

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7509

EVALUACIÓN DEL PELIGRO GEOLÓGICO POR DESLIZAMIENTO EN LA LOCALIDAD DE CUDUMPAMPA

Departamento: Cajamarca
Provincia: Cajamarca
Distrito: Chetilla



MAYO
2024

**EVALUACIÓN DEL PELIGRO GEOLÓGICO POR DESLIZAMIENTO EN LA
LOCALIDAD DE CUDUMPAMPA
Distrito Chetilla
Provincia Cajamarca
Departamento Cajamarca**



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

Equipo de investigación:
Luis Miguel León Ordáz
Elvis Rubén Alcántara Quispe

Referencia bibliográfica

León, L. & Alcántara E. (2024). *Evaluación del peligro geológico por deslizamiento en la localidad de Cudumpampa, distrito Chetilla, provincia Cajamarca, departamento Cajamarca*. Lima: Ingemmet, Informe Técnico N° A7509, 30 p.

ÍNDICE

RESUMEN.....	1
DEFINICIONES	2
1. INTRODUCCIÓN	3
1.1. Objetivos del estudio.....	4
1.2. Antecedentes.....	4
1.3. Aspectos generales	4
1.3.1. Ubicación	4
1.3.2. Población	5
1.3.3. Accesibilidad	6
1.3.4. Clima.....	6
3. ASPECTO GEOLÓGICO.....	7
3.1. Unidades litoestratigráficas.....	7
3.1.1. Formación Inca (Ki-i).....	7
3.1.2. Depósitos cuaternarios.....	8
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS.....	10
4.1. Modelo digital de elevaciones (MDE).....	10
4.2. Pendiente del terreno.....	11
4.3. Unidades Geomorfológicas.....	12
4.3.1. Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional.....	12
4.3.2. Geoformas de carácter depositacional y agradacional	12
5. PELIGROS GEOLÓGICOS	13
5.1 Deslizamiento en la localidad de Cudumpampa.....	15
5.1.2. Análisis longitudinal.....	16
5.1.3. Características visuales y morfométricas.....	17
6. CONCLUSIONES	19
7. RECOMENDACIONES.....	20
8. BIBLIOGRAFÍA.....	21
ANEXO 1. MAPAS	22
ANEXO 2. MEDIDAS CORRECTIVAS.....	26

RESUMEN

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

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por deslizamiento en la localidad de Cudumpampa, distrito Chetilla, provincia Cajamarca, departamento Cajamarca.

En la zona de estudio afloran lutitas ferruginosas, muy fracturadas y altamente meteorizadas, de la Formación Inca, cubiertas por depósitos de origen coluvio-deluvial. Estos últimos están compuesto por bloques (6%), gravas (8%) y gránulos (10%), en una matriz limo arcillosa, y favorecen la ocurrencia de movimientos en masa. Sobre estas unidades litológicas se modelan geofomas tipo vertiente coluvio-deluvial, con pendiente moderada (5° a 15°) a fuerte (15° a 25°), vertiente con depósito de deslizamiento con pendiente fuerte a escarpada (25° a 45°) a terreno muy escarpado (> 45°); montaña y colina en roca sedimentaria con pendiente moderada (5° a 15°) a muy fuerte a escarpada (25° a 45°).

El deslizamiento se ha desarrollado en un área aproximada de 35 944 m², su longitud de la corona a la punta es de 111 m; así mismo presenta un escarpe de 73 m de longitud, con un salto vertical de 0.70 m, dentro del cuerpo se han generado agrietamientos de hasta 25 m de longitud y 10 cm de apertura afectando principalmente la vía afirmada Cajamarca – Chetilla – Cudumpampa, en un tramo de 139 m. Asimismo en la parte baja del movimiento en masa, se encuentran expuestas 15 viviendas, una institución educativa y terrenos de cultivos.

El factor detonante del deslizamiento fueron las intensas precipitaciones ocurridas entre febrero y marzo del 2021, que alcanzaron valores de hasta 40 mm/día. Se suma a este factor, las infiltraciones producidas por inadecuadas técnicas de riego de terrenos de cultivo, que en esta zona es por inundación.

Por todo lo expuesto, y según las condiciones litológicas y geomorfológicas, el área afectada por el deslizamiento y las zonas aledañas, se considera como Peligro **Alto a Muy Alto**.

Finalmente, se brindan las recomendaciones necesarias, las cuales deben ser tomadas en cuenta por las autoridades competentes y tomadores de decisiones. Las principales recomendaciones son la construcción de drenes impermeabilizados de coronación, reforestación de las laderas de montaña y la prohibición del riego por inundación en los terrenos de cultivo. Además, se recomienda la elaboración de un informe EVAR para determinar medidas de control a largo plazo.

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:

Agrietamiento: Formación de grietas causada por esfuerzos de tensión o de compresión sobre masas de suelo o roca, o por desecación de materiales arcillosos.

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

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

Deslizamiento: Movimiento ladera abajo de una masa de suelo o roca cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla (Cruden y Varnes, 1996). Según la forma de la superficie de falla se clasifican en traslacionales (superficie de falla plana u ondulada) y rotacionales (superficie de falla curva y cóncava).

Deslizamiento rotacional: Tipo de deslizamiento en el cual la masa se mueve a lo largo de una superficie de falla curva y cóncava. Los deslizamientos rotacionales muestran una morfología distintiva caracterizada por un escarpe principal pronunciado y una contrapendiente de la superficie de la cabeza del deslizamiento hacia el escarpe principal.

Detonante: Acción o evento natural o antrópico, que es la causa directa e inmediata de un movimiento en masa. Entre ellos pueden estar, por ejemplo, los terremotos, la lluvia, la excavación del pie de una ladera, la sobrecarga de una ladera, entre otros.

Escarpe o escarpa: Superficie vertical o semi vertical que se forma en macizos rocosos o de depósitos de suelo debido a procesos denudativos (erosión, movimientos en masa, socavación), o a la actividad tectónica. En el caso de deslizamientos se refiere a un rasgo morfométrico de ellos.

Formación geológica: Unidad litoestratigráfica formal que define cuerpos de rocas caracterizados por presentar propiedades litológicas comunes (composición y estructura) que las diferencian de las adyacentes.

Fractura: Estructura de discontinuidad menor en la cual hay separación por tensión, pero sin movimiento tangencial entre los cuerpos que se separan.

Ladera: Superficie natural inclinada de un terreno.

Meteorización: Se designa así a todas aquellas alteraciones que modifican las características físicas y químicas de las rocas y suelos. La meteorización puede ser

física, química y biológica. Los suelos residuales se forman por la meteorización in situ de las rocas subyacentes.

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

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

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.

1. INTRODUCCIÓN

El Ingemmet, ente técnico-científico que desarrolla a través de los proyectos de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR), la “Evaluación de peligros geológicos a nivel nacional (ACT. 11)”, 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 Chetilla, según Oficio N° 327-2023-MDCH/ALC, es en el marco de nuestras competencias que se realiza una evaluación de peligros geológicos por movimientos en la localidad de Cudumpampa.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designó a los Ingenieros Luis Miguel León Ordáz y Elvis Rubén Alcántara Quispe, para realizar la evaluación de peligros geológicos en la localidad Cudumpampa; llevado a cabo el día 20 de octubre del 2023.

La evaluación técnica se realizó en 03 etapas: etapa de pre-campo con la recopilación de antecedentes e información geológica y geomorfológica del INGEMMET; etapa de campo a través de la observación, toma de datos (sobrevuelos dron, puntos GPS, tomas

fotográficas), cartografiado, recopilación de información y testimonios de población local afectada; y para la etapa final de gabinete se realizó el procesamiento de toda información terrestre y aérea adquirida en campo, fotointerpretación de imágenes satelitales, cartografiado e interpretación, elaboración de mapas, figuras temáticas y redacción del informe.

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

1.1. Objetivos del estudio

El presente trabajo tiene como objetivos:

- a) Evaluar y caracterizar los peligros geológicos en la localidad de Cudumpampa, distrito Chetilla, provincia Cajamarca, departamento de Cajamarca.
- b) Determinar los factores condicionantes y desencadenantes que influyen en la ocurrencia de los peligros geológicos.
- c) Proponer medidas de prevención, reducción y mitigación ante peligros geológicos identificados en los trabajos de campo.

1.2. Antecedentes

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

- Boletín N° 31, Serie A, Geología de los cuadrángulos de Cajamarca, San Marcos y Cajabamba. Hojas: 15-f, 15-g, 16-g, (Reyes, L. 1980).
- En Boletín N° 39, Serie C, Estudio de Riesgo Geológico en la Región Cajamarca (Zavala & Rosado, 2011), se elabora un mapa de susceptibilidad a movimientos en masa, a escala 1:250 000; donde la zona evaluada se sitúa sobre áreas con susceptibilidad alta y muy alta ante la ocurrencia de movimientos en masa.

1.3. Aspectos generales

1.3.1. Ubicación

El área de evaluación corresponde a la localidad de Cudumpampa, en el distrito Chetilla, provincia y departamento Cajamarca (Figura 1). En el Cuadro 1 se consigna las coordenadas UTM WGS 84 del sector; además las coordenadas centrales referenciales del evento identificado.

