

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7718

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR REPTACIÓN DE SUELOS Y DERRUMBE EN LA LOCALIDAD DE CARHUASUCCHA

Departamento: La Libertad

Provincia: Pataz

Distrito: Buldibuyo



ENERO
2026

**EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR REPTACIÓN DE SUELOS Y
DERRUMBE EN LA LOCALIDAD DE CARHUASUCCHA**

***Distrito Buldibuyo
Provincia Pataz
Departamento La Libertad***



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

Equipo Técnico:

Luis Miguel León Ordáz

Elvis Rubén Alcántara Quispe

Referencia bibliográfica

León, L. (2026). "Evaluación de peligros geológicos por derrumbe y reptación de suelos en la localidad de Carhuasuccha". Distrito Buldibuyo provincia Pataz, departamento La Libertad. Lima: Ingemmet, Informe Técnico N° A7718, 32p.

ÍNDICE

RESUMEN.....	4
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. Población	7
1.3.3. Accesibilidad	8
1.3.4. Clima.....	8
2. DEFINICIONES	10
3. ASPECTOS GEOLÓGICOS.....	12
3.1. Unidades litoestratigráficas.....	12
3.1.1 Grupo Mitu (PET-m).....	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.....	14
4.3.1. Unidades de carácter tectónico degradacional y erosional	15
4.3.2. Unidades de carácter depositacional y agradacional.....	15
5. PELIGROS GEOLÓGICOS	16
5.1 Reptación de suelos.....	16
5.2. Derrumbe	20
6. CONCLUSIONES	22
7. RECOMENDACIONES.....	23
8. BIBLIOGRAFÍA	24
ANEXO 1. MAPAS	25
ANEXO 2. PROPUESTA DE MEDIDAS CORRECTIVAS	29

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 (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.

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por derrumbes y reptación de suelos en la localidad de Carhuasuccha, distrito Buldibuyo, provincia Pataz, departamento La Libertad.

El sustrato rocoso está conformado por areniscas, limolitas y conglomerado, rojo oscuros bien estratificados en capas delgadas a medianas del Grupo Mitu, cubiertas por depósitos coluviales, de bloques, cantos y gravas angulosas en matriz de arenas, susceptibles a procesos de movimientos en masa.

Las unidades geomorfológicas que moldean la zona evaluada y alrededores, corresponden a montañas en roca sedimentarias, vertiente coluvial de detritos, ambas con pendiente muy fuerte (25° a 45°) a muy escarpada (>45°), y un depósito antrópico con terrenos llanos (<1°) a pendiente moderada (5° a 15°).

Se identificaron procesos de reptación de suelos y derrumbes. El primero afectó una institución educativa (gritas en pared y pisos), y una plataforma deportiva; mientras que el segundo, ubicado al norte del sector evaluado, con su reactivación podría afectar la pared lateral de la institución educativa, y la integridad de la población estudiantil que transita por la zona. Ambos procesos de movimientos se encuentran en estado inactivo latente.

Los factores condicionantes identificados para su ocurrencia, se deben a la presencia de depósito coluvial, compuesto por bloques, gravas, gránulos, en una matriz arcillo limosa, permite la infiltración y retención del agua; la modificación del terreno (cortes de talud en laderas), con fines de construcción de viviendas y carretera; la ocupación del terreno con cultivos agrícolas, riego por inundación y ausencia de drenajes adecuados en el terreno denudado, esto contribuye con la saturación del terreno y por ende un aumento de peso de la masa inestable; que aunado a laderas de pendiente moderada (5° a 15°) a muy fuerte (25° a 45°), permite que el material suelto y la inclinación facilite el origen de movimientos, mientras que la presencia de agua actúa como un lubricante.

Los factores detonantes a la ocurrencia de derrumbes y reptación de suelos, son las lluvias de intensidad fuerte y prolongadas, así como también los sismos.

Por las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas mencionadas anteriormente, la localidad Carhuasuccha, se considera de **Peligro Alto**, a derrumbes y reptación de suelos, detonados por lluvias intensas o sismos.

1. INTRODUCCIÓN

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

Atendiendo la solicitud remitida por la Municipalidad Distrital de Buldibuyo, en el marco de nuestras competencias que se realiza una evaluación de peligros geológicos por derrumbe y reptación de suelos en la localidad de Carhuasuccha.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designó a los Ingenieros Luis Miguel León Ordáz y Elvis Rubén Alcántara Quispe.

La evaluación técnica se realizó en tres fases: a) etapa de pre-campo con la recopilación de antecedentes e información geológica y geomorfológica del Ingemmet; b) etapa de campo a través de la observación, toma de datos (sobrevuelos dron, puntos GPS, tomas fotográficas), cartografiado, recopilación de información y testimonios de población local afectada; y c) etapa de gabinete se realizó el procesamiento de toda información terrestre y aérea adquirida en campo, fotointerpretación de imágenes satelitales, cartografiado e interpretación, elaboración de mapas, figuras temáticas y redacción del informe.

Este informe se pone a consideración de la Municipalidad Distrital de Buldibuyo, Sub Gerencia de Defensa Civil del Gobierno Regional de La Libertad e instituciones técnico normativas del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres – Sinagerd, como el Instituto Nacional de Defensa Civil – INDECI y el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastre - CENEPRED, a fin de proporcionar información técnica de la inspección, conclusiones y recomendaciones que contribuyan con la reducción del riesgo de desastres en el marco de la Ley 29664.

1.1. Objetivos del estudio

El presente trabajo tiene como objetivos:

- a) Evaluar y caracterizar los peligros geológicos por movimientos en masa, en la localidad de Carhuasuccha.
- 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

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

- Informe Técnico N° A7429: Evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa en el sector Las Habas, caserío Arcaypata, distrito Buldibuyo, provincia Pataz, departamento La Libertad (Luna et al, 2023); se registran tres deslizamientos activos, ubicados al este del cerro Apushalla; otros peligros identificados que pueden afectar al sector evaluado son procesos de erosiones en cárcavas y caída de rocas, eventos que tienen potencial destructivo.
- Boletín N° 50, Serie C: Riesgo Geológico en la Región La Libertad; (Medina et al, 2012), presenta un mapa de susceptibilidad a movimientos en masa, a escala 1:250 000; donde el área evaluada, se sitúa en una zona de susceptibilidad de alta a muy alta ante la ocurrencia de movimientos en masa.
- Boletín N° 60, Serie A: Carta Geológica Nacional, Geología de los cuadrángulos de Pallasca, Tayabamba, Corongo, Pomabamba, Carhuaz y Huari. Hojas 17 – h, 17 – i, 18 – i, 19 – g y 19 - i (Escala 1: 100 000) (Wilson & Reyes, 1964);. El sector evaluado en el cuadrángulo de Pataz, registra afloramientos de arenisca, limolita y conglomerado, rojo oscuros bien estratificados en capas delgadas a medianas.

1.3. Aspectos generales

1.3.1. Ubicación

La localidad de Carhuasuccha, se ubica en el distrito de Buldibuyo, provincia Pataz, departamento La Libertad (figura 1). En la tabla 1 se consigna las coordenadas UTM WGS 84 – Zona 18S; además la coordenada central referencial del evento identificado.

Tabla 1. Coordenadas de las áreas de estudio.

N°	UTM – WGS 84 - ZONA 18S		Coordenadas Decimales (°)	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	237570	9094900	-8.1811418	-77.38181556
2	237570	9094720	-8.18276857	-77.38182523
3	237400	9094720	-8.18275948	-77.38336724
4	237400	9094900	-8.18113271	-77.38335757
Coordenada central del movimiento en masa identificado				
CC	237492	9094819	-8.18186288	-77.38251902

