

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

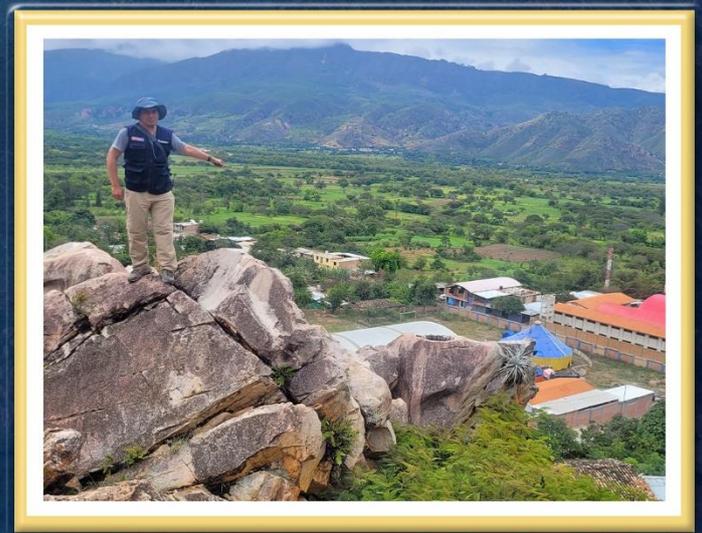
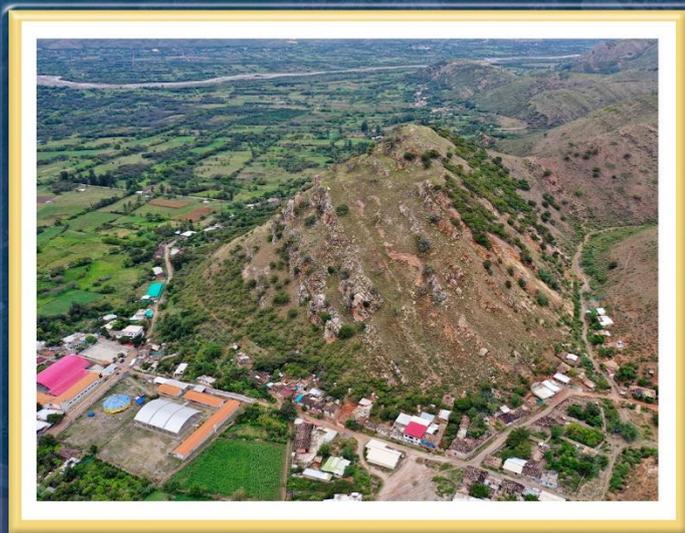
Informe Técnico N° A7511

EVALUACIÓN DEL PELIGRO GEOLÓGICO POR CAÍDA DE ROCAS EN EL CENTRO POBLADO CHOLOCAL

Departamento: Cajamarca

Provincia: Cajabamba

Distrito: Cachachi



JUNIO
2024

**EVALUACIÓN DEL PELIGRO GEOLÓGICO POR CAÍDA DE ROCAS EN EL
CENTRO POBLADO CHOLOCAL**

***Distrito Cachachi
Provincia Cajabamba
Departamento Cajamarca***



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

Equipo de investigación:

*Elvis Rubén Alcántara Quispe
Luis Miguel León Ordáz*

Referencia bibliográfica

León, L. (2024). "Evaluación del peligro geológico por Caída de Rocas en el Centro Poblado Cholocal, Distrito Cachachi, Provincia Cajabamba, Departamento Cajamarca" INGEMMET, Informe Técnico N° A7511, 35p.

ÍNDICE

RESUMEN.....	3
1. INTRODUCCIÓN.....	4
1.1. Objetivos del estudio.....	4
1.2. Antecedentes.....	5
1.3. Aspectos generales	5
1.3.1. Ubicación	5
1.3.2. Población	6
1.3.3. Accesibilidad	6
1.3.4. Clima.....	7
2. DEFINICIONES	8
3. ASPECTO GEOLÓGICO.....	10
3.1. Unidades litoestratigráficas.....	10
3.1.1. Formación Farrat (Ki-f).....	10
3.1.2. Formación Inca (Ki-i).....	11
3.1.3. Depósitos cuaternarios.....	12
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS.....	13
4.1. Modelo digital de elevaciones (MDE).....	13
4.2. Pendiente del terreno.....	13
4.3. Unidades Geomorfológicas.....	14
4.3.1. Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional.....	15
4.3.2. Geoformas de carácter depositacional y agradacional	15
5. PELIGROS GEOLÓGICOS	16
5.1. Caída de rocas en el sector sureste del centro poblado Cholocal	17
5.1.1. Análisis longitudinal.....	18
5.1.2. Características visuales y morfométricas.....	22
5.2. Caída de rocas en el sector noroeste del centro poblado Cholocal	22
5.2.1. Análisis longitudinal.....	23
5.2.2. Características visuales y morfométricas.....	25
6. CONCLUSIONES	26
7. RECOMENDACIONES.....	27
8. BIBLIOGRAFÍA.....	28
ANEXO 1. MAPAS	29
ANEXO 2. MEDIDAS CORRECTIVAS.....	33

RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa, realizados en el centro poblado Cholocal, que pertenece a la jurisdicción de la Municipalidad Distrital de Cachachi, provincia Cajabamba, departamento Cajamarca. Con este trabajo, el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – INGEMMET, cumple con una de sus funciones que consiste en brindar asistencia técnica de calidad e información actualización, confiable, oportuna y accesible en geología en los tres niveles de gobierno (distrital, regional y nacional).

Las unidades geológicas que afloran en la zona evaluada corresponden a areniscas cuarzosas de la Formación Farrat, los cuales se presentan medianamente fracturados y moderadamente meteorizados. En estas areniscas se originan caída de rocas.

En las partes altas, se configuran colinas estructurales en rocas sedimentarias, con laderas de pendiente muy escarpada y relieve abrupto; en las partes bajas se ubican vertientes coluviales de detritos con terreno de pendiente moderada, piedemontes proluviales antropizados con pendiente de moderada a baja, además de terrazas aluviales con pendiente llana a baja.

Los procesos identificados en el centro poblado Cholocal corresponden a los denominados movimientos en masa de tipo caída de rocas, que afectan 2 sectores: uno al sector al sureste (cerro Virgen del Carmen), donde se han registrado afectaciones en viviendas; y otro al noroeste, donde se ubican grandes bloques sueltos que podrían afectar viviendas ubicadas en las faldas de las colinas.

En años recientes se ha registrado 5 viviendas afectadas por caída de rocas. También, según los reportes de la autoridad local, pueden ser afectadas 75 viviendas, 2 instituciones educativas y 1 establecimiento de salud, por el mismo peligro.

Como factor detonante, se considera a las precipitaciones pluviales extremas y prolongadas, como las registradas el 18 de febrero del 2019, de hasta 57.2 mm/día, registradas en la estación Cachachi, Cajabamba; de igual modo por las características sísmicas en la zona (zonificación sísmica 3), no se descarta el desprendimiento de bloques detonados por sismos.

Se concluye que el área de estudio es considerada como **Zona Crítica de Alto peligro** a la ocurrencia a caída de rocas, que pueden ser desencadenados en la temporada de lluvias (octubre a marzo) y por movimientos sísmicos.

Finalmente, se brindan las recomendaciones para las autoridades competentes y tomadores de decisiones, como la instalación de geomallas, el desquinchado controlado de bloques sueltos, la prohibición de la instalación de nuevas viviendas en las faldas de las colinas, prohibir la deforestación, la elaboración de un informe de evaluación de riesgos EVAR, entre otras medidas de control.

1. INTRODUCCIÓN

El INGEMMET, mediante la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR) y el “Servicio de asistencia en evaluación de peligros geológicos a nivel nacional (ACT. 11)”, contribuye 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 el GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA Oficio N° D1689-2023-GR.CAJ/ODN, es en el marco de nuestras competencias que se realiza una evaluación de peligros geológicos por caída de rocas en el centro poblado Cholocal, cuya ocurrencia es periódica y latente durante las temporadas de lluvias, el último evento ocurrido en marzo del 2024, lo cual trajo consigo, daños en viviendas y vías de conexión vecinal en la localidad.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del INGEMMET designó a los Ingenieros Luis León y Elvis Alcántara, quienes realizan la evaluación de peligros en la localidad mencionada el día 01 de abril del 2024.

La evaluación técnica se realizó en 03 etapas: etapa de pre-campo con la recopilación de antecedentes e información geológica y geomorfológica del INGEMMET; etapa de campo a través de la observación, toma de datos (sobrevuelos dron, puntos GPS, tomas fotográficas), cartografiado, recopilación de información y testimonios de población local afectada; y para la etapa final de gabinete se realizó el procesamiento de toda información terrestre y aérea adquirida en campo, fotointerpretación de imágenes satelitales, cartografiado e interpretación, elaboración de mapas, figuras temáticas y redacción del informe

Este informe se pone en consideración de la Municipalidad Distrital de Cachachi, Municipalidad Provincial de Cajabamba, Gobierno Regional de Cajamarca, e instituciones técnico normativas del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres – Sinagerd, como el Instituto Nacional de Defensa Civil – INDECI y el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastre - CENEPRED, 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) Identificar, tipificar y caracterizar los peligros geológicos por movimientos en masa que se presentan en el centro poblado Cholocal, eventos que pueden comprometer la seguridad física de personas, obras de infraestructura y vías de comunicación en la zona de influencia de los eventos.
- b) Emitir las recomendaciones pertinentes para la reducción o mitigación de los daños que pueden causar los peligros geológicos identificados.

1.2. Antecedentes

Existen trabajos previos y publicaciones del INGEMMET, que incluye al centro poblado Cholocal, relacionados a temas de geología y geodinámica externa, de los cuales destacan los siguientes:

- Boletín N° 31 Serie A, “Geología de los Cuadrángulos de Cajamarca, San Marcos y Cajabamba” (Reyes, 1980) donde se describen las unidades geológicas a una escala 1:100 000; describiendo en la zona areniscas de la Formación Farrat. En el cartografiado geológico integrado a escala 1:50 000, (Ingemmet, versión 2022) por detalle, se reafirma la presencia de areniscas cuarzosas de la Formación Farrat.
- El Boletín N° 44 Serie C, Estudio de Riesgo geológico en la región Cajamarca (Zavala & Rosado, 2011) presenta un mapa de susceptibilidad a movimientos en masa, a escala 1:250 000; donde el centro poblado Cholocal se sitúa en una zona de susceptibilidad de alta a muy alta ante la ocurrencia de movimientos en masa.

1.3. Aspectos generales

1.3.1. Ubicación

El área evaluada corresponde al centro poblado Cholocal que pertenece al distrito de Cachachi, provincia Cajabamba, departamento Cajamarca (figura 1), ubicada en las coordenadas UTM WGS 84 – Zona: 17S descritas en el tabla 1 además de las coordenadas centrales referenciales del evento identificado.

Tabla 1. Coordenadas de las áreas de estudio.

N°	UTM – WGS 84 - ZONA 18S		Coordenadas Decimales (°)	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	812200	9173150	-7.471277	-78.171593
2	812200	9172500	-7.477149	-78.171555
3	811500	9172500	-7.477190	-78.177895
4	811500	9173150	-7.471317	-78.177925
Coordenada central de los peligros identificados				
C	811938	9172806	-7.474402	-78.173943

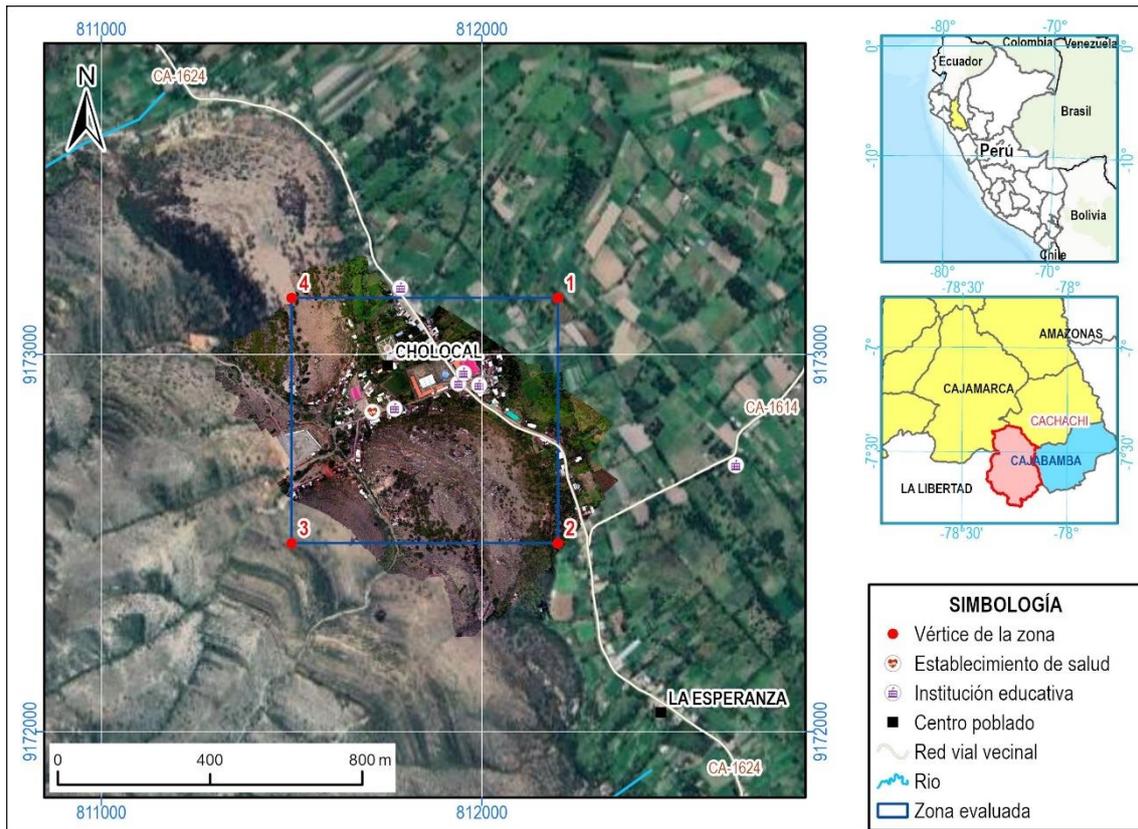


Figura 1. Ubicación del área evaluada (en línea azul).

