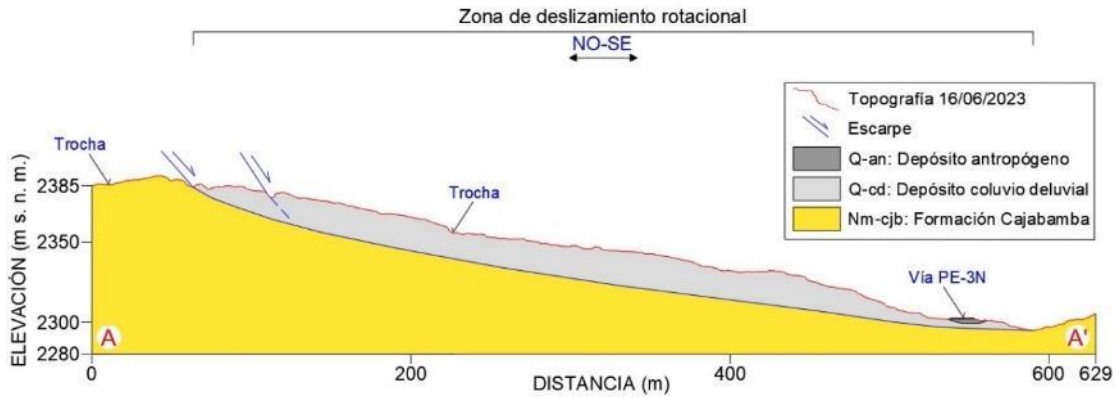


Figura 10. Perfil longitudinal A-A' que representa la distribución de los materiales geológicos, escarpes y elementos expuestos a daños.

En la Figura 11 se muestra el escarpe principal con un salto hasta 4 m en el terreno.

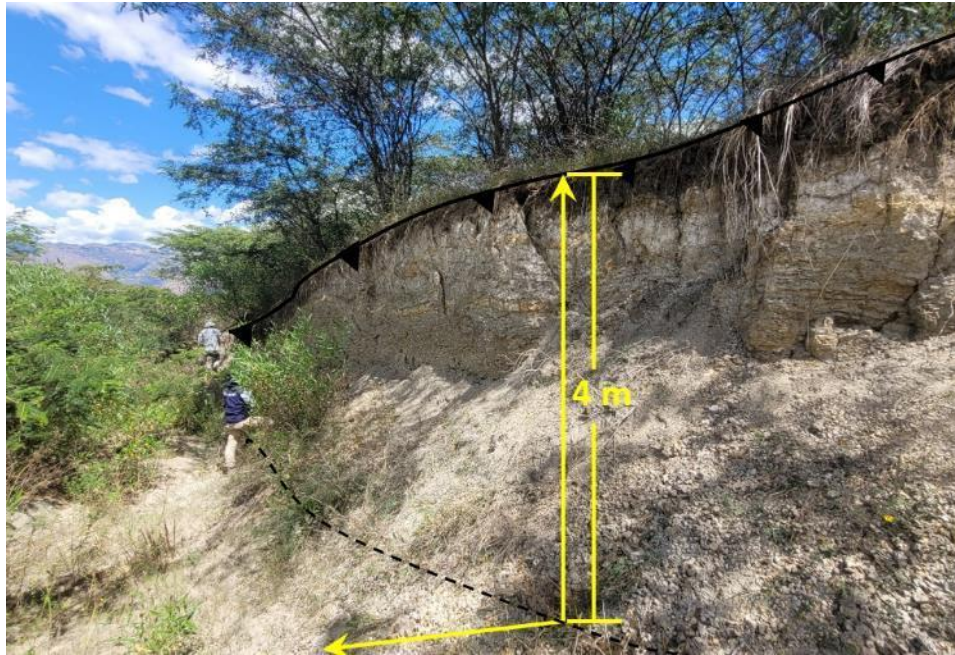


Figura 11. Vista del escarpe principal del deslizamiento, salto vertical de 4 m.

La ausencia de un sistema de drenaje de aguas de escorrentía superficial en el cuerpo de deslizamiento; condiciona que estos terrenos se saturen y se encuentren susceptibles hacer removidos y reactivados ante un nuevo movimiento sísmico o lluvias prolongadas.

Entre 100 a 240 m del cuerpo del deslizamiento Huañimba se visualizan agrietamientos con longitudes de 2 a 5 m (Figura 12 y 13), en superficies, que facilitan la infiltración de aguas pluviales y que saturan el suelo, con el tiempo genera inestabilidad.



Figura 12. Agrietamiento (línea roja discontinua), con longitud de 2 m y ancho de 12 cm, ubicada en la margen derecha, fuera del cuerpo del deslizamiento.
Coordenadas: E: 818874, N: 9158773.



Figura 13. Agrietamiento (línea roja discontinua), con longitud de 5 m y ancho de 20 cm, ubicada en la margen derecha, fuera del cuerpo del deslizamiento.
Coordenadas: E: 818907, N: 9158733.

5.1.3. Características visuales y morfométricas del deslizamiento

- Tipo de movimiento: Deslizamiento rotacional.
- Estado: Suspendido.
- Tipo de avance: Progresivo.
- Velocidad: Moderado.
- Deformación del terreno: Escalonado.

Morfometría del deslizamiento

- Área: 20 hectáreas.
- Perímetro: 1 919 m.
- Diferencia de alturas corona y pie de deslizamiento: 112 m.
- Longitud horizontal corona a punta: 530 m.
- Dirección del movimiento: NO - SE
- Ancho de la superficie de falla: 393 m.
- Salto principal: 4 m.