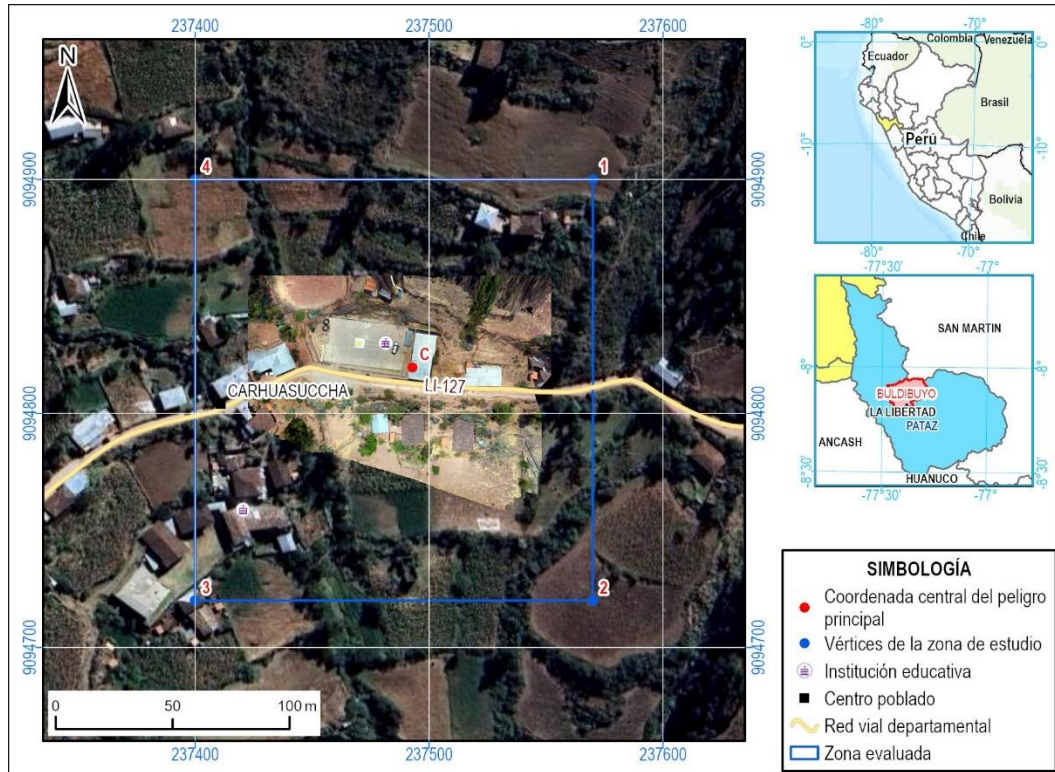


Figura 1. Ubicación del área evaluada.

1.3.2. Población

De acuerdo con la información del XII Censo de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas o Censo peruano de 2017 (INEI, 2018), la localidad de Carhuasuccha, tiene una población de 95 habitantes (tabla 2), distribuidos en 55 viviendas, sin acceso a red pública de agua.

Tabla 2. Datos de la localidad de Carhuasuccha.

Descripción	Carhuasuccha – INEI
Código de Ubigeo y Centro Poblado	1308020026
Longitud	-77.3832633330
Latitud	-8.18200000000
Altitud	2925.4
Población	95
Viviendas	55
Agua Por Red Publica	no
Energía eléctrica en la vivienda	si
Desagüe por red publica	no
Institución Educativa Inicial	no
Institución Educativa Primaria	si
Institución Educativa Secundaria	no
Establecimiento de salud	no
Idioma o Lengua hablada con mayor frecuencia	Castellano

1.3.3. Accesibilidad

El acceso se realiza por vía terrestre desde la ciudad de Cajamarca, a través de una vía asfaltada, hasta la ciudad de Huamachuco, posteriormente a la localidad de Carhuasuccha, donde se estima distancias y tiempo de arribo (tabla 3):

Tabla 3. Rutas y acceso a la zona evaluada.

Ruta	Tipo de Vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Cajamarca – Huamachuco	Asfaltada	175	4 horas 42 minutos
Huamachuco – Buldibuyo – Carhuasuccha	Asfaltada - Afirmada	228	8 horas 48 minutos

1.3.4. Clima

De acuerdo con el método de Clasificación Climática de Warren Thornthwaite - (Senamhi, 2020), la zona de estudio posee un clima de tipo:

Lluvioso con otoño e invierno secos. Templado. B (o, i) B'.

Clima de tipo lluvioso, templado y con otoño e invierno seco. Ocupa 1% del territorio nacional.

Esta región presenta durante el año, en promedio, temperaturas máximas de 19°C a 23°C en áreas del norte y de 17°C a 21°C en áreas de sur; mientras que, las temperaturas mínimas varían entre los 3°C y 7°C. Los acumulados anuales de precipitación varían desde los 700 mm hasta los 1500 mm aproximadamente.

Durante los meses de noviembre y diciembre de 2023, y enero, febrero y marzo de 2024 se registró en la estación meteorológica de Huamachuco (figuras 2 al 6), precipitaciones que llegaron hasta los 33 mm/día, considerado como lluvioso por el Senamhi, en su consolidado de umbrales de precipitación del 2014.

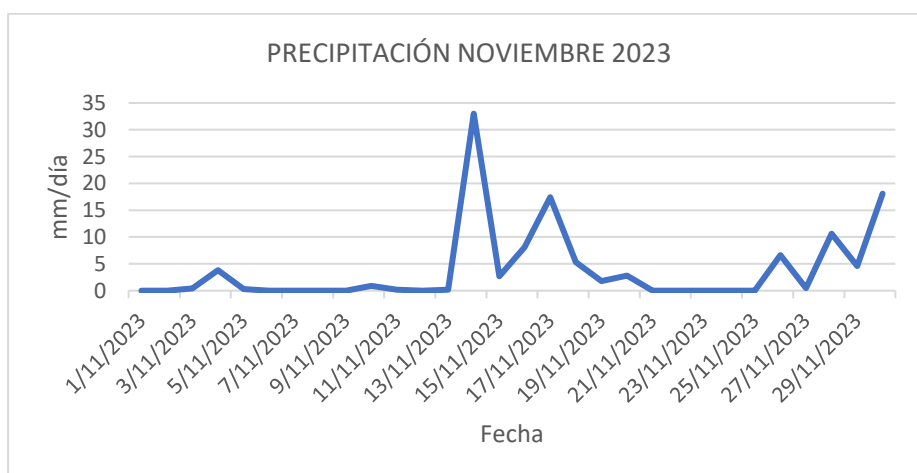


Figura 2. Precipitación diaria registrada en la estación Huamachuco, noviembre 2023.
Fuente: SENAMHI

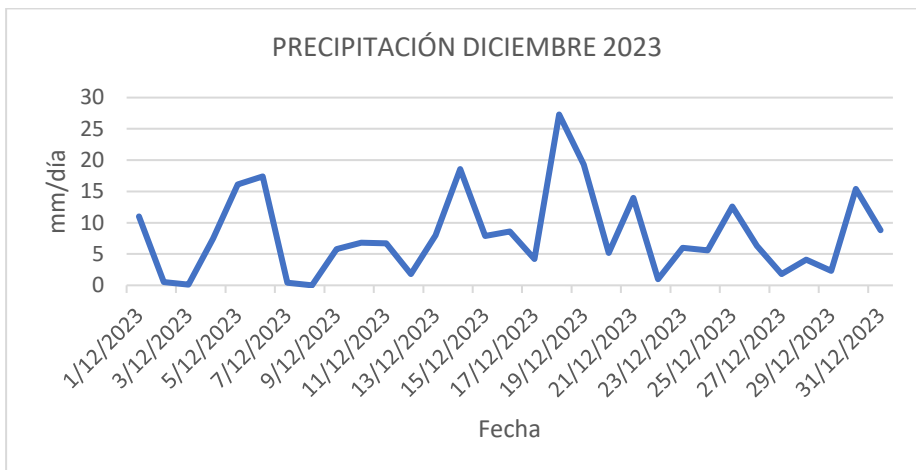


Figura 3. Precipitación diaria registrada en la estación Huamachuco, diciembre 2023.
Fuente: SENAMHI

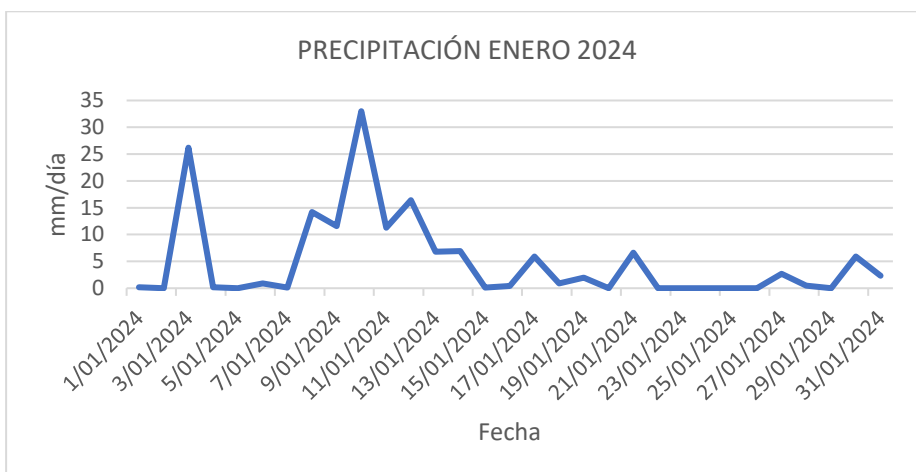


Figura 4. Precipitación diaria registrada en la estación Huamachuco, enero 2024.
Fuente: SENAMHI

