SECTOR ENERGÍA Y MINAS

INGEMMET

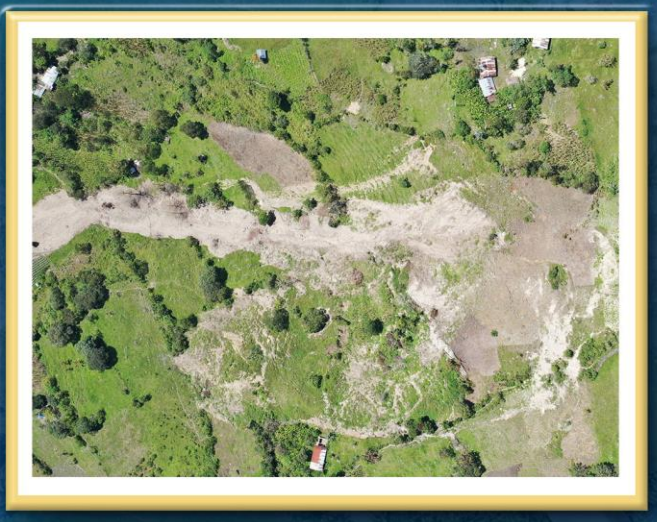
INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico Nº A7297

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LAS LOCALIDADES DE LA CHAMANA, EL VERDE Y SAN JUAN DE TACABAMBA

Departamento Cajamarca
Provincia Chota
Distrito Tacabamba



SETIEMBRE
2022

VERSIÓN N° 001 CARÁTULA DE INFORME TÉCNICO - INGEMMET / 04.01.19

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LAS LOCALIDADES DE LA CHAMANA, EL VERDE Y SAN JUAN DE TACABAMBA

(Distrito Tacabamba, provincia Chota, 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

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2022). Evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa en las localidades de La Chamana, El Verde y San Juan de Tacabamba, distrito Tacabamba, provincia Chota, departamento Cajamarca. Lima: Ingemmet, Informe Técnico N° A7297, 55p.

ÍNDICE

RESUMEN **3**
1. INTRODUCCIÓN **5**
1.1. Objetivos del estudio 5
1.2. Antecedentes 6
1.3. Aspectos generales 6
1.3.1. Ubicación 6
1.3.2. Población 7
1.3.3. Accesibilidad 7
1.3.4. Clima 9
2. DEFINICIONES **10**
3. ASPECTO GEOLÓGICO **12**
3.1. Unidades litoestratigráficas 12
3.1.1. Grupo Goyllarisquizga (Ki-g) 13
3.1.2. Formación Inca (Ki-i) 13
3.1.3. Formación Chúlec, Pariatambo (Ki-chu, pt) 14
3.1.4. Formación Pulluicana (Ks-pu) 14
3.1.5. Depósitos cuaternarios 17
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS **19**
4.1. Modelo digital de elevaciones (MDE) 19
4.2. Pendiente del terreno 21
4.3. Unidades Geomorfológicas 23
4.3.1. Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional 23
4.3.2. Geoformas de carácter depositacional y agradacional 24
5. PELIGROS GEOLÓGICOS **26**
5.1. Peligros geológicos en la localidad de La Chamana 26
5.1.1. Movimientos complejos derrumbe-flujo 26
5.1.2. Análisis longitudinal del deslizamiento 27
5.1.3. Características visuales y morfométricas 28
5.2. Peligros geológicos en la localidad El Verde 30
5.2.1. Derrumbe 30
5.2.2. Análisis longitudinal 30
5.2.3. Características visuales y morfométricas 32
5.3. Peligros geológicos en San Juan de Tacabamba 34
5.3.1. Movimiento complejo deslizamiento-flujo 34
5.3.2. Análisis longitudinal 35
5.3.3. Características visuales y morfométricas 35
6. CONCLUSIONES **37**
7. RECOMENDACIONES **39**
8. BIBLIOGRAFÍA **40**
ANEXO 1. MAPAS **41**
ANEXO 2. MEDIDAS CORRECTIVAS **53**

RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa (tipo movimientos complejos, derrumbes, deslizamientos y flujos de detritos), en las localidades de San Juan de Tacabamba, La Chamana y El Verde, en el distrito Tacabamba, provincia Chota, departamento Cajamarca. Con este trabajo el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – Ingemmet, cumple con una de sus funciones que consiste en brindar asistencia técnica en peligros geológicos para los tres niveles de gobierno (local, regional y nacional).

En la localidad La Chamana, los derrumbes se han desarrollado sobre geoformas de vertientes coluvio-deluviales dentro de geoformas de montaña en rocas sedimentarias, estos terrenos tienen una pendiente muy fuerte o escarpada (25° a 45°), en rocas sedimentarias tipo lutitas y limolitas (Formación Inca), se presentan muy fracturadas y altamente meteorizadas. Ladera abajo se observan depósitos coluviales. Estos materiales fueron removidos generando flujos de detritos, con una geoforma de piedemonte proluvial sobre terrenos con pendiente muy escarpada (>45°), alcanzando al sector urbano de La Chamana, donde se ha afectado viviendas (06), terrenos de cultivo (02 ha.) y caminos (50 m).

En la localidad El Verde, los derrumbes y flujo de detritos se localizan en geoformas de vertientes coluvio-deluviales y piedemonte proluvial, de pendiente muy fuerte o escarpa (25° a 45°) sobre calizas medianamente fracturas y moderadamente meteorizadas del Grupo Pulluicana. Movimientos en masa generados en este sector, han afectado la trocha El Verde – Las Palmeras (72 m) y terrenos de pastoreo (01 ha.).

En la localidad de San Juan de Tacabamba, se observó un movimiento complejo deslizamiento-flujo que se encuentra sobre una geoforma de montaña en rocas sedimentarias de pendiente fuerte (15° a 25°), formadas en lutitas y limolitas muy fracturadas y altamente meteorizadas de la Formación Inca. En este sector, se produjo un flujo de detritos (huaico) que removió el material coluvial afectando una vivienda (01), terrenos de cultivo (02 ha.) y caminos vecinales (10 m). El huaico, formo una geoforma de piedemonte proluvial sobre terrenos con pendiente muy fuerte o escarpada (25° a 45°).

El factor detonante corresponde a las precipitaciones pluviales intensas y/o prolongadas. Como los de inicios del mes de marzo de 2022, que fueron cercanos a 50mm/día.

Los sectores de La Chamana, El Verde y San Juan de Tacabamba, por las condiciones litológicas, geomorfológicas y geodinámicas encontradas, se consideran como de **Peligro Muy alto y Zonas Críticas.**

Finalmente, se brindan las recomendaciones que se consideran importantes, sean tomadas en cuenta, tanto por las autoridades competentes y tomadores de decisiones para las tres localidades, donde se recomienda, para disminuir los impactos, construir drenes de coronación, gestionar la instalación de sistemas de alerta temprana, evitar la deforestación para uso de cultivos agrícolas y reforestar (con plantas nativas) las laderas impactadas.

En específico, para la localidad de La Chamana se recomienda la construcción de cunetas y canalizar las quebradas; para la localidad de El Verde, desviar y drenar los flujos surgentes de agua con tuberías; y para San Juan de Tacabamba se recomienda controlar y cambiar el riego de terrenos por inundación a métodos tecnificados de menor demanda hídrica.

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 Tacabamba, según Oficio N° 089-2022-MDT-A, es en el marco de nuestras competencias que se realiza una evaluación de peligros geológicos por movimientos en las localidades de La Chamana, El Verde y San Juan de Tacabamba.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designó a los Ingenieros Elvis Rubén Alcántara Quispe y Luis Miguel León Ordáz, para realizar la evaluación de peligros geológicos en las localidades de La Chamana, El Verde y San Juan de Tacabamba; llevado a cabo los días 20 y 21 de mayo del 2022.

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

Este informe se pone en consideración del Gobierno Regional de Cajamarca, municipalidad de Tacabamba, municipalidad provincial de Chota y sectores involucrados; donde se proporcionan los resultados de la inspección y recomendaciones para la reducción del riesgo, a fin de que sea un instrumento técnico para la toma de decisiones.

1.1. Objetivos del estudio

El presente trabajo tiene como objetivos:

a) Evaluar y caracterizar los peligros geológicos en las localidades de La Chamana, El Verde y San Juan de Tacabamba, distrito Tacabamba, provincia Chota, 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° 38 Serie A, Geología de los Cuadrángulos de Jayanca, Incahuasi, Cutervo, Chiclayo, Chongoyape, Chota, Celendín, Pacasmayo, Chepén (Wilson, 1984); y Boletín N° 56 Serie A, Geología de los Cuadrángulos de Bagua Grande, Jumbilla, Lonya Grande, Chachapoyas, Rioja, Leymebamba y Bolívar (Sánchez Fernández, 1995); donde se describe la geología a una escala 1/100,000; se señala que, en las zonas de estudio, se tienen afloramientos de areniscas del Grupo Goyllarisquizga (Ki-g), lutitas de la Formación Inca (Ki-i), calizas y lutitas de las formaciones Chúlec-Pariatambo (Ki-chu, pt) y calizas del Grupo Pulluicana (Ks-pu).
- 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; cuyas localidades en estudio se sitúan sobre zonas con susceptibilidad alta y muy alta ante la ocurrencia de movimientos en masa.

1.3. Aspectos generales

1.3.1. Ubicación

Las áreas de evaluación corresponden a las localidades de La Chamana, El Verde y San Juan de Tacabamba, distrito de Tacabamba, provincia Chota, departamento Cajamarca (Figura 1), ubicada en las coordenadas UTM WGS 84 – Zona: 17S descritas en el Cuadro 1, con coordenada central referencial del evento identificado en cada una.

Cuadro 1. Coordenadas de las áreas de estudio.

Localidad	N°	UTM – WGS 84 – Zona 17S		Coordenadas Decimales (°)	
Zona de La Chamana	1	774775	9295410	-6.368404	-78.516197
	2	774775	9294710	-6.374731	-78.516167
	3	774125	9294710	-6.374759	-78.522041
	4	774125	9295410	-6.368433	-78.522072
	Referencia	774502	9295266	-6.369713	-78.518654
Zona de El Verde	1	777899	9290900	-6.409027	-78.487778
	2	777900	9290150	-6.415804	-78.487740
	3	777200	9290150	-6.415835	-78.494064
	4	777200	9290900	-6.409058	-78.494095
	Referencia	777385	9290439	-6.413216	-78.492401
Zona de San Juan de Tacabamba	1	777800	9295350	-6.368815	-78.488869
	2	777800	9294650	-6.375141	-78.488838
	3	777150	9294650	-6.375169	-78.494713
	4	777150	9295350	-6.368843	-78.494743
	Referencia	777446	9294940	-6.372537	-78.492050

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 La Chamana tiene una población de 154 habitantes, distribuidos en 53 viviendas, sin acceso a red pública de agua, energía eléctrica o desagüe; mientras El Verde posee una población de 129 habitantes, distribuidos en 46 viviendas, con red pública de agua y energía eléctrica pero no desagüe; además, San Juan de Tacabamba posee una población de 110 habitantes en 33 viviendas pero sin servicio de agua por red pública, energía eléctrica o desagüe.