Factores condicionantes

- Litología y naturaleza incompetente de materiales, compuesto suelos areno limosos arcilloso de plasticidad media.
- Ladera de pendiente de moderada fuerte (5° a 25°), que conforman geformas de lomadas en rocas sedimentarias y vertientes con depósito de deslizamiento, muy susceptibles a movimientos en masa.
- Ausencia de drenajes adecuados.

Factor detonante

- Eventos sísmicos, como el ocurrido el 26 de mayo del 2019, con epicentro en el sector Lagunas, departamento de Loreto.

Daños ocasionados

- 370 m de vía asfaltada Cajamarca-Cajabamba.



Fotografía 3. Carretera Cajamarca – Cajabamba, agrietada en el km 1161+370.
Fuente: Núñez, S. 2019.



Fotografía 4. Carretera Cajamarca – Cajabamba, agrietada en el km 1161+740.
Fuente: Núñez, S. 2019.

5.2. Asentamientos diferenciales en tramo de carretera Cajamarca – Cajabamba (Km 1159 al 1161)

En la vía asfaltada, en los tramos Km. 1159+970 al Km. 1160+025, Km 1160+187 al Km 1160+227, Km 1160+389 al Km 1160+467, se observan asentamientos diferenciales (Figuras 14 al 18 y Fotografías 5 y 6), los cuales son originados por asentamiento diferencial en los terrenos con mayor altura de relleno (alcantarillas), aunado a la alta transitabilidad de vehículos pesados, evidenciados en el deterioro de la carpeta asfáltica en estos tramos.

Sin embargo, en el tramo del Km 1160+506 al Km 1160+716, se observa un asentamiento diferencial en la carretera, directamente influenciado por el mal drenaje, que permite que las aguas que provienen de la parte alta, se acumulen (Figuras 19 al 21), y generen asentamientos y agrietamientos en los terrenos en la parte baja, focalizados y a una distancia de 50 m de las instituciones educativas N° 1045 y N° 821285.



Figura 14. Asentamiento (línea discontinua amarilla), en la carretera Cajamarca – Cajabamba.
Coordenadas: E: 819935, N: 9158680.



Figura 15. Fractura en canal revestido, originada por asentamiento de la carretera.
Coordenadas: E: 819466, N: 9158579.



Figura 16. Asentamiento (línea discontinua amarilla), en la carretera Cajamarca – Cajabamba.
Coordenadas: E: 820088, N: 9158553.



Figura 17. Desplazamiento horizontal en canal revestido (líneas discontinuas amarillas), originado por el asentamiento en la carretera.
: E: 820110, N: 9158536.



Fotografía 5. Fracturas en canal revestido, originada por asentamiento de la carretera (hacia la derecha)
Coordenadas: E: 820136, N: 9158539.



Figura 18. Asentamiento (delimitado en línea discontinua amarilla), en la carretera Cajamarca – Cajabamba.
Coordenadas: E: 820195, N: 9158520.



Fotografía 6. Agrietamientos en alcantarilla originados por asentamiento de la carretera.
Coordenadas: E: 820360, N: 9158581.

En la figura 19 se observa la infraestructura abandonada de un puesto de salud por agrietamientos de paredes ante la humedad, no relacionado a eventos de sismo o deslizamiento, lo cual se verifica con la presencia de acumulación de aguas como la presentada en la figura 20.



Figura 19. Infraestructura de un antiguo puesto de salud abandonada por agrietamientos debidos a la humedad (líneas discontinuas amarillas).
Coordenadas: E: 819972, **N:** 9158620.



Figura 20. Se observa con líneas discontinuas amarillas, canaletas sin revestimiento y con líneas discontinuas celestes, acumulación de agua en el terreno, debido a la falta de un sistema de drenaje adecuado.
Coordenadas: E: 819975, **N:** 9158647.

También se puede mencionar que estos terrenos presentan una pendiente suave que permite que el agua proveniente de alcantarilla se acumule y humedezca los terrenos (figura 21 y 22), lo que va condicionando las reptaciones de suelos (deslizamiento superficial lento, predecesor de deslizamientos).



Figura 21. La pendiente suave, permite que el agua proveniente de la alcantarilla y la falta de un sistema de drenaje adecuado se acumule y sature el terreno.

Coordenadas: E: 819977, N: 9158643.

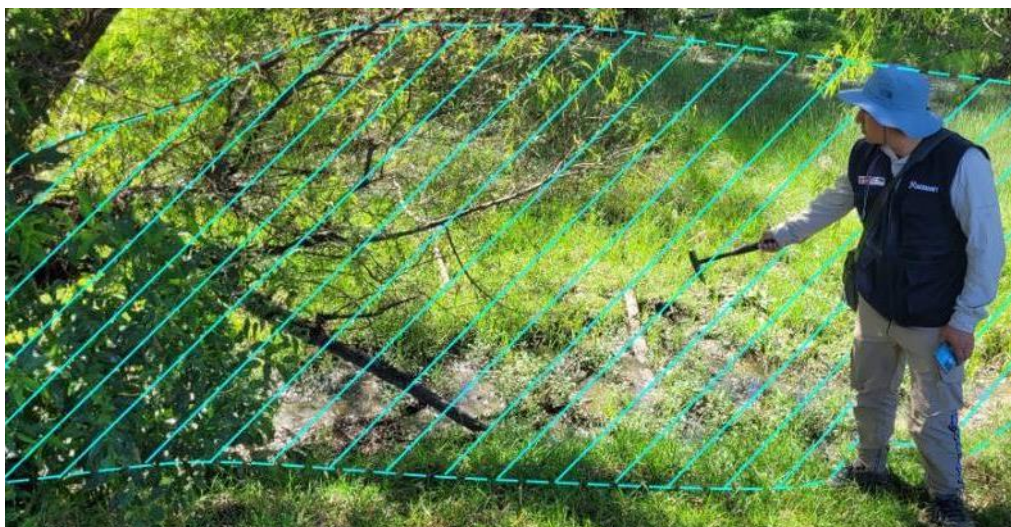


Figura 22. Se puede observar la zona en donde se empoza el agua debido a la topografía del terreno y la falta de un sistema de drenaje adecuado para evacuarla.