1.3.2. Accesibilidad

El acceso desde la ciudad de la ciudad de Cajamarca se realiza a través de la vía nacional asfaltada PE-3N hasta la localidad de La Grama; siguiendo la vía vecinal afirmada CA-1614, que conduce hasta la localidad de Cholocai; tal como se detalla en la siguiente ruta (Tabla 2, figura 2):

Tabla 2. Rutas y acceso a la zona evaluada.

Ruta	Tipo de vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Ciudad de Cajamarca – La Grama	Asfaltada	90	2 horas 20 minutos
La Grama – Cholocai	Afirmada	8	20 minutos

1.3.3. Población

De acuerdo a la información del XII Censo de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas de 2017 (INEI, 2018), la localidad de Cholocai, tiene una población de 371 habitantes, distribuidos en 179 viviendas, con acceso a red pública de agua y energía eléctrica pero no de desagüe.

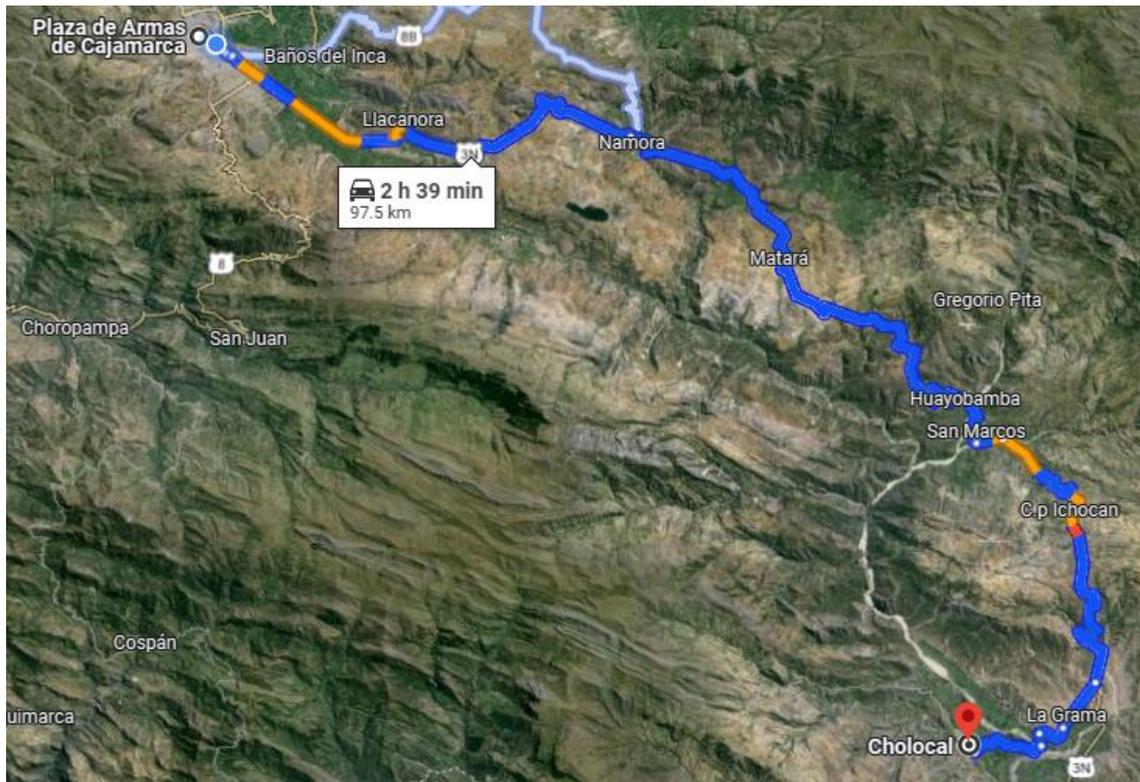


Figura 2. Ruta de acceso desde la ciudad de Cajamarca hasta la localidad de Cholocal. **Fuente:** Google Maps.

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 hasta 25°C, una temperatura mínima promedio desde 7°C y una precipitación anual entre 300 mm a 700 mm.

Entre los años 2019-2024, los meses de enero – marzo, el sector evaluado percibió precipitaciones de hasta 57.2 mm/día (figura 3) considerados por el Senamhi, en su consolidado de umbrales de precipitación del 2014, como Extremadamente Lluvioso (Senamhi, 2014).

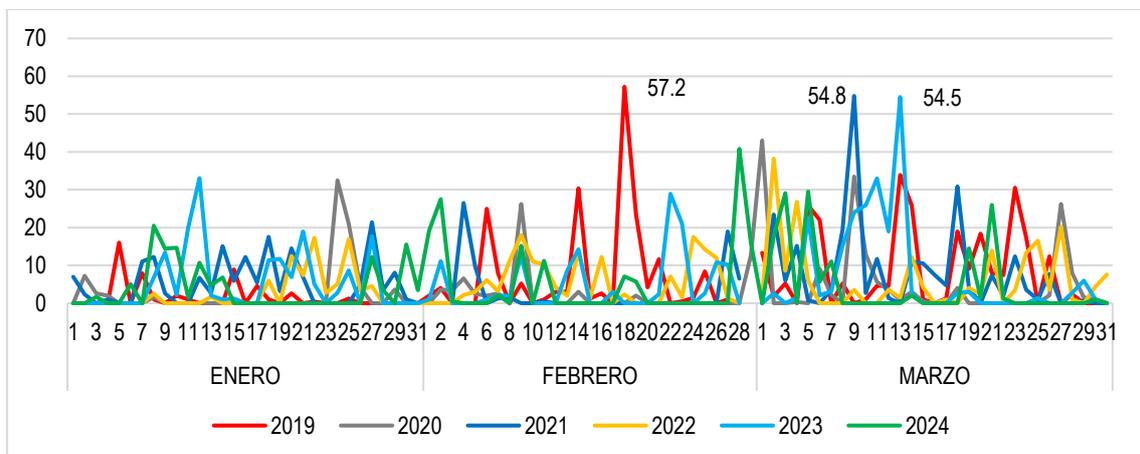


Figura 3. Precipitación diaria del mes de marzo entre los años 2019-2024, en la Estación Cachachi (Cajabamba). **Fuente:** Senamhi.

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:GCA, 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 está moviendo, bien sea de manera continua o intermitente.

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.

Aluvial: Génesis de la forma de un terreno o depósito de material debida a la acción de las corrientes naturales de agua.

Caída: Movimiento en masa en el cual uno o varios bloques de suelo o roca se desprenden de una ladera. El material se desplaza por el aire, golpeando, rebotando o rodando (Varnes, 1978). Se clasifican en caídas de rocas, suelos y derrumbes.

Caída de rocas: Tipo de caída producido cuando se separa una masa o fragmento de roca y el desplazamiento es a través del aire o caída libre, a saltos o rodando.

Coluvial: Forma de terreno o material originado por la acción de la gravedad.

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.

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.

Ladera: Superficie natural inclinada de un terreno.

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

Movimiento en masa: Movimiento ladera abajo de una masa de roca, de detritos o de tierras (Cruden, 1991). Estos procesos corresponden a caídas, vuelcos, deslizamientos, flujos, entre otros. Sin.: Remoción en masa y movimientos de ladera.

Peligro o amenaza geológica: Proceso o fenómeno geológico que podría ocasionar la muerte, lesiones u otros impactos a la salud, al igual que daños a la propiedad, la pérdida de medios de sustento y de servicios, trastornos sociales y económicos, o daños ambientales.

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

El análisis geológico del área de estudio se elaboró teniendo como base la revisión y actualización del cuadrángulo de San Marcos (Reyes, 1980), y el reciente cartografiado a escala 1:50 000 (Ingemmet, 2022) donde se tienen principalmente areniscas de la Formación Farrat. La geología se complementó con trabajos de interpretación de imágenes satelitales, fotos aéreas y observaciones de campo (mapa 1).

3.1. Unidades litoestratigráficas

Comprenden unidades sedimentarias clásticas del Cretácico y depósitos cuaternarios inconsolidados, producto de movimientos en masa.

3.1.1. Formación Farrat (Ki-f)

Esta unidad está conformada por una secuencia de areniscas cuarzosas continentales, con alta pureza en granos de cuarzo, presencia de laminación cruzada y canales deltaicos.

Se ubica a lo largo de la mayor parte de la zona, donde sus macizos rocosos se muestran moderadamente fracturados y medianamente meteorizados (fotografía 1), con buzamientos de 25° y 35° hacia el noreste.

La resistencia geológica de sus macizos rocosos es de alta a muy alta, reflejado en una resistencia a la compresión uniaxial (tabla 3) de entre 50 a 100 MPa y un Índice Geológico de Resistencia (Hoek, 2007) de entre 58 a 72 (figura 4).



Fotografía 1. Macizo rocoso de areniscas cuarzosas de la Formación Farrat en la localidad de Cholocal. **Ubicación:** E: 811814, N: 92172788, Z: 2102.

Tabla 3. Estimaciones de la resistencia a la compresión uniaxial. **Fuente:** Hoek, 2007

Grado	Término	Estimación en campo de la resistencia	Resistencia a la compresión uniaxial (Mpa)
R6	Extremadamente fuerte	Solo se rompe esquirlas de la muestra con el martillo	>250
R5	Muy fuerte	Se requiere varios golpes de martillo para romper la muestra	100-250
R4	Fuerte	La muestra se rompe con más de un golpe del martillo	50-100
R3	Medianamente fuerte	No se raya ni desconcha con cuchillo. La muestra se rompe con golpe firme del martillo	25-50
R2	Débil	Se desconcha con dificultad con cuchilla. Marcas poco profundas en la roca con golpe firme del martillo (de punta)	5-25
R1	Muy débil	Deleznable con golpes firmes con la punta de martillo de geólogo se desconcha con una cuchilla	1-5
R0	Extremadamente débil	Se raya con la uña	0.25-1

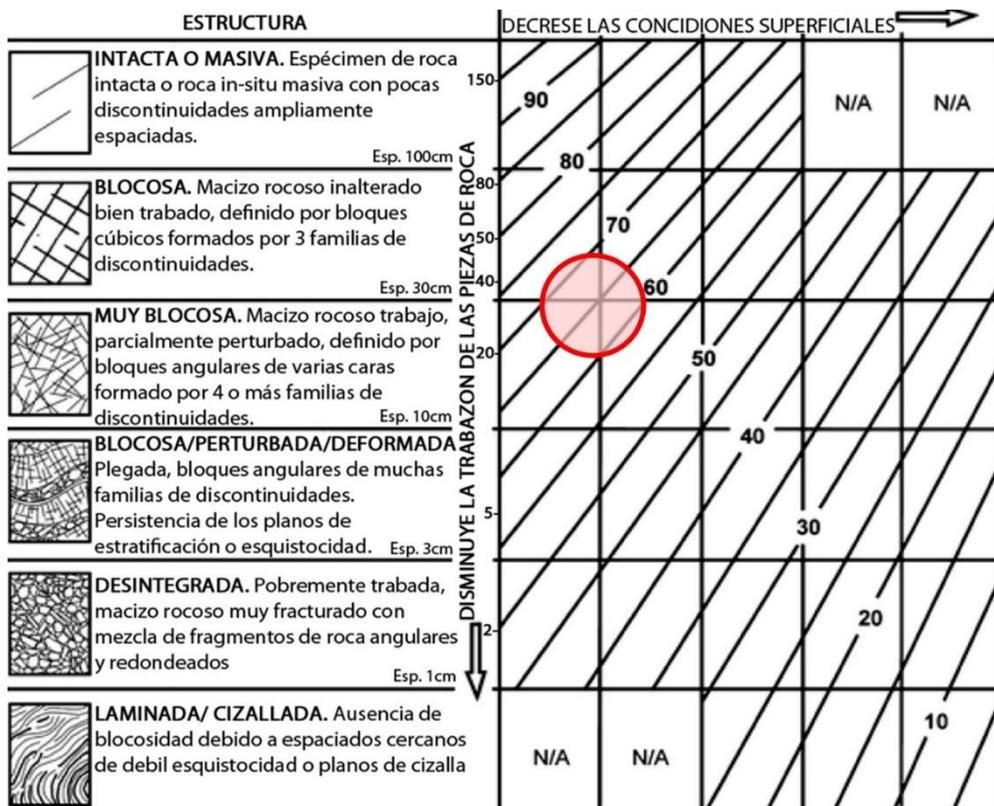


Figura 4. Estructura y calidad de las discontinuidades del macizo rocoso de la Formación Farrat, GSI promedio de entre 58 a 72. **Fuente:** Tabla del Índice Geológico de Resistencia GSI (Hoek, 2007).