Tanto, La Chamana como El Verde y San Juan de Tacabamba cuentan con instituciones educativas de nivel inicial, sin embargo, solo las 2 primeras cuentan con primaria, pero ninguna cuenta con secundaria (Minedu, 2022) tampoco cuentan con establecimientos de salud (Minsa, 2022).

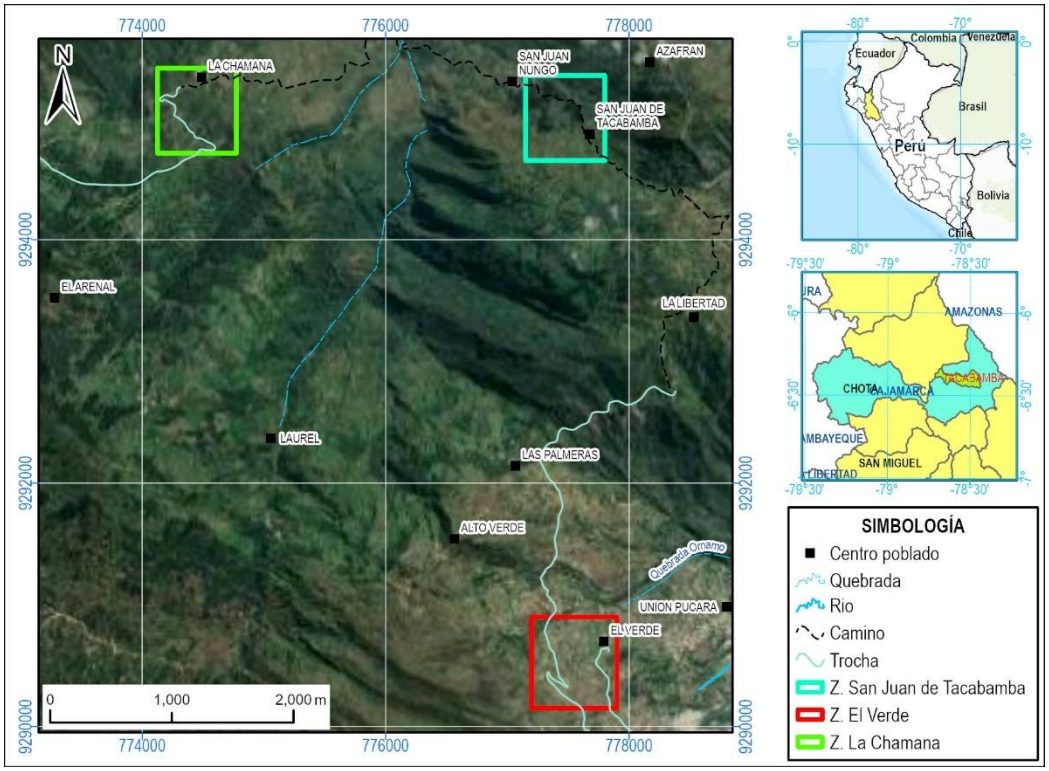


Figura 1. Ubicación de las áreas evaluadas.

1.3.3. Accesibilidad

El acceso hasta la localidad de Tacabamba, se realiza por vía terrestre desde la ciudad de Cajamarca, a través de la vía nacional PE-3N hasta la ciudad de Chota; para seguir hasta Tacabamba mediante la vía afirmada departamental CA-105, tal como se detalla en la siguiente ruta (Cuadro 2, Figura 2):

Cuadro 2. Rutas y acceso a la zona evaluada.

Ruta	Tipo de Vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Cajamarca – Tacabamba	Asfaltada/afirmada	178	5 horas

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

Desde Tacabamba, para ir a la localidad de La Chamana se toma una vía afirmada hasta El Arenal, desde donde se toma una trocha en apertura; mientras que para llegar El Verde se toma una vía afirmada hasta La Púcara, desde donde se sigue en una trocha. A San Juan de Tacabamba no existen vías carrozables, se puede ir en camino desde La Chamana o Alto Verde (Figura 3).

Figura 3. Ruta desde Tacabamba a El Verde (línea discontinua roja), La Chamana (línea discontinua amarilla y naranja) y San Juan de Tacabamba (línea discontinua celeste desde Alto Verde o en línea discontinua verde desde La Chamana). **Fuente:** Sistema de consulta de centros poblados INEI.

1.3.4. Clima

Según el método de Clasificación Climática de Warren Thornthwaite - (Senamhi, 2020), la zona de estudio posee 2 climas (Figura 4):

- Lluvioso con otoño e invierno seco, Templado – B (o, i) B': en los terrenos más elevados (La Chamana y El Verde); con temperatura máxima entre 19°C a 23°C y temperatura mínima de 3°C a 7°C; además de una precipitación anual entre 700mm y 1500mm, aproximadamente.
- Lluvioso con humedad abundante todas las estaciones del año, Templado – C (r) B': en los terrenos más bajos (San Juan de Tacabamba); con una temperatura máxima entre 21°C y 25°C y una mínima de 7°C a 11°C, además de una precipitación anual entre 700mm y 2000mm, aproximadamente.

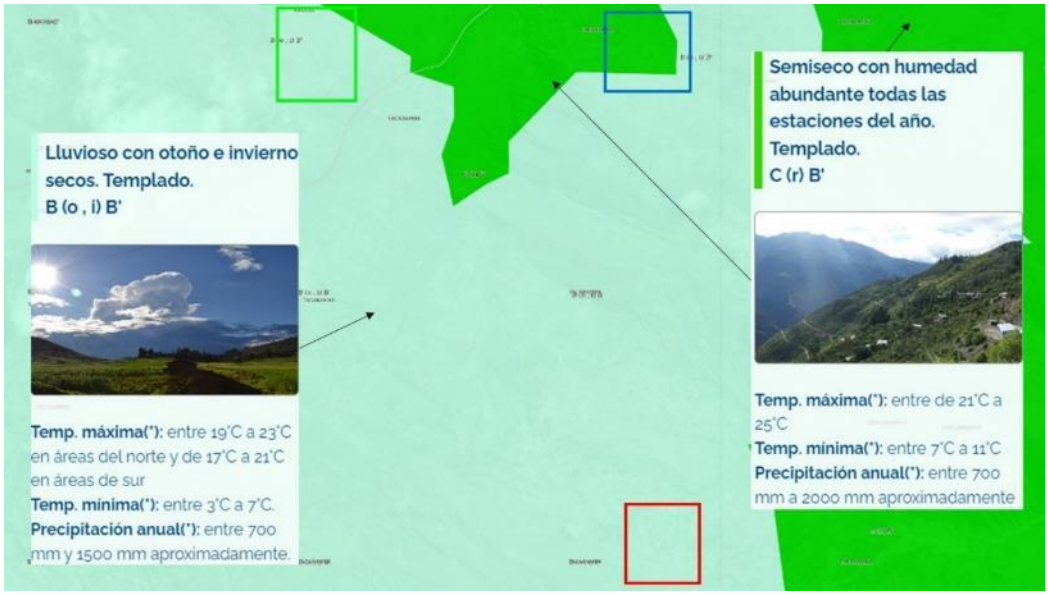
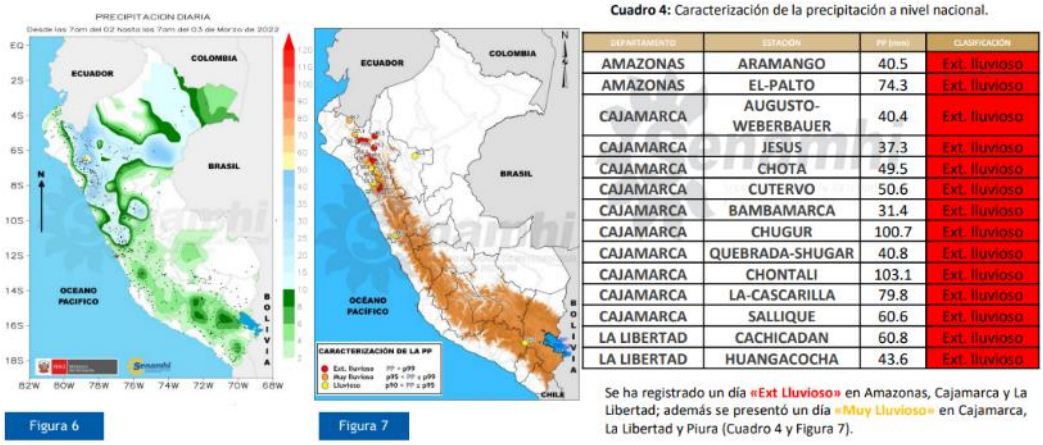


Figura 4. Mapa de climas del donde se muestra que las zonas de La Chamana (línea verde) y El Verde (línea roja) tienen un clima Lluvioso con otoño e invierno seco, Templado; y la zona de San Juan de Tacabamba (línea azul) tiene un clima Lluvioso con humedad abundante todas las estaciones del año, Templad. **Fuente:** Senamhi.

Los días 2 y 3 el mes de marzo del 2022, en el departamento de Cajamarca, las lluvias marcaron niveles de intensidad extrema; la estación Chota (la más cercana a la zona evaluada) registró 49.5 mm/día (Figura 5), causando impactos en la población, viviendas, medios de vida, vías e infraestructuras públicas; por lo que se declaró el estado de emergencia (según Decretos Supremos 017 y 018 del 2022-PCM) a 81 distritos de este departamento, entre ellos Tacabamba; debido a que el impacto de daños sobrepasó el nivel de atención local y regional.



Cuadro 4: Caracterización de la precipitación a nivel nacional.

DEPARTAMENTO	ESTACIÓN	PP (mm)	CLASIFICACIÓN
AMAZONAS	ARAMANGO	40.5	Ext. lluvioso
AMAZONAS	EL-PALTO	74.3	Ext. lluvioso
CAJAMARCA	AUGUSTO-WEBERBAUER	40.4	Ext. lluvioso
CAJAMARCA	JESUS	37.3	Ext. lluvioso
CAJAMARCA	CHOTA	49.5	Ext. lluvioso
CAJAMARCA	CUTERVO	50.6	Ext. lluvioso
CAJAMARCA	BAMBAMARCA	31.4	Ext. lluvioso
CAJAMARCA	CHUGUR	100.7	Ext. lluvioso
CAJAMARCA	QUEBRADA-SHUGAR	40.8	Ext. lluvioso
CAJAMARCA	CHONTALI	103.1	Ext. lluvioso
CAJAMARCA	LA-CASCARILLA	79.8	Ext. lluvioso
CAJAMARCA	SALLIQUE	60.6	Ext. lluvioso
LA LIBERTAD	CACHICADAN	60.8	Ext. lluvioso
LA LIBERTAD	HUANGACOCHA	43.6	Ext. lluvioso

Se ha registrado un día «Ext Lluvioso» en Amazonas, Cajamarca y La Libertad; además se presentó un día «Muy Lluvioso» en Cajamarca, La Libertad y Piura (Cuadro 4 y Figura 7).