Coordenadas: E: 819975, N: 9158647.

En el perfil longitudinal B-B' (Figura 23) se aprecia la distribución de los materiales geológicos (Formación Cajabamba, depósito aluvial y depósito antropógeno), sobre el cual se asienta la I.E. 821285, y a 50 m de la zona de acumulación de agua (mostrada en color azul), la cual puede saturar el terreno aguas abajo y generar asentamientos diferenciales, afectando la Institución Educativa (figuras 24, 25 y 26).

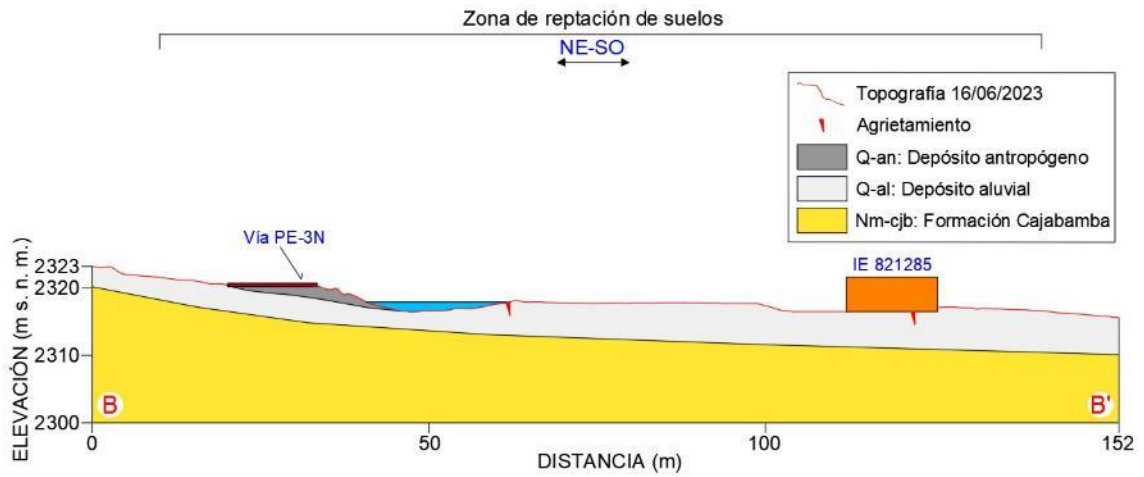


Figura 23. Perfil longitudinal B-B'.



Figura 24. Cuneta sin revestimiento y agrietamiento en institución educativa.
 Coordenadas: E: 819910, N: 9158624.



Figura 25. Agrietamiento en vereda, ubicada en parte posterior de institución educativa.
 Coordenadas: E: 808638, N: 9157504.



Figura 26. Agrietamiento en piso del almacén de institución educativa.
Coordenadas: E: 808638, N: 9157504.

5.3 Peligros geológicos en Instituciones Educativas Miguel Grau Seminario

En la zona evaluada se tenemos dos infraestructuras que corresponde a la Institución Educativa Miguel Grau Seminario, detallándose a continuación su estado situacional en relación con el deslizamiento.

5.3.1 Institución Educativa Migue Grau Seminario – 1

Con coordenadas UTM WGS 84 – 17S, Este: 819765 y Norte: 9158695, se encuentra a una distancia de 450 m al sur este del deslizamiento.

En este local tenemos dos construcciones, la construcción antigua (color celeste y azul), se aprecian agrietamientos en la vereda (Figura 27), propios del asentamiento (leve), de la infraestructura, así como una grieta de 1 m de longitud en la pared (Fotografía 7), no se evidencia mayor afectación, en la parte posterior de la construcción es necesario revestir la canaleta de drenaje, para evitar la saturación del terreno que pueda dar origen a asentamientos diferenciales.



Figura 27. Agrietamiento en vereda, de local antiguo.
Coordenadas: E: 819787, N: 9158684.



Fotografía 7. Agrietamiento en pared de local antiguo.
Coordenadas: E: 819770, N: 9158669.



Fotografía 8. Cuneta de drenaje de institución educativa sin revestimiento
Coordenadas: E: 819781, N: 9158662.

La construcción nueva (color blanco), las paredes, pisos y plataforma no presentan afectación alguna (Fotografía 7 y 8), es necesario revestir y mantener limpias las cunetas de drenaje.



Fotografía 7. Patio de local actual no presenta ninguna fisura en paredes y patio.
Coordenadas: E: 819769, **N:** 9158685.



Fotografía 8. Pisos y paredes de aulas no presentan grietas.
Coordenadas: E: 819762, **N:** 9158676.

5.3.2 Institución Educativa Migue Grau Seminario – 2

Ubicada con coordenadas UTM WGS 84 – 17S, Este: 818992 y Norte: 9158433, a 440 m al sur oeste del deslizamiento (Fotografía 8).

En las paredes de casi toda la institución se observan grietas, las cuales han sido resanadas, en los pisos también se aprecian grietas (Fotografía 28), propios del asentamiento (leve), de la infraestructura, no se evidencia mayor afectación, en el entorno de la construcción es necesario la construcción de canaletas (revestidas) de drenaje, para evitar la saturación del terreno que pueda dar origen a asentamientos diferenciales.



Figura 28. Piso en el patio principal presenta agrietamientos por efectos constructivos.
Coordenadas: E: 818993, N: 9158445.