3.1.2. Formación Inca (Ki-i)

Corresponde a secuencias de areniscas, limolitas y lutitas ferruginosas que descansan en concordancia estratigráfica sobre la Formación Farrat; en la zona se delimita, cartográficamente, al suroeste, con terrenos de pendiente fuerte y relieve más suave que la unidad infrayacente mencionada.

3.1.3. Depósitos cuaternarios

Depósito coluvial

Corresponde a suelos originados por la continua acumulación y depositación de bloques y arenas en talud de colinas, tienen una estructura caótica y sus bloques gruesos son angulosos a sub angulosos (fotografía 2).



Fotografía 2. Depósito coluvial en las faldas de la colina Virgen del Carmen, al sureste de Cholocal. **Ubicación:** E: 811765, N: 9172839, Z: 2072.

Tabla 4. Descripción de formaciones superficiales. **Ubicación:** E: 811765, N: 9172839, Z: 2072.

TIPO DE FORMACIÓN SUPERFICIAL		GRANULOMETRÍA (%)		FORMA	REDONDES		
<input type="checkbox"/>	Eluvial	<input type="checkbox"/>	Lacustre	<input type="checkbox"/>	Esférica	<input type="checkbox"/>	Redondeado
<input type="checkbox"/>	Deluvial	<input type="checkbox"/>	Marino	<input checked="" type="checkbox"/>	Discoidal	<input type="checkbox"/>	Sub redondeado
<input checked="" type="checkbox"/>	Coluvial	<input type="checkbox"/>	Eólico	<input type="checkbox"/>	Laminar	<input checked="" type="checkbox"/>	Anguloso
<input type="checkbox"/>	Aluvial	<input type="checkbox"/>	Orgánico	<input type="checkbox"/>	Cilíndrica	<input checked="" type="checkbox"/>	Sub anguloso
<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				
		5	Bolos				
		10	Cantos				
		5	Gravas				
		10	Gránulos				
		55	Arenas				
		15	Limos				
			Arcillas				

PLASTICIDAD	ESTRUCTURA	TEXTURA	CONTENIDO DE	% LITOLÓGIA
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

COMPACIDAD		CLASIFICACIÓN TENTATIVA S.U.C.S.	
SUELOS FINOS	SUELOS GRUESOS	SUELOS GRUESOS	SUELOS FINOS
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Depósito proluvial (Q-pr)

Corresponden a depósitos originados por la acumulación de arenas y gravas que han sido arrastradas por flujos de detritos, durante la temporada de lluvias; sobre estas unidades se han ido construyendo las infraestructuras urbanas de la localidad de Cholocal.

4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

Además de la cartografía regional de geomorfología, a escala 1:250 000 del boletín de riesgos geológicos de la región Cajamarca, se utilizó imágenes y modelos digitales de elevación detallados, obtenidos de levantamientos fotogramétricos con dron en abril del 2024 por el Ingemmet, 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 centro poblado Cholocal presenta elevaciones que van desde los 2 042 m hasta los 2 218 m, en los cuales se distinguen 7 niveles altitudinales (figura 5), visualizando la extensión con respecto a la diferencia de alturas; el área con mayor pendiente corresponde a terrenos entre altitudes 2 125 y 2 175 m, con pendiente promedio de escarpada a muy escarpada ($>25^\circ$) correspondiente a una geoforma de colina estructural en areniscas de la Formación Farrat.

4.2. Pendiente del terreno

La zona evaluada, centro poblado Cholocal, presenta terrenos con pendientes que varía de llanas a suaves ($<5^\circ$) en las terrazas inferiores, a escarpadas y muy escarpadas ($>25^\circ$) en las laderas de colinas estructurales (figura 6; mapa 2).

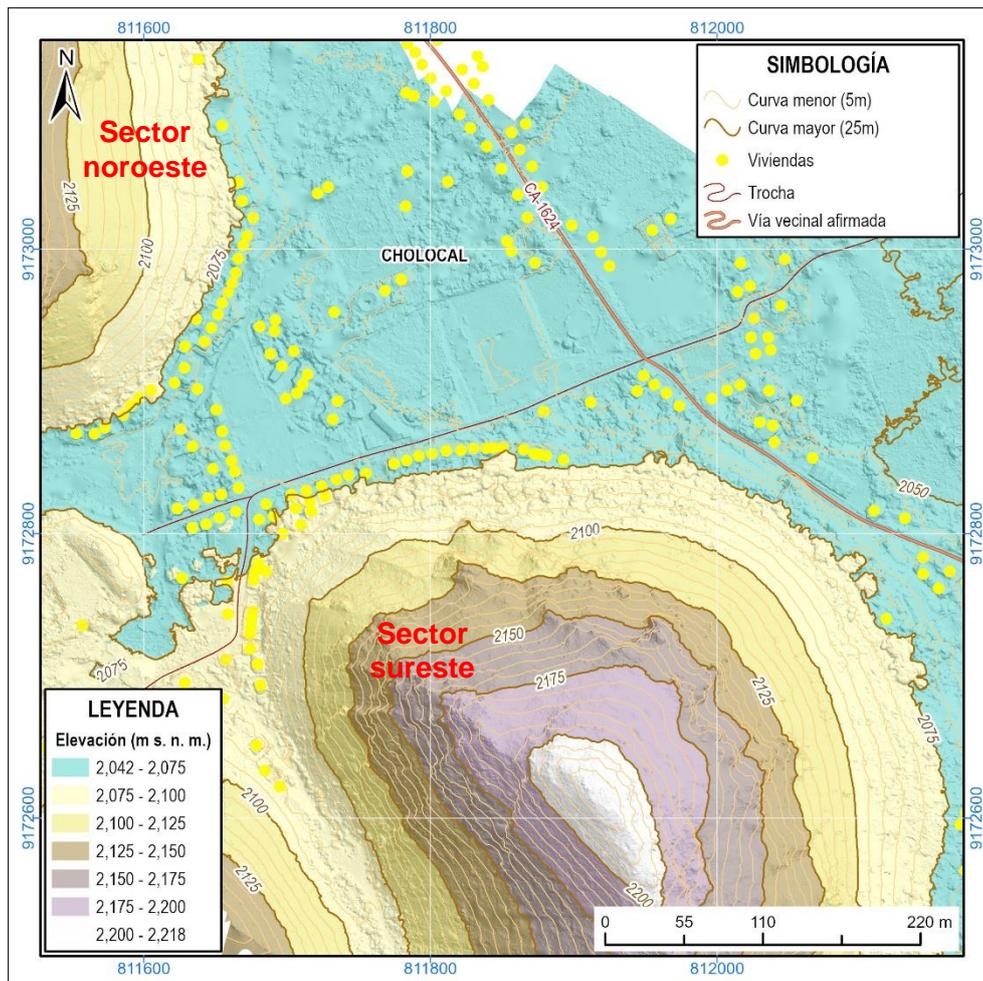


Figura 5. Modelo digital de elevaciones del área evaluada.

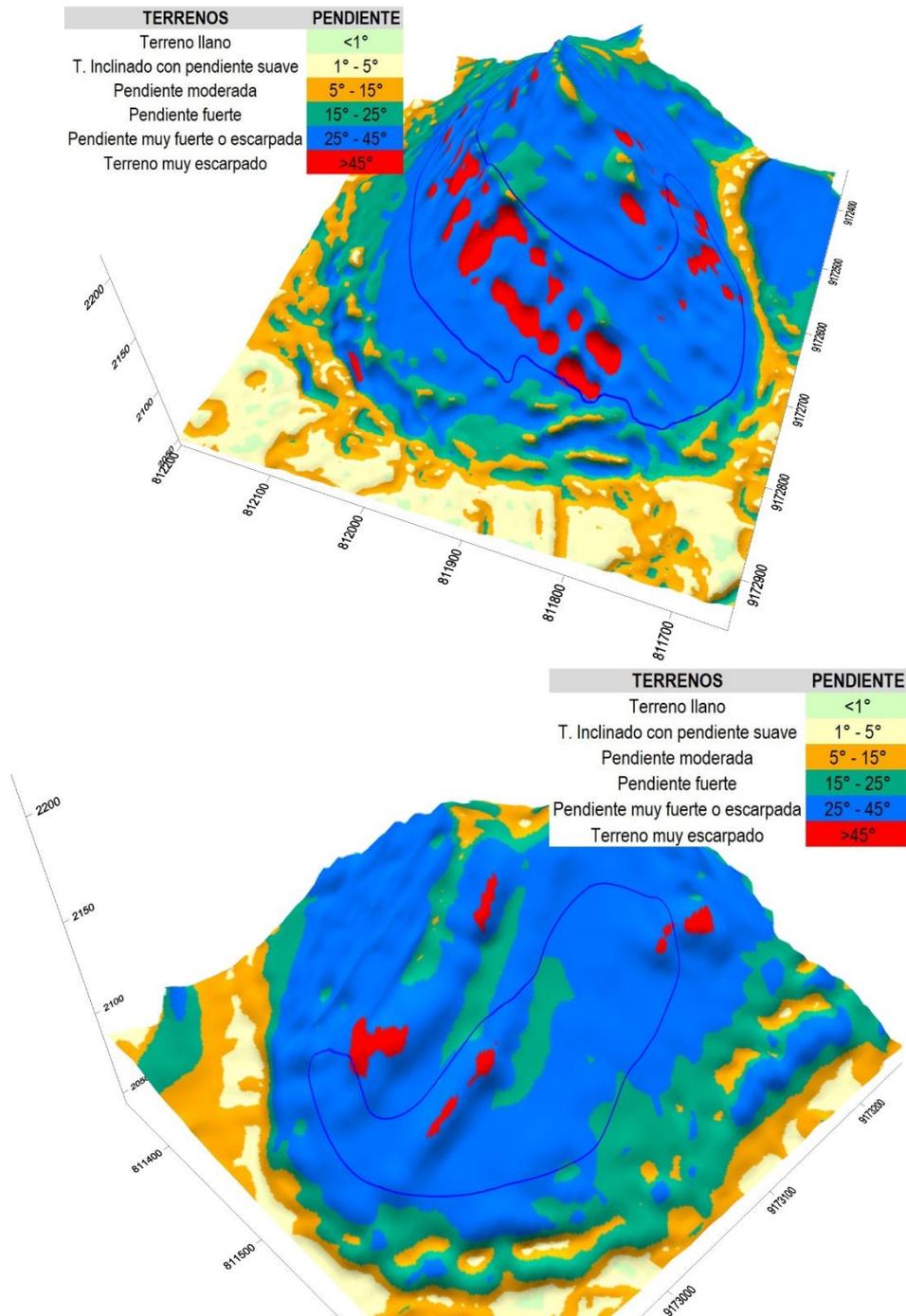


Figura 6. Modelo 3D de las pendientes del centro poblado Cholocal: sector sureste (arriba) y noroeste (abajo); los movimientos en masa están delimitados en línea azul.

4.3. Unidades Geomorfológicas

De acuerdo a su origen, se distinguen geoformas tanto de carácter tectónico degradacional y erosional (colina estructural en roca sedimentaria y colina en roca sedimentaria), como de carácter deposicional y agradacional (vertiente coluvial de detritos, piedemonte proluvial antropizado y terraza aluvial); se grafican en la figura 7 y en el 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 colinas

Estas geformas presentan menor altura que una montaña (menos de 300 metros desde el nivel de base local). Las colinas presentan una inclinación promedio en sus laderas superior a 8° y divergen en todas direcciones a partir de la cima relativamente estrecha de base aproximadamente circular (Villota, 2005).

- **Sub unidad de colina estructural en roca sedimentaria (CE-rs)**

Corresponde a terrenos ubicados tanto al sureste y noroeste de la zona, con pendiente de escarpada a muy escarpada, relieve agreste y escasa vegetación, por lo que es constante ubicar afloramientos rocosos.