Cuadro 1. Coordenadas de las áreas de estudio.

N°	UTM – WGS 84 - ZONA 17S		Coordenadas Decimales (°)	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	757810	9210003	-7.141072	-78.665765
2	757810	9209284	-7.148076	-78.665730
3	757103	9209284	-7.147603	-78.672130
4	757103	9210003	-7.141104	-78.672163
Coordenada central del movimiento en masa identificado				
Deslizamiento	757521	9209516	-7.145486	-78.668358

1.3.2. Población

De acuerdo a la información del XII Censo de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas o Censo peruano de 2017 (INEI, 2018), la localidad de Cudumpampa, tiene una población de 130 habitantes (Cuadro 2), distribuidos en 44 viviendas, con acceso a red pública de agua y energía eléctrica.

Cuadro 2. Datos de la localidad Cudumpampa.

Descripción	Cudumpampa – INEI
Código de Ubigeo y Centro Poblado	0601030011
Longitud	-78.6677583333
Latitud	-7.13625500000
Altitud	2851.2
Población	130
Viviendas	44
Agua Por Red Publica	si
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	Quechua

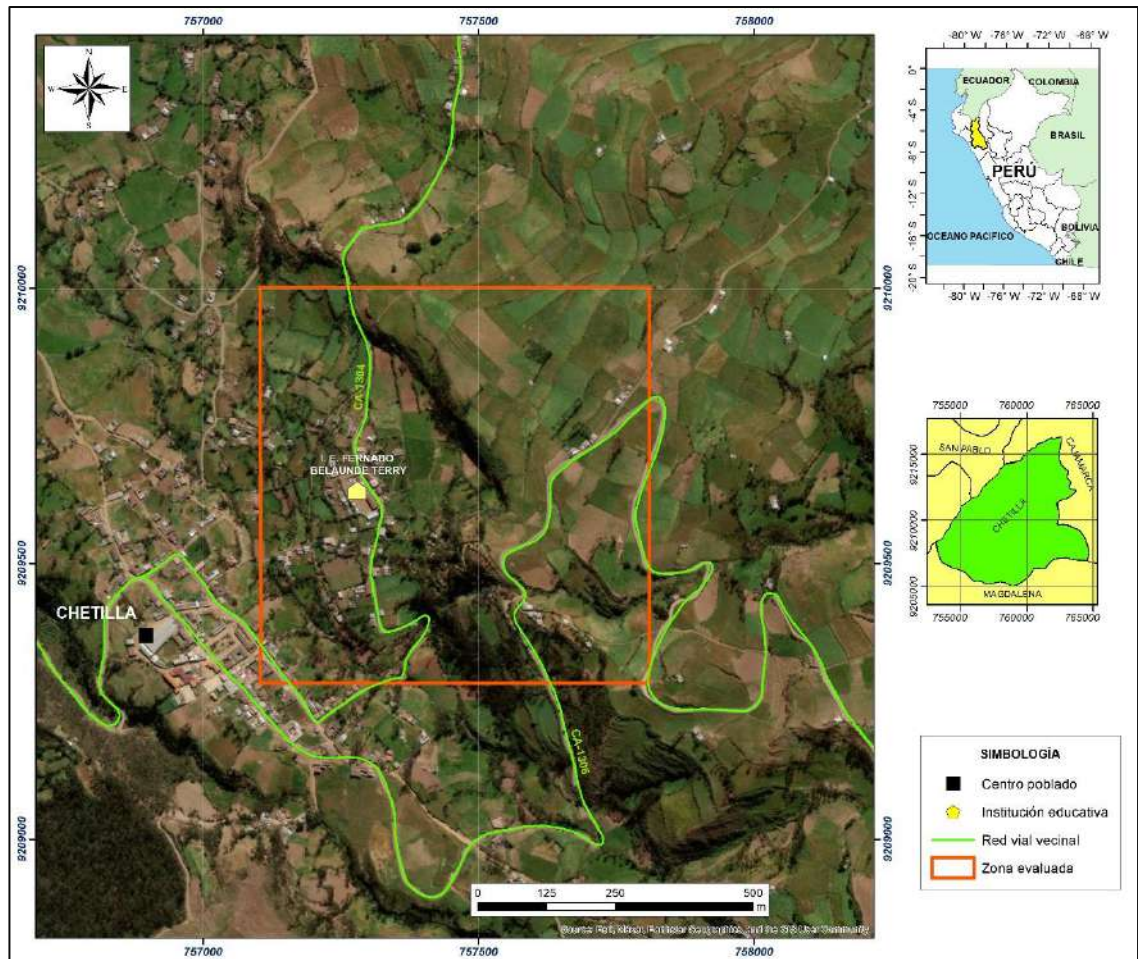


Figura 1. Ubicación del área evaluada.

1.3.3. Accesibilidad

El acceso se realiza por vía terrestre desde la ciudad de Cajamarca, a través de una vía afirmada, hasta la localidad de Cudumpampa (Cuadro3):

Cuadro 3. Rutas y acceso a la zona evaluada.

Ruta	Tipo de Vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Cajamarca – Chetilla – Cudumpampa	Afirmada	37	1 hora 35 minutos

1.3.4. Clima

Según el método de Clasificación Climática de Warren Thornthwaite - (Senamhi, 2020), la zona de estudio posee un clima Lluvioso con otoño e invierno seco. Templado. B (o, i) B'.

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

Presenta durante el año, en promedio, temperaturas máximas de 19°C a 23°C en áreas del norte y centro y, de 17°C a 21°C en la sierra sur; mientras que, las temperaturas mínimas oscilan entre los 3°C y 7°C. Los acumulados anuales de lluvias en esta zona alcanzan entre los 300 mm a 700 mm aproximadamente.

3. ASPECTO GEOLÓGICO

La descripción geológica se desarrolló en base al Boletín N° 31 Serie A, Geología de los Cuadrángulos de Cajamarca (15 – f), San Marcos (15 – g) y Cajabamba (16 – g), (Reyes, L. 1980), complementados y validados con trabajos en campo, análisis de imágenes satelitales, y fotogrametría con dron para caracterizar y delimitar las diferentes unidades litológicas considerando su grado de resistencia y susceptibilidad a procesos de remoción en masa (Mapa 1).

3.1. Unidades litoestratigráficas

Se ha determinado la presencia de:

3.1.1. Formación Inca (Ki-i)

Infrayace a concordantemente a la Formación Chúlec y suprayace a la Formación Farrat. En varios lugares, se ha observado que gradualmente se intercalan areniscas calcáreas, lutitas ferruginosas y lechos de cuarcitas, dando en superficie una matriz amarillenta. En los alrededores de Cajamarca es de coloración rojiza, pero el resto del área, el color predominante es amarillo a anaranjado, con evidente acción de limonitización. Su grosor no pasa los 100 m. (Reyes L., 1980)

En el sector evaluado se identificó lutitas ferruginosas, muy fracturada y altamente meteorizada (Fotografía 1).



Fotografía 1. Lutitas ferruginosas muy fracturadas y altamente meteorizadas de la Formación Inca.

Ubicación: E: 757566; N: 9209475.

3.1.2. Depósitos cuaternarios

Depósito coluvio-deluvial (Q-cd)

Son depósitos de suelos acumulados por diversos movimientos en masa, donde el principal agente de transporte ha sido la gravedad y la sobresaturación de los materiales.

Se ubican en la parte baja de la localidad de Cudumpampa, son los materiales transportados por diversos movimientos en masa que han cubierto al macizo rocoso; su granulometría es limoarcillosa de plasticidad media, con escasos bloques y gravas angulosas y sub angulosas (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.4**); su grosor va de pocos metros en la parte alta y media de la zona (Fotografía 2), hasta varios de metros en la parte baja (área urbana).



Fotografía 2. Muestra de los suelos coluvio-deluviales en la localidad de Cudumpampa.