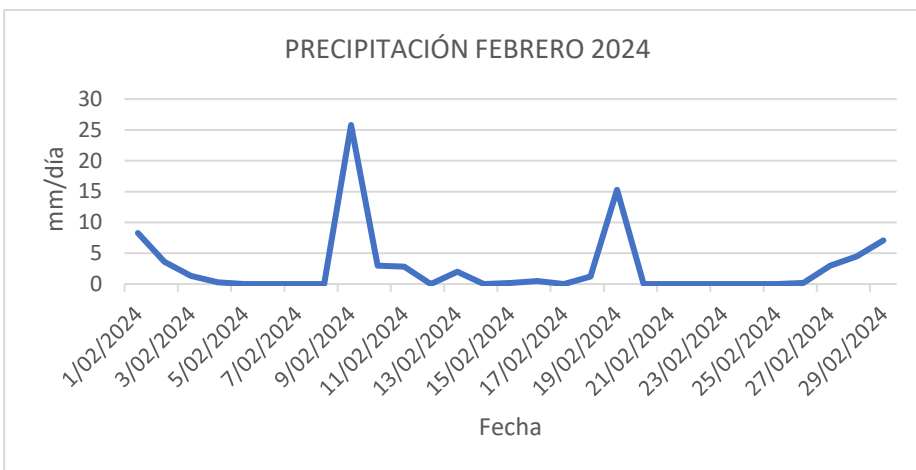


Figura 5. Precipitación diaria registrada en la estación Huamachuco, febrero 2024.
Fuente: SENAMHI

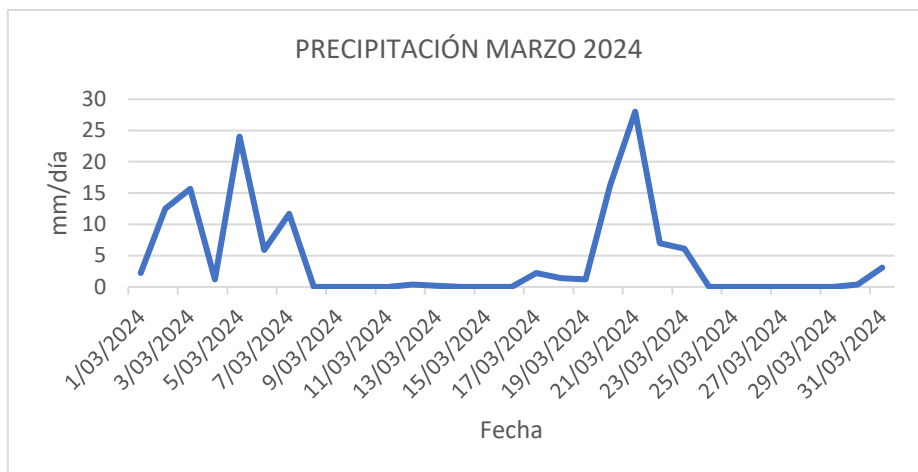


Figura 6. Precipitación diaria registrada en la estación Huamachuco, marzo 2024.
Fuente: SENAMHI

2. DEFINICIONES

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

Actividad: La actividad de un movimiento en masa se refiere a tres aspectos generales del desplazamiento en el tiempo de la masa de material involucrado: el estado, la distribución y el estilo de la actividad. El primero describe la regularidad o irregularidad temporal del desplazamiento; el segundo describe las partes o sectores de la masa que se encuentran en movimiento; y el tercero indica la manera como los diferentes movimientos dentro de la masa contribuyen al movimiento total. El estado de actividad de un movimiento en masa puede ser: activo, reactivado, suspendido, inactivo latente, inactivo abandonado, inactivo estabilizado e inactivo relicto (WP/WLI, 1993).

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.

Derrumbe: Desplome de una masa de roca, suelo o ambos por gravedad, sin presentar una superficie o plano definido de ruptura, y más bien una zona irregular. Se producen por lluvias intensas, erosión fluvial; rocas muy meteorizadas y fracturadas.

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.

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.

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.

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.

Suspendido: Movimiento en masa que se desplazó durante el último ciclo anual de las estaciones climáticas, pero que en el momento no presenta movimiento (Varnes, 1978).

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.

3. ASPECTOS GEOLÓGICOS

La descripción geológica se desarrolló en base a la información del - Boletín N° 9, Serie A: Geología del Cuadrángulo de Pataz. Hoja 16 – h, a escala 1:100 000 (Reyes & Wilson, 1964), 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).

3.1. Unidades litoestratigráficas

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

3.1.1 Grupo Mitu (PET-m)

Conformado por areniscas, limolitas y conglomerado, rojo oscuros bien estratificados en capas delgadas a medianas, un grosor promedio de 70 a 80 m; así como conglomerado macizo, rojo oscuro, compuesto de elementos gruesos, por intemperismo da un color casi negro. En algunos lugares se observa estratificación cruzada y marcas de oleaje. (Reyes, 1980).

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

3.1.2 Depósitos cuaternarios

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

Depósito coluvial (Q-cl)

En el sector evaluado corresponden a depósitos de bloques, cantos y gravas angulosas en matriz de arenas, ubicados en las partes bajas de la ladera, originados por derrumbes.



Fotografía 1. Depósito coluvial, ubicado en Caruasuccha.
Coordenadas UTM WGS84 18M. 237494, 9094839.

Depósito antropogénico (Q-an)

Es la acumulación de materiales por actividad humana, puede estar conformada de suelos naturales, fragmentos de rocas, materiales desecho de construcción o una mezcla de ellos; así mismo, estos materiales en algunas ocasiones pueden haber recibido un tratamiento industrial, en el sector este material es una mezcla de suelos utilizado en la base de la plataforma deportiva de la Institución Educativa.

4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

Además de la cartografía regional de geomorfología, a escala 1:250 000 del boletín de riesgos geológicos de la región La Libertad, se utilizó imágenes y modelos digitales de elevación detallados obtenidos de levantamientos fotogramétricos con dron, desarrollados en setiembre del 2024. Esto permitirá estudiar el relieve, pendientes y demás características; con el fin de describir subunidades a detalle (escala 1:1000).

4.1. Modelo digital de elevaciones (MDE)

La zona evaluada presenta altitudes que van desde los 2881 a 1365 m s.n.m., en los cuales se distinguen cinco niveles altitudinales (figura 7), con la finalidad de visualizar la extensión con respecto a la diferencia de alturas; el área con mayor pendiente corresponde a terrenos entre altitudes 2940 a 2460 m s.n.m., con terreno de pendiente promedio de muy fuerte (25° a 45°) a terreno muy escarpado (>45°).

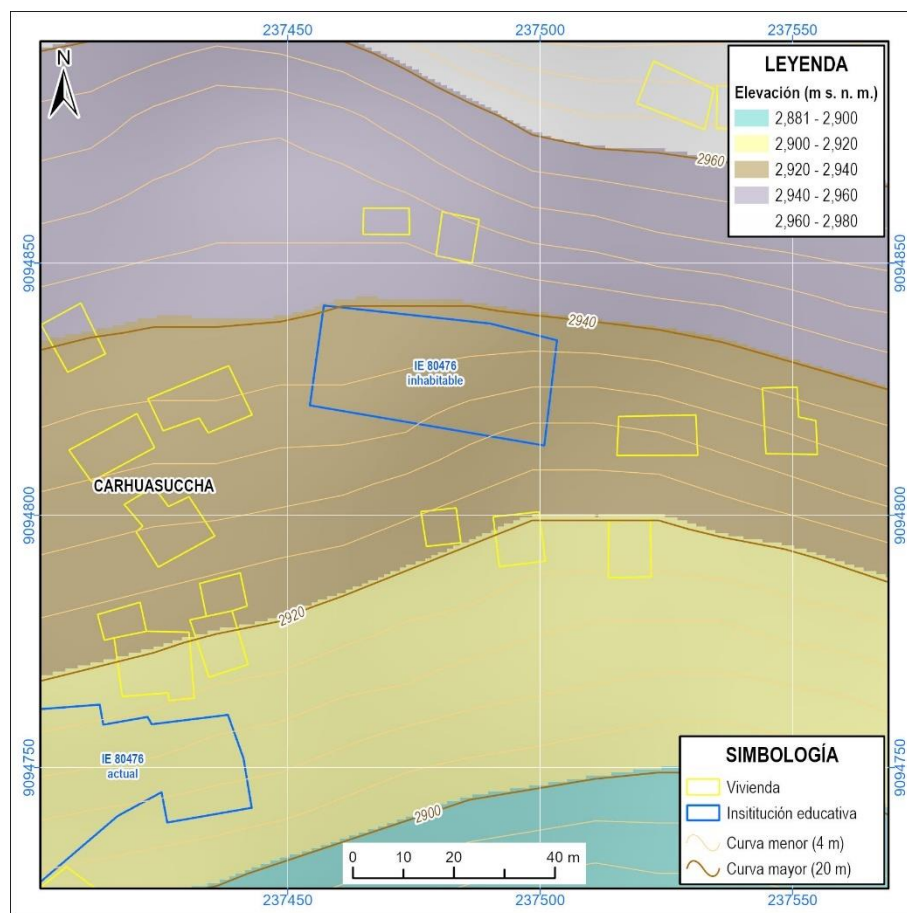


Figura 7. Modelo digital de elevaciones de la zona evaluada.