Figura 5. Reporte de lluvias entre los días 2 y 3 de marzo del 2022, marcando niveles de lluvia de intensidad extrema a lo largo de todo el departamento de Cajamarca**. 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:

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 influenciables por el agua en su comportamiento.

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.

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.

Corona: Zona adyacente arriba del escarpe principal de un deslizamiento que prácticamente no ha sufrido desplazamiento ladero abajo. Sobre ella suelen presentarse algunas grietas paralelas o semi paralelas conocidas de tensión o de tracción.

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.

Deslizamiento: Movimiento ladera abajo de una masa de suelo o roca cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla (Cruden & 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 un contrapendiente de la superficie de la cabeza del deslizamiento hacia el escarpe.

Deslizamiento traslacional: Es un tipo de deslizamiento en el cual la masa se mueve a lo largo de una superficie de falla plana u ondulada. En general, estos movimientos suelen ser más superficiales que los rotacionales y el desplazamiento ocurre con frecuencia a lo largo de discontinuidades como fallas, diaclasas, planos de estratificación o planos de contacto entre la roca y el suelo residual o transportado que yace sobre ella.

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.

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

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

Flujo: Movimiento en masa que durante su desplazamiento exhibe un comportamiento semejante al de un fluido; puede ser rápido o lento, saturado o seco. En muchos casos se originan a partir de otro tipo de movimiento, ya sea un deslizamiento o una caída (Varnes, 1978). Existen tipos de flujos como flujos de lodo, flujos de detritos (huaicos), avalanchas de rocas y detritos, crecida de detritos, flujos secos y lahares (por actividad volcánica).

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.

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.

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.

En el presente Glosario se describe según los términos establecidos en el Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (PMA, 2007) - Movimientos en masa en la región andina: una guía para la evaluación de amenazas.

3. ASPECTO GEOLÓGICO

La descripción geológica se desarrolló en base al Boletín Serie A, Carta Geológica Nacional, N°38 “Jayanca, Incahuasi, Cutervo, Chiclayo, Chongoyape, Chota, Celendín, Pacasmayo, Chepén” (Wilson, 1984); y al Boletín N° 56 Serie A, Geología de los Cuadrángulos de Bagua Grande, Jumbilla, Lonya Grande, Chachapoyas, Rioja, Leymebamba y Bolívar (Sánchez Fernández, 1995); 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, 2 y 3).

3.1. Unidades litoestratigráficas

Corresponden a la secuencias clásticas (areniscas, limolitas y lutitas) del Grupo Goyllarisquizga y Formación Inca y a las secuencias carbonatadas (calizas y lutitas calcáreas) de las Formaciones Chúlec, Pariatambo y Pulluicana; coberturadas por depósitos cuaternarios originados por eventos de remoción en masa (coluvio-deluvial y proluvial). A continuación, se detallan las características de estas unidades.

3.1.1. Grupo Goyllarisquizga (Ki-g)

Esta unidad corresponde a estratos de gran espesor de areniscas cuarzosas blanquecinas, intercalados con estratos de limoarcillitas grises y niveles de carbón limitados, su ambiente de formación corresponde a una cuenca deltaica y su alta pureza de sus areniscas es ampliamente explotada como fuente de agregados de cerro.

Representa la base litoestratigráfica de las zonas de La Chamana y San Juan de Tacabamba (Fotografía 1), donde sus macizos se encuentran muy fracturados y altamente meteorizados, con discontinuidades rugosas, con relleno de limo escaso, teniendo un Índice de Resistencia Geológica GSI de 55 (Figura 6).

Fotografía 1. Vista panorámica, nótese montaña conformada por areniscas del Grupo Goyllarisquizga; en la parte baja se observa al poblado de San Juan de Tacabamba.

3.1.2. Formación Inca (Ki-i)

Esta unidad marca el cambio de facies sedimentarias, de un ambiente continental a un ambiente marino en la transgresión cretácica de la cuenca Cajamarca; está conformada por areniscas calcáreas y lutitas ferruginosas.

Tiene afloramientos en las zonas de La Chamana (Fotografía 2) y San Juan de Tacabamba; mostrando macizos muy fracturados y altamente meteorizados, estando sus discontinuidades rellenas de arcillas y con paredes lizas; por lo que es la unidad rocosa de menor Índice de Resistencia Geológica (GSI de 21) de la zona (Figura 6), siendo lugar de constante fallamiento y plegamiento.

Fotografía 2. Detalle de un macizo de la formación Inca: a la izquierda se aprecia el alto fracturamiento y plegamiento del macizo rocoso y a la derecha un acercamiento a los estratos de lutitas de esta unidad. **Ubicación:** E: 774512; N: 9294728; Z: 2702 (Localidad de La Chamana)

3.1.3. Formación Chúlec, Pariatambo (Ki-chu, pt)

Estas unidades están constituidas por calizas arenosas, areniscas calcáreas, en la base (Formación Chúlec) y lutitas grises a negras, calizas bituminosas nodulares (Formación Pariatambo) en el tope superior. Sus afloramientos se ubican en las zonas de La Chamana (Fotografía 3) y San Juan de Tacabamba, caracterizado por mostrar macizos muy fracturados y altamente meteorizados, con constante intercalación con lutitas disturbadas y plegadas; además, es constante que sus discontinuidades estén rellenadas por calcita cristalizada o arcillas; su Índice de Resistencia Geológica es Bajo (GSI de 25) (Figura 6).

Fotografía 3. Detalle de un macizo rocoso de la Formación Chúlec donde se aprecian los estratos de calizas intercalados con lutitas calcáreas, muy fracturados y disturbados. **Ubicación:** E: 774197; 9294587; Z: 2766 (Sector La Chamana).

3.1.4. Formación Pulluicana (Ks-pu)

Esta unidad está conformada por calizas micríticas y calizas margosas con nódulos calcáreos en estratos de mayor espesor que la unidad anterior, además de mayor resistencia, por lo que constantemente se ubican en grandes montañas con fuerte pendiente.

Se presenta como basamento de la localidad de El Verde (Fotografía 4) y en los alrededores de las localidades de La Chamana (Fotografía 5) y San Juan de Tacabamba; muestra macizos medianamente fracturada y moderadamente meteorizada, con discontinuidades muy rugosas rellenas de calcita o abiertas; teniendo un Índice de Resistencia Geológica alto (GSI de 57) (Figura 6).

Fotografía 4. Bloques de calizas removidas del Grupo Pulluicana en la localidad de El Verde. **Ubicación:** E: 777361; N: 9290422; Z: 2947

Fotografía 5. Detalle de un afloramiento del Grupo Pulluicana, donde se aprecia un estrato fracturado de calizas. **Ubicación:** E: 774088; N: 9294571; Z: 2782 (cercanías de la localidad de La Chamana).

.

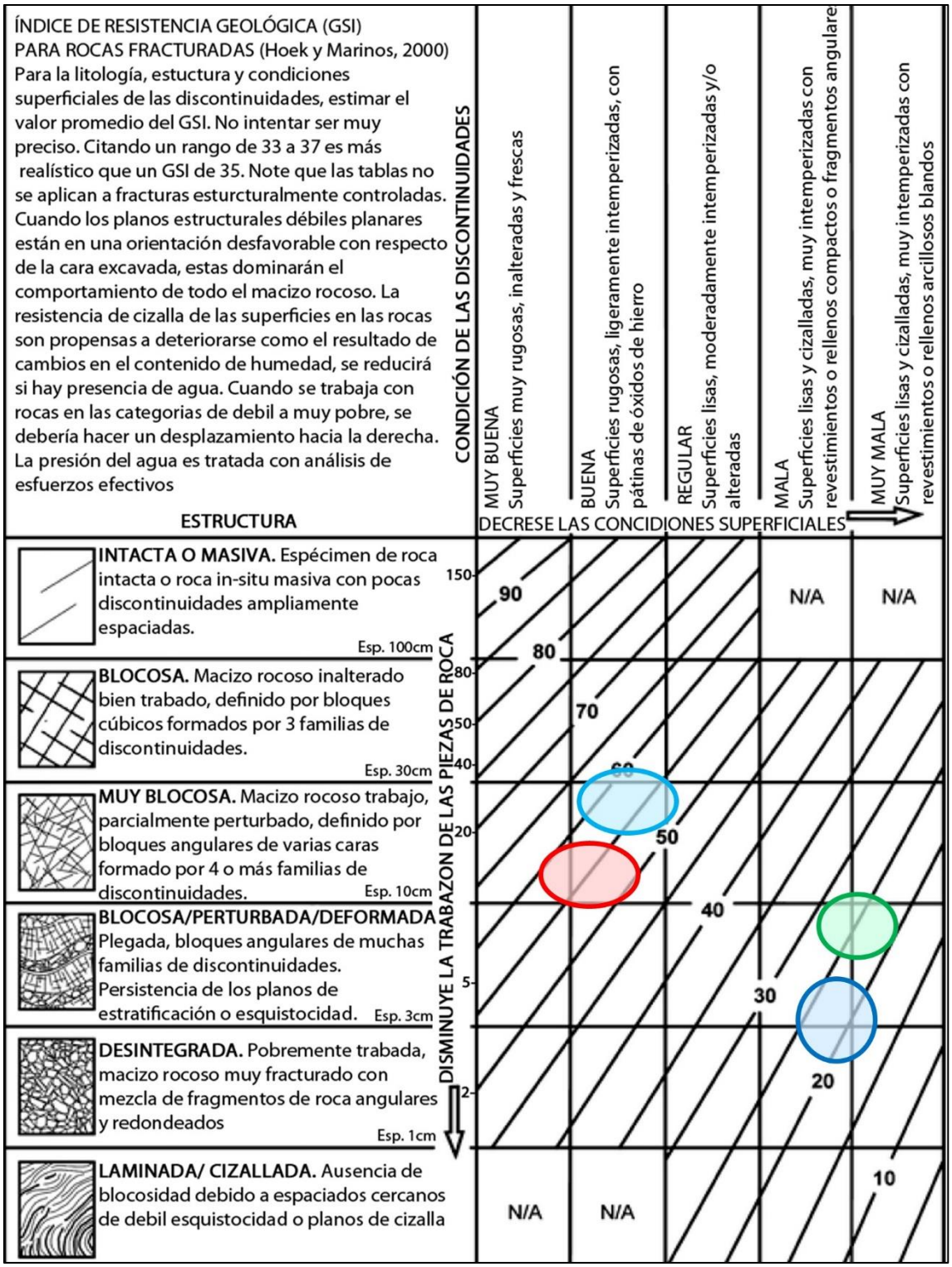


Figura 6. Estructura y calidad de las discontinuidades de los macizos rocosos: En rojo la calidad de los macizos rocos del Grupo Goyllarisquizga (Ki-g), en azul los de la Formación Inca (Ki-i); en verde los de la Formación Chúlec, Pariatambo (Ki-chu, pt) y en celeste los macizos rocosos del Grupo Pulluicana**.**
Fuente: Tabla del Índice Geológico de Resistencia GSI (Hoek, 2007).