- **Sub unidad de colina en roca sedimentaria (C-rs)**

Corresponde a terrenos ubicados al suroeste de la zona, donde los macizos rocosos son de menor resistencia geológica, por lo que su relieve es suave y de menor pendiente, con respecto a la unidad anterior.

4.3.2. Geformas 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

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

Corresponde a terrenos ubicados en las faldas de las colinas, donde la constante denudación de suelos y caídas de rocas han formado depósitos de suelos de pendiente fuerte a muy fuerte.

- **Subunidad de piedemonte o vertiente proluvial antropizado (P-prat)**

Son terrenos ubicados en las partes bajas de la zona, cerca de las colinas, que han sido formados por la acumulación de suelos provenientes de flujos de detritos; actualmente están siendo ocupados para habilitación urbana, vías o para terrenos de cultivo.

Unidad de Planicies

- Subunidad de terraza aluvial (T-a)

Son los terrenos con pendiente llana y suave (<5°) ubicados en las partes bajas ubicadas al noreste de la zona, corresponden a extensos depósitos aluviales que vienen siendo utilizadas para agricultura permanente.

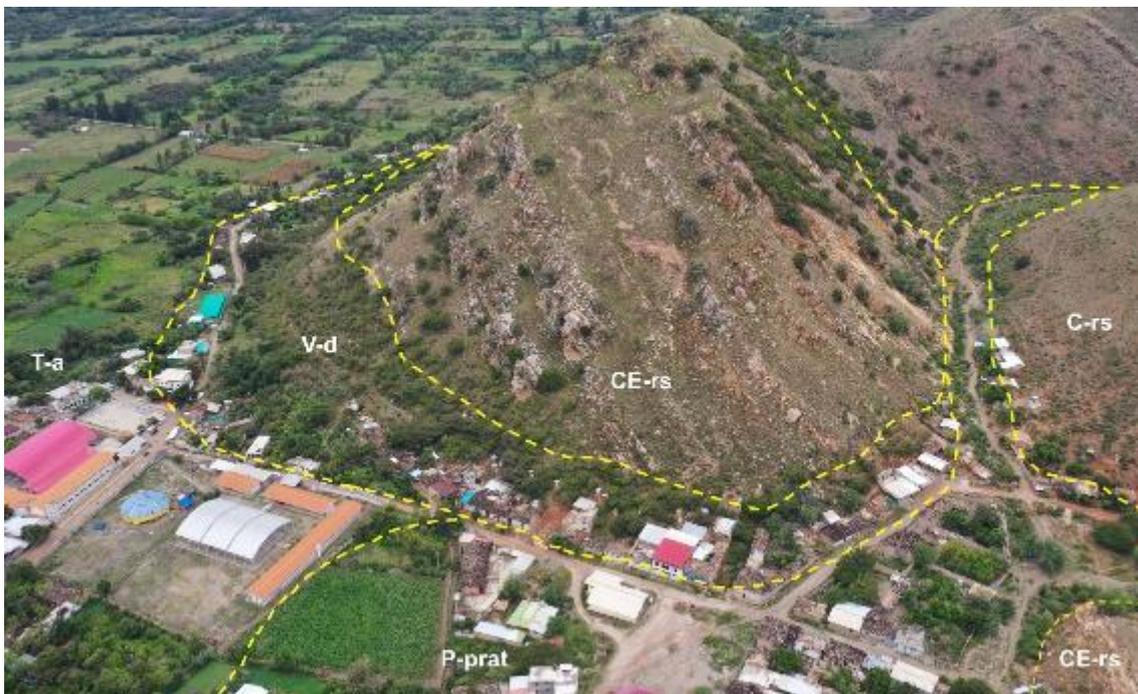


Figura 7. Geoformas cartografiadas en el centro poblado Cholocal: Colina estructural en roca sedimentaria (CE-rs), colina en roca sedimentaria (C-rs), vertiente coluvial de detritos (V-d), piedemonte proluvial antropizado (P-prat) y terraza aluvial (T-a).

5. PELIGROS GEOLÓGICOS

Los peligros geológicos reconocidos en la zona evaluada, corresponden a movimientos en masa, tipo caída (caída de rocas, figura 8) (PMA:GAC 2007). Estos procesos son resultado del proceso de modelamiento del terreno, así como la incisión sufrida en los cursos de agua en la Cordillera de los Andes, que conllevó a la generación de diversos movimientos en masa, que modificaron la topografía de los terrenos y movilizaron cantidades variables de materiales desde las laderas hacia el curso de los ríos.

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

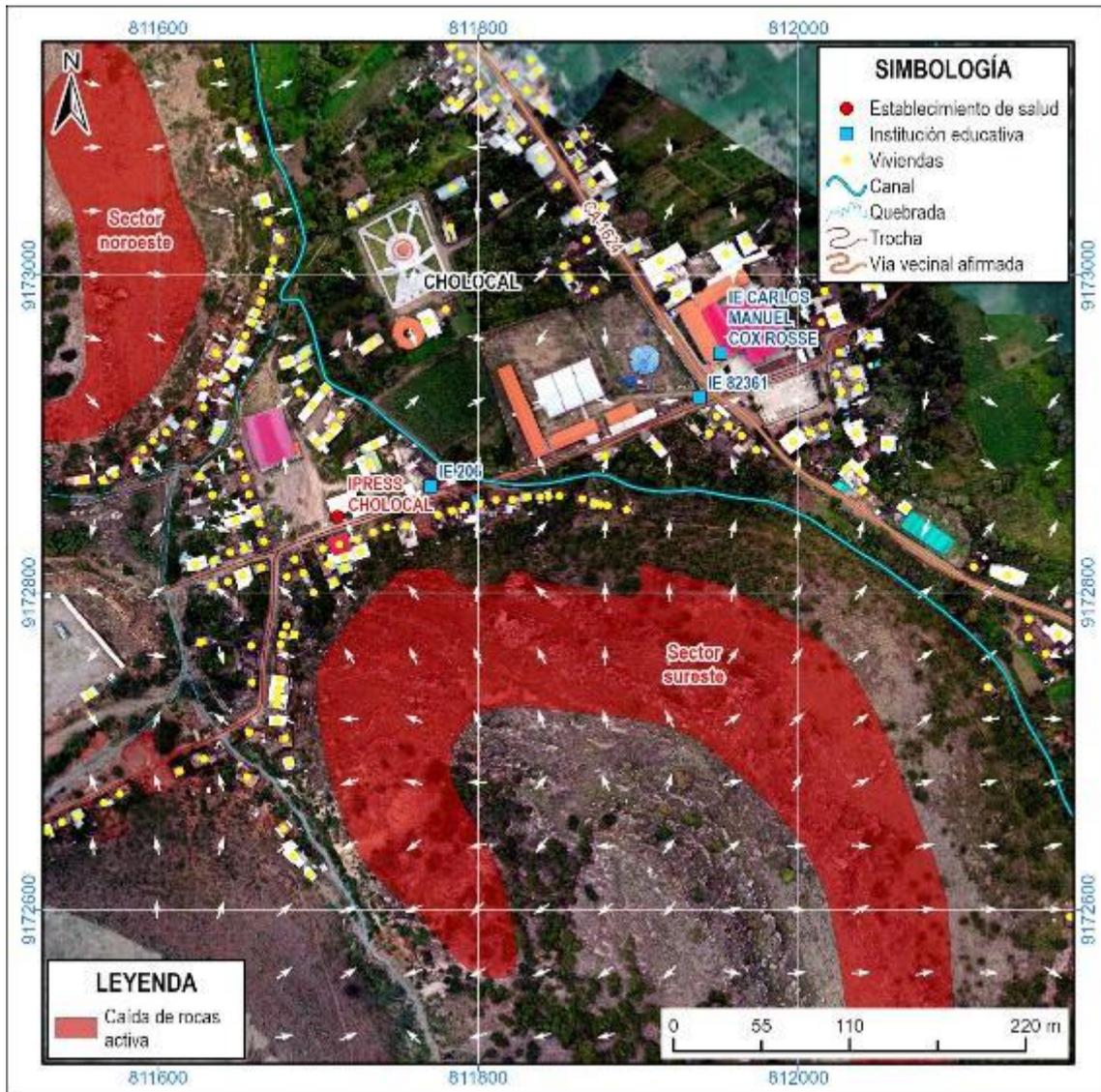


Figura 8. Orientación de la pendiente (en flechas blancas) en el centro poblado Cholocal que muestra la dirección que seguirían los bloques sueltos desde las zonas con caída de rocas.

5.1. Caída de rocas en el sector sureste del centro poblado Cholocal

Corresponde al sector donde ya se han reportado eventos de caídas de rocas que han afectado viviendas (parte de las paredes, pisos y techos) durante los años recientes, en temporadas de lluvias intensas, se presentan como bloques que van desde pocos centímetros de diámetro hasta 2 m de diámetro.

El 1 de marzo del 2024 se produjo una nueva reactivación de caída de rocas que afectaron 2 viviendas, según reporte de los pobladores locales, en esta ocasión los bloques tuvieron 1 m de diámetro y solo afectaron la infraestructura física (fotografía 3).

En la figura 9, el sector sureste de Cholocal, presenta una parte alta con bloques rocosos fracturados, y cuyas viviendas en la parte baja se muestran en peligro. Se observa una densa cobertura vegetal de arbustos que sostienen algunos bloques que se desprenden desde la parte alta.



Fotografía 3. Bloques de roca que cayeron en el sector sureste el 1 de marzo del 2024.



Figura 9. Vista del sector sureste de Cholocal, destacando el sector con macizos rocosos fracturados desde donde se desprenden bloques rocosos ladera abajo.

5.1.1. Análisis longitudinal

En la figura 10 se muestra el perfil longitudinal del sector de caída de rocas activado el 1 de marzo del 2024, mostrando una diferencia de altitudes de 90 a 100 m y un recorrido horizontal de 160 a 170 m; algunos bloques retenidos en el sector con vegetación de arbustos que ha detenido a la mayoría de los bloques de menores dimensiones.

Los bloques desprendidos tuvieron un diámetro máximo de 1 m, lo que hace un volumen de entre 0.7 a 0.9 m³ y una masa aproximada de 1 800 a 2 300 kg.

En la figura 11 se aprecian un mayor número de bloques sueltos que podrían desprenderse en el futuro en este sector.

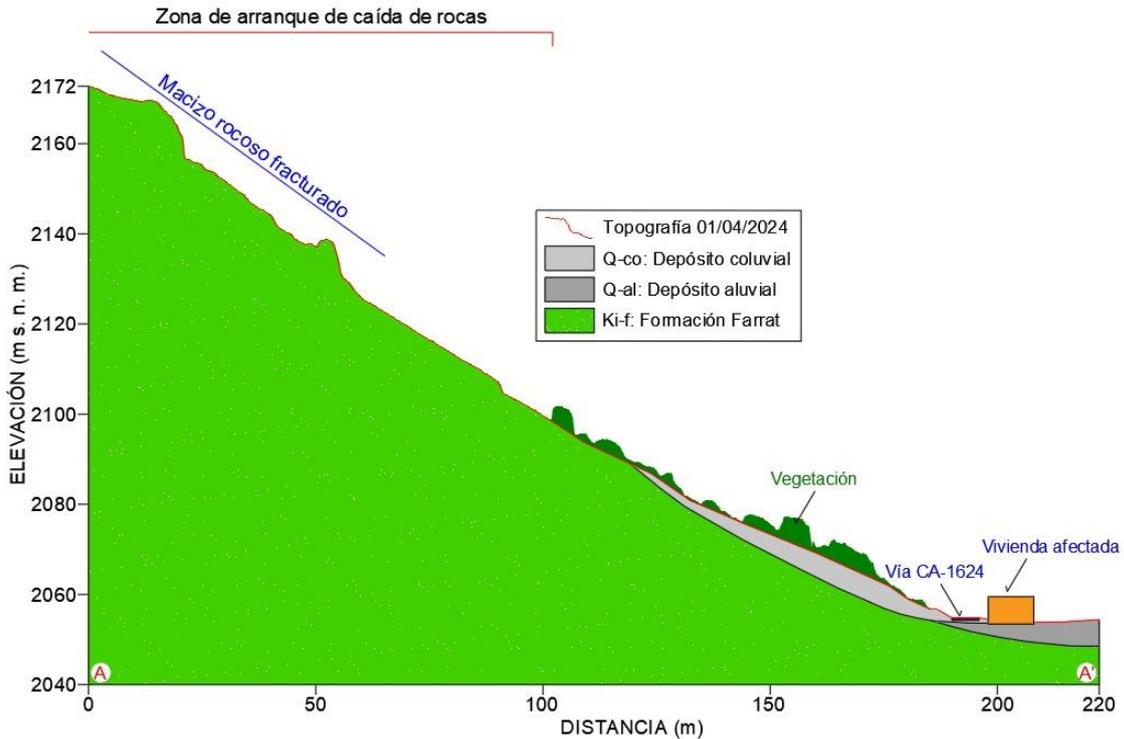


Figura 10. Perfil A-A', donde se aprecia el macizo rocoso fracturado desde donde se desprendieron los bloques que afectaron las viviendas de Cholocal el 01/03/2024.