4.2. Pendiente del terreno

En el sector evaluado los movimientos en masa (reptación de suelos y derrumbes), se vienen produciendo en terrenos con pendiente moderada (5° a 15°) a terrenos de pendiente muy fuerte o escarpada (25° a 45°), ubicados al norte del área evaluada (figura 8).

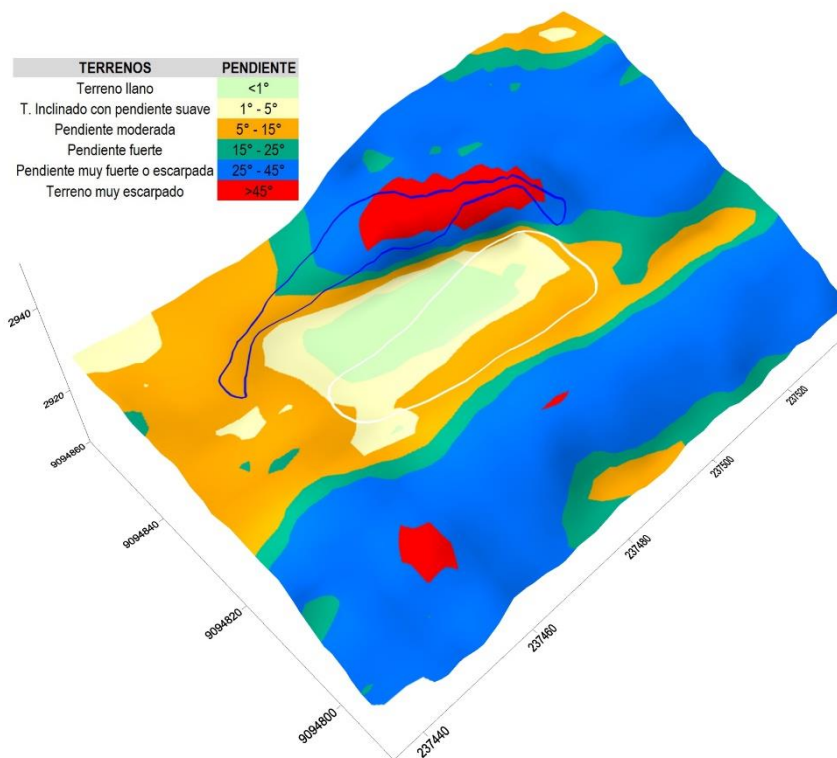


Figura 8. Modelo 3D de las pendientes en la localidad Carhuasuccha; los derrumbes están delimitados con línea azul y la reptación de suelos con línea blanca.

4.3. Unidades y subunidades geomorfológicas

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

De acuerdo a su origen, se distingue geoformas tanto de carácter tectónico degradacional y erosional (montaña en roca sedimentaria), como de carácter deposicional y agradacional (vertiente coluvial de detritos y depósito antrópico); las geoformas se grafican 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 sedimentaria (M-rs)

Dentro de esta subunidad se consideran a los relieves de montañas modeladas en afloramientos de rocas sedimentarias. Presentan crestas altas e irregulares, con pendientes que pueden superar los 25°, con relieve ondulado y suave, debido a la erosión y meteorización de las rocas. Esta subunidad se ubica en todo el entorno 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 coluvial de detritos (V-d)

Corresponde materiales inconsolidados acumulados al pie de las laderas de montañas, originados por movimientos en masa (deslizamientos, derrumbes y caídas de rocas); así como también por material fino y detrítico, caída o lavados por escorrentía superficial, los cuales se acumulan al pie de las laderas.

Se identifica esta forma al norte de la plataforma deportiva de la Institución Educativa.

Subunidad de depósito antrópico (Dan)

Son acumulaciones artificiales, puede estar conformados por suelos naturales, 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.

Se identifica esta forma como base de la plataforma deportiva.



Figura 9. Vista de las geoformas de montaña en rocas sedimentarias (M-rs), y vertiente coluvial de detritos (V-d), y depósito antrópico (Dan), en el sector de Carhuasuccha.

5. PELIGROS GEOLÓGICOS

Los peligros geológicos reconocidos en la zona evaluada (figura 10), corresponden a movimientos en masa, tipo reptación de suelos y derrumbes (PMA:GAC 2007), que vienen afectando la Institución Educativa N° 80476; así mismo se aprecian derrumbes al norte de la plataforma deportiva de la localidad evaluada.

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

5.1 Reptación de suelos

El proceso de reptación en los suelos en la localidad de Carhuasuccha, se origina a consecuencia de la pendiente fuerte del terreno, sobresaturación de los suelos por lluvias intensas e inadecuado manejo de las escorrentías superficiales y antrópicas (riego de terrenos para cultivos agrícolas).

El movimiento lento y superficial de los suelos ha ido generando agrietamientos, los cuales afectaron los ambientes de la Institución Educativa N° 80476 y su plataforma deportiva. Los agrietamientos tienen una longitud de entre 4 a 9 m, con saltos y de 0.2 a 0.5 m.



Figura 11. Modelo 3D del sector evaluado en la localidad de Carhuasuccha, el derrumbe está delimitado en línea roja, y el proceso de reptación de suelos en línea blanca, se aprecia la Institución educativa y plataforma deportiva afectadas por los movimientos en masa.

5.1.1. Análisis longitudinal

En el perfil longitudinal A-A' (Figura 12), se muestra una extensión de 17 m de la zona con reptación de suelos y la zona del derrumbe con una extensión 10 m; así como la distribución del depósito antropogénico y depósito coluvio – deluvial, sobreyaciendo al Grupo Mitu.

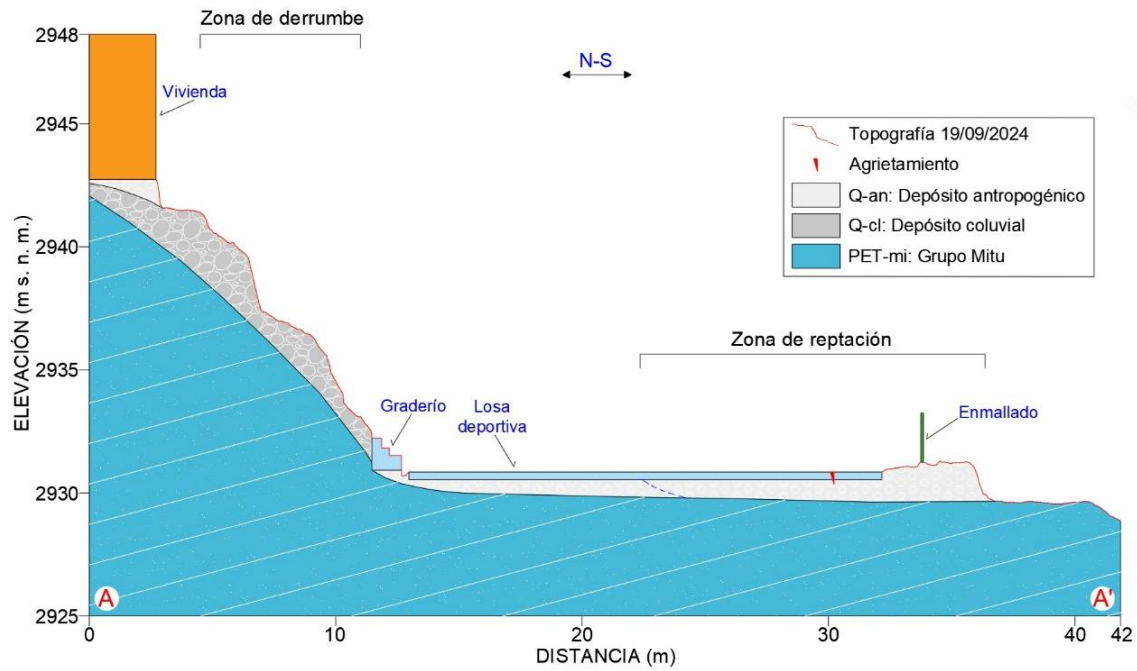


Figura 13. Perfil longitudinal A-A' donde se aprecia la distribución de los materiales geológicos en la zona evaluada.

La ladera (fotografía 2), presenta deforestación y remoción de la cobertura vegetal para instalación de cultivos agrícolas; estas capas de suelos sin cohesión son muy susceptibles a movimientos en masa



Figura 2. Vista de la parte alta del cuerpo de la zona de reptación de suelos, se observa la escasa vegetación y remoción del terreno para instalación de cultivos agrícolas.