Figura 29. Vereda de patio principal presenta agrietamientos por efectos constructivos.
Coordenadas: E: 818989, N: 9158451.



Figura 30. Paredes de servicios higiénicos con agrietamientos producto de cimentación irregular del terreno.



Figura 31. Paredes de aulas agrietadas por cimentación irregular del terreno.



Figura 32. Paredes de pasadizo agrietadas por cimentación irregular del terreno.

6. CONCLUSIONES

- a. Se ha cartografiado un deslizamiento rotacional de 20 ha, ubicados entre los 2 288 y 2 400 m; con un escarpe principal de 4 m de salto vertical, el movimiento afectó terrenos con cultivos y a la carretera Cajamarca – Cajabamba (PE-3N) en el tramo km 1161+370 – 1161+740. A la fecha no existen signos que las instituciones educativas Miguel Grau Seminario puedan ser afectadas por el deslizamiento.
- b. Los terrenos presentan moderada a fuerte pendiente, que conforman geoformas de lomadas en roca sedimentaria, vertientes de depósito de deslizamiento (originado por la acumulación de suelos transportados por antiguos movimientos en masa), piedemonte aluvial y terraza fluvial.
- c. El factor detonante del deslizamiento, fue el sismo del 26 de mayo del 2019, con epicentro en el sector Lagunas en el departamento de Loreto, con magnitud 8. Afectó a la carretera nacional PE-3N (tramo Cajabamba-Cajamarca) entre la progresivas 1161+370 y 1161+740.
- d. Cabe mencionar, que el riesgo sísmico se evalúa regionalmente, en base a información proporcionada por el IGP. Siendo así que la región, en donde se ubican los centros educativos evaluados, se localizan en la zona sísmica ZONA 3 según el mapa de zonas sísmicas del IGP. Pero, sismos que ocurren a cientos de kilómetros, tanto en la selva como en la costa, tienen incidencia en el territorio y pueden afectar (dependiendo de su magnitud) la infraestructura y desencadenar movimientos en masa como caídas de rocas, avalanchas de detritos y deslizamientos; como lo que ocurrió con el sismo del 26 de mayo 2019.
- e. En el local de la Institución Educativa Miguel Grau Seminario – 1, sector Huañimba, cuya construcción se realizó antes del sismo del 26 de mayo de 2019, se aprecian ligeros agrietamientos en la vereda y paredes producto de asentamientos diferenciales leves, aspectos constructivos y sismo en mención.
- f. En el local de la Institución Educativa Miguel Grau Seminario – 2, sector Huañimbita, cuya construcción también se realizó antes del sismo del 26 de mayo de 2019, se aprecian agrietamientos en casi todas las paredes y pisos del local (las cuales han sido resanadas), propias de un asentamiento diferencial leve, aspectos constructivos y afectación del sismo en mención.
- g. Por las condiciones geomorfológicas y geodinámicas, el deslizamiento ubicado en la carretera PE-3N, entre las progresiva 1161+370 y 1161+740, se considera como de **Peligro Muy Alto** ante la ocurrencia de sismos y lluvias intensas y prolongadas.
- h. Durante la evaluación se identificó acumulación de agua a 50 m de la institución educativa inicial de Huañimba, N° 1045 y primaria N° 821285, debido a la falta de un sistema de drenaje, lo cual podría saturar los terrenos y causar asentamientos que afectarían la construcción.
- i. A lo largo de la carretera entre el tramo del km. 1159 al km. 1161, se identificaron asentamientos, originados por temas del material de afirmado para la construcción de la vía y la alta transitabilidad de maquinaria pesada.

7. RECOMENDACIONES

- a) Construir drenes de coronación y perimetrales impermeabilizados sobre y alrededor de los terrenos afectados por el deslizamiento (Anexo 2A – Figura 33).
- b) Reforestar las laderas con especies nativas y de raíces densas (Anexo 2b – Figura 34 y Fotografía 9).
- c) Prohibir el riego por inundación en los terrenos aledaños y dentro del cuerpo del deslizamiento, implementar riego por goteo.
- d) Capacitar a la población y en especial a los estudiantes en Gestión del Riesgo de Desastres.
- e) Mejorar el drenaje en el entorno de las instituciones educativas, las cunetas y canales deben ser revestidos, para evitar la infiltración de agua y saturación de los terrenos, lo cual podría dar origen a asentamientos diferenciales que afecten las construcciones.
- f) En el km. 1160+506, donde se ha identificado la acumulación de agua, debe implementarse un sistema de drenaje adecuado, para evitar la saturación del terreno donde se ubica la institución educativa inicial.
- g) Realizar estudios geotécnicos (cimentaciones) con la finalidad de determinar los asentamientos que están afectado a las instituciones educativas inicial de Huañimba, N° 1045 y primaria N° 821285.
- h) Elaborar una evaluación de riesgos EVAR ante el peligro de deslizamiento, para determinar las viviendas e infraestructura ubicadas en zonas de riesgo alto y muy alto que deberían ser reubicadas, de ser el caso; además de medidas de control de riesgos adicionales.