Cuadro 4. DESCRIPCIÓN DE FORMACIONES SUPERFICIALES

TIPO DE FORMACIÓN SUPERFICIAL		<input type="checkbox"/> Eluvial	<input type="checkbox"/> Lacustre	
		<input checked="" type="checkbox"/> Deluvial	<input type="checkbox"/> Marino	
		<input checked="" type="checkbox"/> Coluvial	<input type="checkbox"/> Eólico	
		<input type="checkbox"/> Aluvial	<input type="checkbox"/> Orgánico	
		<input type="checkbox"/> Fluvial	<input type="checkbox"/> Artificial	
		<input type="checkbox"/> Proluvial	<input type="checkbox"/> Litoral	
		<input type="checkbox"/> Glaciar	<input type="checkbox"/> Fluvio glaciar	
GRANULOMETRÍA		FORMA	REDONDES	PLASTICIDAD
%				
<input type="checkbox"/> 3	Bolos	<input type="checkbox"/> Esférica	<input type="checkbox"/> Redondeado	<input type="checkbox"/> Alta plasticidad
<input type="checkbox"/> 3	Cantos	<input type="checkbox"/> Discoidal	<input type="checkbox"/> Subredondeado	<input checked="" type="checkbox"/> Med. Plástico
<input type="checkbox"/> 8	Gravas	<input type="checkbox"/> Laminar	<input checked="" type="checkbox"/> Anguloso	<input type="checkbox"/> Baja Plasticidad
<input type="checkbox"/> 10	Gránulos	<input type="checkbox"/> Cilíndrica	<input checked="" type="checkbox"/> Subanguloso	<input type="checkbox"/> No plástico
<input type="checkbox"/> 10	Arenas			
<input type="checkbox"/> 40	Limos			
<input type="checkbox"/> 26	Arcillas			
ESTRUCTURA		TEXTURA	CONTENIDO DE	% LITOLOGÍA
<input type="checkbox"/> Masiva	<input checked="" type="checkbox"/> Estractificada	<input checked="" type="checkbox"/> Harinoso	<input type="checkbox"/> Materia Orgánica	<input type="checkbox"/> Intrusivos
<input type="checkbox"/> Lenticular		<input type="checkbox"/> Arenoso	<input checked="" type="checkbox"/> Carbonatos	<input type="checkbox"/> Volcánicos
		<input type="checkbox"/> Aspero	<input type="checkbox"/> Sulfatos	<input type="checkbox"/> Matamórficos
				<input checked="" type="checkbox"/> Sedimentarios
COMPACIDAD		SUELOS GRUESOS		
SUELOS FINOS		Arenas	Gravas	
Limos y Arcillas				
<input checked="" type="checkbox"/> Blanda	<input type="checkbox"/> Compacta	<input type="checkbox"/> Suelta	<input type="checkbox"/> Suelta	
<input type="checkbox"/> Dura		<input type="checkbox"/> Densa	<input type="checkbox"/> Med. Consolidada	
		<input type="checkbox"/> Muy Densa	<input type="checkbox"/> Consolidada	
			<input type="checkbox"/> Muy Consolidada	

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 utiliza imágenes y modelos digitales de elevación detallados obtenidos de levantamientos fotogramétricos con dron, desarrollados en octubre del 2023, lo cual permitirá estudiar el relieve, pendientes y demás características; con el fin de describir subunidades a detalle (escala 1:3500).

4.1. Modelo digital de elevaciones (MDE)

La zona evaluada presenta altitudes que van desde los 2760 m hasta los 3060 m, en los cuales se distinguen cinco niveles altitudinales (Figura 2), con la finalidad de visualizar la extensión con respecto a la diferencia de alturas; el área con mayor pendiente corresponde a terrenos entre altitudes 2880 y 2940m, con pendiente promedio muy fuerte (25° a 45°) a terreno muy escarpado (>45°), correspondiendo a la geofoma montaña y colina en roca sedimentaria.

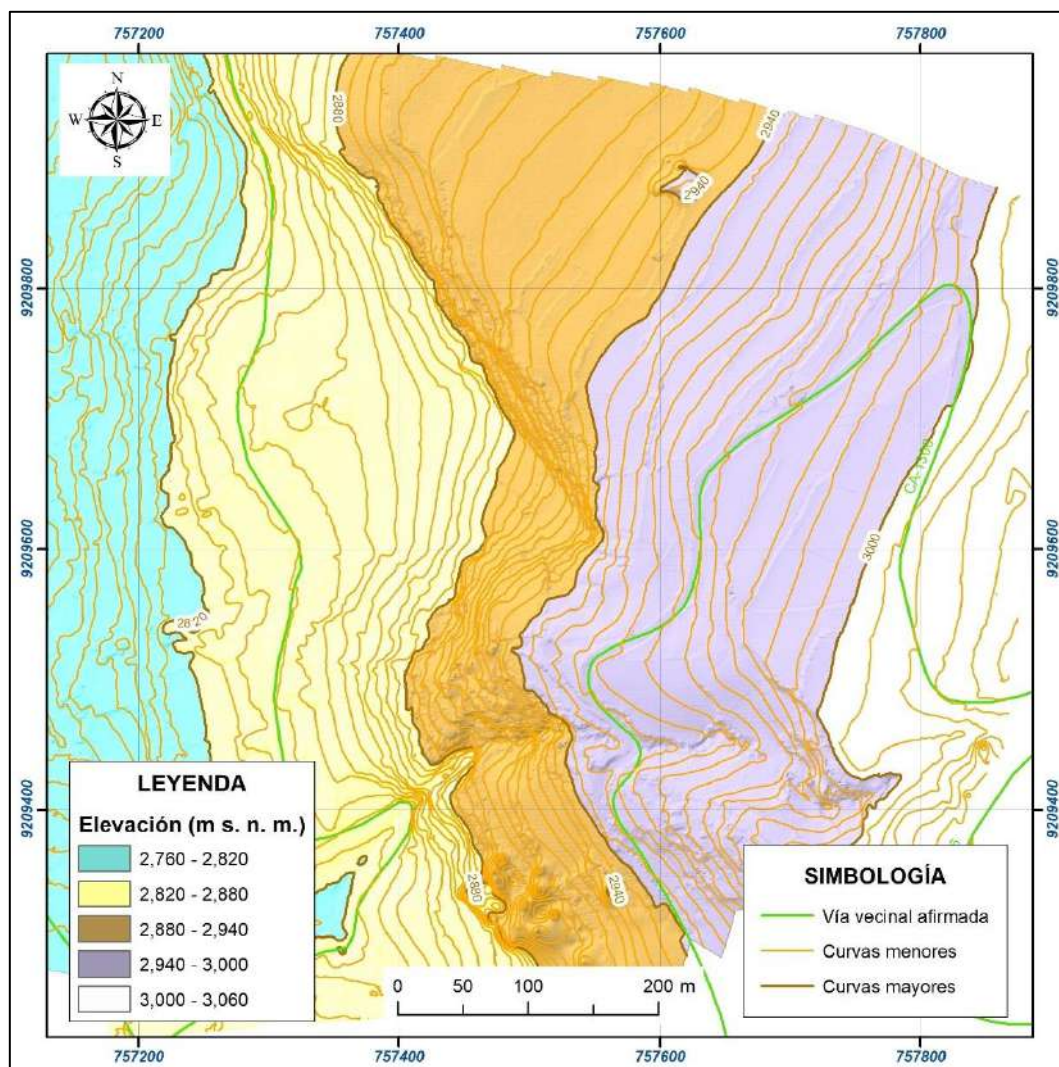


Figura 2. Modelo digital de elevaciones de la zona evaluada.

4.2. Pendiente del terreno

En la localidad de Cudumpampa el deslizamiento se viene produciendo en terrenos con pendiente muy fuerte (25° a 45°) a terreno muy escarpado ($>45^\circ$), ubicado al este del área urbana (Figura 3 y 4, Mapa 2).



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

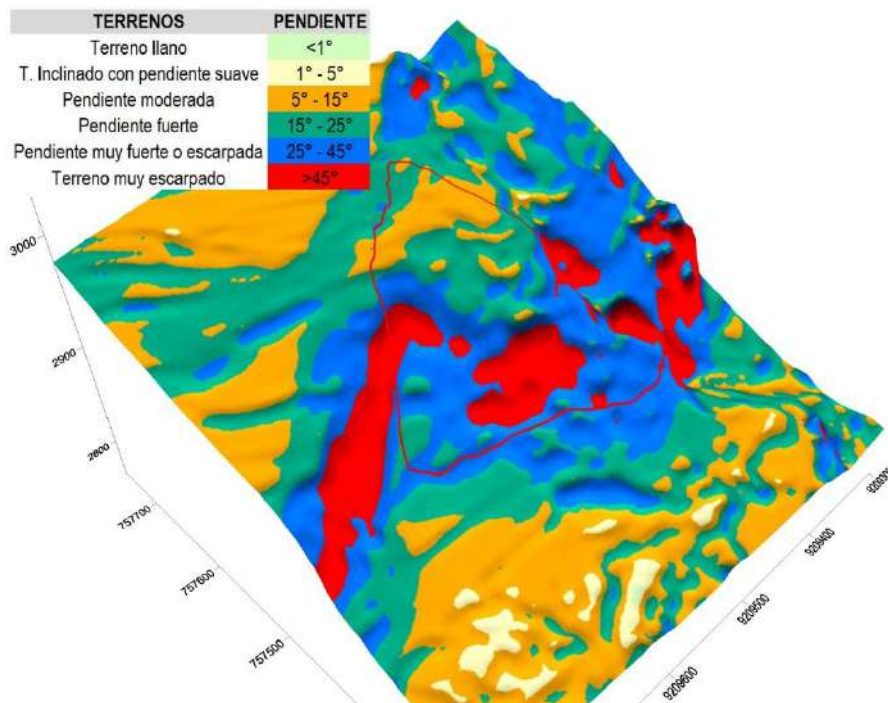


Figura 4. Modelo 3D de las pendientes de la localidad de Cudumpampa; el deslizamiento está delimitados en línea roja.

4.3. Unidades Geomorfológicas

De acuerdo a su origen, se distinguen geoformas tanto de carácter tectónico degradacional y erosional (montaña y colina en rocas sedimentarias), como de carácter deposicional y agradacional (Vertiente coluvio-deluvial y Vertiente con depósito de deslizamiento); las geoformas se grafican en el Mapa 3.