5.1.2. Características visuales y morfométricas

- Tipo de movimiento: reptación de suelos
- Estado: Inactivo latente
- Velocidad: Lenta
- Composición: Depósito coluvial
- Área: 609 m
- Perímetro: 148 m
- Desnivel: 9 m.
- Longitud horizontal corona a punta: 18 m

5.1.2. Factores condicionantes y detonantes

Factores condicionantes

- Depósito coluvial, compuesto por depósitos de bloques, cantos y gravas angulosas en matriz de arenas, ubicados en las partes bajas de la ladera y depósito antropogénico suelos utilizado en la base de la plataforma deportiva de la institución educativa, permiten 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 viviendas, plataforma deportiva e institución educativa.
- Ausencia de drenajes adecuados en el terreno denudado, esto contribuye con la saturación del terreno y por ende un aumento de peso de la masa inestable.
- Ladera de pendiente fuerte (15° a 25°), que conforman unidades de vertiente coluvial de detritos (V-d) y depósito antrópico (Dan), permite que el material saturado que se dispone sobre la ladera se desplace cuesta abajo.

Factor detonante

- Precipitaciones pluviales de intensidad fuerte y prolongadas.
- Los sismos pueden reactivar y acelerar el proceso de reptación.
- Daños ocasionados
Grietas en paredes y pisos de la institución educativa y en plataforma deportiva, (figuras 14 y 15).

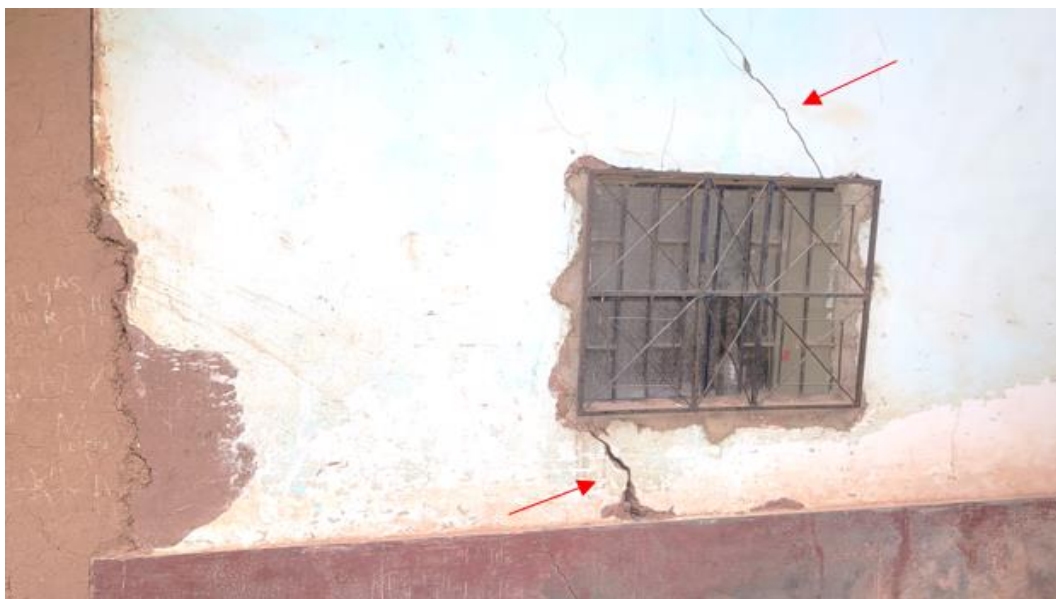


Figura 14. Se muestra agrietamientos en paredes de la institución Educativa N° 80476.



Figura 15. Se observa agrietamientos, en paredes de salón de clases.

5.2. Derrumbe

En la ladera ubicada al norte del sector evaluado en la localidad de Carhuasuccha se ha registrado un derrumbe inactivo latente, el cual se produjo sobre un depósito coluvial, con una zona de arranque de 75 m de longitud y 5.5 m de altura; el material producto del derrumbe se acumula base del talud, que colinda con la institución educativa y la plataforma deportiva; durante la evaluación se observó un muro de contención de concreto ciclópeo (figura 16), contraído con la finalidad de mitigar el proceso de derrumbe, evitando que el material caiga sobre la institución educativa y evitando se pueda originar daño a la infraestructura o causar daño a la integridad física de la población estudiantil.



Figura 16. Muro ciclópeo (líneas blancas), construido para proteger pared lateral de Institución educativa de derrumbe.

5.2.1. Características visuales y morfométricas

- Tipo de movimiento: Derrumbe
- Estado: activo.
- Área: 388 m².
- Perímetro: 149m.
- Longitud de la zona de arranque: 72 m.
- Alturas del derrumbe: 5.5 m.

Factores condicionantes

- Depósito coluvial, compuesto por depósitos de bloques, cantos y gravas angulosas en matriz de arenas, material no consolidado permite filtración de agua y saturación del terreno.
- Modificación del terreno (cortes de talud en laderas), por movimiento de tierra en el sector evaluado, con la finalidad de construcción de Institución Educativa y plataforma deportiva.
- La penetración de las raíces de eucaliptos ubicados cerca de la zona de arranque, aflojan el terreno, acelerando el proceso de derrumbe.
- Ausencia de drenajes en el terreno denudado, esto contribuye con la saturación del terreno y por ende un aumento de peso de la masa inestable.
- Ladera de pendiente muy fuerte o escarpada (25° a 45°), que conforman geoformas de vertiente coluvial de detritos (V-d), permite que el material saturado que se dispone sobre la ladera se desplace cuesta abajo.

Factor detonante

- Precipitaciones pluviales de intensidad fuerte y prolongada.
- La ocurrencia de sismos.

Daños probables

- Una institución educativa y una plataforma expuesta.
- Población estudiantil expuesta al peligro.

6. CONCLUSIONES

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

- a. Litológicamente, el área evaluada está conformada por areniscas, limolitas y conglomerado, rojo oscuros bien estratificados en capas delgadas a medianas del Grupo Mitu, cubiertas por depósitos coluviales, de bloques, cantos y gravas angulosas en matriz de arenas; cuyas características generan alta susceptibilidad a la erosión.
- b. Geomorfológicamente la zona evaluada se ubica sobre montañas en roca sedimentarias, vertiente coluvial de detritos, ambas con pendiente muy fuerte (25° a 45°) a muy escarpada (>45°), y un depósito antrópico con terrenos llanos (<1°) a pendiente moderada (5° a 15°).
- c. Se identificó un proceso de reptación de suelos, que abarca 609 m², su eje principal presenta una longitud de 18 m, un ancho de 45 m y desnivel de 9 m; el movimiento afecta una institución educativa y una plataforma deportiva. También se observó un derrumbe, al norte del sector evaluado, con un área de 388 m², una altura de 5.5 m y la zona de arranque tiene una longitud de 72 m, su reactivación podría afectar la pared lateral de la institución educativa, y la integridad de la población estudiantil que transita por la zona.
- d. La ocurrencia del derrumbe y reptación de suelos están condicionadas por:
 - Características litológicas: depósito coluvial, compuesto por bloques, gravas, gránulos, en una matriz arcillo limosa, permite la infiltración y retención del agua.
 - Modificación del terreno (cortes de talud en laderas), con fines de construcción de viviendas y carretera.
 - Ocupación del terreno con cultivos agrícolas, riego por inundación y ausencia de drenajes adecuados en el terreno denudado, esto contribuye con la saturación del terreno y por ende un aumento de peso de la masa inestable.
 - Ladera de pendiente moderada (5° a 15°) a muy fuerte (25° a 45°), permite que el material suelto y la inclinación de la pendiente facilita el origen de movimientos, mientras que la presencia de agua actúa como un lubricante.
- e. Los factores detonantes a la ocurrencia de derrumbes y reptación de suelos, son las lluvias de intensidad fuerte y prolongadas que llegaron hasta los 33 mm/día, así como también los sismos.
- f. La reptación de suelos, afectó las paredes de la Institución Educativa N° 80476, y el derrumbe podría afectar la parte lateral de la Institución y atentar contra la integridad física de la población estudiantil.
- g. En la localidad Carhuasuccha, se presentan derrumbes y un proceso de reptación de suelos inactivos latentes, se los considera de **Peligro Alto**.