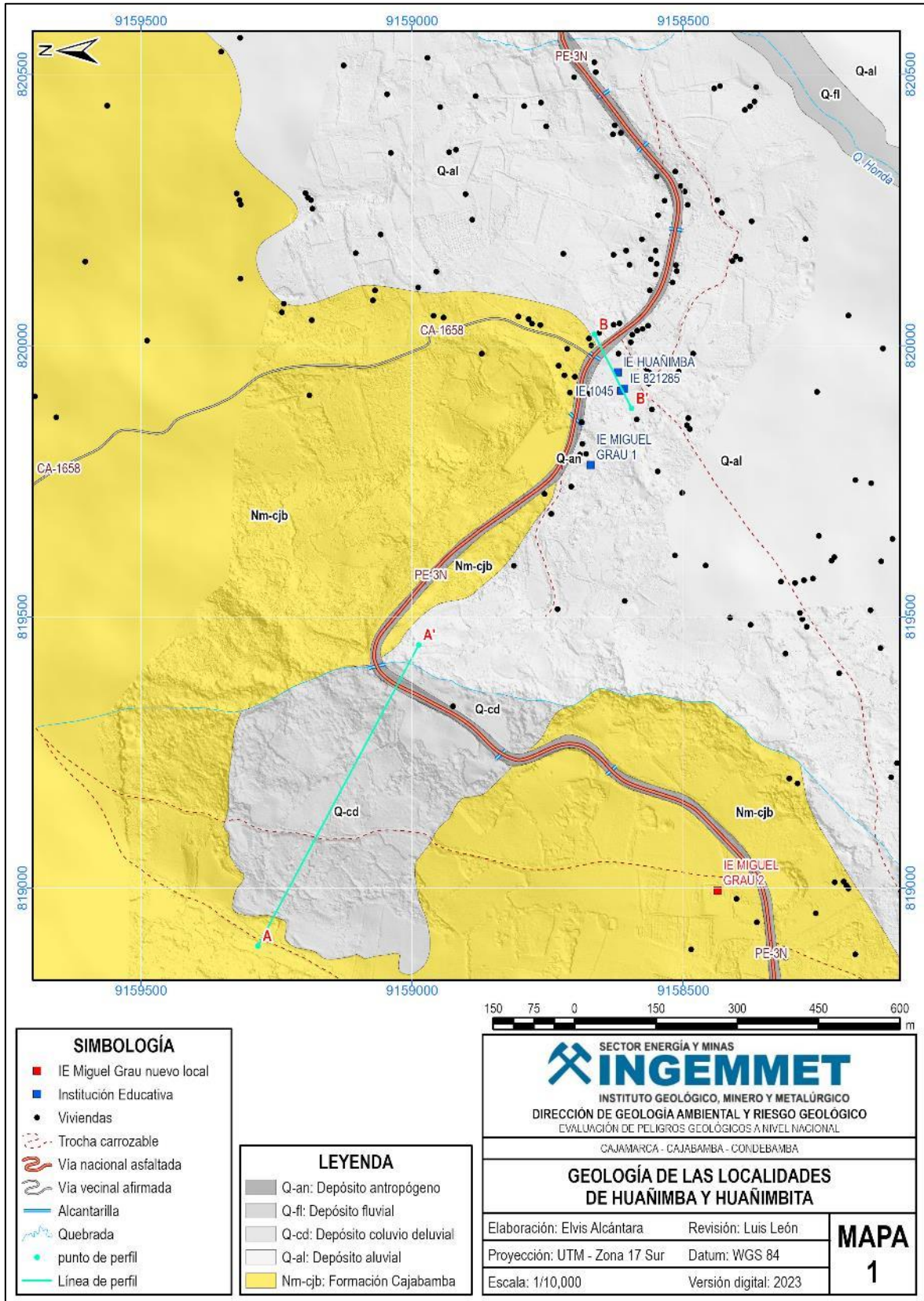

LUIS MIGUEL LEON ORDAZ
Ingeniero Geólogo
Reg.CIP. N° 215610


Ing. LIONEL V. FIDEL SMOLL
Director
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico
INGEMMET

8. BIBLIOGRAFÍA

- 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
- Ingemmet. (2021). *Mapas geológicos integrados 50k ver 2021*. <https://geocatmin.ingemmet.gob.pe/geocatmin/>
- 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.
- Tavera, H. (2019). *Sismo de Lagunas del 26 de mayo del 2019 (M8.0): aspectos sismológicos*.
- 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.