4.3.1. Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional

Unidad de Montaña

Se considera dentro de esta unidad a las geoformas con alturas mayores a los 300 m respecto al nivel de base local, sus laderas presentan un pendiente promedio superior al 30% (Villota, 2005).

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

En la localidad de Cudumpampa, tienen una altura mayor a 300 m con respecto al nivel de base local, Corresponde a afloramientos de roca sedimentaria, reducidos por procesos denudativos. Se encuentran conformando elevaciones alargadas, con laderas disectadas y de pendientes entre 25° a 50°. Estas geoformas presentan susceptibilidad a ser afectados por movimientos en masa.

4.3.2. Geoformas de carácter depositacional y agradacional

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

Unidad de Piedemonte

- **Subunidad de vertiente o piedemonte coluvio-deluvial (V-cd)**

Formada por la acumulación intercalada de origen coluvial (acarreados y acumulados por efecto de la gravedad) y deluvial (acumulación del material al pie de las laderas, depositados por escorrentía de agua que lavan materiales sueltos de las laderas). Se encuentran interestratificados y no es posibles separarlos como unidades individuales, estos se acumulan en la ladera media y al pie de montañas o acantilados de valles. Asociados geodinámicamente a la ocurrencia de movimientos en masa de tipo movimientos complejos, deslizamientos, reptación de suelos y flujo de detritos.

En el sector evaluado esta subunidad está ocupada por el área urbana y cultivos agrícolas, lugar de acumulación continua de materiales removidos por movimientos en masa, tienen formas cóncavas.

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

Ocupada por el área urbana y la parte baja en la localidad de Cudumpampa (Figura 5), lugar de acumulación continua de materiales removidos por movimientos en masa, tienen formas cóncavas, ocupadas por cultivos antrópicos.



Figura 5. Vista de las geoformas de Montaña y colina en rocas sedimentarias (M-rvs) y vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd), en la localidad de Cudumpampa.

5. PELIGROS GEOLÓGICOS

En la localidad de Cudumpampa la cual está asentada sobre limos y arcillas ferruginosas muy fracturadas y altamente meteorizadas y depósitos de origen coluvio-deluvial, se identificó un deslizamiento rotacional, que afecta terrenos de cultivos y la vía afirmada Cajamarca – Chetilla – Cudumpampa; si el movimiento continúa podrá afectar viviendas ubicadas en la parte baja al oeste del movimiento (Figura 5 y 6).

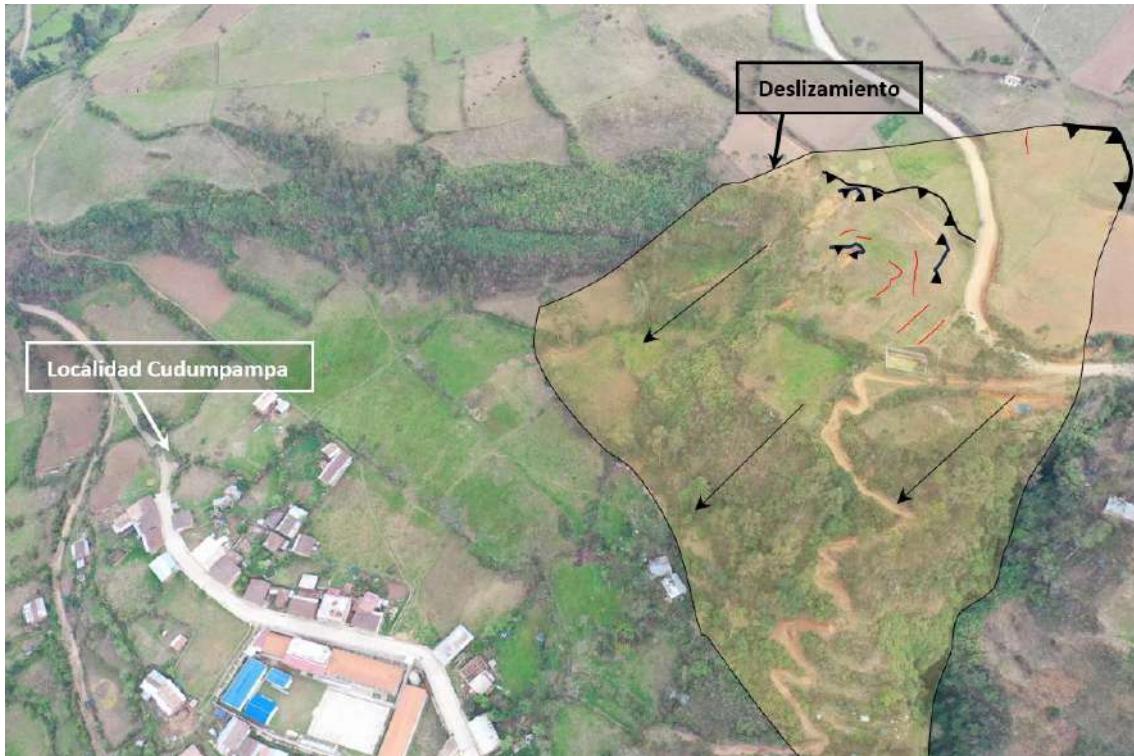


Figura 5. Vista de la localidad de Cudumpampa y la zona afectada por el deslizamiento (delimitada por la línea negra).

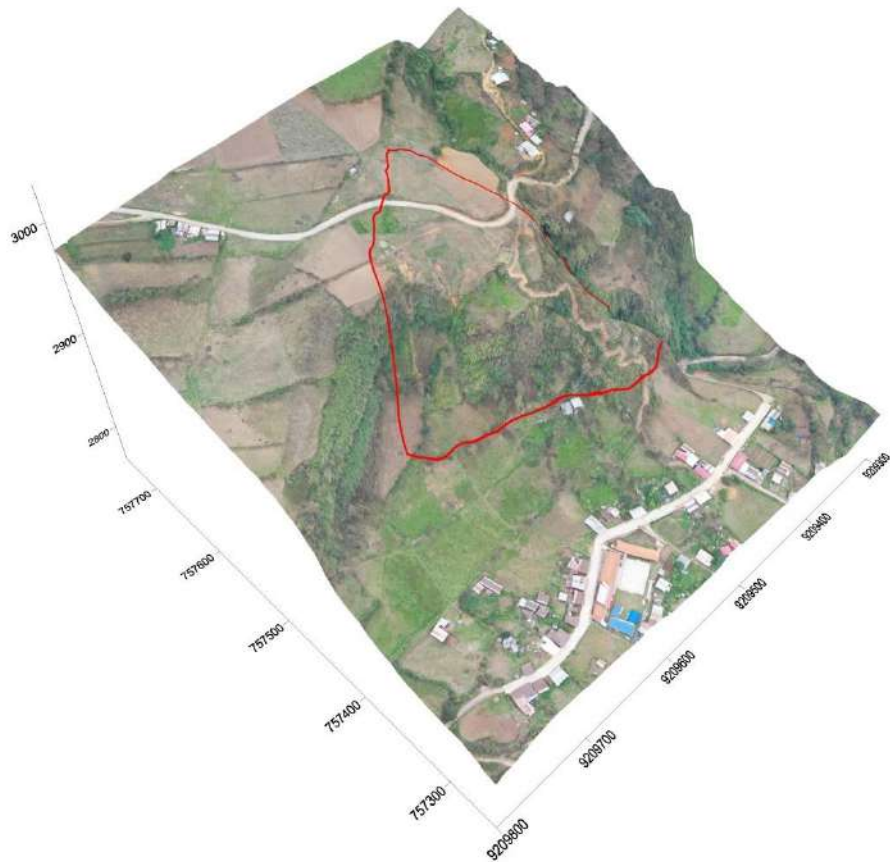


Figura6. Modelo 3D de la localidad Cudumpampa, el deslizamiento está delimitado en línea roja, se aprecia las viviendas expuestas en la parte baja del movimiento en masas.

5.1 Deslizamiento en la localidad de Cudumpampa

El deslizamiento rotacional de la localidad de Cudumpampa ha sufrido varios episodios de reactivación durante la temporada de lluvias (febrero – marzo), desde el año 2021 al 2023. Dentro del cuerpo del deslizamiento se identificó, escarpes secundarios, agrietamientos y dos cárcavas hacia el noroeste.

El principal elemento expuesto afectado por este movimiento en masa es la vía afirmada que conecta Cajamarca – Chetilla – Cudumpampa, un tramo de 140 m (Figura 7).

El escarpe principal tiene una longitud de 73 m y un salto de 0.70 m, los escarpes secundarios con longitudes que alcanzan los 90 m con salto vertical de 0.60 m (Figura 8); en el cuerpo del deslizamiento encontramos agrietamientos de hasta 25 m de longitud y 10 cm de apertura, afectando terrenos de cultivo, quedando expuestas 15 viviendas y 1 institución educativa en la parte baja.