7. RECOMENDACIONES

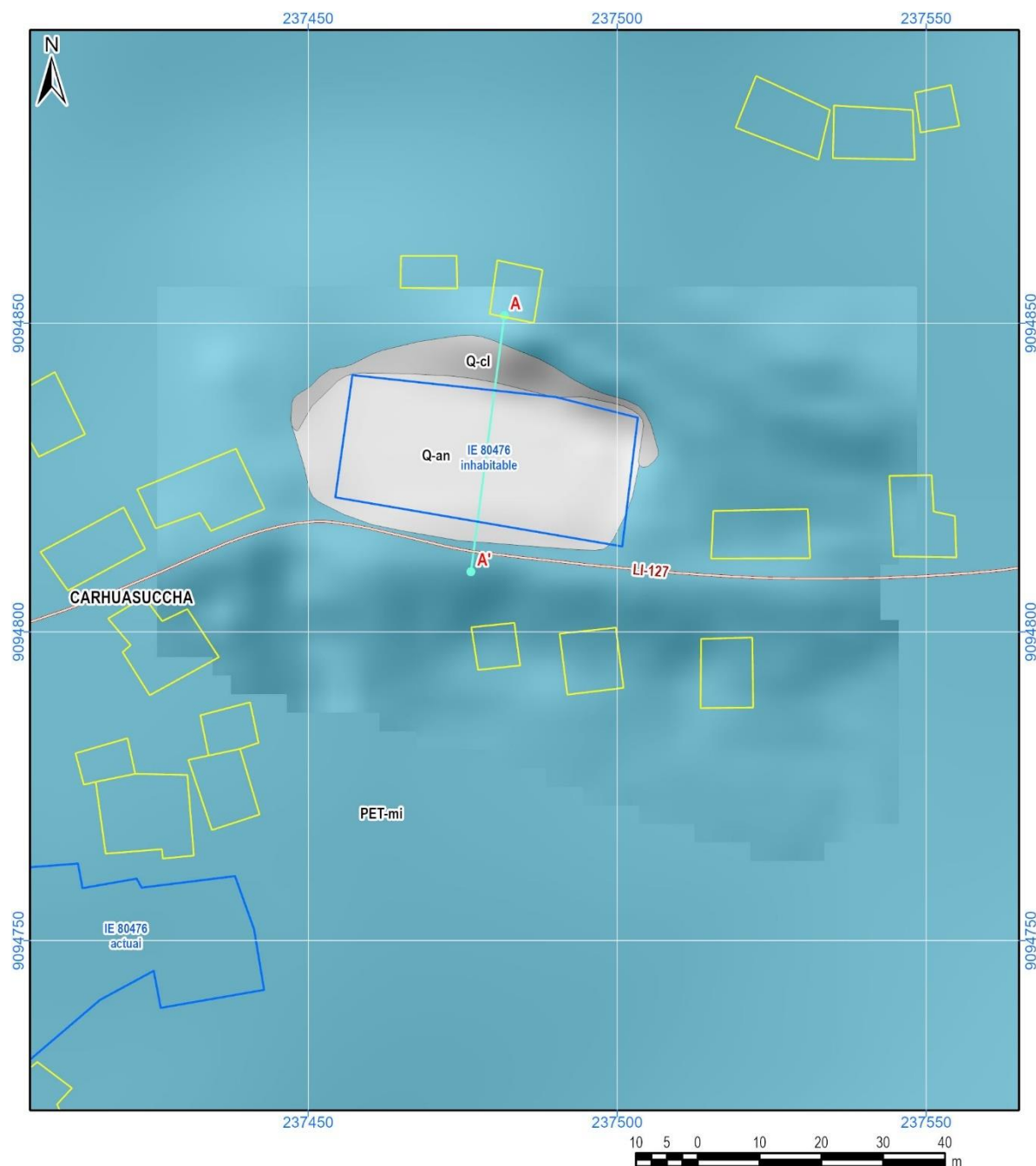
Las recomendaciones que a continuación se brindan tienen por finalidad mitigar el impacto de los deslizamientos. Así mismo, la implementación de dichas recomendaciones permitirá darle mayor seguridad a la población e infraestructura expuesta a los peligros antes mencionados.

- a. De reactivarse el proceso de reptación y el avance retrogresivo del derrumbe, se deber considerar reubicar la institución educativa.
- b. Restringir el acceso de las personas a la zona del derrumbe, señalizar con letreros preventivos.
- c. Evitar cortes en el talud, a fin de evitar la generación de mayor inestabilidad y reactivación de nuevos derrumbes.
- d. Construir muros de contención concreto armado, para proteger la institución educativa del derrumbe, estos trabajos se realizarán previo estudio por un especialista en geotecnia.
- e. Realizar un monitoreo continuo y visual de la zona posterior a la zona de arranque del derrumbe, para estar preparados ante su posible reactivación.
- f. Retirar de manera controlada los árboles de eucalipto, a fin de evitar que sigan aflojando el terreno, y la reactivación del derrumbe.
- g. Forestar las laderas desprovistas de vegetación, con plantas nativas de la zona.
- h. Construir drenes de coronación en las cabeceras de las zonas con reptaciones y derrumbes evaluados, con una sección de concreto armado u otro material impermeable (como geomembranas o arcillas), a fin de evitar filtraciones (Anexo 2), además de programar continuos trabajos de mantenimiento en estos.
- i. Elaborar un informe de evaluación de riesgos (EVAR). para determinar las medidas de control adecuadas a corto y largo plazo.

8. BIBLIOGRAFÍA

- 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
- Luna, G.; Sosa, N. & Núñez M. (2023), “Evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa en el sector Las Habas, caserío Arcaypata”, Informe Técnico, Dirección de Geología Ambiental y Riesgos Geológicos, 50p.
<https://hdl.handle.net/20.500.12544/4811>
- Medina, L.; Luque, L. & Pari, W. (2012), Riesgo Geológico en la Región La Libertad. Ingemmet Boletín N° 50, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 245p.
<https://hdl.handle.net/20.500.12544/290>
- PMA: GCA. (2007). *Movimientos en Masa en la Región Andina: Una Guía para la Evaluación de Amenazas* (1a ed.). Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas.
<https://hdl.handle.net/20.500.12544/2830>
- Senamhi. (2020). *Climas del Perú - Mapa de Clasificación Climática Nacional*.
<https://www.senamhi.gob.pe/?p=mapa-climatico-del-peru>
- Sosa, N. y Araujo, G. (2021) - “Evaluación de peligros geológicos en el sector de río Shitahuara: Parte alta del caserío de San Juan de Capachique.”, Informe Técnico, Dirección de Geología Ambiental y Riesgos Geológicos, 30p.
<https://hdl.handle.net/20.500.12544/3099>
- Suárez Díaz, J. (1998). *Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales* (Ltda, Ed.; 1a ed.). Publicaciones UIS.
- Varnes, D. J. (1978). Slope movements types and processes. In Special Report 176: Landslides: Analysis and control (Eds: Schuster, R.L and Krizek, R.J), Transportation and Road research board, 9–33.
- Villota, H. (2005). *Geomorfología Aplicada a Levantamientos Edafológicos y Zonificación Física de Tierras* (2a ed.). Instituto Geográfico Agustín Codazzi.
- Wilson, J.; Reyes, L. & Garay, J (1995) - Geología de los cuadrángulos de Pallasca, Tayabamba, Corongo, Pomabamba, Carhuaz y Huari. Hojas 17 – h, 17 – i, 18 – i, 19 – g y 19 – i; 100 000 INGEMMET, Boletín, Serie A: 60, 79p.
<https://hdl.handle.net/20.500.12544/182>