3.1.5. Depósitos cuaternarios

Depósito coluvio deluvial antiguo (Q-cd)

Son depósitos consolidados y compactados producto de la acumulación antiguos derrumbes o deslizamientos, donde el principal agente de transporte ha sido la gravedad y la sobresaturación de los materiales; su composición va de bloques angulosos a sub redondeados de poco transporte, en una matriz de arcillas y limos.

En la localidad de La Chamana (Figura 7) se ubica en la parte baja donde se han asentado las viviendas de la comunidad y en la localidad de El Verde (Figura 8) se ubica en la ladera de montaña, donde se ha desencadenado el derrumbe más reciente.

Figura 7. Depósito coluvio-deluvial antiguo sobre el cual se ha asentado la comunidad de La Chamana.

Figura 8. Depósito coluvio-deluvial antiguo sobre el cual se ha asentado la comunidad de El Verde.

Depósito coluvio-deluvial reciente (Q-cd)

Son producto de deslizamientos o derrumbes (Fotografía 6) recientes, donde la sobresaturación de los materiales ha contribuido al desencadenamiento de estos movimientos en masa; su composición va de bloques, cantos y gravas en una matriz de arenas, limos y arcillas de baja o alta plasticidad, dependiendo si se originaron sobre rocas areniscas o calizas, respectivamente).

Fotografía 6. Vista del depósito coluvio-deluvial originado por un derrumbe en la localidad de El Verde. **Ubicación:** E: 777359; N: 9290422; Z: 2949.

Depósito proluvial (Q-pl)

Estos depósitos son el producto de la sobresaturación de los materiales sueltos, generados por otros movimientos en masa, que se han movilizado colina abajo a modo de un fluido canalizado; debido a esta alta movilidad, sus bloques y gravas están más redondeadas y pueden ser de composición muy heterogénea; su matriz es comúnmente de arcillas. En las localidades de La Chamana (Fotografía 7) y El Verde han sido originados por derrumbes y en San Juan de Tacabamba ha sido originado por un deslizamiento.

Fotografía 7. Depósito proluvial en la localidad de La Chamana el mes de marzo del 2022, cuando se desencadenó el flujo de detritos. **Fuente:** Poblador local.

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 un Modelo digital de elevaciones de detalle de 12.5m (AlosPalsar, 2011), e imágenes y modelos digitales de elevación detallados obtenidos levantamientos fotogramétricos con dron, desarrollados en mayo del 2022, 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)

La localidad de La Chamana presenta elevaciones que van desde los 2 114 m hasta los 2 833 m, en los cuales de distinguen diez niveles altitudinales (Figura 9), con la finalidad de visualizar la extensión con respecto a la diferencia de alturas; el área con mayor pendiente corresponde a terrenos entre los 2 400 y 2 500 m, con pendiente promedio mayor a 45°, correspondiendo al Grupo Goyllarisquizga y a una geoforma de montaña estructural en rocas sedimentarias.

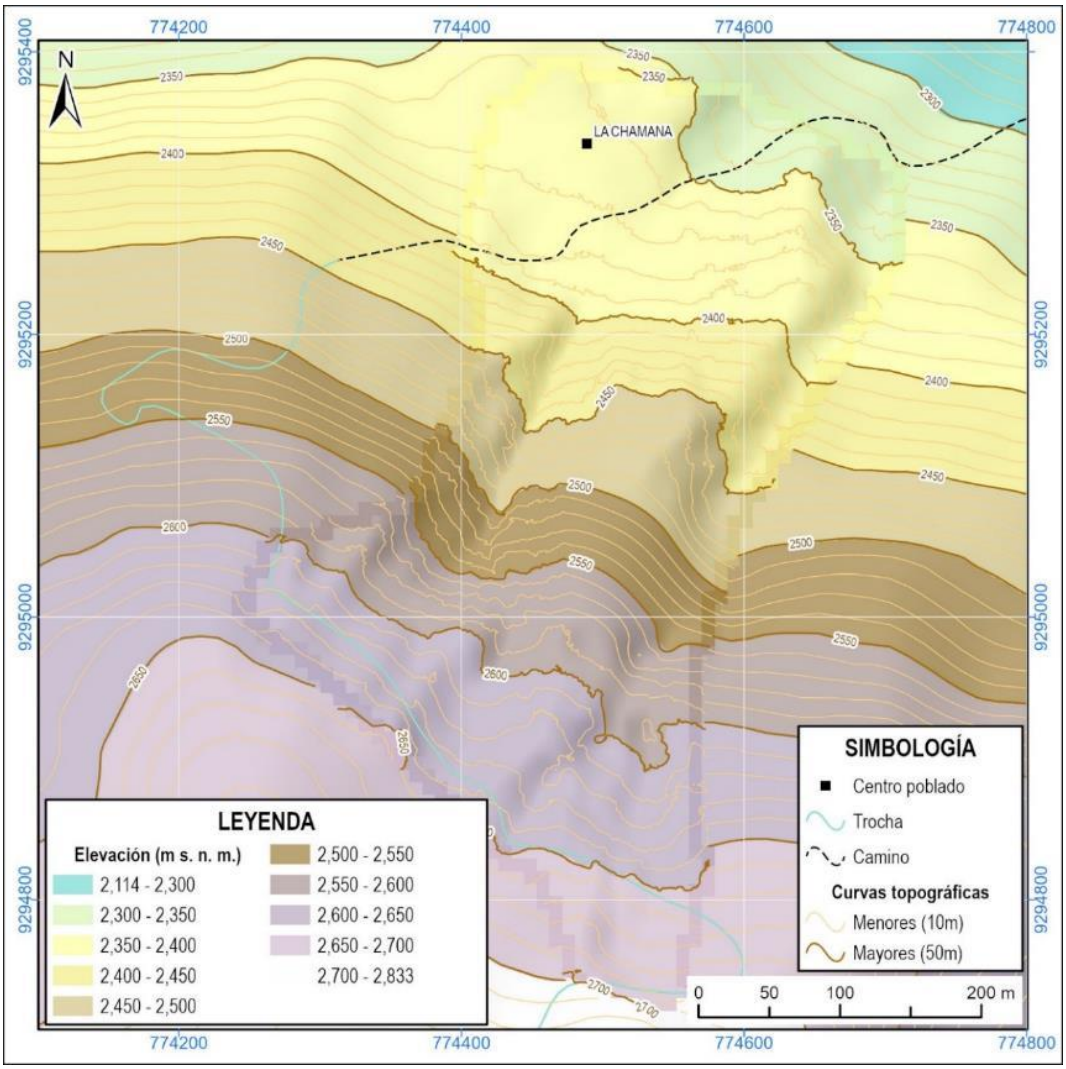


Figura 9. Modelo digital de elevaciones de la localidad de La Chamana.

La localidad de El Verde tiene elevaciones que van desde los 2 673m hasta los 3 298 m, en los cuales de distinguen doce niveles altitudinales (Figura 10), con la finalidad de visualizar la extensión con respecto a la diferencia de alturas; el área con mayor pendiente corresponde a terrenos entre los 2 850 y 2 950 m, llegando a tener una pendiente mayor a 45°; corresponde al Grupo Pulluicana y a una geoforma de montaña estructural en rocas sedimentarias.

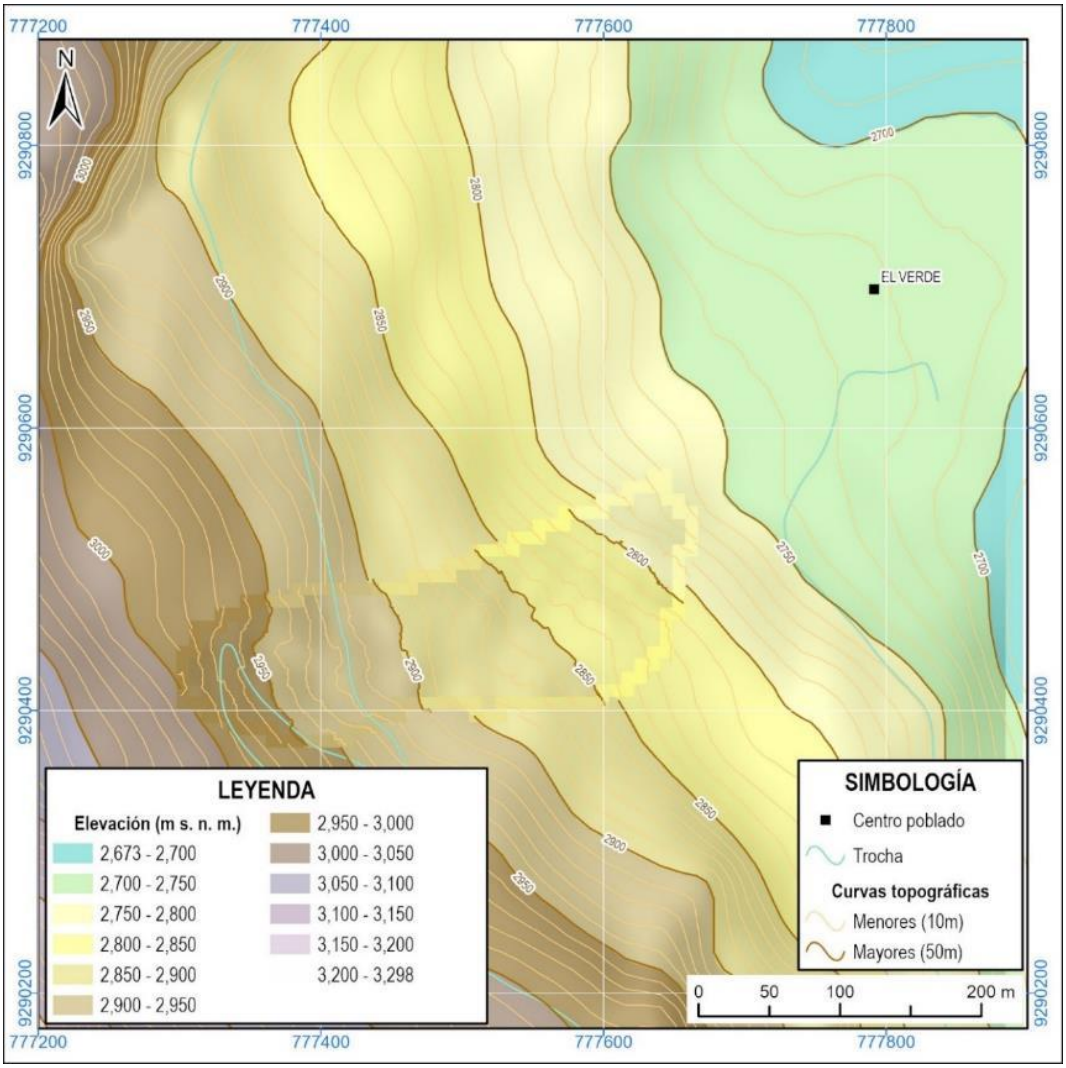


Figura 10. Modelo digital de elevaciones de la localidad de El Verde.