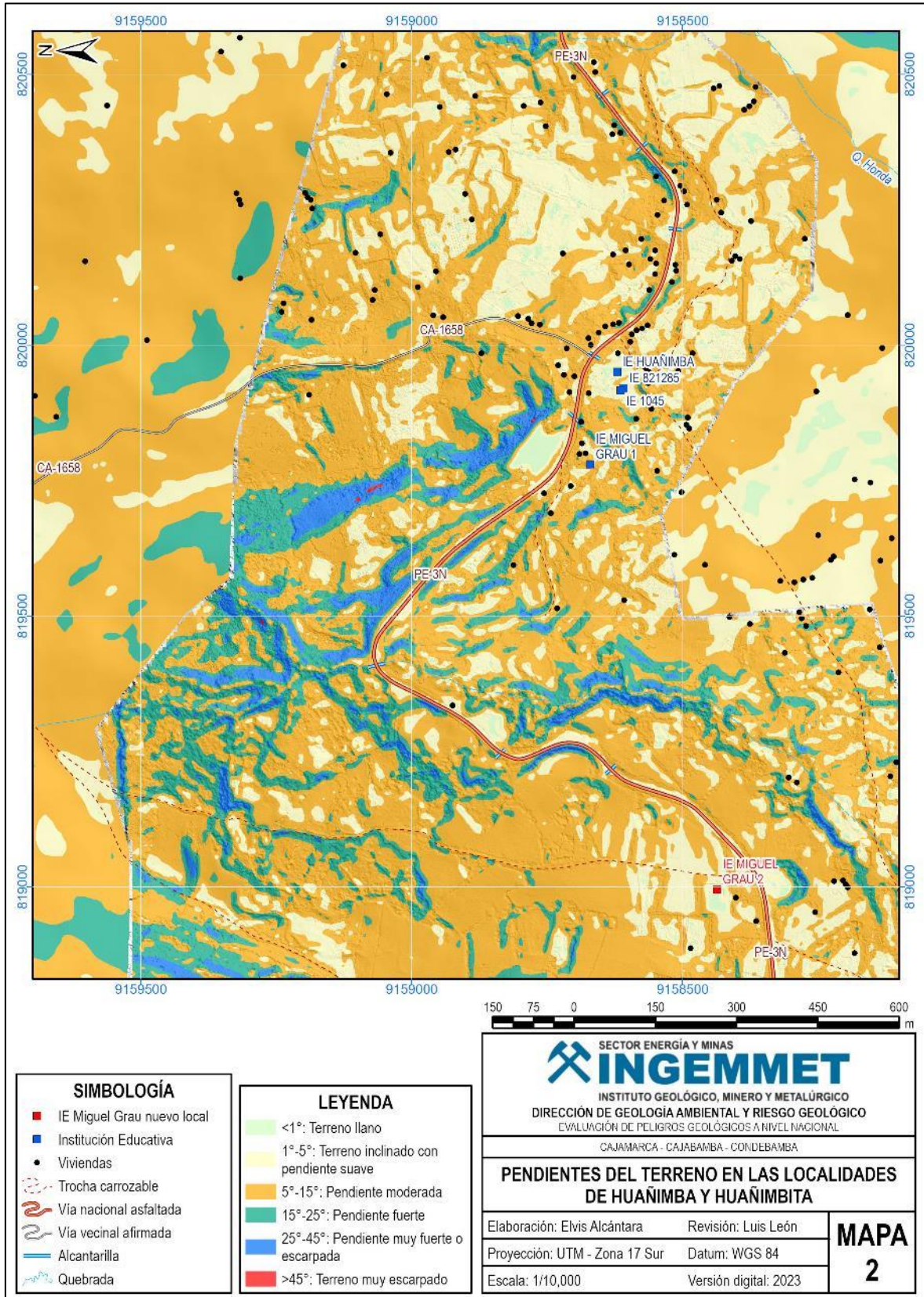
ANEXO 1. MAPAS

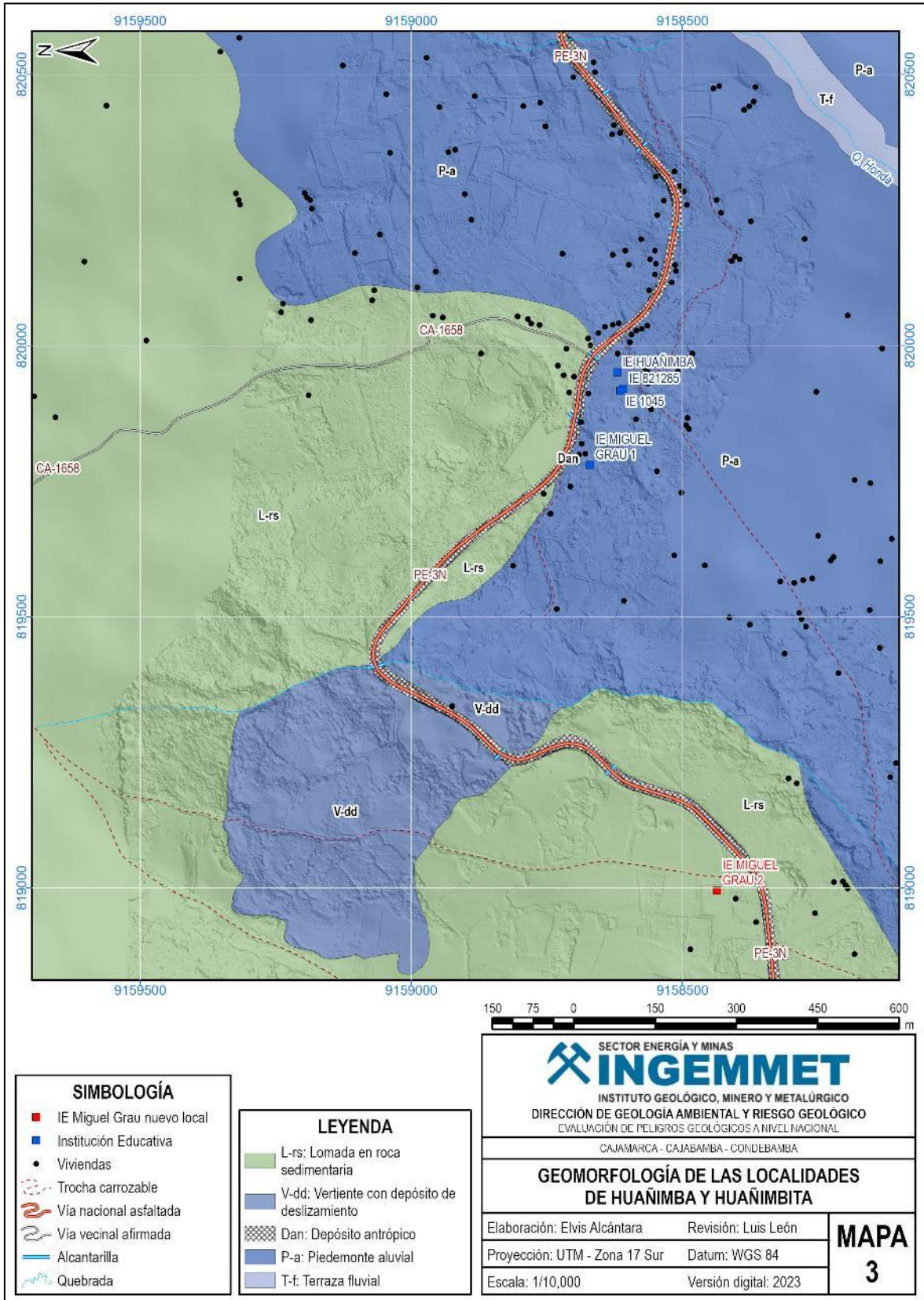


SIMBOLOGÍA	
■	IE Miguel Grau nuevo local
■	Institución Educativa
●	Viviendas
⋯	Trocha carrozable
	Vía nacional asfaltada
	Vía vecinal afirmada
	Alcantarilla
	Quebrada
●	punto de perfil
—	Línea de perfil