Figura 11. Vista del sector evaluado mediante el perfil A-A'.

En la figura 12 se evalúa dos macizos rocoso fracturados con pendiente muy escarpada desde donde se pueden desprender bloques rocosos y afectar a viviendas ubicadas ladera abajo.

Las dimensiones de estos bloques rocosos tienen dimensiones de 38x26x15 m (bloque superior) y de 44x23x20 m; haciendo un volumen aproximado de 14 820 m³ y 20 240 m³, respectivamente (figura 13).

En la figura 14 se aprecia la parte baja del sector crítico, con 10 viviendas expuestas a caída de rocas y parte de la infraestructura de la IE primaria 82361 también como posible elemento expuesto.

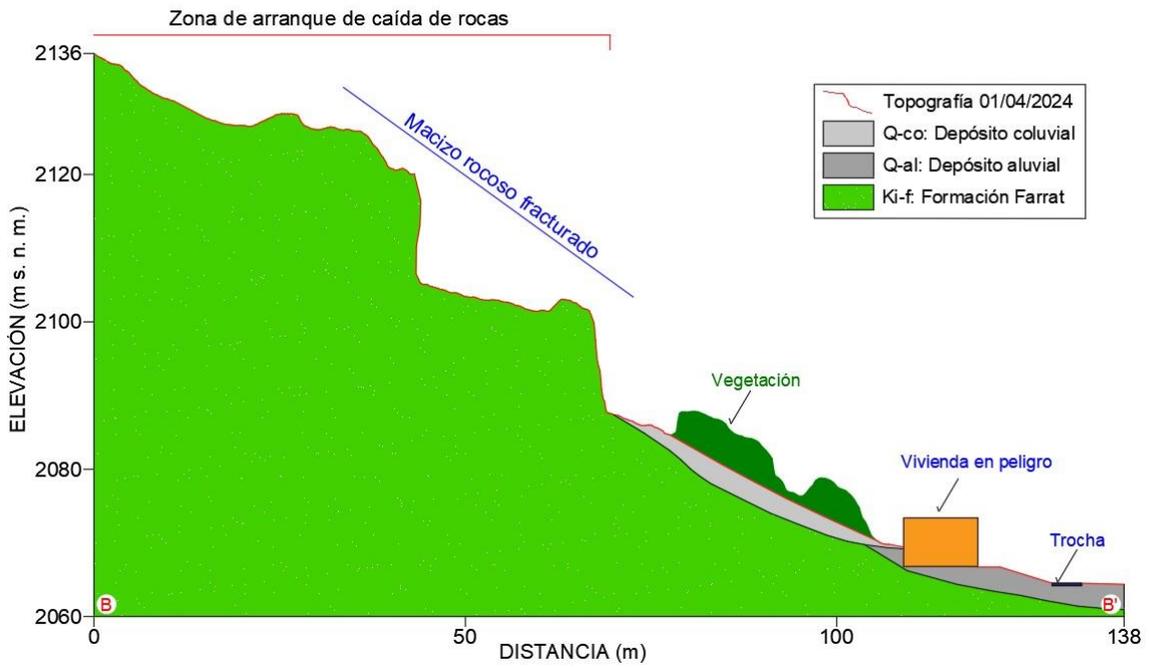


Figura 12. Perfil B-B', donde se aprecia dos grandes macizos rocosos que podrían generar caída de rocas.

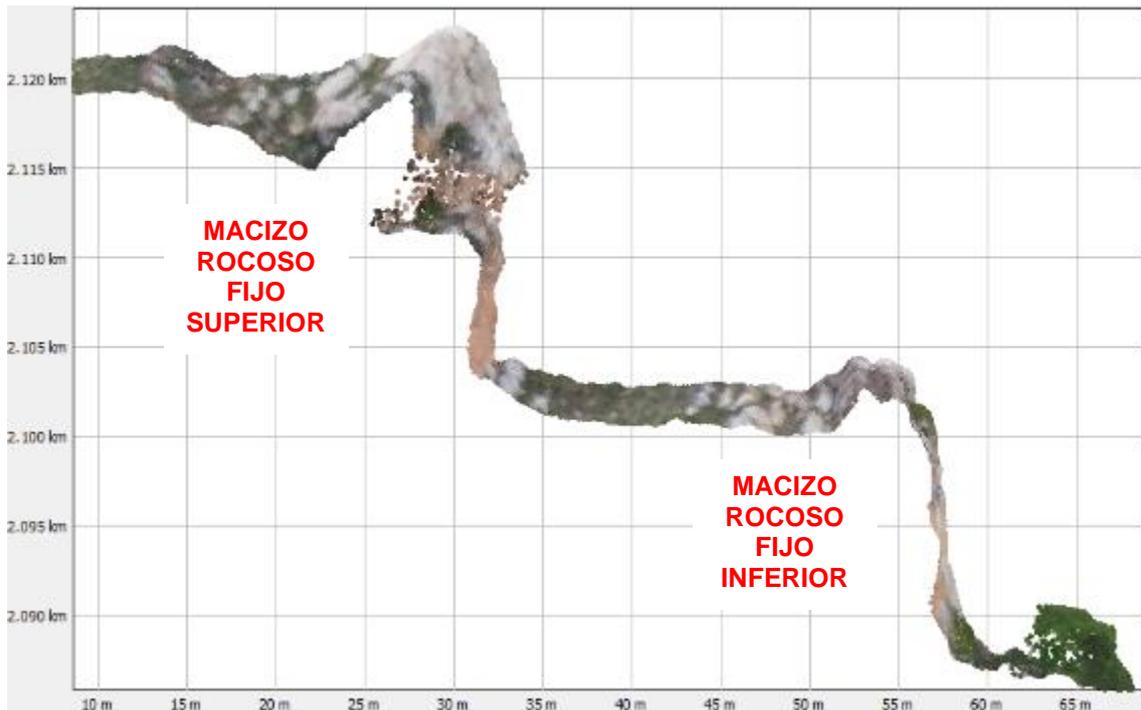


Figura 13. Detalle de los dos macizos rocosos fracturados críticos del perfil B-B'.

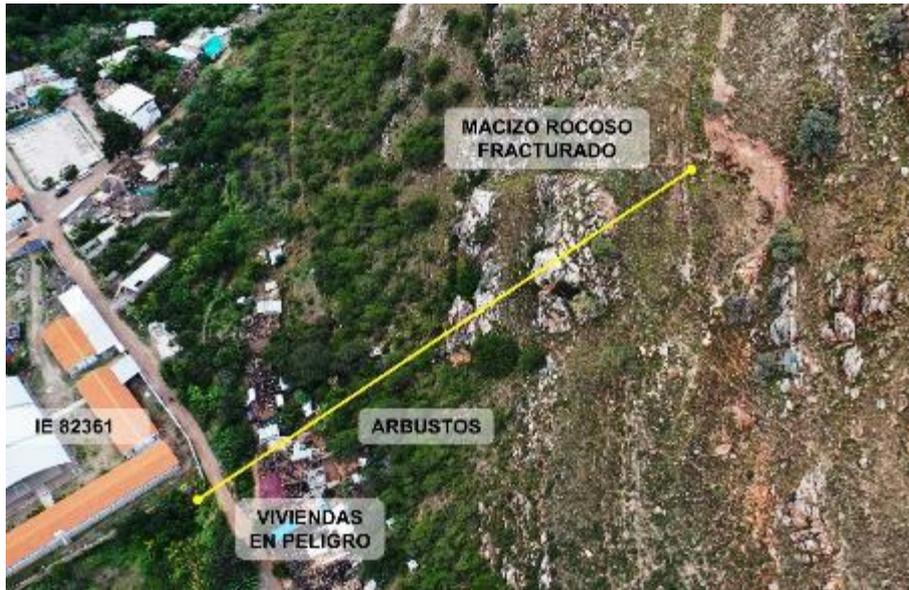
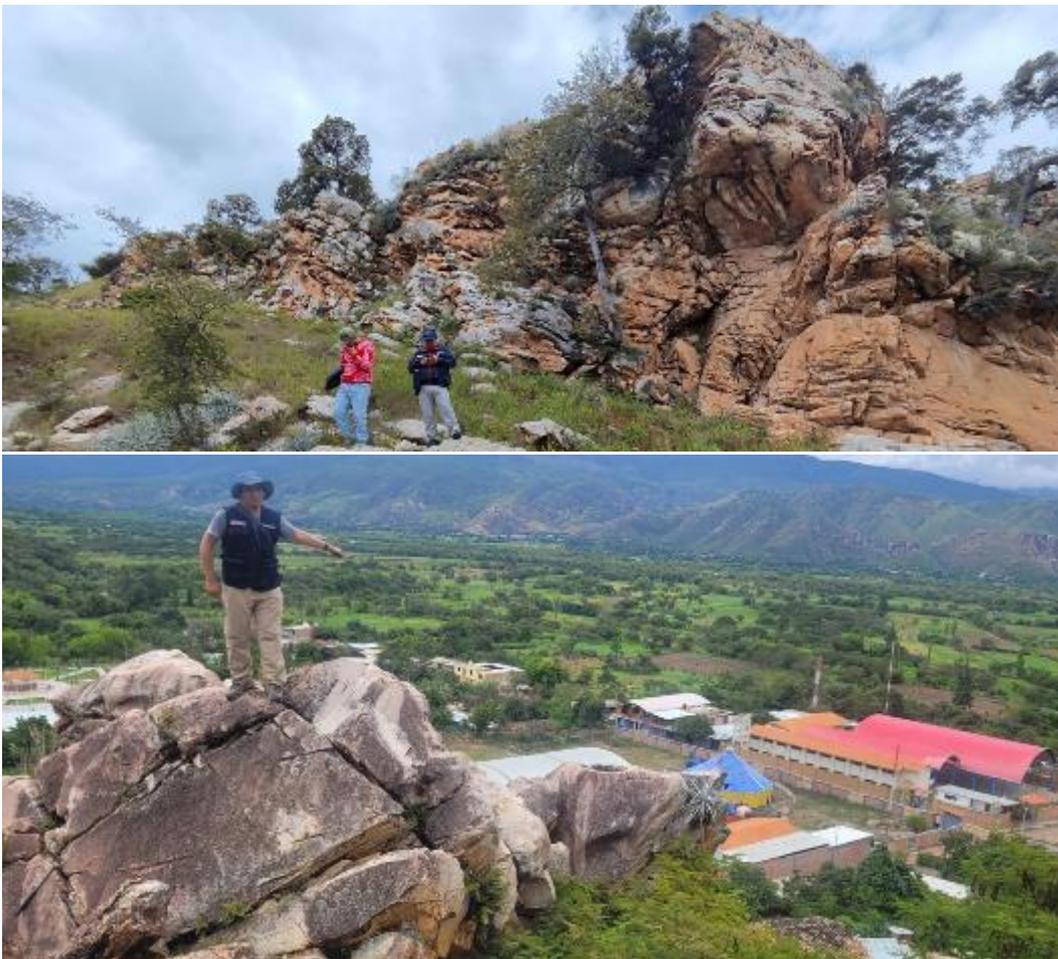


Figura 14. Vista del sector evaluado mediante el perfil B-B'.



Fotografía 4. Vista de los bloques rocosos fracturado evaluados en el perfil B-B', superior (arriba) e inferior (abajo).

5.1.2. Características visuales y morfométricas

- Tipo de movimiento: Caída de rocas.
- Estado: Activo.
- Velocidad: Extremadamente rápido (alcanza varios metros por segundo).
- Composición: bloques rocosos fracturados de la Formación Farrat.

Morfometría del sector con caída de rocas

- Área: 6.1 ha.
- Perímetro: 1 786 m.
- Diferencia de alturas: 100 a 150 m.
- Desplazamiento horizontal: 100 a 200 m.
- Pendiente promedio: escarpada a muy escarpada (>25°)
- Dirección del movimiento: de SO-NE a S-N.
- Diámetro de los bloques: de pocos centímetros hasta 2 m.

Factores condicionantes

- Litología y naturaleza incompetente de materiales, compuesto por bloques fracturados de areniscas de la Formación Farrat, de hasta 2 m de diámetro.
- Ladera de moderada escarpada a muy escarpada (> 25°), que conforman geofoma de colina estructural en roca sedimentaria.

Factores antrópicos

- Deforestación progresiva de la cobertura de arbustos en la ladera.
- Mala ubicación de viviendas en las faldas de una ladera muy escarpada.

Factor detonante

- Precipitaciones pluviales extremas y prolongadas, como las registradas el 18 de febrero del 2019, de hasta 57.2 mm/día en la estación Cachachi, Cajabamba (figura 3).
- Movimientos sísmicos de intensidad muy fuerte.