La localidad de San Juan de Tacabamba tiene elevaciones que van desde los 2 034 hasta los 2 441 m, en los cuales de distinguen siete niveles altitudinales (Figura 11), con la finalidad de visualizar la extensión con respecto a la diferencia de alturas; el área con mayor pendiente corresponde a terrenos entre los 2 200 y 2 250 m, teniendo una pendiente promedio de entre 25° y 45°; corresponde al Grupo Pulluicana y a una geoforma de montaña estructural en rocas sedimentarias.

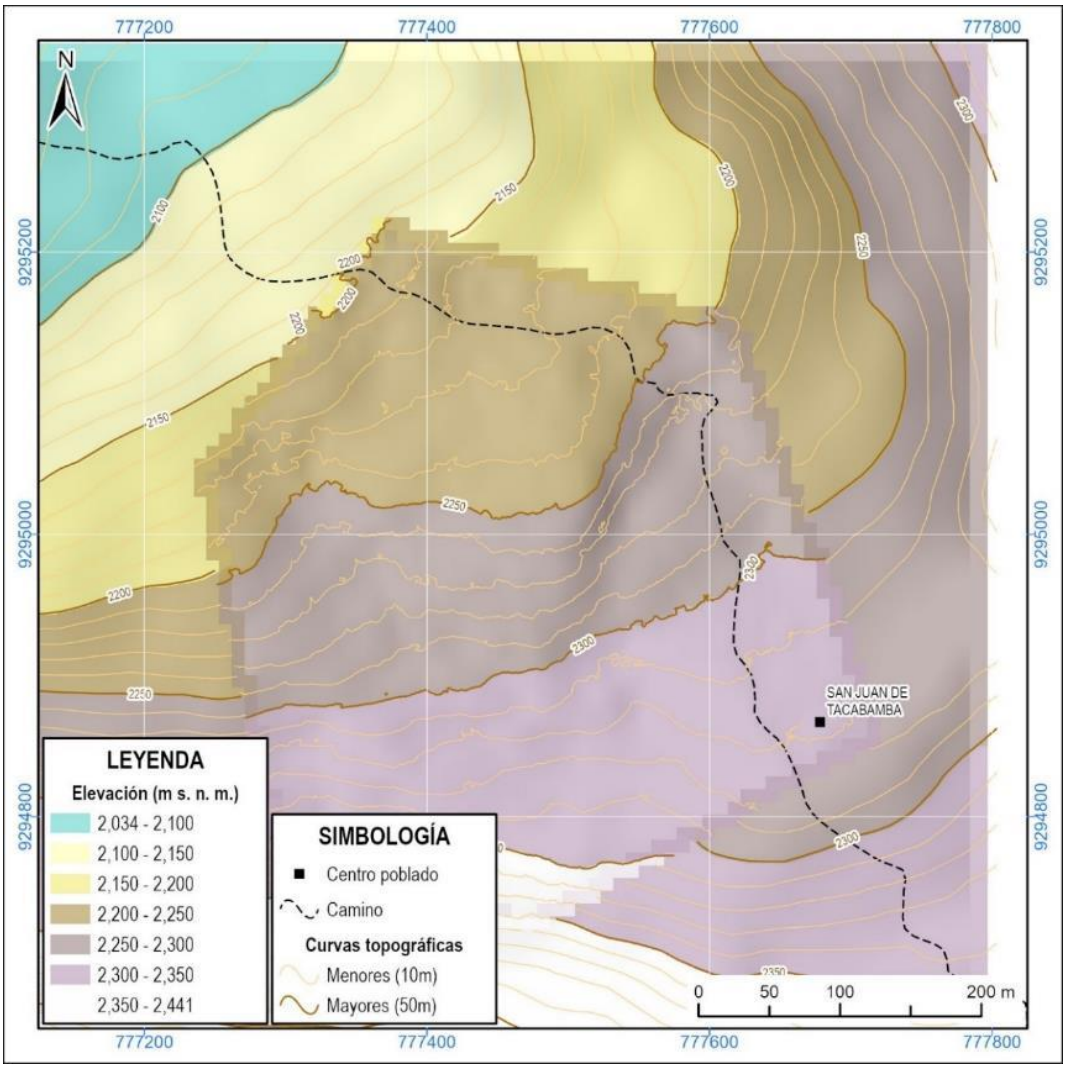


Figura 11. Modelo digital de elevaciones de la localidad de San Juan de Tacabamba.

4.2. Pendiente del terreno

En la localidad de La Chamana los derrumbes se han desencadenado en terrenos con pendiente muy fuerte o escarpada (de 25° a 45°); pero, ladera abajo se ubican terrenos muy escarpados (mayor a 45°) lo que ha contribuido a la generación de los flujos de detritos que han alcanzado a la comunidad (Figura 12, Mapa 4).

En la localidad de El Verde los derrumbes se ubican en terrenos de pendiente muy fuerte o escarpada (de 25° a 45°), y la comunidad, en terrenos con pendiente moderada (de 5° a 15°) (Figura 13, Mapa 5).

En la localidad de San Juan de Tacabamba el deslizamiento ha sido desencadenado en terrenos con pendiente fuerte (de 15° a 25°) y muy fuerte (de 25° a 45°); sin embargo, el flujo de detritos subsiguiente ha logrado alcanzar a viviendas asentadas sobre terrenos con pendiente moderada (de 5° a 15°) (Figura 14, Mapa 6).

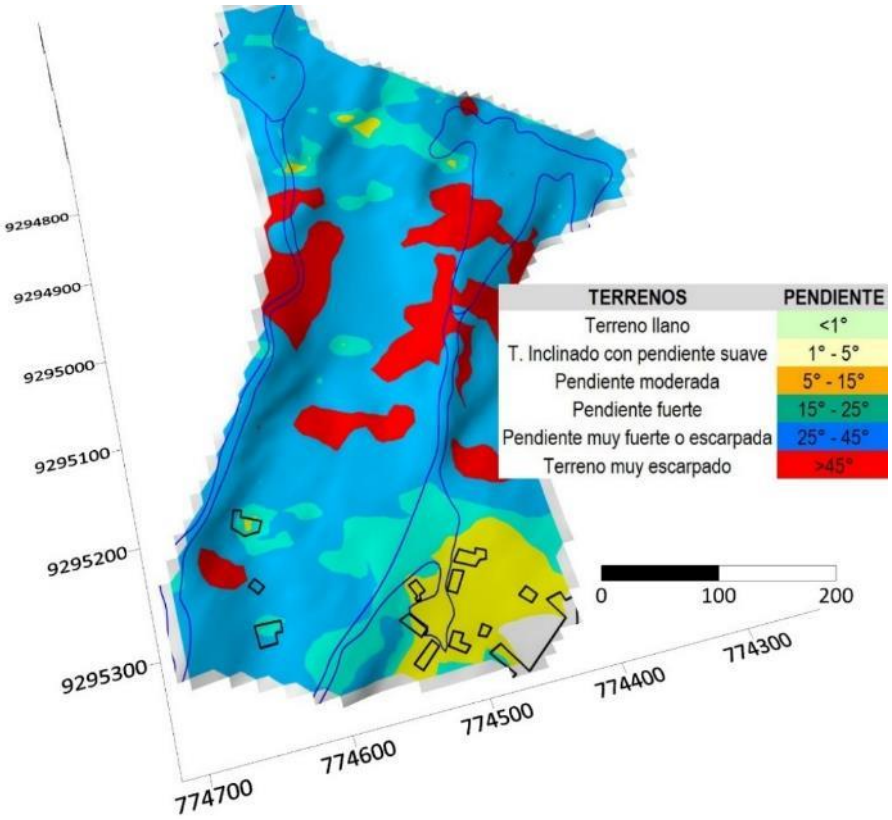


Figura 12. Modelo 3D de las pendientes del terreno afectado por los movimientos en masa (en línea azul) en la localidad de La Chamana (viviendas en línea negra), utilizando el MDE obtenido con el levantamiento fotogramétrico.

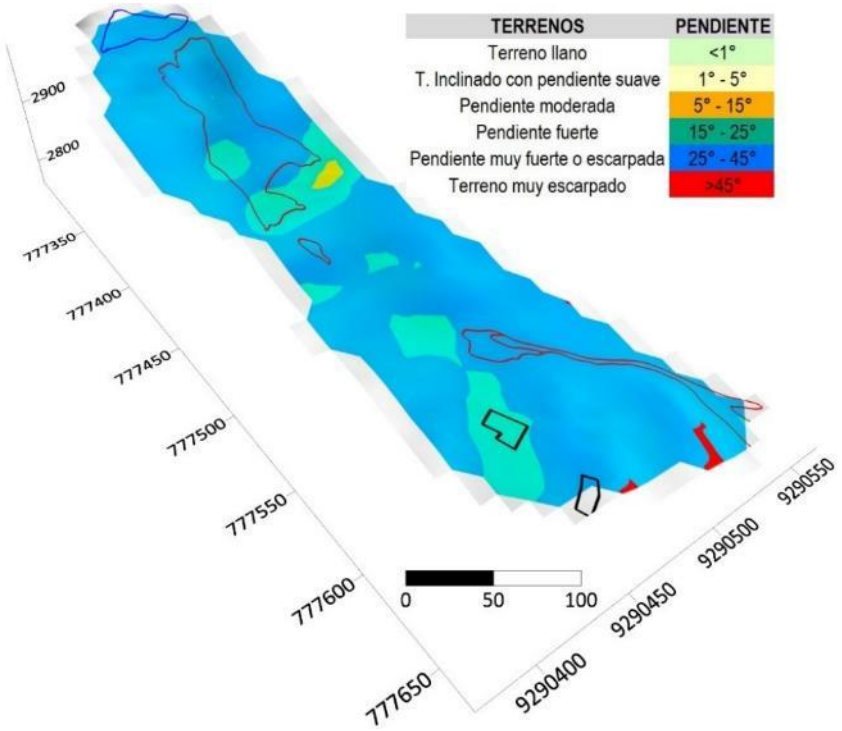


Figura 13. Modelo 3D de las pendientes del terreno afectado por los movimientos en masa (en línea roja) en la localidad de El Verde (viviendas en línea negra), utilizando el MDE obtenido con el levantamiento fotogramétrico.