LEYENDA	
	Q-an: Depósito antropógeno
	Q-fl: Depósito fluvial
	Q-cd: Depósito coluvio deluvial
	Q-al: Depósito aluvial
	Nm-cjb: Formación Cajabamba

 SECTOR ENERGÍA Y MINAS INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL CAJAMARCA - CAJABAMBA - CONDEBAMBA	
GEOLOGÍA DE LAS LOCALIDADES DE HUANIMBA Y HUANIMBITA	
Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León
Proyección: UTM - Zona 17 Sur	Datum: WGS 84
Escala: 1/10,000	Versión digital: 2023
MAPA	
1	

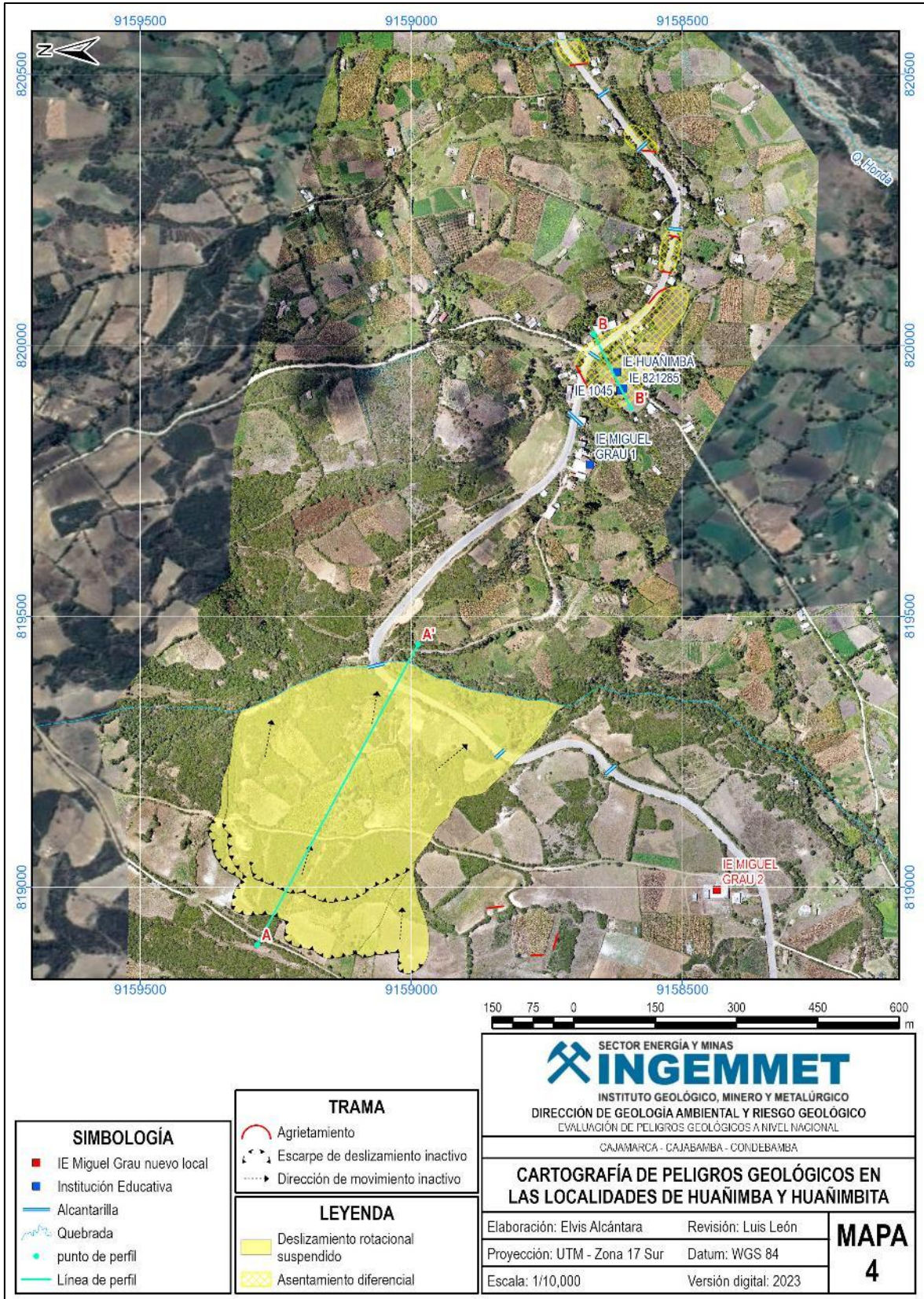




SIMBOLOGÍA	
■	IE Miguel Grau nuevo local
■	Institución Educativa
●	Viviendas
	Trocha carrozable
	Via nacional asfaltada
	Via vecinal afirmada
	Alcantarilla
	Quebrada

LEYENDA	
	L-rs: Lomada en roca sedimentaria
	V-dd: Vertiente con depósito de deslizamiento
	Dan: Depósito antrópico
	P-a: Piedemonte aluvial
	T-f: Terraza fluvial

 SECTOR ENERGÍA Y MINAS INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL CAJAMARCA - CAJABAMBA - CONDEBAMBA	
GEOMORFOLOGÍA DE LAS LOCALIDADES DE HUANIMBA Y HUANIMBITA	
Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León
Proyección: UTM - Zona 17 Sur	Datum: WGS 84
Escala: 1/10,000	Versión digital: 2023
MAPA	
3	



ANEXO 2. MEDIDAS CORRECTIVAS

Para deslizamientos

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

a. Drenaje Superficial

Las zanjas construidas permiten la recolección de aguas superficiales, captan la escorrentía tanto de la ladera, como de la cuenca de drenaje arriba del talud y desvía el agua a las quebradas adyacentes al cuerpo de los movimientos en masa, evitando su infiltración, captando el agua de escorrentía, llevándola a un sitio lejos del movimiento en masa. Éstas deben ser construidas en la parte superior al escarpe principal del deslizamiento (Figura 33). 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.