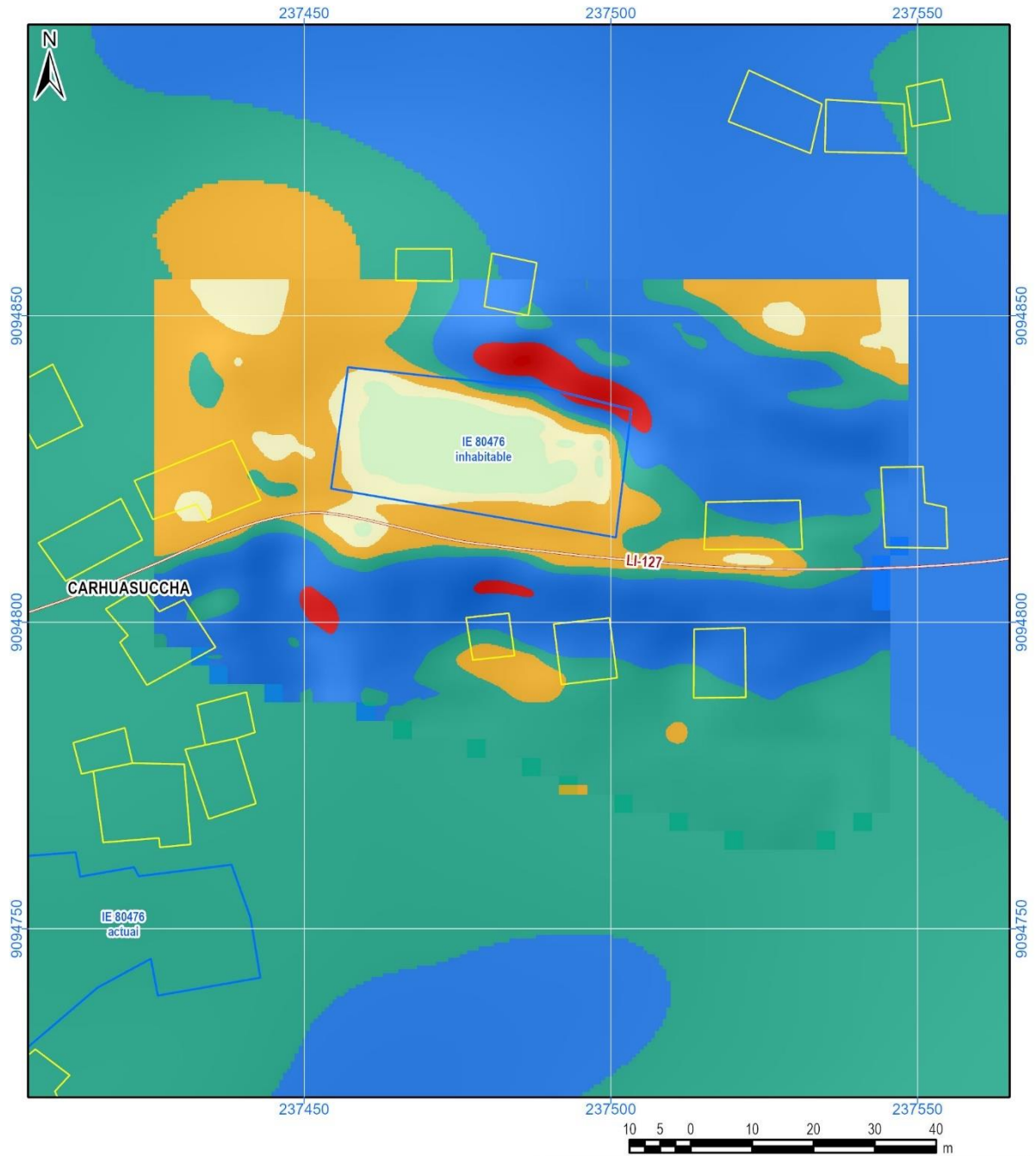
ANEXO 1. MAPAS



SIMBOLOGÍA	
	Vía departamental afirmada
	Línea de perfil
	Vivienda
	Insititución educativa

LEYENDA	
	Q-an: Depósito antropogénico
	Q-cl: Depósito coluvial
	PET-mi: Grupo Mitu

SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL LA LIBERTAD - PATAZ - BULIBUYO	
GEOLOGÍA DE LA LOCALIDAD DE CARHUASUCCHA	
Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León
Proyección: UTM - Zona 18 Sur	Datum: WGS 84
Escala: 1/1,000	Versión digital: 2024
MAPA 1	



SIMBOLOGÍA	
	Via departamental afirmada
	Vivienda
	Institución educativa

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 LA LIBERTAD - PATAZ - BULDIBUYO		
PENDIENTES DEL TERRENO EN LA LOCALIDAD DE CARHUASUCCHA		
Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León	MAPA 2
Proyección: UTM - Zona 18 Sur	Datum: WGS 84	
Escala: 1/1,000	Versión digital: 2024	



SIMBOLOGÍA	
	Vía departamental afirmada
	Vivienda
	Insititución educativa

LEYENDA	
	M-rs: Montaña en roca sedimentaria
	V-d: Vertiente coluvial de detritos
	Dan: Depósito antrópico

SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL LA LIBERTAD - PATAZ - BULDIBUYO		
GEOMORFOLOGÍA DE LA LOCALIDAD DE CARHUASUCCHA		
Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León	MAPA 3
Proyección: UTM - Zona 18 Sur	Datum: WGS 84	
Escala: 1/1,000	Versión digital: 2024	



SIMBOLOGÍA	
	Vía departamental afirmada
	Línea de perfil

LEYENDA	
	Derrumbe inactivo latente
	Reptación inactiva latente

SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL LA LIBERTAD - PATAZ - BULDIBUYO		
CARTOGRAFÍA DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN LA LOCALIDAD DE CARHUASUCCHA		
Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León	MAPA 4
Proyección: UTM - Zona 18 Sur	Datum: WGS 84	
Escala: 1/1,000	Versión digital: 2024	

ANEXO 2. PROPUESTA DE MEDIDAS CORRECTIVAS

En este anexo, se dan algunas propuestas de solución para el proceso geodinámico que afecta el área de estudio, con la finalidad de evitar la generación de nuevas ocurrencias y minimizar las ocurrencias de derrumbes, deslizamientos, procesos de erosión de ladera, entre otros.

Las propuestas que se dan son de forma general para la zona evaluada, se recomienda que los estudios a detalle para el correcto diseño de las obras de propuestas de mitigación y su implementación sean desarrollados por especialistas en la materia.

Drenaje Superficial

De acuerdo a Suárez (1998) La finalidad del drenaje superficial es mejorar la estabilidad del talud reduciendo la infiltración y evitando la erosión. La técnica de recolección de aguas superficiales debe captar las aguas superficiales del talud y de la cuenca de drenaje arriba del talud y llevar el agua a un sitio seguro lejos del talud que queremos proteger. Las aguas superficiales deben desviarse antes de que penetre el área a proteger. Para ello se puede construir de zanjas interceptoras en la parte alta del talud, llamadas zanjas de coronación.

Zanjas de corona: Las zanjas en la corona o parte alta de un talud son utilizadas para interceptar y conducir adecuadamente las aguas lluvias, evitando su paso por el talud. La zanja de coronación no debe construirse muy cerca al borde superior del talud, para evitar que se conviertan en el comienzo y guía de un movimiento en masa o de una nueva superficie de falla (movimiento retrogresivo) Se recomienda que las zanjas de coronación sean totalmente impermeabilizadas. Las dimensiones y ubicación de la zanja pueden variar de acuerdo a la topografía de la zona y al cálculo previo de caudales colectados (Suárez, 1998) (figura 17).

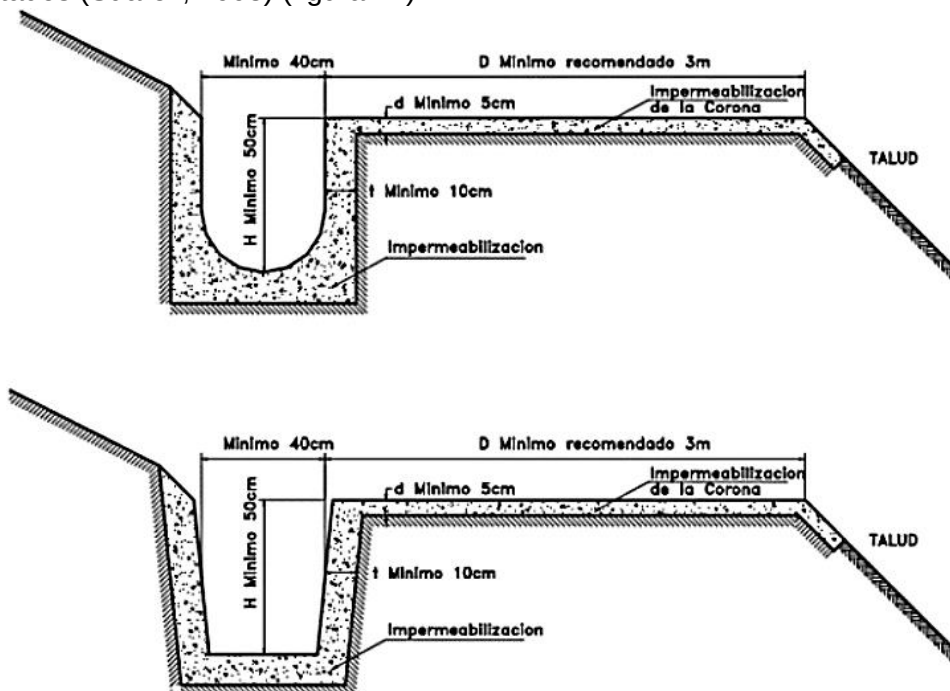


Figura 17. Detalle de zanjas de coronación para el control de aguas superficiales en un Talud, Tomado de Suárez (1998).

Canales colectores en espina de pescado: Para disminuir la infiltración de agua en las áreas arriba del talud se acostumbra construir canales colectores en espina de pescado, las cuales conducen las aguas colectadas, por la vía más directa hacia afuera de las áreas vulnerables del talud. Estos canales deben impermeabilizarse adecuadamente para evitar la reinfiltración de las aguas (Suárez, 1998) (Figura 18).