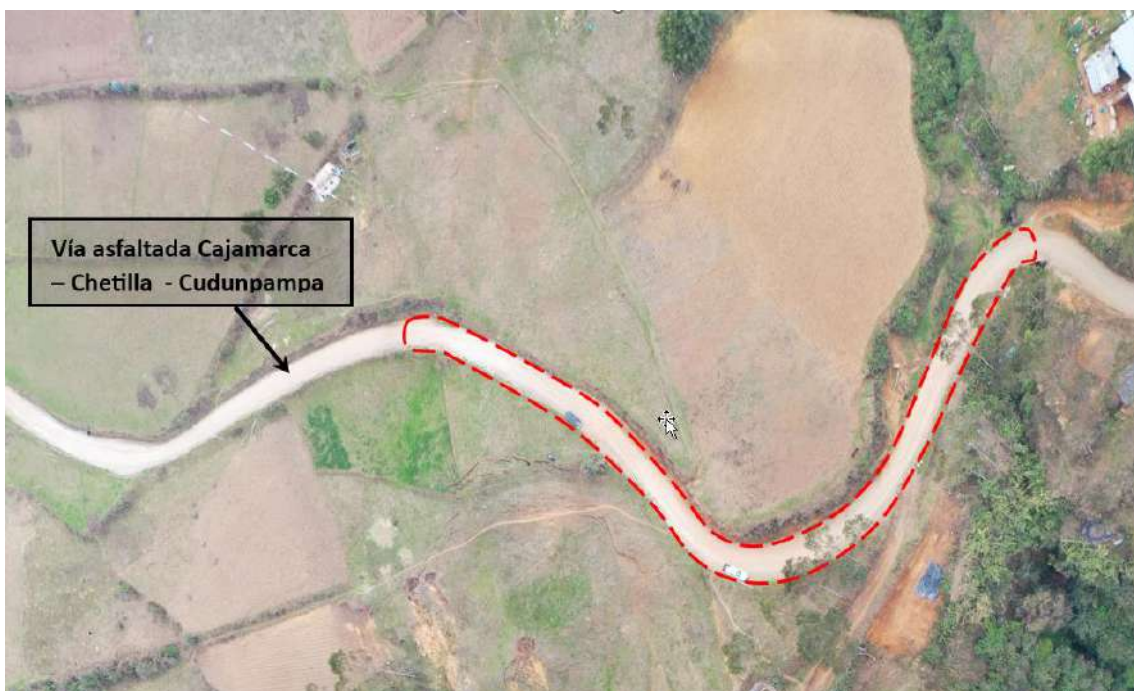


Figura 7. Tramo de la carretera afectada en temporada de lluvia (líneas rojas discontinuas).



Figura 8. Escarpe secundario, con un salto vertical de 0.60 m.

5.1.2. Análisis longitudinal

En el perfil longitudinal A-A' (Figura 9), se muestra una longitud de 222 m de la zona con deslizamiento rotacional, así como la distribución de los materiales geológicos (Formación Inca y Formación Farrat).

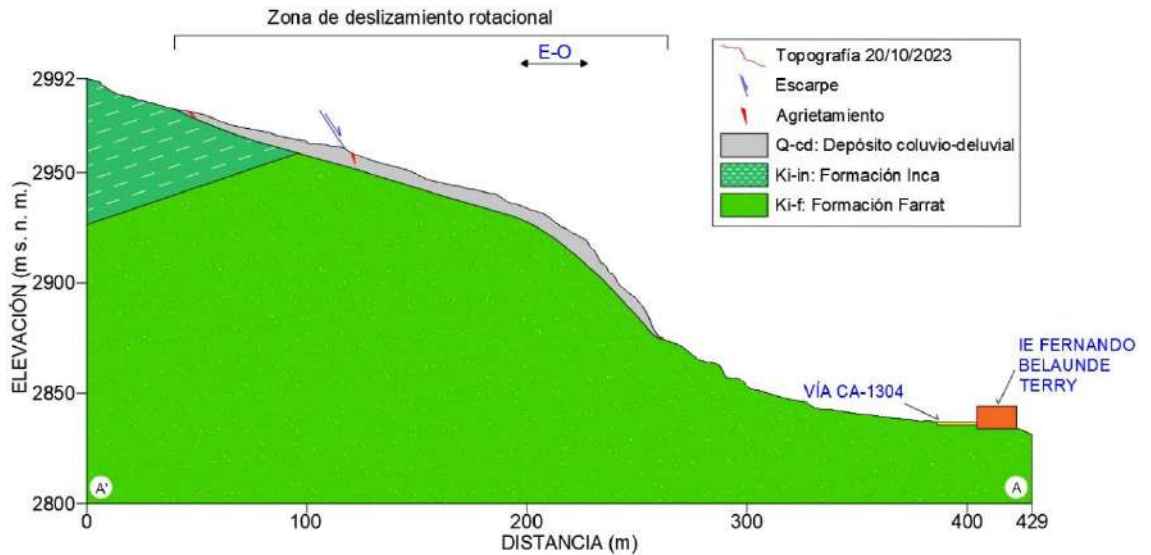


Figura 9. Perfil longitudinal A-A' que representa la distribución de los materiales geológicos y la institución educativa expuesta a daños.

La ausencia de canales para drenar las aguas de escorrentía y el riego por inundación en los terrenos agrícolas, generan la sobresaturación. Además, se observa la ladera con escasa cobertura vegetal en la cual se realiza actividades agrícolas y pastoreo sobre suelos sin cohesión (Fotografía 3), susceptibles a movimientos en masa.



Fotografía 3. Muestra de los suelos con escasa cobertura vegetal, en donde se realizan prácticas agrícolas.

5.1.3. Características visuales y morfométricas

- Tipo de movimiento: deslizamiento rotacional.
- Estado: activo.
- Velocidad: lenta (pocos centímetros al año, según comentario de los pobladores).
- Tipo de avance: Progresivo.
- Composición: bloques (6%), gravas (8%), gránulos (10%), en una matriz limo arcillosa (66 %). Los fragmentos de roca son de forma angulosos a sub angulosos.

Morfometría:

- Área: 35 944 m²
- Perímetro: 798 m
- Longitud del escarpe: 73 m.
- Diferencia de alturas corona a la punta: 111 m
- Longitud corona a punta: 227 m

Factores condicionantes

- Lutitas ferruginosas muy fracturada y altamente meteorizada, de la Formación Inca (Ki-i), que generan suelos limosos y depósito coluvio-deluvial, que permite la infiltración y retención del agua.
- Ladera de pendiente moderada (5° a 15°) a terreno escarpado (>45°), que conforman geoformas de montaña y colina en roca sedimentaria (MC-rs) y vertientes coluvio-deluvial (V-cd), muy susceptibles a removerse. Esto permite que el material inestable que se dispone sobre la ladera se desplace cuesta abajo.
- Ausencia de drenajes adecuados, permite la saturación del terreno denudado para prácticas agrícolas.

Factor detonante

- Precipitaciones pluviales de intensidad fuerte hasta 56 mm/día.
- Tipo de riego no adecuado por inundación en los terrenos agrícolas en la parte alta. Esto ayuda con la saturación del terreno y por ende de un aumento de peso de la masa inestable.

Daños ocasionados y probables

- 139 m de carretera afirmada.
- 1 institución educativa expuesta.
- 15 viviendas expuestas en la parte bajan del deslizamiento, con peligro a daños estructurales (Figura 9).

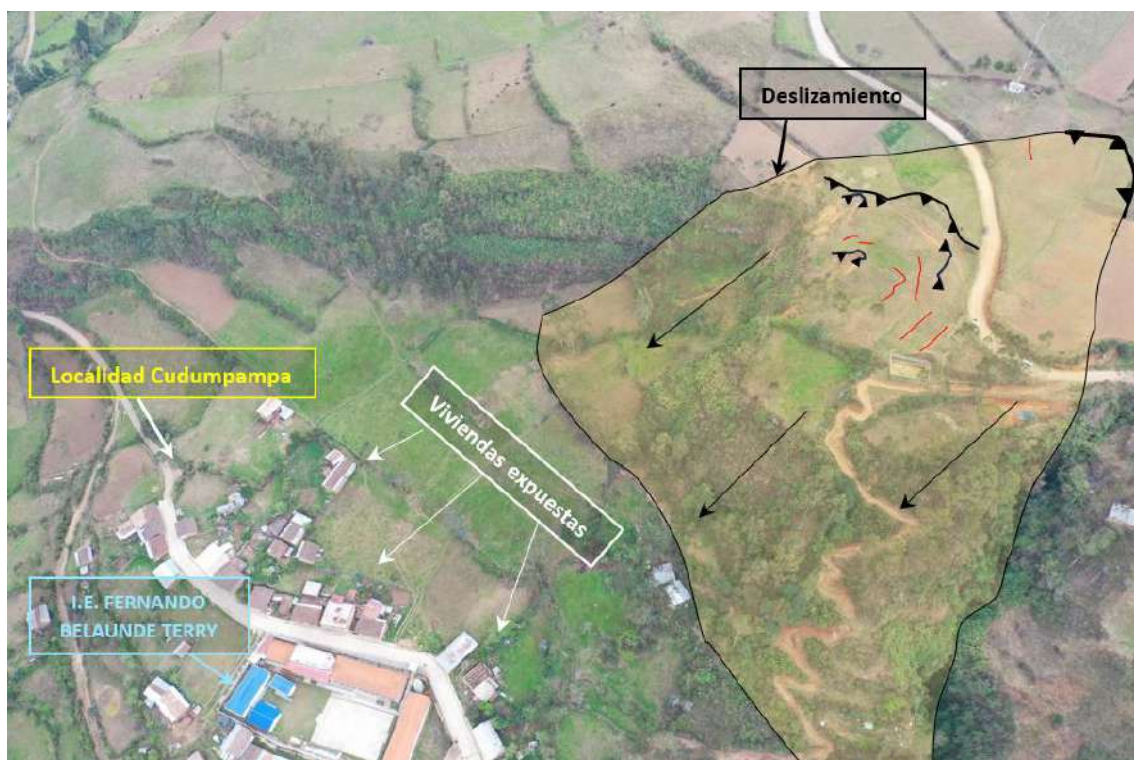


Figura 9. Viviendas e Institución educativa, expuestas al deslizamiento.