Daños ocasionados y probables en el sector sureste

- 5 viviendas afectadas.
- 50 viviendas 2 instituciones educativas (IE 82361 e IE 206) y 1 establecimiento de salud (IPRESS Cholocal) que pueden ser afectadas.

5.2. Caída de rocas en el sector noroeste del centro poblado Cholocal

En este sector también existe una colina con pendiente escarpada a muy escarpada que muestra afloramientos rocosos fracturados y bloques sueltos que pueden desprenderse ladera abajo y afectar a las viviendas asentadas en las faldas de la colina, se evidencia menor densidad de vegetación de arbustos que puedan retener los bloques en movimiento (figura 15).

Si bien no se han reportado emergencias o desastres a consecuencia de caída de rocas en este sector, no se descarta la probable afectación de viviendas en condiciones de lluvias intensas y prolongadas o movimientos sísmicos de gran intensidad.



Figura 15. Vista del sector noroeste de Cholocal, destacando el sector con macizos rocosos fracturados desde donde se desprenden bloques ladera abajo.

5.2.1. Análisis longitudinal

En la figura 10 se muestra el trazo que seguiría el punto más crítico ante caída de rocas del sector noroeste, mostrando dos bloques que están entre 30 y 40 m de altura vertical de las viviendas expuestas, y entre 65 a 80 m; también se aprecia la ausencia de arbustos que sirvan suficientes que puedan aguantar la caída de rocas de bloques de grandes dimensiones.

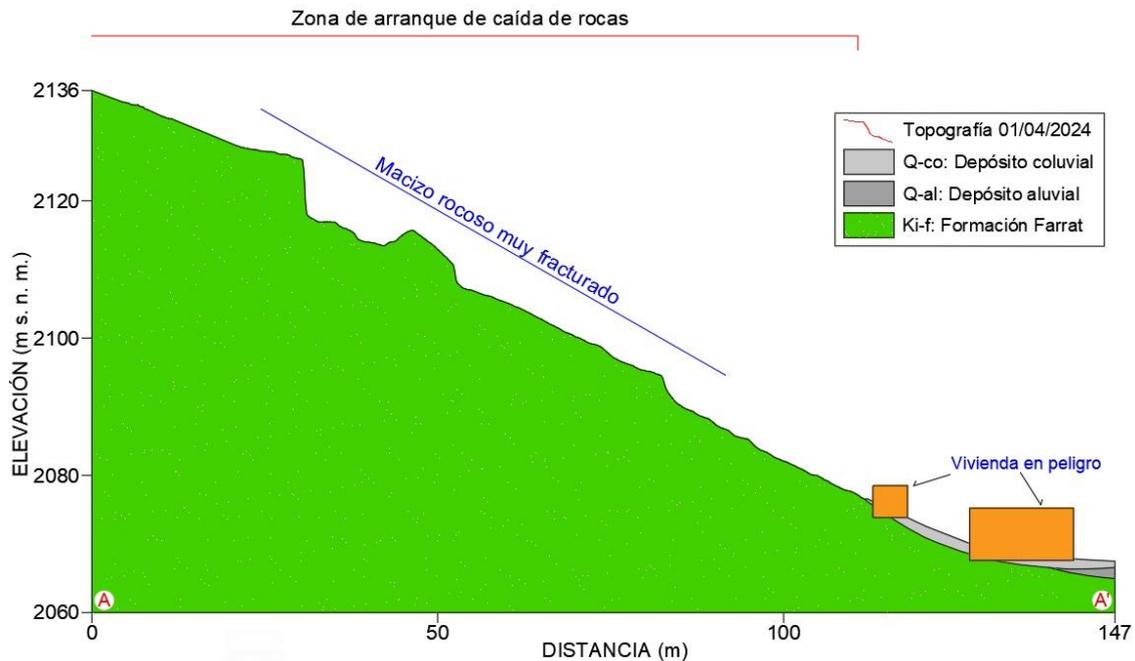


Figura 16. Perfil C-C', donde se aprecia el macizo rocoso fracturado de donde pueden desprenderse bloques y afectar a las viviendas ubicadas en ladera abajo.

En la figura 17 se aprecia un acercamiento a la parte alta del perfil de análisis C-C', donde se muestra mejor el macizo rocoso fijo fracturado, y 2 bloques desprendidos, los mismos que podrían continuar su recorrido ladera abajo, en situaciones de lluvias intensas o de sismicidad de gran magnitud. El bloque desprendido más grande tiene unas dimensiones de 9.4 x 5.8 x 4.5 m; haciendo un volumen aproximado de 245 m³.

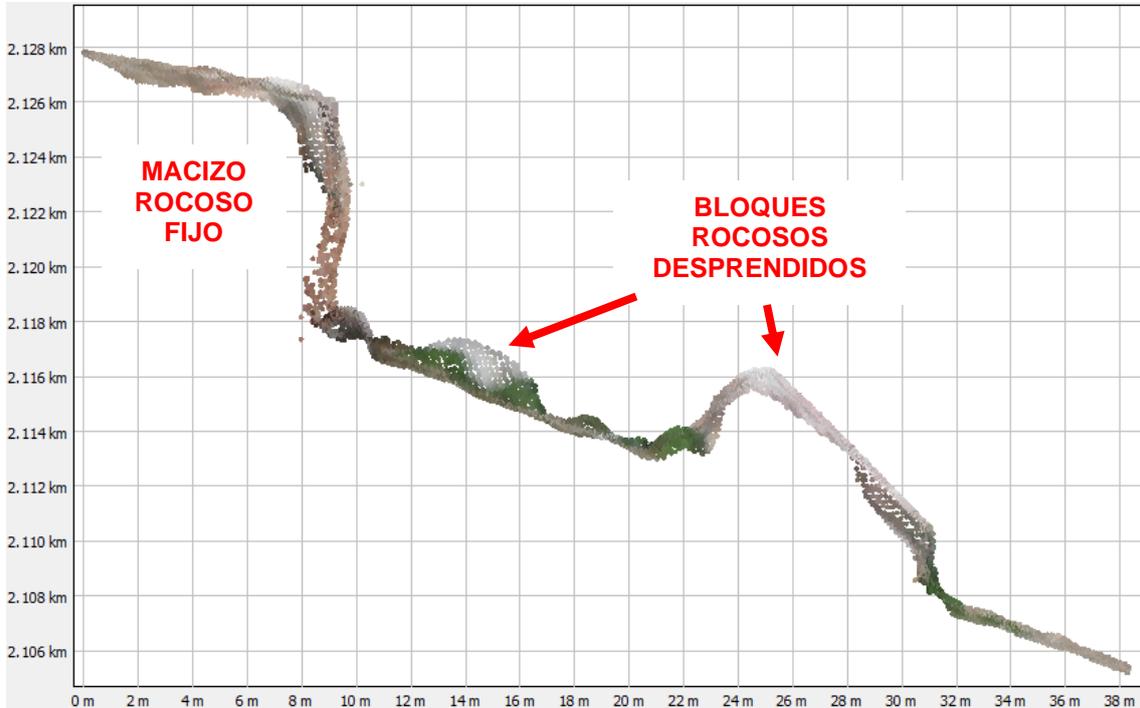


Figura 17. Detalle de los dos macizos rocosos fracturados críticos del perfil C-C'.

En la figura 18 se muestran las viviendas en peligro en caso de que los bloques desprendidos cayeran ladera abajo, o nuevos bloques se desprendieran.



Figura 18. Vista del sector evaluado mediante el perfil C-C'.

5.2.2. Características visuales y morfométricas

- Tipo de movimiento: Caída de rocas.
- Estado: Activo.
- Velocidad: Extremadamente rápido (alcanza varios metros por segundo).
- Composición: bloques rocosos fracturados de la Formación Farrat.

Morfometría del sector con caída de rocas

- Área: 1.7 ha.
- Perímetro: 724 m.
- Diferencia de alturas: 30 a 40 m.
- Desplazamiento horizontal: 65 a 80 m.
- Pendiente promedio: escarpada a muy escarpada (>25°)
- Dirección del movimiento: de NO-SE a N-S.
- Diámetro de los bloques: de pocos centímetros hasta 9 m.

Factores condicionantes

- Litología y naturaleza incompetente de materiales, compuesto por bloques fracturados de areniscas de la Formación Farrat, de hasta 9 m de diámetro.
- Ladera de moderada escarpada a muy escarpada (>25°), que conforman geofoma de colina estructural en roca sedimentaria.

Factores antrópicos

- Deforestación progresiva de la cobertura de arbustos en la ladera.
- Mala ubicación de viviendas en las faldas de una ladera muy escarpada.

Factor detonante

- Precipitaciones pluviales extremas y prolongadas, como las registradas el 18 de febrero del 2019, de hasta 57.2 mm/día en la estación Cachachi, Cajabamba (figura 3).
- Movimientos sísmicos de intensidad muy fuerte.

Daños ocasionados y probables en el sector sureste

- 25 viviendas en peligro.

6. CONCLUSIONES

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

- a. El sector urbano del centro poblado Cholocal, está ubicado en la parte baja de colinas con pendiente muy escarpada, desde donde se desprenden bloques rocosos que llegan a alcanzar viviendas y demás infraestructuras de la localidad; poniendo en peligro, a su vez, a la vida y salud de los pobladores.
- b. Litológicamente, predominan areniscas cuarzosas de la Formación Farrat, que conforman macizos rocosos medianamente fracturados y moderadamente meteorizados. Por otro lado, debido a su alta resistencia geológica, forman colinas de pendiente muy escarpada con escasa vegetación. En las partes bajas se han identificado depósitos coluviales, proluviales y aluviales.
- c. La geomorfología del centro poblado Cholocal contempla colinas estructurales en rocas sedimentarias con pendiente escarpada a muy escarpada en las partes altas. También vertientes coluviales de detritos con pendiente de moderada a fuerte en las faldas de las colinas, piedemontes proluviales antropizados con pendiente moderada a baja en el centro de la localidad. Además, terrazas aluviales con pendiente llana que vienen siendo utilizadas para la agricultura.
- d. Se han determinado 2 sectores con caída de rocas activas:

Sector sureste abarca un área de 6.17 ha (cerro Virgen del Carmen), presenta caídas de rocas que afectan viviendas ubicadas en la parte baja. La caída de roca más reciente ocurrió el 1 de marzo del 2024, cuando bloques de hasta 1 m de diámetro afectaron las paredes y pisos de 2 viviendas. Además, se tienen expuestas al peligro 50 viviendas, 2 instituciones educativas (IE 82361 e IE 206) y 1 establecimiento de salud (IPRESS Cholocal).

Sector noroeste, con un área de 1.7 ha, aún no se han registrado eventos de caídas de rocas importantes en el área urbana, sin embargo, se han identificado grandes bloques sueltos de hasta 245 m³, que podrían continuar su movimiento colina abajo, y afectar aproximadamente a 25 viviendas en peligro.

- e. El factor detonante de las caídas de rocas han sido las precipitaciones pluviales extremas y prolongadas, como las registradas el 18 de febrero del 2019 (definan bien a qué evento se refieren, arriba describen una caída de roca en marzo del 2024), que alcanzaron valores de hasta 57.2 mm/día en la estación Cachachi (Cajabamba).
- f. De acuerdo al análisis en el área de impacto por caída de rocas en el sector urbano del centro poblado Cholocal, distrito Cachachi, además de las condiciones geomorfológicas y geodinámicas, se considera como **Zona Crítica de Peligro Alto**.

7. RECOMENDACIONES

Las medidas correctivas que a continuación se brindan tienen por finalidad mitigar el impacto de peligros asociados a la caída de rocas. Así mismo, la implementación de dichas medidas permitirá darle mayor seguridad a la infraestructura expuesta a los peligros evaluados.

- a) Prohibir el asentamiento de nuevas viviendas e infraestructuras civiles en las laderas con caída de rocas.
- b) Implementar medidas de mitigación estructural frente caída de rocas. Estos pueden ser muros de contención o geomallas, a fin de proteger a los elementos expuestos (Anexo 2a – figura 19).
- c) Prohibir la deforestación de las laderas, además implementar campañas de reforestación, a fin de proteger los suelos de la erosión y crear una barrera viva que reduzca el movimiento o detenga a los bloques sueltos (Anexo 2b – figura 20 y fotografía 5).
- d) Implementar el desquinchado de los bloques sueltos de forma controlada.
- e) Capacitar a la población en temas de Gestión del Riesgo de Desastres, elaborar un plan de evacuación que contemple la ubicación de zonas seguras frente a caídas de rocas. Además, ejecutar simulacros de evacuación.
- f) Elaborar un Informe de Evaluación de Riesgos EVAR, a fin de determinar medidas de control adicionales, como la declaratoria de una posible zona de alto riesgos no mitigable y reubicación de viviendas expuestas.