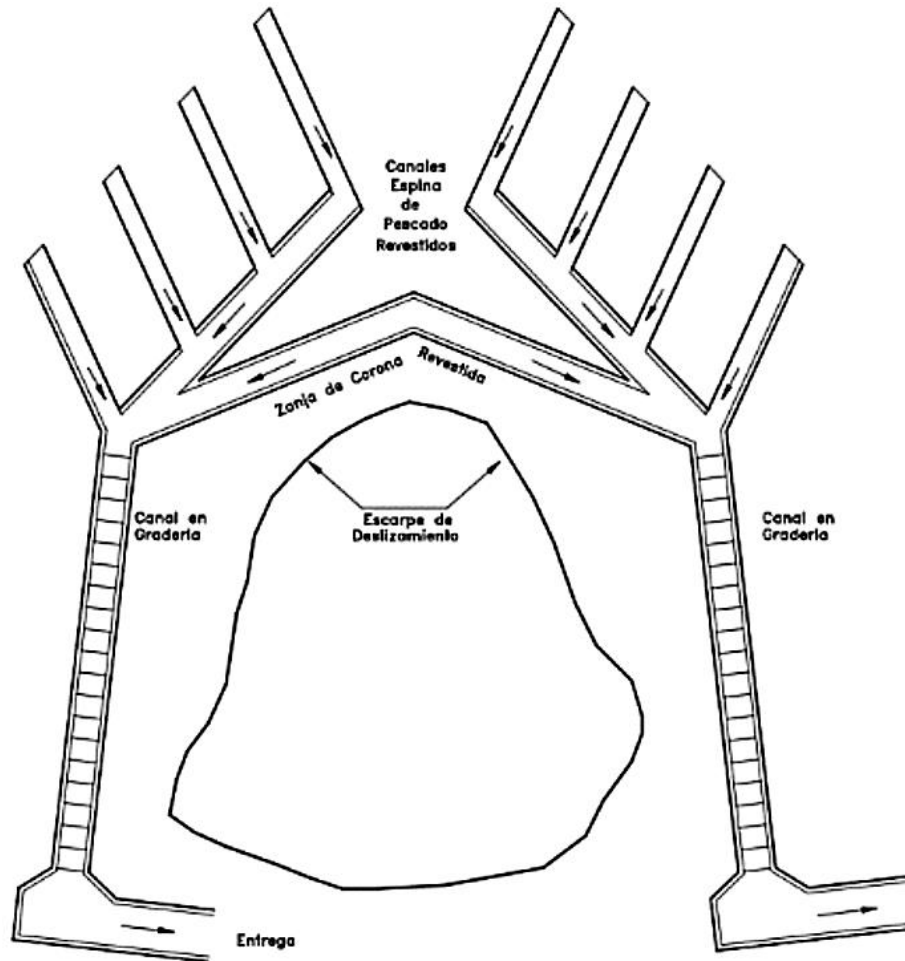


Figura 18. Esquema en planta de canales colectores espina de pescado.
 Tomado de Suárez (1998).

Estructuras de Contención o anclaje

El propósito de una estructura de contención es el resistir las fuerzas ejercidas por la tierra contenida, y transmitir esas fuerzas en forma segura a la fundación o a un sitio por fuera de la masa analizada de movimiento. En el caso de un deslizamiento de tierra el muro ejerce una fuerza para contener la masa inestable y transmite esa fuerza hacia una cimentación o zona de anclaje por fuera de la masa susceptible de moverse (Suárez, 1998).

Muros masivos rígidos: Son estructuras rígidas, generalmente de concreto, las cuales no permiten deformaciones importantes sin romperse. Se apoyan sobre suelos competentes para transmitir fuerzas de su cimentación al cuerpo del muro y de esta forma generar fuerzas de contención (Suárez, 1998) (Figura 19).

Tabla 3. Ventaja y desventajas de los diversos tipos de muros rígidos Tomado de Suárez (1998).

Muro	Ventajas	Desventajas
Reforzado	Los muros de concreto armado pueden emplearse en alturas grandes (superiores a diez metros), previo su diseño estructural y estabilidad. Se utilizan métodos convencionales de construcción, en los cuales la mayoría de los maestros de construcción tienen experiencia	Requieren de buen piso de cimentación. Son antieconómicos en alturas muy grandes y requieren de formaletas especiales. Su poco peso los hace inefectivos en muchos casos de estabilización de deslizamientos de masas grandes de suelo.
Concreto simple	Relativamente simples de construir y mantener, pueden construirse en curvas y en diferentes formas para propósitos arquitectónicos y pueden colocarse enchapes para su apariencia exterior.	Se requiere una muy buena fundación y no permite deformaciones importantes, se necesitan cantidades grandes de concreto y un tiempo de curado, antes de que puedan trabajar efectivamente. Generalmente son antieconómicos para alturas de más de tres metros.
Concreto ciclópeo	Similares a los de concreto simple. Utilizan bloques o cantos de roca como material embebido, disminuyendo los volúmenes de concreto.	El concreto ciclópeo (cantos de roca y concreto) no puede soportar esfuerzos de flexión grandes.

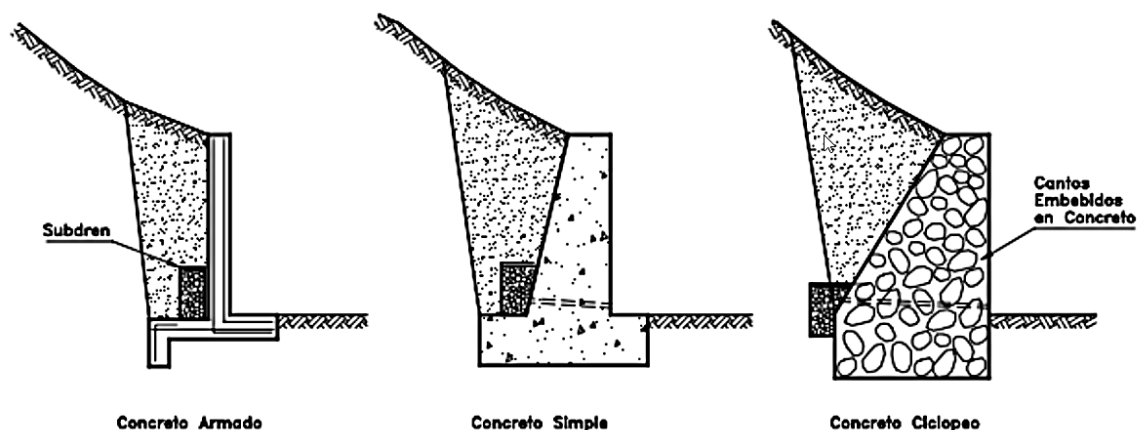


Figura 19. Esquema de muros rígidos. Tomado de Suárez (1998).

Muros masivos Flexibles: Son estructuras masivas, flexibles. Se adaptan a los movimientos. Su efectividad depende de su peso y de la capacidad de soportar deformaciones importantes sin que se rompa su estructura (Suárez, 1998) (Figura 20).

Tabla 4. Ventajas y desventajas de los diversos tipos de muro flexible. Tomado de Suárez (1998).

Muro	Ventajas	Desventajas
Gaviones	Fácil alivio de presiones de agua. Soportan movimientos sin pérdida de eficiencia. Es de construcción sencilla y económica.	Las mallas de acero galvanizado se corroen fácilmente en ambientes ácidos, por ejemplo, en suelos residuales de granitos se requiere cantos o bloques de roca, los cuales no necesariamente están disponibles en todos los sitios. Al amarre de la malla y las unidades generalmente no se le hace un buen control de calidad.
Criba	Simple de construir y mantener. Utiliza el suelo en la mayor parte de su volumen. Utiliza elementos prefabricados los cuales permiten un mejor control de calidad.	Se requiere material granular, autodrenante. Puede ser costoso cuando se construye un solo muro por la necesidad de prefabricar los elementos de concreto armado. Generalmente no funciona en alturas superiores a siete metros.
Llantas (Neusol)	Son fáciles de construir y ayudan en el reciclaje de los elementos utilizados.	No existen procedimientos confiables de diseño y su vida útil no es conocida
Piedra - Pedraplén	Son fáciles de construir y económicos cuando hay piedra disponible.	Requieren de la utilización de bloques o cantos de tamaño relativamente grande.

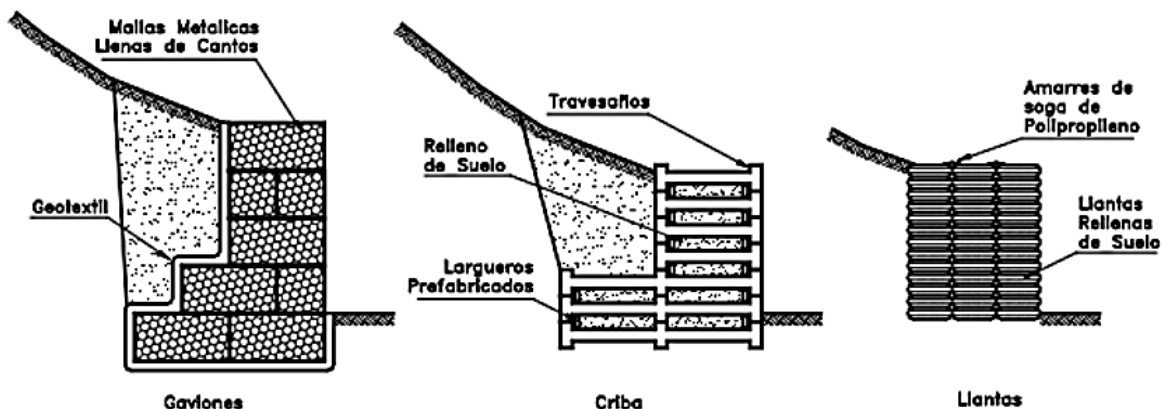


Figura 20. Esquema de muros flexibles. Tomado de Suárez (1998).