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. En deslizamiento se ha desarrollado sobre lutitas ferruginosas, muy fracturadas y altamente meteorizadas, de la Formación Inca, cubiertas por depósitos de origen coluvio-deluvial, compuesto por bloques (6%), gravas (8%) y gránulos (10%), en una matriz limo arcillosa.
- b. Geomorfológicamente la zona evaluada se ubica sobre una vertiente coluvio-deluvial, con pendiente moderada (5° a 15°) a fuerte (15° a 25°), vertiente con depósito de deslizamiento con pendiente fuerte a escarpada (25° a 45°) a terreno muy escarpado ($> 45^\circ$); montaña y colina en roca sedimentaria con pendiente moderada (5° a 15°) a muy fuerte a escarpada (25° a 45°).
- c. El deslizamiento abarca un área de $35\,944\text{ m}^2$, con un volumen aproximado de $25\,000\text{ m}^3$, 227 m de longitud en el eje principal, entre 50 m a 250 m de ancho y 111 m de desnivel entre la escarpa principal y el pie del deslizamiento. Además, la longitud de la escarpa principal mide 73 m , con salto de 0.70 m y desplazamiento horizontal estimado de 0.05 a 0.10 m . La masa deslizada activa presenta varias escarpas secundarias con longitudes de 25 a 90 m , con saltos entre 0.20 m a 0.60 m y agrietamientos múltiples.
- d. El factor detonante del deslizamiento ocurrido en la localidad de Cudumpampa, son las intensas precipitaciones ocurridas entre febrero y marzo del 2021, que alcanzaron valores de aproximadamente 40 mm . Se suma a este factor, las infiltraciones producidas por inadecuadas técnicas de riego de terrenos de cultivo, que en esta zona es por inundación.
- e. El deslizamiento afecta principalmente la vía afirmada Cajamarca – Chetilla – Cudumpampa, en un tramo de 139 m . Asimismo en la parte baja, se encuentran expuestas 15 viviendas, una institución educativa y terrenos de cultivos.
- f. El sector donde se presenta el deslizamiento activo y áreas aledañas, en la parte baja, se considera de **Peligro Alto** a **Muy Alto**. El deslizamiento podría aumentar su tamaño y ocasionar daños a las viviendas.

7. RECOMENDACIONES

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

- a. Construir drenes de coronación en la cabecera del deslizamiento y sobre los terrenos donde se realizan actividades agrícolas, con una sección de material impermeable (como geomembranas o arcillas), a fin de evitar filtraciones (Anexo 2A – Figura23). También programar continuos trabajos de mantenimiento en estos.
- b. Reforestar las laderas de montaña con especies nativas y de raíces densas (Anexo 2b – figura24 y fotografía).
- c. Implementar el monitoreo geodésico, con la instalación de puntos de control, a fin de determinar si la masa deslizada continua su movimiento pendiente abajo. Esto para evaluar el potencial peligro sobre el área urbana y evaluar la apertura de una nueva variante de la carretera Cajamarca - Chetilla en la zona afectada
- d. Prohibir el riego por inundación en la zona deslizada y en los terrenos ubicados en la parte alta (hacia el este del área urbana).
- e. Elaborar un informe de evaluación de riesgos EVAR para determinar las medidas de control adecuadas a largo plazo.