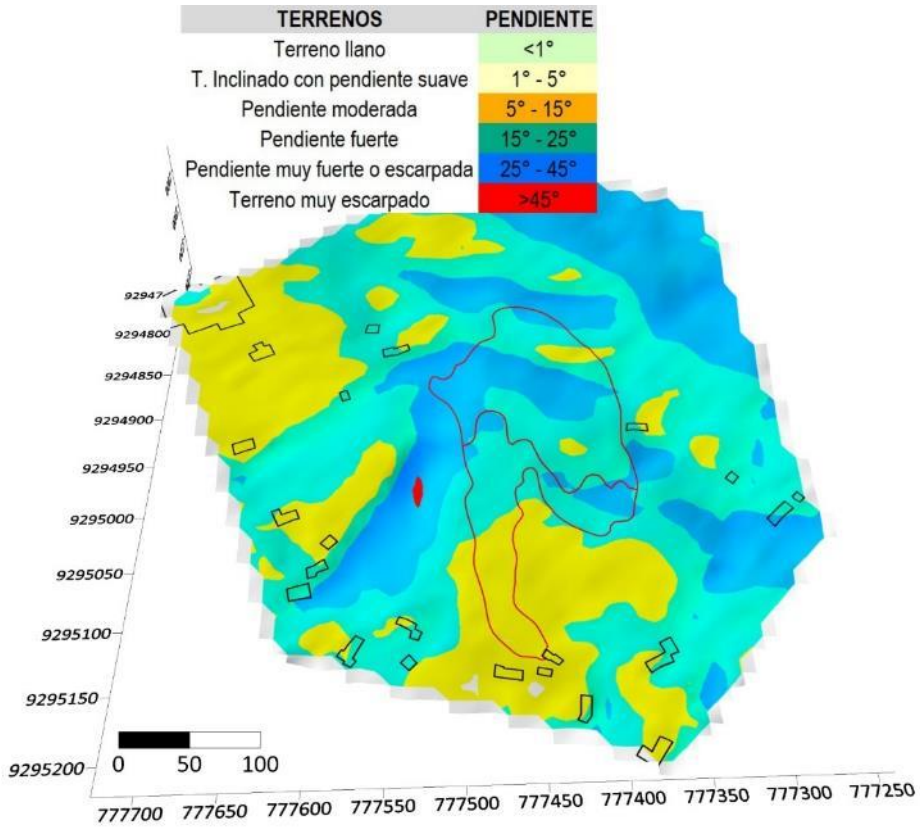


Figura 14. Modelo 3D de las pendientes del terreno afectado por los movimientos en masa (en línea roja) en la localidad de San Juan de Tacabamba (viviendas en línea negra), utilizando el MDE obtenido con el levantamiento fotogramétrico.

4.3. Unidades Geomorfológicas

De acuerdo a su origen, se distinguen geoformas tanto de carácter tectónico degradacional y erosional (montaña estructural en rocas sedimentarias y montaña en rocas sedimentarias), como de carácter deposicional y agradacional (Vertiente coluvio-deluvial, vertiente con depósito de deslizamiento y piedemonte proluvial o aluvio torrencial); las geoformas de la localidad de La chamana se presentan en la Figura 15, El Verde en la Figura 16 y San Juan de Tacabamba en la Figura 17; además de los Mapas 7, 8 y 9; y se describen a continuación.

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 estructural en rocas sedimentarias (ME-rs)**

  Se presenta en las tres zonas evaluados, donde los macizos rocosos compuestos por rocas sedimentarias de alta resistencia han generado pendientes escarpadas y con relieve agreste, con poca vegetación.

- **Sub unidad de montaña en rocas sedimentarias (M-rs)**

  Se presentan en las localidades de La Chamana y San Juan de Tacabamba, debido a que sus macizos rocosos son de menor resistencia muestran pendientes moderadas o fuertes y una cobertura vegetal más densa.

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 arria 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 con depósito de deslizamiento (V-dd)**

  Corresponde a las zonas de acumulaciones en ladera originadas por procesos de movimientos en masa de limitada distancia de transporte. Su composición litológica es homogénea; con materiales inconsolidados a ligeramente consolidados, de corto a mediano recorrido. Su morfología es usualmente convexa y su composición es semicircular a elongada en relación la zona de arranque o despegue del movimiento en masa.

  Se presenta en la localidad de San Juan de Tacabamba, donde un deslizamiento ha movido suelos y rocas en un terreno de pendiente fuerte.

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

  Esta geoforma se ubica en laderas convexas del de las localidades de La Chamana y El Verde; donde existen materiales removidos por la acción de la gravedad y la sobresaturación de los materiales, existiendo materiales finos hasta grandes bloques.

- **Subunidad de piedemonte proluvial o aluvio-torrencial (P-pral)**

  Se presentan en las tres localidades evaluadas, estas geoformas se ubican en los terrenos donde los flujos de detritos han acumulado material muy heterogéneo y con estructura caótica, debido a la alta energía durante su recorrido ladera abajo.

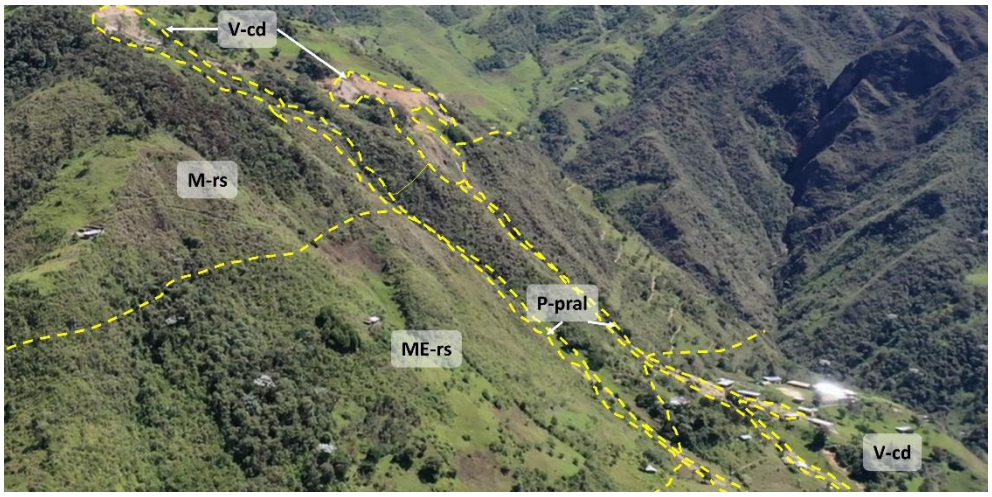


Figura 15. Vista de las geoformas de la localidad de La Chamana: Montaña en rocas sedimentarias (M-rs), Montaña estructural en rocas sedimentarias (ME-rs), Vertiente coluvio-deluvial (V-cd) y Piedemonte proluvial o aluvio-torrencial (P-Pral).

Figura 16. Vista de las geoformas de la localidad de El Verde: Montaña estructural en rocas sedimentarias (ME-rs) y vertiente coluvio-deluvial (V-cd).

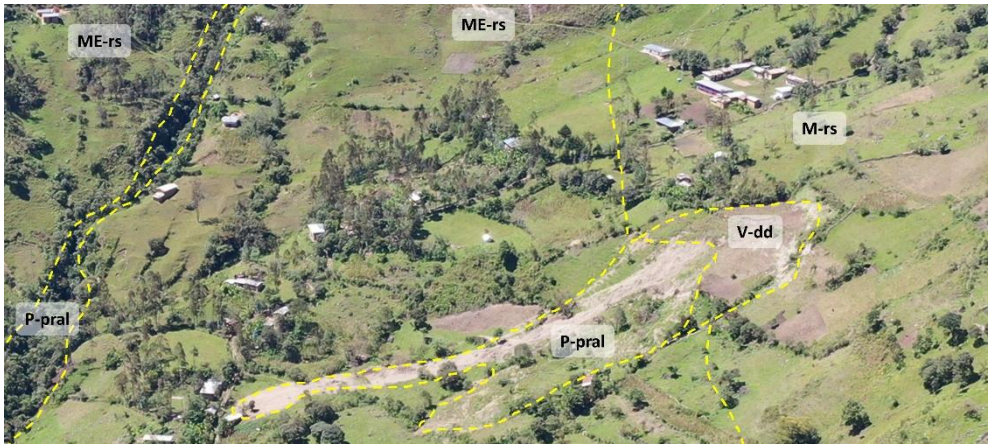


Figura 17. Vista de las geoformas de la localidad de San Juan de Tacabamba: Montaña estructural en rocas sedimentarias (ME-rs), montaña en rocas sedimentarias (M-rs), vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd) y piedemonte proluvial o aluvio-torrencial (P-pral).

5. PELIGROS GEOLÓGICOS

En las tres localidades evaluadas: La Chamana, El Verde y San Juan de Tacabamba, se han presentado movimientos en masa tipo deslizamientos, derrumbes y flujos de detritos; desencadenados por las intensas precipitaciones de marzo del 2022.

Dichos eventos se han cartografiado, haciendo uso de ortofotos y modelos digitales de elevación generados con levantamientos fotogramétricos de dron y trabajos de campo; desarrollados el 20 de mayo del 2022; presentados en los Mapas 10, 11 y 12, y se describen a continuación.

5.1. Peligros geológicos en la localidad de La Chamana

5.1.1. Movimientos complejos derrumbe-flujo

Se observa que, con los trabajos de apertura de la trocha carrozable hacia la comunidad de La Chamana, se generaron derrumbes de suelos, detonados por las lluvias de marzo del 2022. El material suelto formado fue acarreado a lo largo de la ladera que llegaron hasta el cauce de la quebrada, para luego convertirse en flujos de detritos, afectando a la comunidad y sus medios de vida (Fotografía 8), teniendo un recorrido de aproximadamente 400 metros (Figura 18).

Fotografía 8. Viviendas afectadas durante la activación del flujo de detritos en La Chamana.

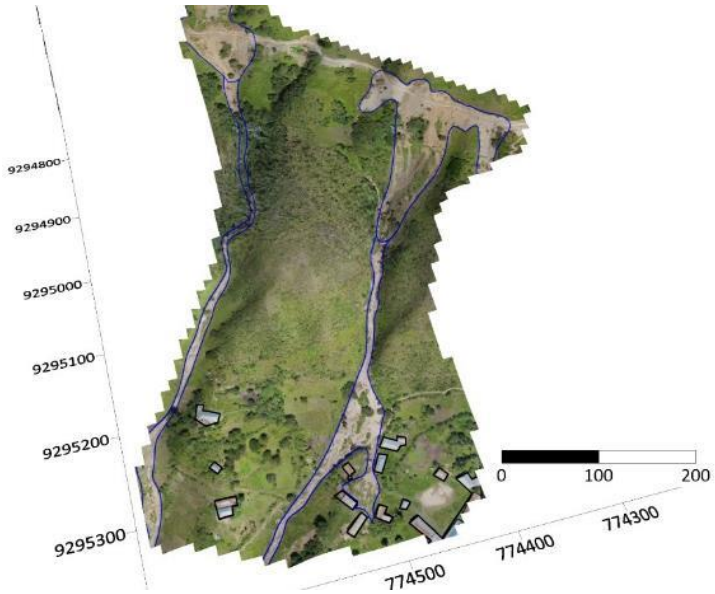


Figura 18. Modelo 3D de los movimientos en masa (derrumbe-flujo) en la localidad de La Chamana (viviendas en línea negra).

5.1.2. Análisis longitudinal del deslizamiento

En el perfil A-A'-A''-A''', elaborado en la zona de la Chamana (Mapa 1 y 10) se muestra el recorrido del movimiento complejo (derrumbe-flujo), iniciado desde el punto de corte para apertura de trocha y avance hasta las viviendas del sector urbano La Chamana, en cuya fotografía 8 se observa dichos daños.