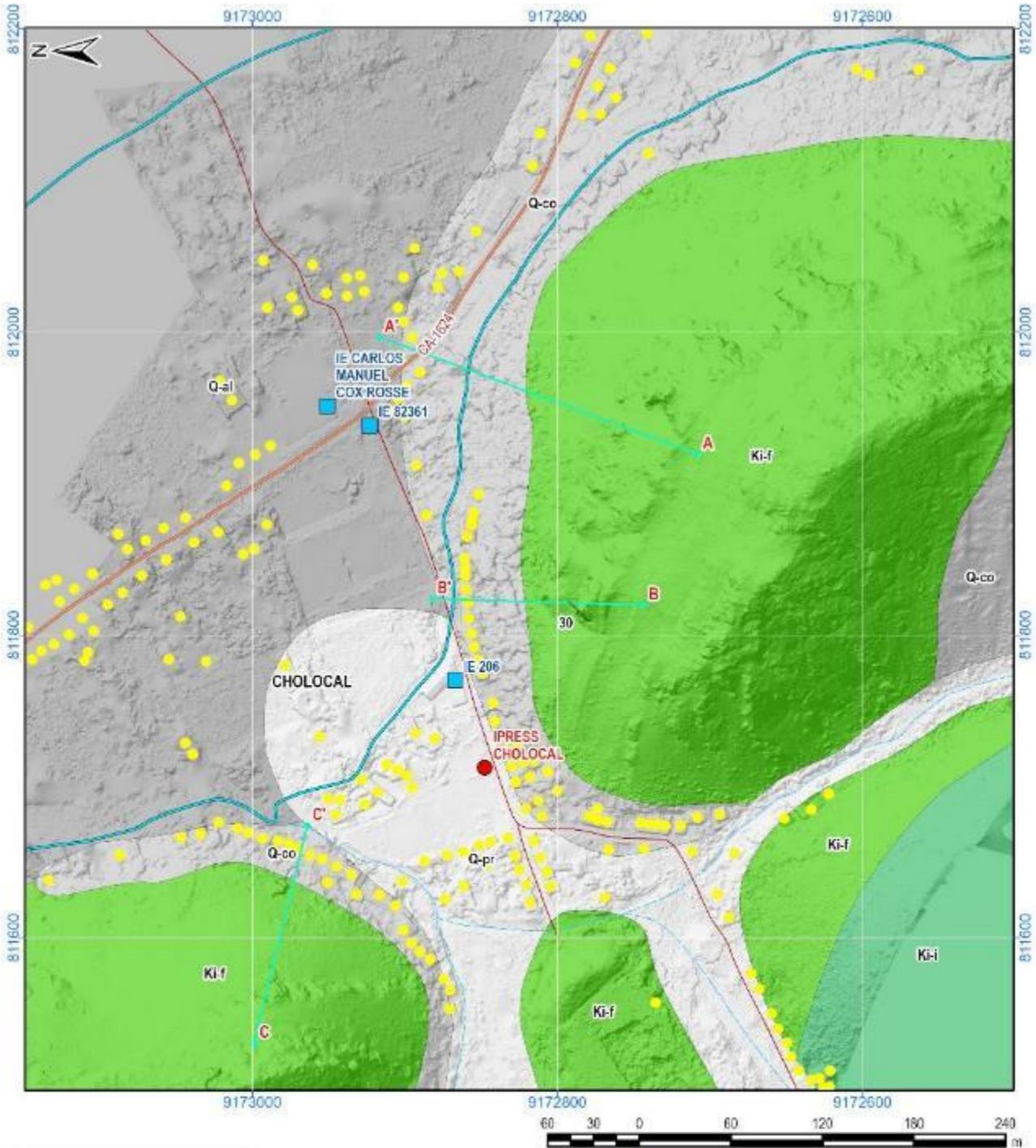

LUIS MIGUEL LEON ORDAZ
Ingeniero Geólogo
Reg. CIP. N° 215610


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

8. BIBLIOGRAFÍA

- Hoek, E. (2007). Rock Mass Properties. En *Practical Rock Engineering* (2a ed., pp. 190–236). Rocscience.
- 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
- Ingemmet. (2022). *Mapas geológicos integrados 50k ver 2022*. <https://geocatmin.ingemmet.gob.pe/geocatmin/>
- Mansilla Sánchez, J. (2020). Uso de Geomallas para el control de caída de Piedras en la Costa Verde. 4° *Pan American Conference on Geosynthetics*, 8. <https://library.geosyntheticssociety.org/wp-content/uploads/resources/proceedings/122021/PPT-eposter-trab-aceito-0341-1.pdf>
- 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.
- Reyes, L. (1980). *Geología de los Cuadrángulos de Cajamarca (15-f), San Marcos (15-g) y Cajabamba (16-g) Boletín A 31 Serie A. Ingemmet* (1a ed.). Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico - Ingemmet.
- Senamhi. (2014). *Umbrales y precipitaciones absolutas*.
- Senamhi. (2020). *Climas del Perú - Mapa de Clasificación Climática Nacional*. <https://www.senamhi.gob.pe/?p=mapa-climatico-del-peru>
- Suárez Díaz, J. (2007). *Deslizamientos - Técnicas de Remediación* (1a ed.). Erosion.com.
- Villota, H. (2005). *Geomorfología Aplicada a Levantamientos Edafológicos y Zonificación Física de Tierras* (2a ed.). Instituto Geográfico Agustín Codazzi.
- Zavala, B., & Rosado, M. (2011). *Riesgo Geológico en la Región Cajamarca. Ingemmet Boletín N° 44, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica*. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/2480>

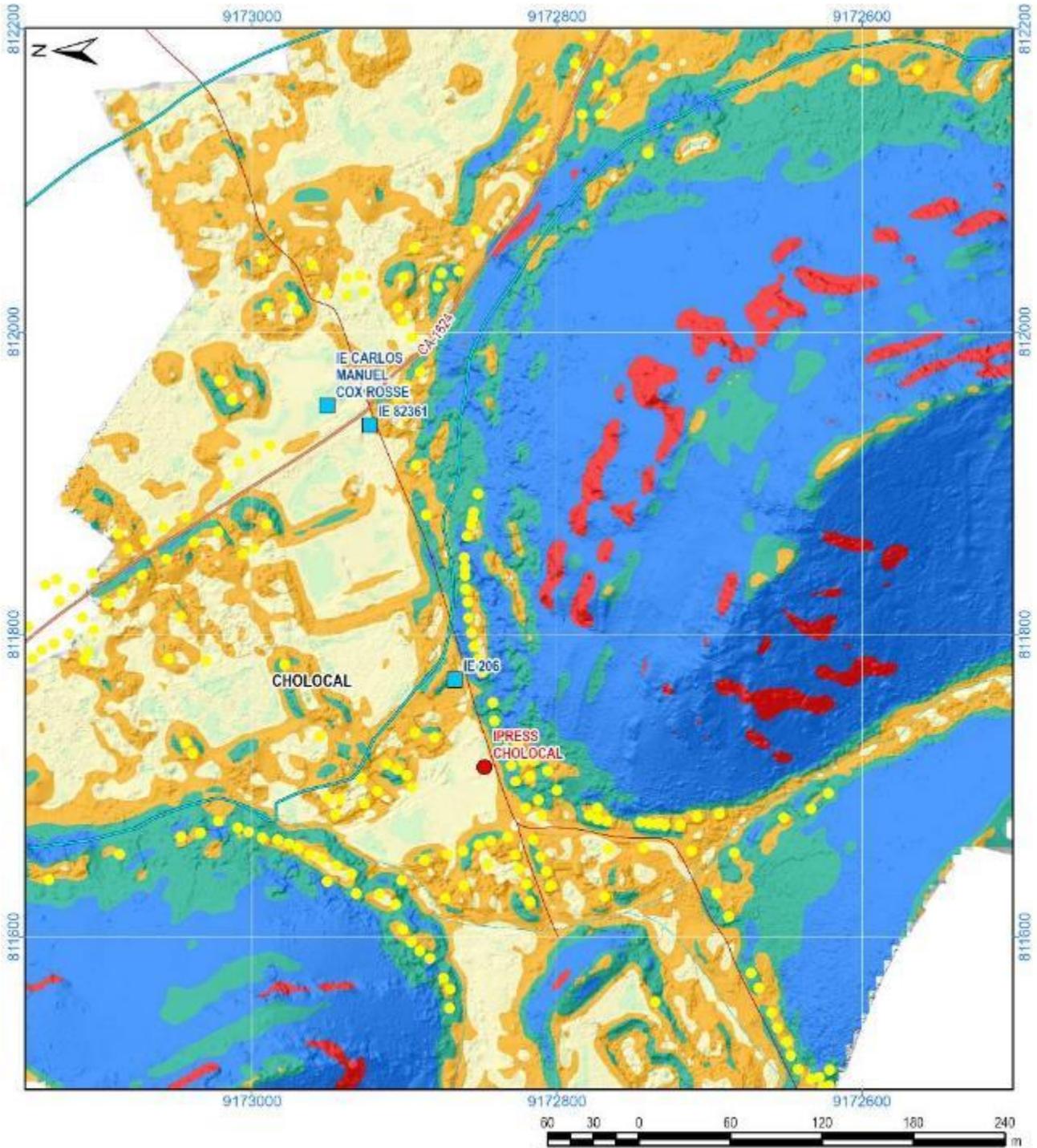
ANEXO 1. MAPAS



SIMBOLOGÍA	
	Rumbo y buzamiento de estratos
	Establecimiento de salud
	Institución educativa
	Viviendas
	Canal
	Quebrada
	Trocha
	Vía vecinal afirmada
	Línea de perfil

LEYENDA	
	Q-pr: Depósito proluvial
	Q-co: Depósito coluvial
	Q-al: Depósito aluvial
	Ki-i: Formación Inca
	Ki-f: Formación Farrat

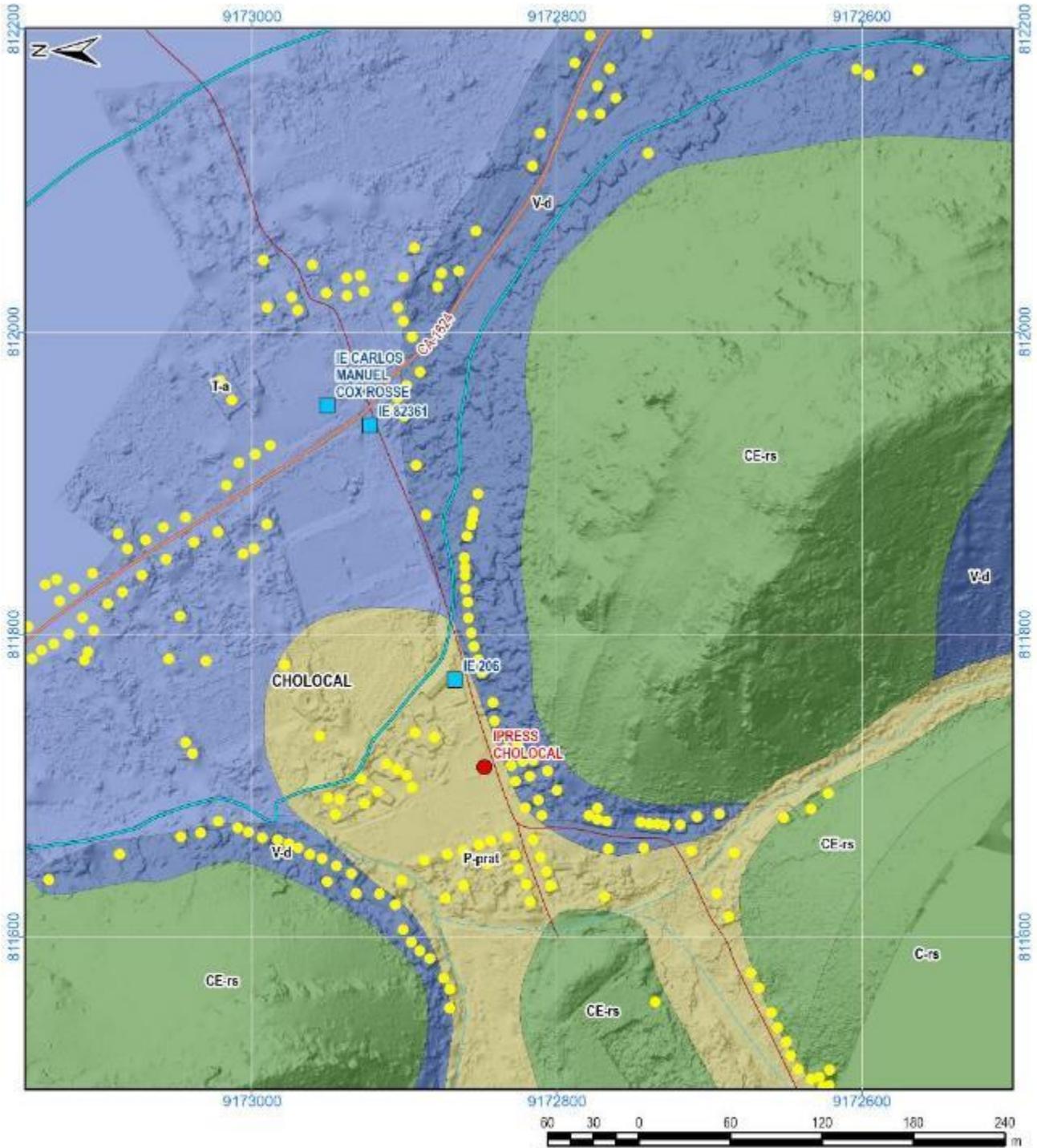
 SECTOR ENERGÍA Y MINAS INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL CALAMARCA - CAJABAMBA - CACHACHI	
GEOLOGÍA DEL CENTRO POBLADO CHOLOCAL	
Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León
Proyección: UTM - Zona 17 Sur	Datum: WGS 84
Escala: 1/4,000	Versión digital: 2024
MAPA 1	