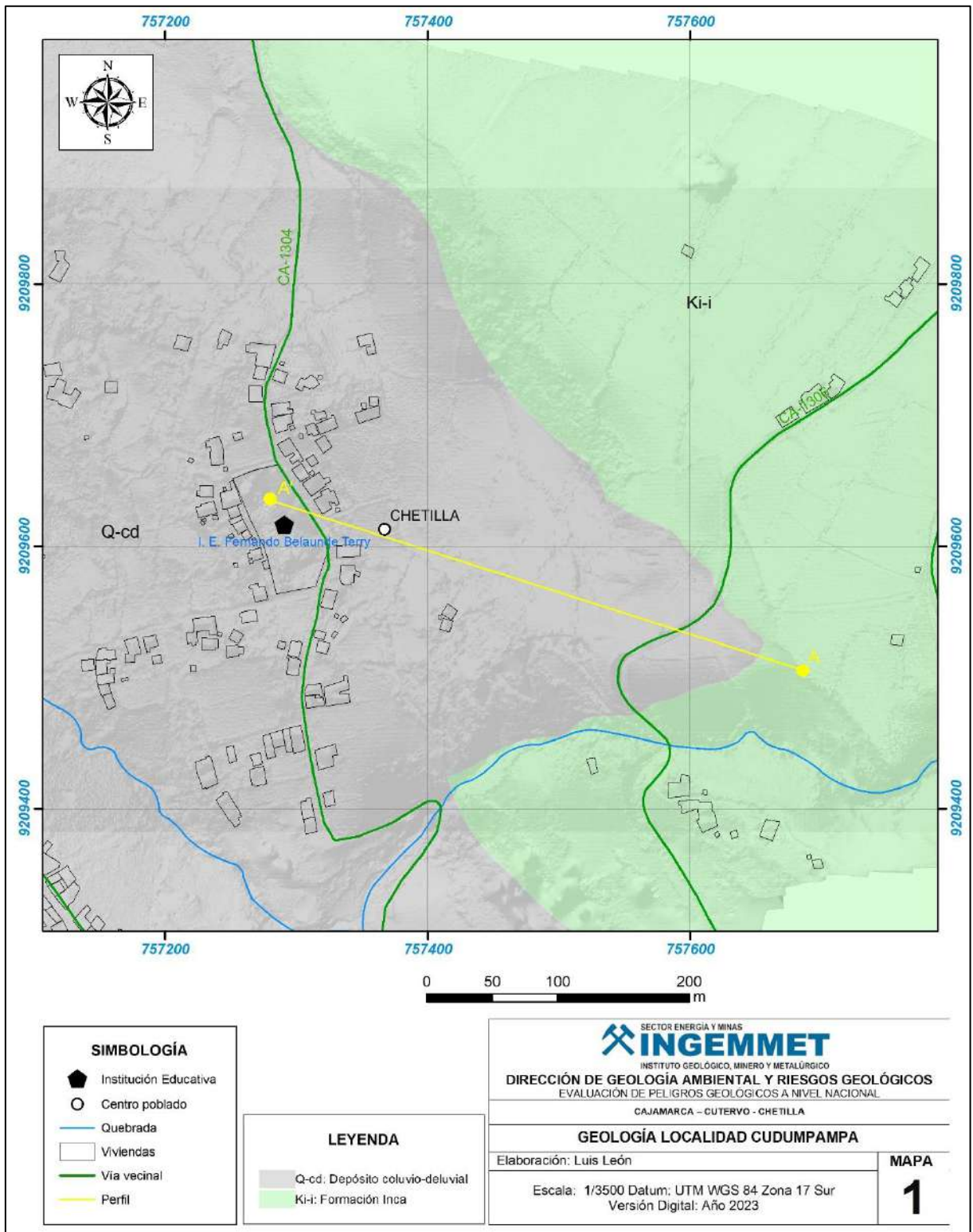

LUIS MIGUEL LEON ORDAZ
Ingeniero Geólogo
Reg. CIP. N° 215610

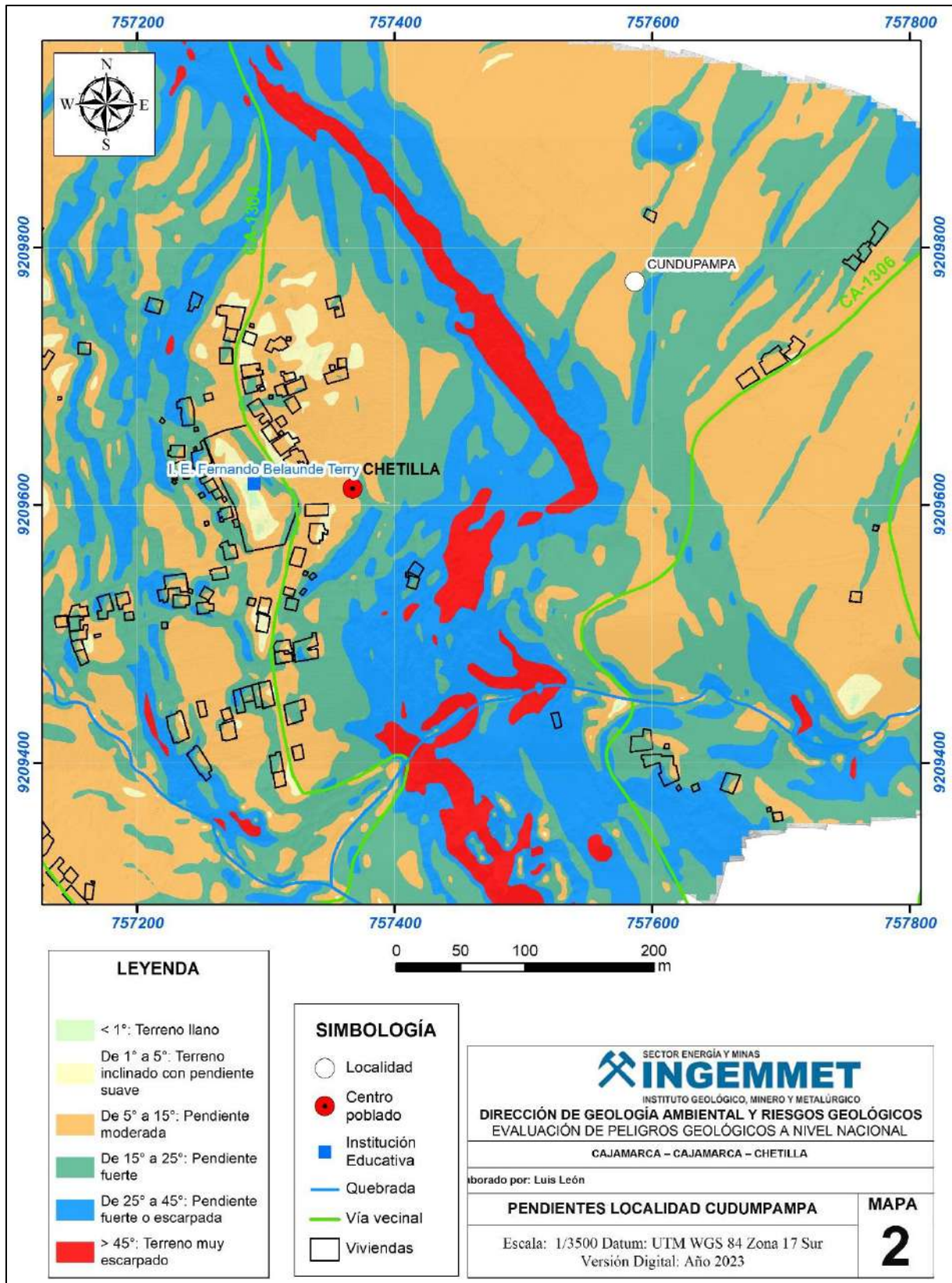

ING. JERSY MARIÑO SALAZAR
Director (e)
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico
INGEMMET