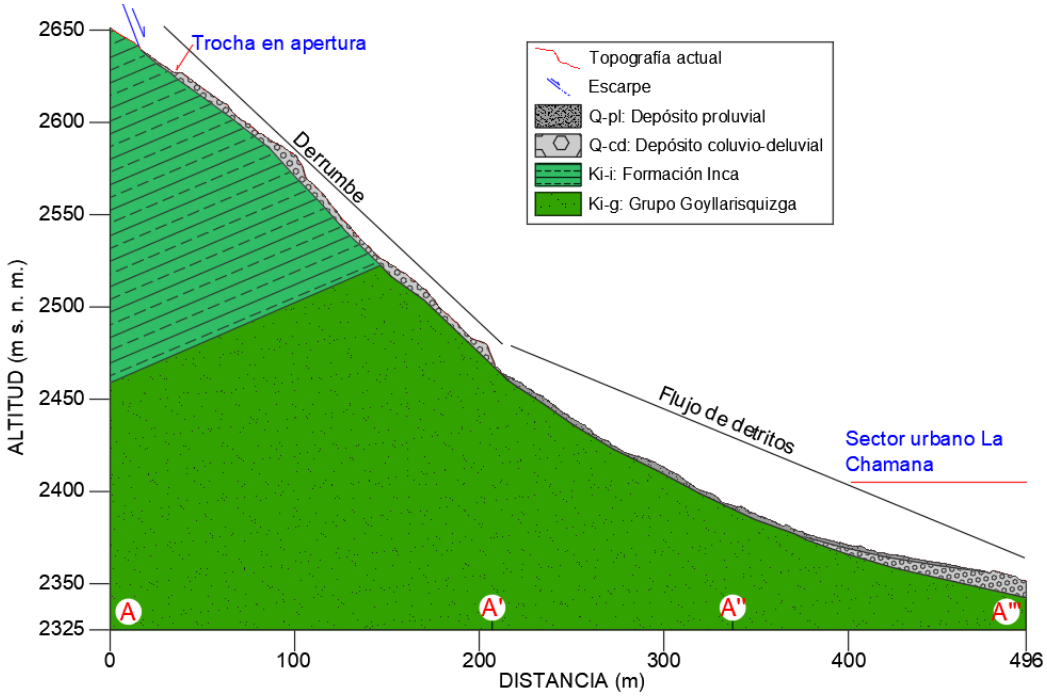


Figura 19. Perfil longitudinal A-A'-A''-A''' en la Localidad de La Chamana, donde se aprecia el sector de arranque (trocha en apertura) y de depositación final (comunidad de La Chamana).

Así mismo en la figura 20 se observa en la parte alta de la localidad de La Chamana, derrumbes y cárcavas, por donde se encauzan y trascurren los flujos.

Figura 20. Vista de la parte alta de la Localidad de La Chamana, donde se originaron los derrumbes (en línea amarilla discontinua) producto del colapso de los materiales acumulados por la apertura de la nueva trocha, y que se comportaron como flujos de detritos colina abajo (línea celeste discontinua).

Finalmente, en la figura 21, parte baja de la localidad, se observan las depositaciones de los flujos de detritos y sus impactos en las viviendas, terrenos de cultivo y caminos.

Figura 21. Vista de la parte baja de la localidad de La Chamana, donde los flujos de detritos afectaron a las viviendas de la comunidad.

5.1.3. Características visuales y morfométricas

- Tipo de movimiento: movimiento complejo (derrumbe-flujo)
- Estado: Activo
- Estilo: Múltiple
- Distribución: Avanzando
- Velocidad: Rápido (varios metros por minuto, según comentario de los pobladores locales)
- Composición: Suelo arenosos pobremente gradados (SP), de baja plasticidad y poca materia orgánica; compuestos por cantos (3%), gravas (5), gránulos (7%), arenas (65%) y limos (20); teniendo sus clastos gruesos forma discoidal y sub redondeados (Cuadro 3).
- Deformación del terreno: Ondulado

Morfometría:

- Área: 40 374 m^2
- Perímetro: 3 852 m
- Diferencia de alturas corona a la punta: 334 m
- Longitud horizontal corona a punta: 190 m
- Ángulo de corona a punta: 60.3°
- Dirección del movimiento: N33°
- Ancho de la superficie de falla: 156 m

Cuadro 3. Descripción de formaciones superficiales – La Chamana.

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

	GRANULOMETRÍA (%)
	Bolos
3	Cantos
5	Gravas
7	Gránulos
65	Arenas
20	Limos
	Arcillas

	FORMA
	Esférica
X	Discoidal
	Laminar
	Cilíndrica

	REDONDES
	Redondeado
X	Sub redondeado
	Anguloso
	Sub anguloso

	PLASTICIDAD
	Alta plasticidad
	Med. plasticidad
X	Baja plasticidad
	No plástico

	ESTRUCTURA
X	Masiva
	Estratificada
	Lenticular

	TEXTURA
	Harinoso
X	Arenoso
	Áspero

	CONTENIDO DE
	Materia orgánica
	Carbonatos
	Sulfatos

	% LITOLOGÍA
	Intrusivos
	Volcánicos
	Metamórficos
X	Sedimentarios

COMPACIDAD			
SUELOS FINOS	SUELOS GRUESOS		
Limos y Arcillas	Arena		Gravas
Blanda	X	Suelta	Suelta
Compacta		Densa	Med. consolidada
Dura		Muy Densa	Consolidada
			Muy consolidada

CLASIFICACIÓN TENTATIVA S.U.C.S.							
SUELOS GRUESOS				SUELOS FINOS			
	GW		SW		ML		MH
	GP	X	SP		CL		CH
	GM		SM		OL		OH
	GC		SC		PT		

Factores condicionantes

- Litología y naturaleza incompetente de materiales, compuesto por areniscas, limolitas y lutitas muy disturbadas de la Formación Inca, y depósitos coluvio-deluvial conformados por arenas de baja cohesión.
- Ladera de pendiente muy fuerte o escarpada de 25° a 45°, que conforman geoformas de vertiente coluvio-deluvial y piedemonte proluvial o aluvio-torrencial, muy susceptibles a erosionarse.
- Actividad antrópica de corte de talud para apertura de trocha (Figura 22).
- Ausencia de drenajes adecuados.

Figura 22. Vista de la parte alta de un derrumbe (línea discontinua amarilla) en La Chamana, y nuevos agrietamientos (línea discontinua roja).

Factor detonante

- Precipitaciones pluviales de intensidad extrema (La estación Chota registró 49.5mm/día el día 3 de marzo del 2022 – Figura 5).

Daños ocasionados por el movimiento en masa

- 6 viviendas afectadas
- 2 hectáreas de terrenos perdidas
- 50 m de caminos destruidos

5.2. Peligros geológicos en la localidad El Verde

5.2.1. Derrumbe

Este derrumbe de suelos en la parte alta de la comunidad, se sitúa entre las dos curvas de la vía El Verde – Las Palmeras (Figura 23); este evento en caso de reactivarse puede afectar las viviendas del poblado (Figura 24):

Figura 23. Viviendas afectadas durante la activación del flujo de detritos.

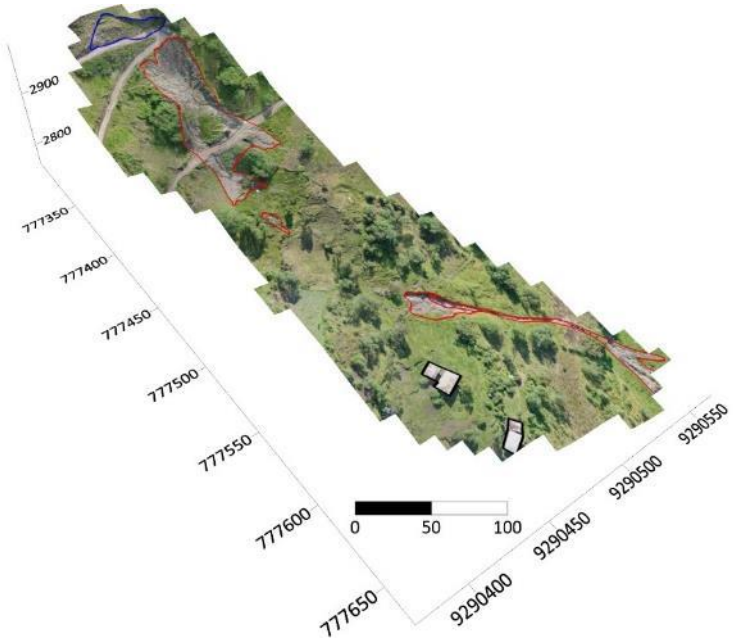


Figura 24. Modelo 3D de los movimientos en masa (derrumbe-flujo) donde se aprecian los eventos activos (en línea roja) y los inactivos (en línea azul), las viviendas están delimitadas en línea negra.

5.2.2. Análisis longitudinal

El perfil B-B', elaborado en la zona de El Verde (Mapa 2 y 11) recorre el derrumbe, generado entre dos tramos de la vía El Verde – Las Palmeras.

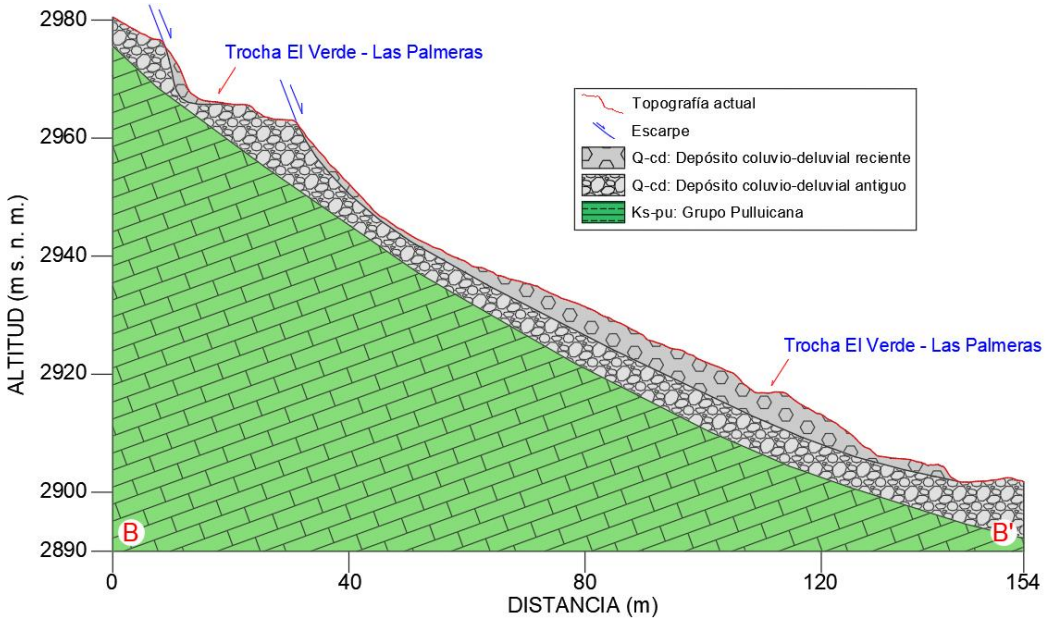


Figura 25. Perfil longitudinal B-B' en la Localidad el Verde, donde se interpretan los suelos coluvio-deluviales recientes que se han generado sobre los suelos coluvio-deluviales antiguos.