SIMBOLOGÍA	
●	Establecimiento de salud
■	Institución educativa
●	Viviendas
	Canal
	Quebrada
	Trocha
	Via vecinal afirmada

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

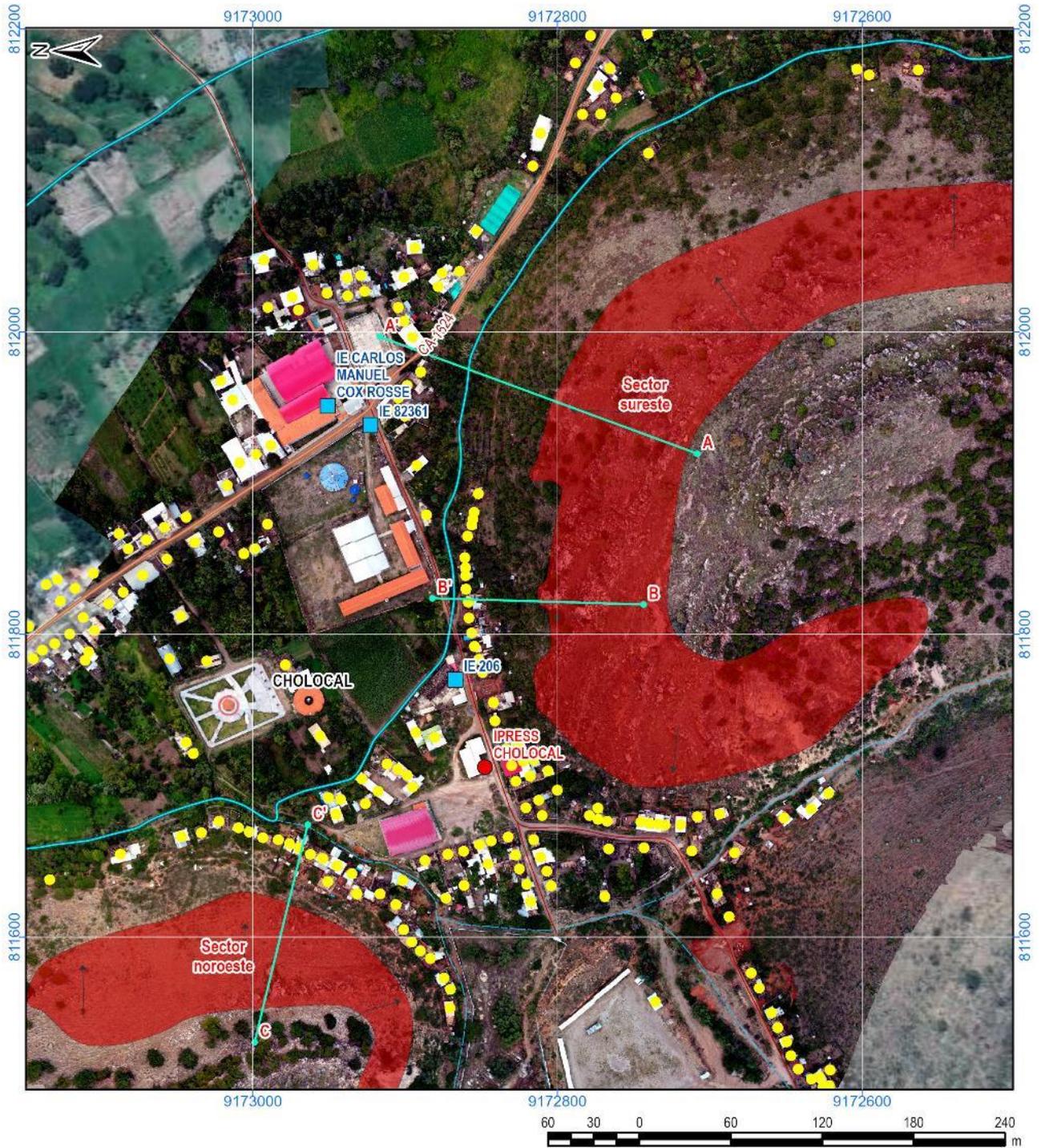
 SECTOR ENERGÍA Y MINAS INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL CAJAMARCA - CAJABAMBA - CACHACHI	
PENDIENTES DEL TERRENO EN EL CENTRO POBLADO CHOLOCAL	
Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León
Proyección: UTM - Zona 17 Sur	Datum: WGS 84
Escala: 1/4,000	Versión digital: 2024
MAPA 2	



SIMBOLOGÍA	
●	Establecimiento de salud
■	Institución educativa
●	Viviendas
	Canal
	Quebrada
	Trocha
	Via vecinal afirmada

LEYENDA	
■	CE-rs: Colina estructural en roca sedimentaria
■	C-rs: Colina en roca sedimentaria
■	V-d: Vertiente coluvial de detritos
■	P-prat: Piedemonte proluvial antropizado
■	T-a: Terraza aluvial

 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 - GACHACHI	
GEOMORFOLOGÍA DEL CENTRO POBLADO CHOLOCAL	
Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León
Proyección: UTM - Zona 17 Sur	Datum: WGS 84
Escala: 1/4,000	Versión digital: 2024
MAPA 3	



SIMBOLOGÍA	
●	Establecimiento de salud
■	Institución educativa
●	Viviendas
	Canal
	Quebrada
	Trocha
	Vía vecinal afirmada
	Línea de perfil
	Dirección de movimiento activo

LEYENDA
■ Caída de rocas activa

SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL CAJAMARCA - CAJABAMBA - CACHACHI	
CARTOGRAFÍA DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL CENTRO POBLADO CHOLOCAL	
Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León
Proyección: UTM - Zona 17 Sur	Datum: WGS 84
Escala: 1/4,000	Versión digital: 2024
MAPA 4	

ANEXO 2. MEDIDAS CORRECTIVAS

Para caída de rocas

Las medidas de control en las zonas con caída de rocas deben ser implementadas previa evaluación geotécnica de estabilidad de taludes por los profesionales adecuados, entre estas medidas se tiene:

a. Geomallas – cortinas de protección

Tienen como objetivo esperar coleccionar el material desprendido y reducir su energía de impacto al colocar una serie de obstrucciones a la trayectoria de cuerpo libre que tendría una partícula. Esto se puede lograr con Cortinas contra Caída de piedras, Vallas Dinámicas, Diques de colección entre otros. Si son adecuadamente ubicados pueden lograr un efecto muy evidente de reducción de daños a las instalaciones y vidas humanas (Mansilla Sánchez, 2020).

Las Cortinas de Protección Contra Caída de Piedras, es una técnica que emplea el uso de mallas flexibles de poliéster de gran resistencia para el control de las trayectorias cinéticas de las partículas pétreas en un rango discreto, producto de la constante obstrucción entre el talud y la malla de poliéster se logra caídas graduales y en distintos tiempos, lo que permite disipar la gran energía potencial inicial a un nivel fácilmente absorbible por el sistema

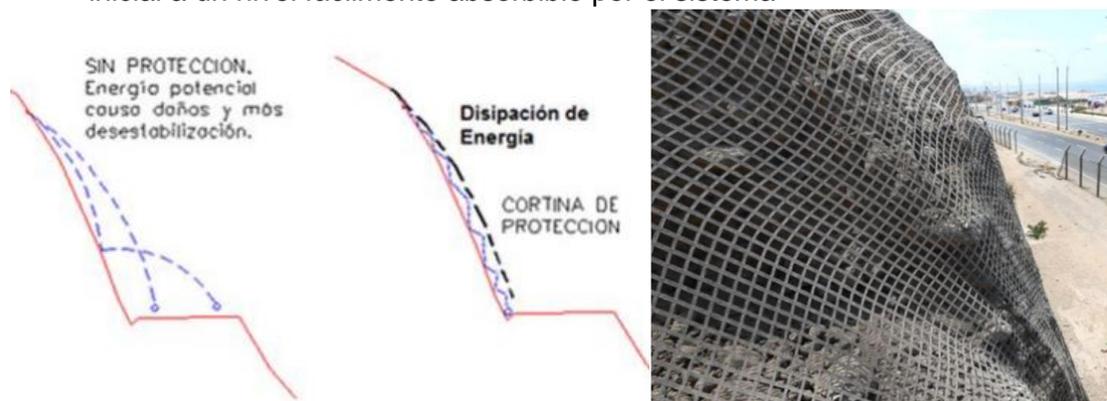


Figura 19. Esquema de la reducción de la energía con geomallas tipo cortinas de protección (izquierda) y fotografía de geomalla instalada en la Costa Verde, Lima (derecha). Tomado de Masilla Sánchez (2020).

b. Revegetación y bioingeniería

Los árboles y arbustos muestran una resistencia adicional contra los bloques que son desprendidos de la ladera, sirviendo como un cerco vivo, además de servir para mantener la cohesión de los suelos y evitar su erosión por medio de agentes meteorológicos (Suárez Díaz, 2007).

El control de erosión con plantas debe considerar la utilización de plantas locales y de raíces densas.

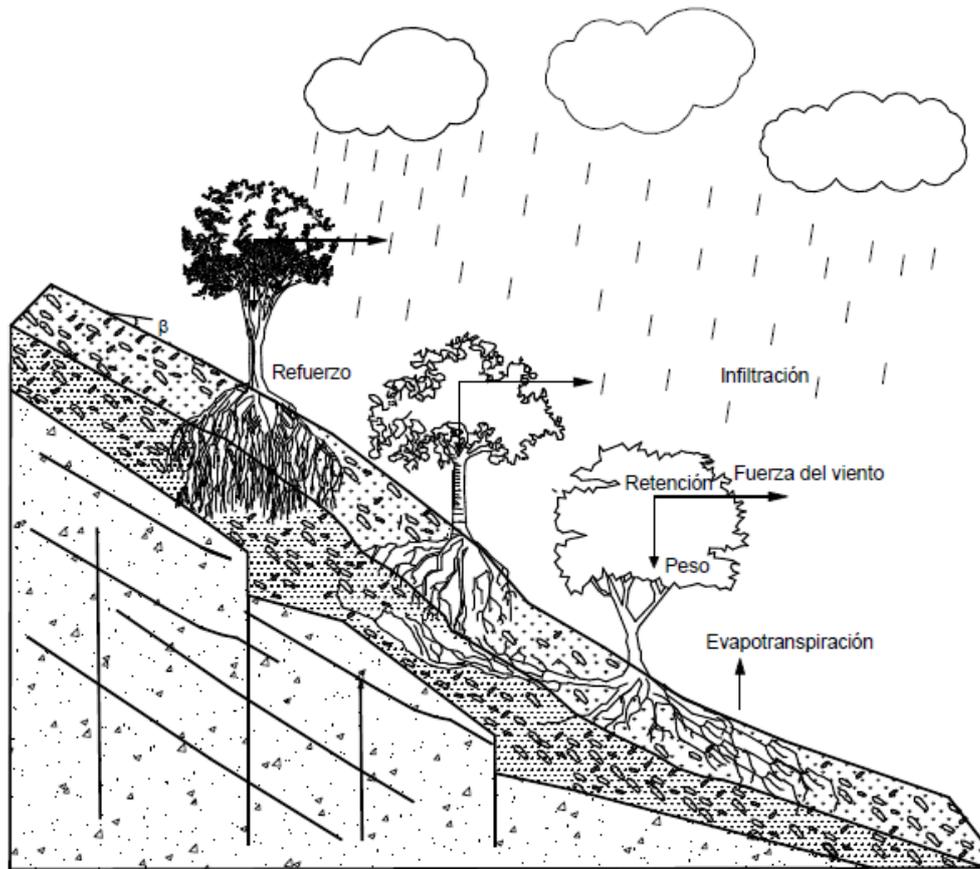


Figura 20. Estabilización de taludes utilizando vegetación. **Fuente:** Suarez, Díaz 2007.



Fotografía 5. Ejemplo de bioingeniería con arbusto (vetiver) en taludes de materiales sueltos.