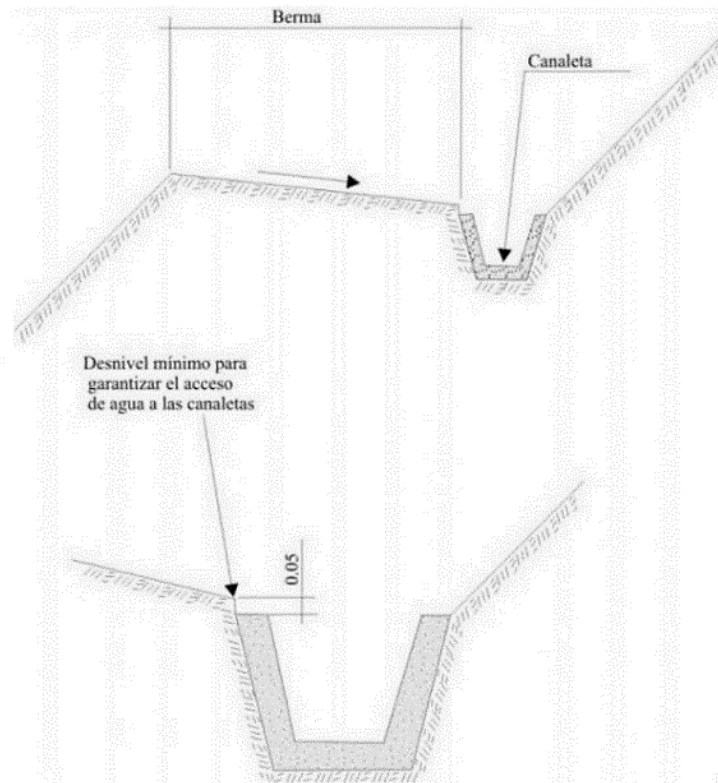


Figura 33. Detalle una canaleta de drenaje superficial (zanjas de coronación). Tomado de INGEMMET (2000).

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).

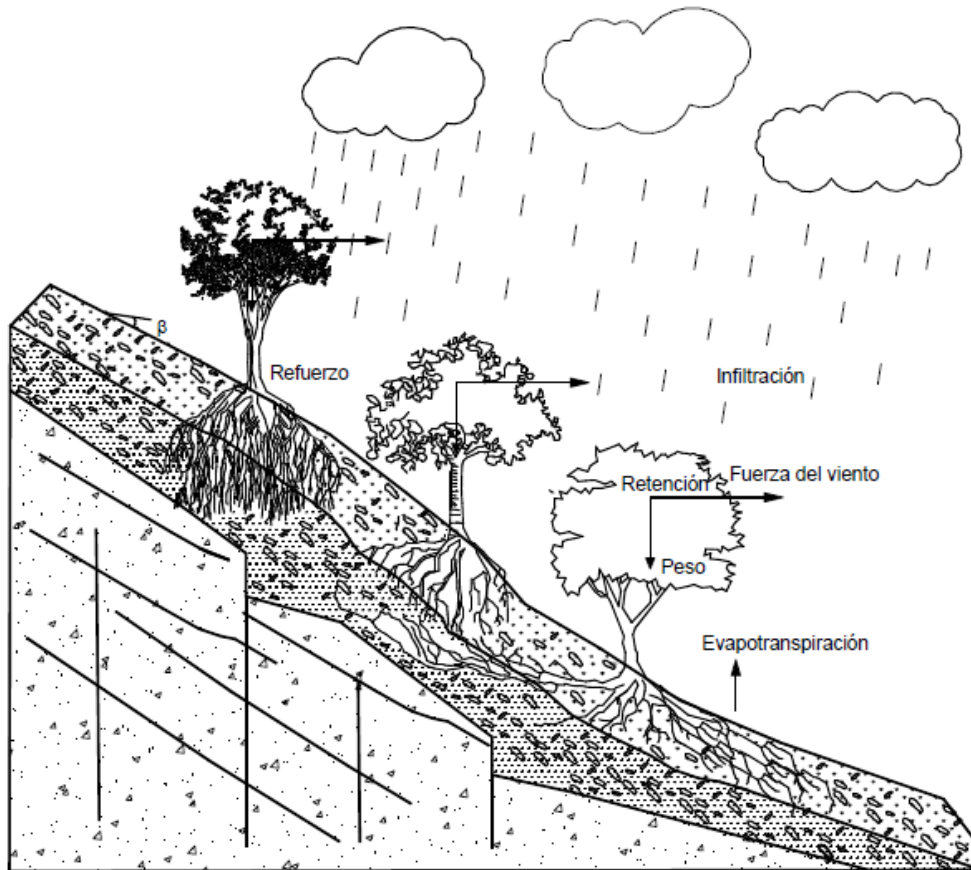


Figura 2. Estabilización de taludes utilizando vegetación. **Fuente:** Suarez, Díaz 2007.



Fotografía 1. Ejemplo de bioingeniería con arbusto (vetiver) en taludes de materiales sueltos.