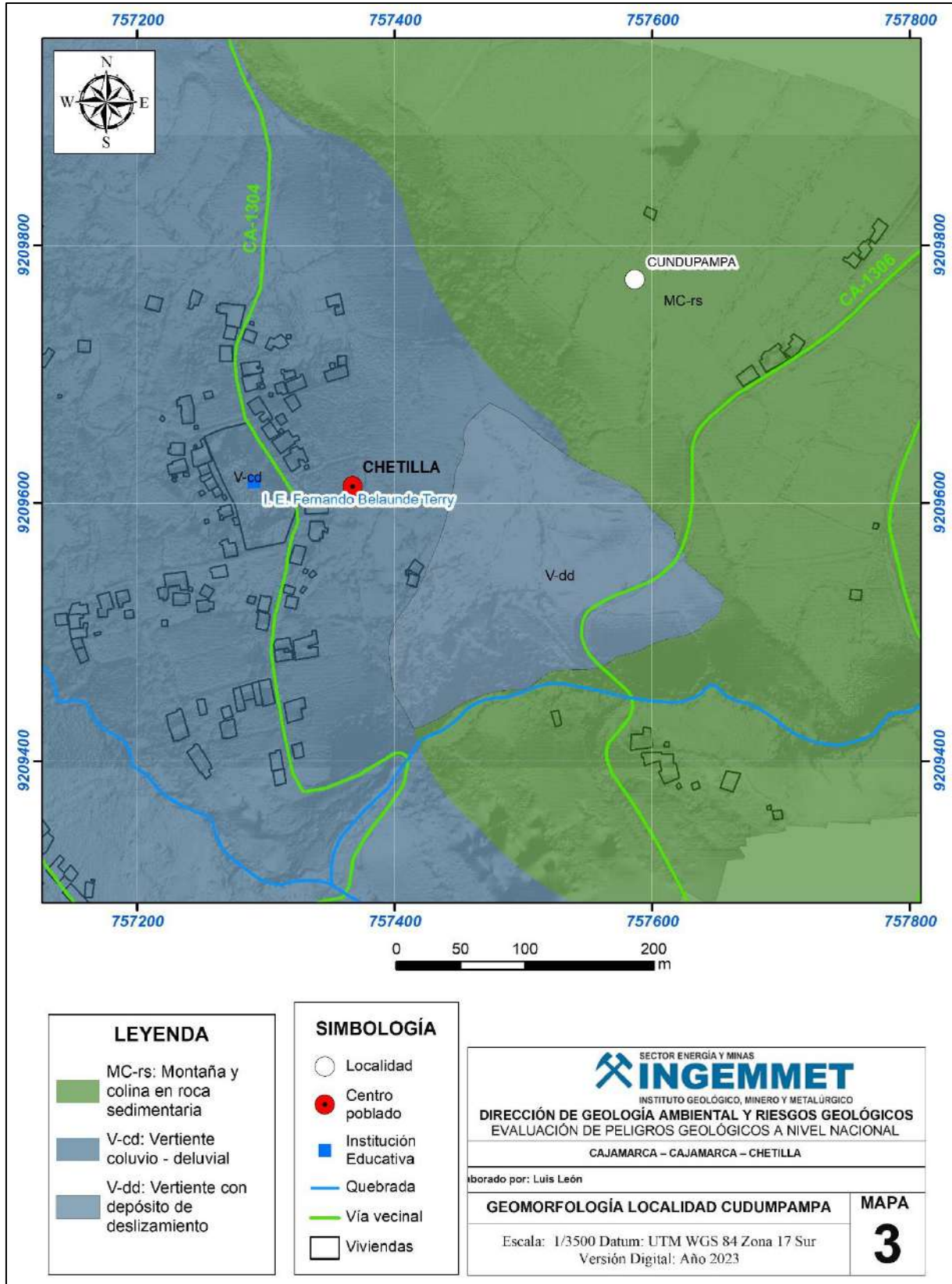
8. BIBLIOGRAFÍA

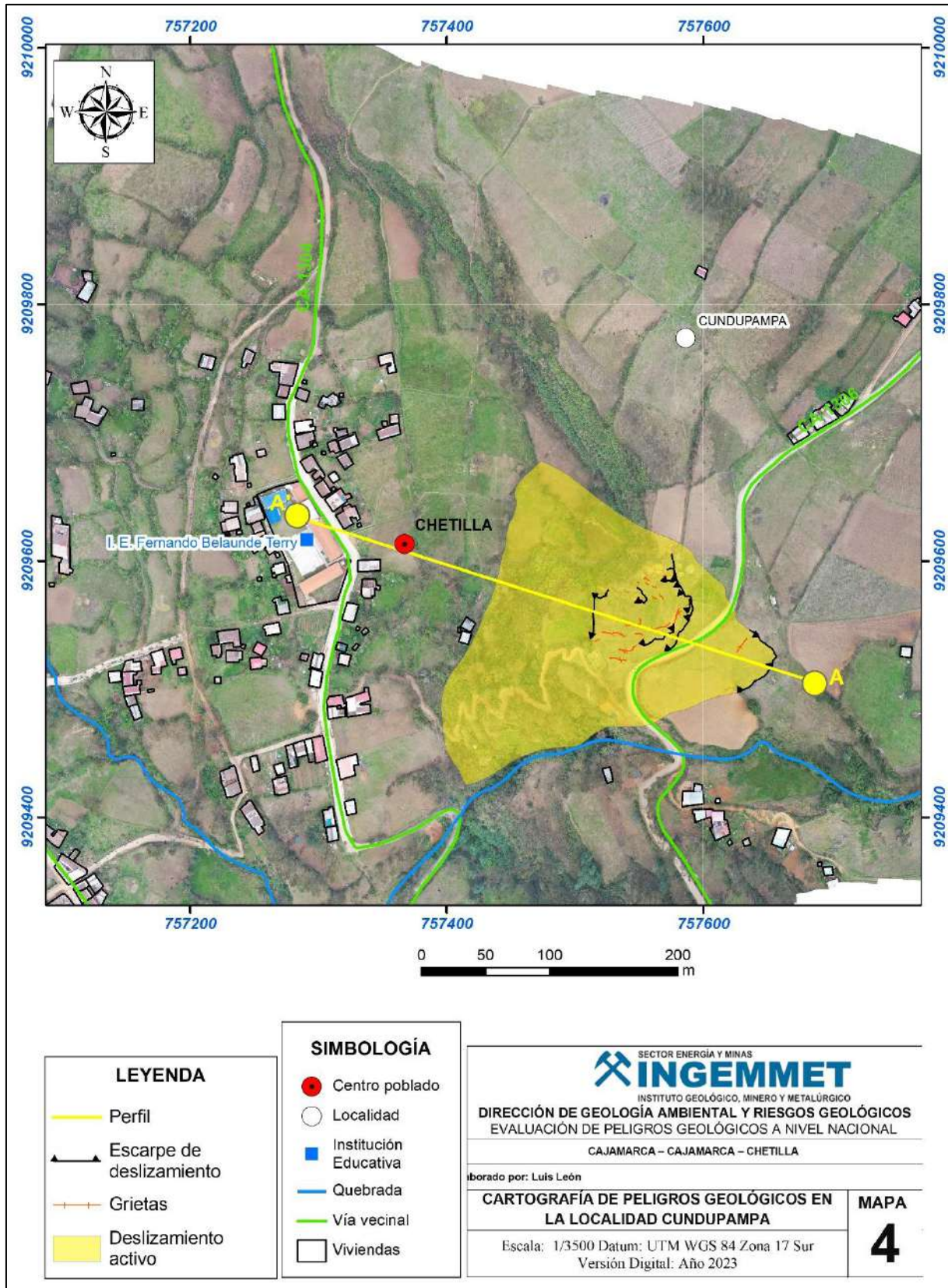
- INEI. (2018). *Directorio Nacional de Centros Poblados Censos Nacionales 2017*. Instituto Nacional de Estadística e Informática. https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1541/index.htm
- PMA. (2007). *Movimientos en Masa en la Región Andina: Una Guía para la Evaluación de Amenazas* (1a ed.). Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas.
- Reyes L (1980). *Geología de los cuadrángulos de Cajamarca, San Marcos y Cajabamba. Hojas: 15-f, 15-g, 16-g, Boletín N° 31 Serie A. Ingemmet.*
- Senamhi. (2020). *Climas del Perú - Mapa de Clasificación Climática Nacional*. <https://www.senamhi.gob.pe/?p=mapa-climatico-del-peru>
- Suárez Díaz, J. (1998). *Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales* (Ltda, Ed.; 1a ed.). Publicaciones UIS.
- Suárez Díaz, J. (2007). *Deslizamientos - Técnicas de Remediación* (1a ed.). Erosion.com.
- Villota, H. (2005). *Geomorfología Aplicada a Levantamientos Edafológicos y Zonificación Física de Tierras* (2a ed.). Instituto Geográfico Agustín Codazzi.
- Wilson, J. (1984). *Geología de los Cuadrángulos de Jayanca, Incahuasi, Cutervo, Chiclayo, Chongoyape, Chota, Celendín, Pacasmayo, Chepén. Ingemmet Boletín N° 38 Serie A* (1a ed.).
- Zavala, B., & Rosado, M. (2011). *Riesgo Geológico en la Región Cajamarca. Ingemmet Boletín N° 44, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica.*

ANEXO 1. MAPAS









ANEXO 2. MEDIDAS CORRECTIVAS

Para las reptaciones y derrumbes

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

a. Drenaje Superficial

Las zanjas construidas permiten la recolección de aguas superficiales, captan la escorrentía tanto de la ladera, como de la cuenca de drenaje arriba del talud y desvía el agua a las quebradas adyacentes al cuerpo de la zona afectada, evitando su infiltración, captando el agua de escorrentía, llevándola a un sitio lejos del movimiento. Éstas deben ser construidas en la parte superior de la zona en movimiento (Figura). En las obras construidas - zanjas de drenaje es necesario impermeabilizar la caja hidráulica captando y evitando totalmente la infiltración de las aguas de escurrimiento la ladera, según las imágenes adjuntas.

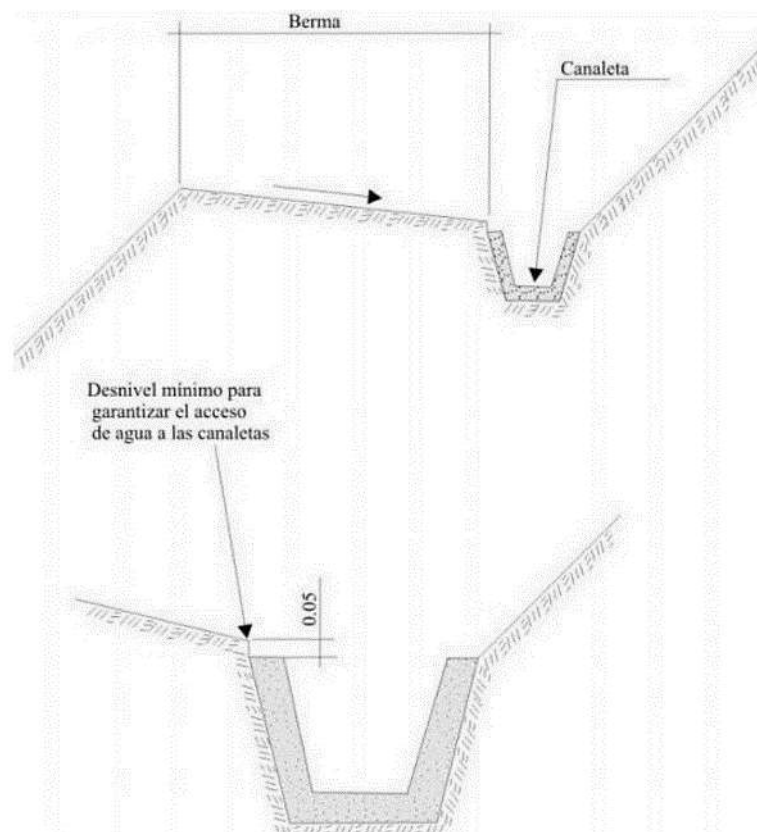


Figura 23. Detalle una canaleta de drenaje superficial (zanjas de coronación). Tomado de INGEMMET (2000).

b. Revegetación y bioingeniería

Los árboles y arbustos de raíz profunda aportan una resistencia cohesiva significativa a los mantos de suelo más superficiales y al mismo tiempo, facilitan el drenaje subterráneo, reduciendo en esta forma la probabilidad de movimientos en masa poco profundos (Suárez Díaz, 2007).

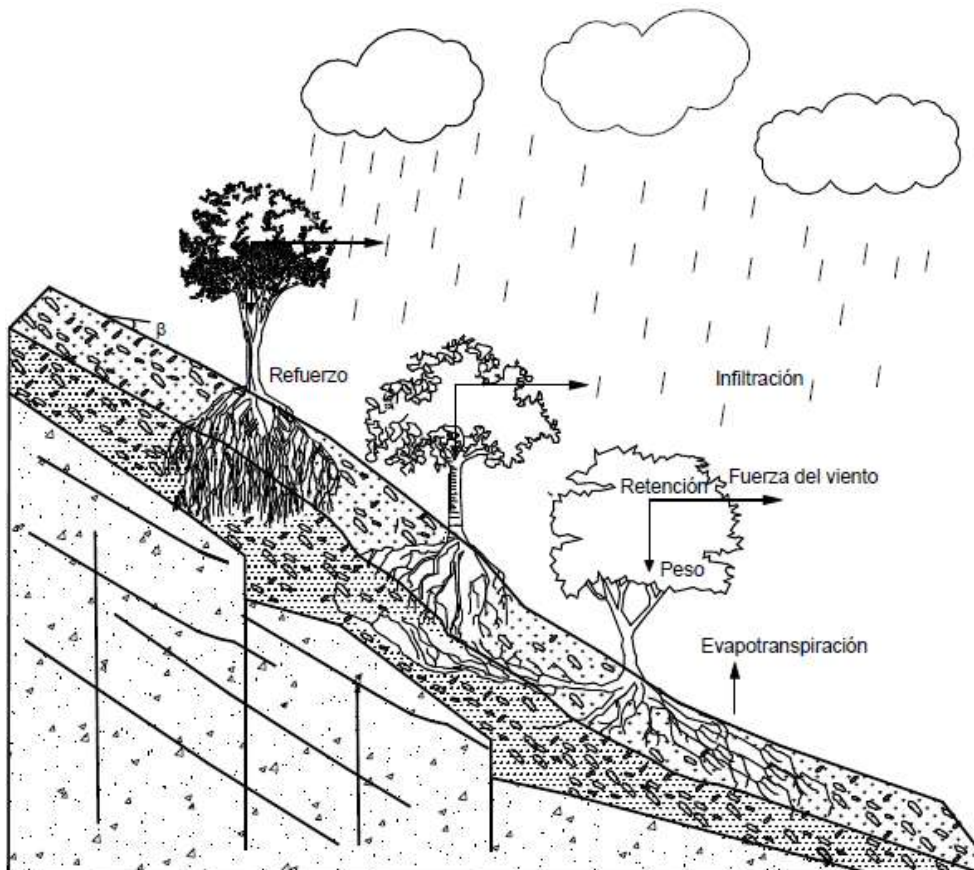


Figura 24. Estabilización de taludes utilizando vegetación. **Fuente:** Suarez, Díaz 2007.



Fotografía 3. Ejemplo de bioingeniería con arbusto (vetiver) en taludes de materiales sueltos.