En la Figura 20 se muestra el cuerpo del derrumbe desde un dron, donde se aprecian los suelos movilizados, sin llegar al basamento rocoso (calizas del Grupo Pulluicana), por lo que se espera que el depósito de suelos sea de varios metros de espesor; haciendo que la reactivación y ensanchamiento del derrumbe sean latentes en próximos episodios de lluvias intensas.

Figura 26. Vista del cuerpo del derrumbe (líneas punteadas amarillas) que ha afectado dos tramos de la vía El Verde – Las Palmeras, además se aprecia un derrumbe inactivo (líneas discontinuas celestes) en la parte superior.

En la Figura 21 se muestra otro derrumbe a pocos metros al este del primero (Mapa 11) que se ha comportado como flujo de detritos hacia abajo por la sobresaturación de los suelos removidos; por lo que se espera que el los materiales removidos por el derrumbe principal también se comporte de la misma manera en episodios de lluvias intensas.

Figura 27. Derrumbe (línea discontinua amarilla) convertido en flujo de detritos (línea discontinua celeste) al este del derrumbe principal.

5.2.3. Características visuales y morfométricas

- Tipo de movimiento: Derrumbe
- Estado: Activo
- Estilo: Único
- Distribución: Avanzando
- Velocidad: Moderada (pocos metros por mes, según comentario de los pobladores locales)
- Composición: Suelo arcillosos de alta plasticidad (CH) con una capa superficial rica en materia orgánica; compuestos por bloques (15%), cantos (10%), gravas (15%), gránulos (10%), arenas (10%), limos (10%) y arcillas (30%); teniendo sus clastos gruesos forma discoidal y sub angulosos (Cuadro 4)
- Deformación del terreno: Ondulado

Morfometría:

- Área: 3 191 m^2
- Perímetro: 344 m
- Diferencia de alturas corona a la punta: 64 m
- Longitud horizontal corona a punta: 112 m
- Ángulo de corona a punta: 29.7°
- Dirección del movimiento: N93°
- Ancho de la superficie de falla: 95 m

Cuadro 4. Descripción de formaciones superficiales – El Verde.

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

GRANULOMETRÍA (%)	
15	Bolos
10	Cantos
15	Gravas
10	Gránulos
10	Arenas
10	Limos
30	Arcillas

FORMA	
	Esférica
X	Discoidal
	Laminar
	Cilíndrica

REDONDES	
	Redondeado
	Sub redondeado
	Anguloso
X	Sub anguloso

PLASTICIDAD	
X	Alta plasticidad
	Med. plasticidad
	Baja plasticidad
	No plástico

ESTRUCTURA	
X	Masiva
	Estratificada
	Lenticular

TEXTURA	
X	Harinoso
	Arenoso
	Áspero

CONTENIDO DE	
X	Materia orgánica
	Carbonatos
	Sulfatos

% LITOLOGÍA	
	Intrusivos
	Volcánicos
	Metamórficos
X	Sedimentarios

COMPACIDAD			
SUELOS FINOS	SUELOS GRUESOS		
Limos y Arcillas	Arena		Gravas
X Blanda		Suelta		Suelta
Compacta		Densa		Med. consolidada
Dura		Muy Densa		Consolidada
				Muy consolidada

CLASIFICACIÓN TENTATIVA S.U.C.S.									
SUELOS GRUESOS						SUELOS FINOS			
	GW			SW			ML		MH
	GP			SP			CL	X	CH
	GM			SM			OL		OH
	GC			SC			PT		

Factores condicionantes

- Naturaleza incompetente de materiales, representada por depósitos de suelos coluvio-deluviales antiguos poco consolidados, compuesto por arcillas plásticas con gravas y bloques sub-angulosos (Figura 28).
- Presencia de ladera con pendiente muy fuerte o escarpada de 25° a 45° y geoformas de vertiente coluvio-deluvial, muy susceptible a erosionarse.
- Ausencia de drenajes de coronación y medidas de control.

Figura 28. Vista frontal del derrumbe (líneas discontinuas amarillas) donde se aprecian grietas de tracción laterales en formación (líneas discontinuas rojas).

Factor detonante

- Precipitaciones pluviales de intensidad extrema (La estación Chota registró 49.5mm/día el día 3 de marzo del 2022 – Figura 5).

Daños ocasionados por el movimiento en masa

- 72 m de trocha afectada, tramo El Verde – Las Palmeras.
- 1 hectáreas de terrenos de pastoreo perdido.

5.3. Peligros geológicos en San Juan de Tacabamba

5.3.1. Movimiento complejo deslizamiento-flujo

Este movimiento complejo (deslizamiento-flujo) también se generó durante las intensas precipitaciones pluviales del mes de marzo del 2022, sobre un terreno deforestado y ganado para actividades agrícolas. Se comportó como un flujo de detritos colina abajo, llegando a afectar a una vivienda (Figura 29).

Figura 29. Vista lateral del movimiento compuesto (línea discontinua amarilla) donde se aprecian las viviendas de la comunidad de San Juan de Tacabamba.

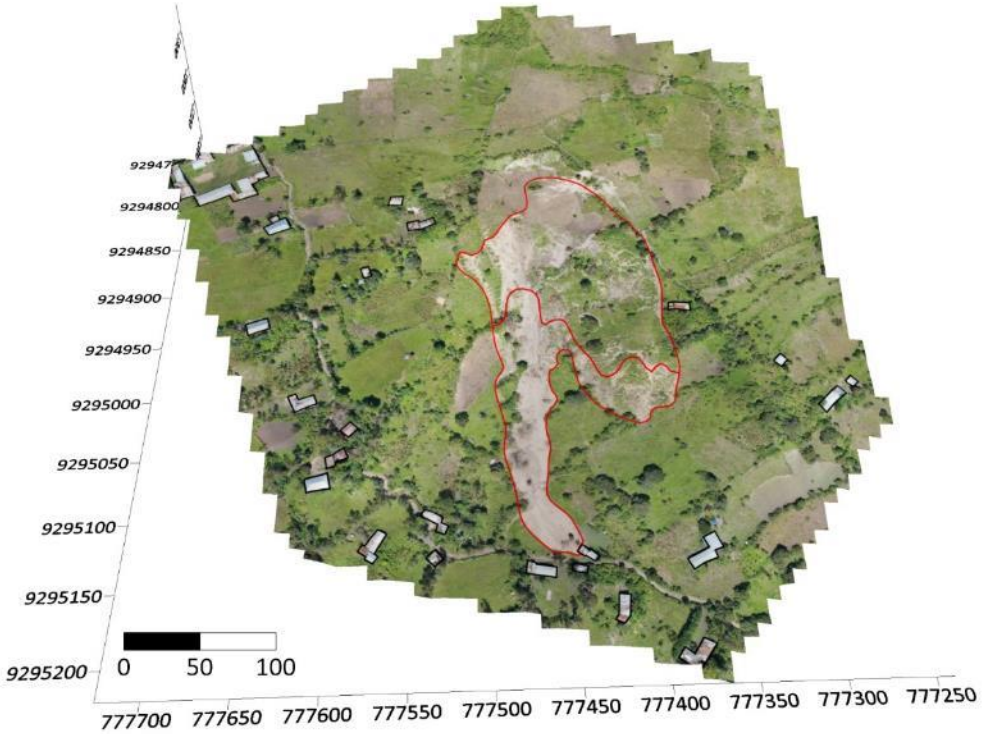


Figura 30. Modelo 3D de los movimientos en masa (deslizamiento-flujo) en la localidad de San Juan de Tacabamba (viviendas en línea negra).

5.3.2. Análisis longitudinal

El perfil C-C', elaborado en la zona de San Juan de Tacabamba (Mapa 3 y 12) recorre el movimiento complejo (deslizamiento-flujo), originado sobre suelos superficiales de la Formación Inca, y que llegaron a afectar a una vivienda en la parte inferior (Figura 31).

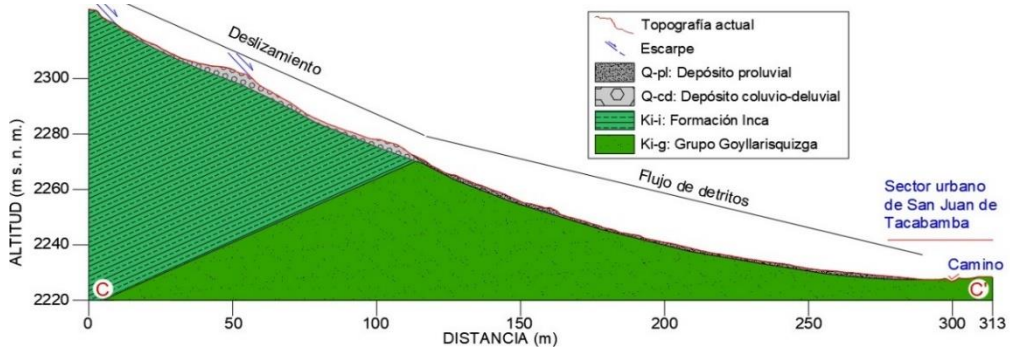


Figura 31. Perfil longitudinal C-C' en la localidad de San Juan de Tacabamba, donde se aprecia el sector de arranche (sobre la Formación Inca) y el sector de depositación final.

En la Figura 32 se muestra el cuerpo del movimiento complejo, delimitando a la zona de deslizamiento y de flujo de detritos.

Figura 32. Vista cenital del movimiento complejo de San Juan de Tacabamba, mostrando la zona de deslizamiento (línea discontinua amarilla) y de flujo (línea discontinua celeste).

5.3.3. Características visuales y morfométricas

- Tipo de movimiento: movimiento complejo (deslizamiento rotacional-flujo)
- Estado: Activo
- Estilo: Múltiple
- Distribución: Avanzando
- Velocidad: Rápido (varios metros por minuto, según comentario de los pobladores locales)
- Composición: Suelo arcillosos de baja plasticidad (CL) con una capa superficial rica en materia orgánica; compuestos por gravas (5%), gránulos (5%), arenas (30%), limos (45%) y arcillas (15%); teniendo sus clastos gruesos forma discoidal y sub angulosos (Cuadro 5).
- Deformación del terreno: Escalonado

Morfometría:

- Área: 21 730 m^2
- Perímetro: 1 261 m
- Diferencia de alturas corona a la punta: 96 m
- Longitud horizontal corona a punta: 329 m
- Ángulo de corona a punta: 16.2°
- Dirección del movimiento: N349°
- Ancho de la superficie de falla: 132 m

Cuadro 5. Descripción de formaciones superficiales – San Juan de Tacabamba.

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

GRANULOMETRÍA (%)	
	Bolos
	Cantos
5	Gravas
5	Gránulos
30	Arenas
45	Limos
15	Arcillas

FORMA	
	Esférica
X	Discoidal
	Laminar
	Cilíndrica

REDONDES	
	Redondeado
	Sub redondeado
	Anguloso
X	Sub anguloso

PLASTICIDAD	
	Alta plasticidad
	Med. plasticidad
X	Baja plasticidad
	No plástico

ESTRUCTURA	
X	Masiva
	Estratificada
	Lenticular

TEXTURA	
	Harinoso
X	Arenoso
	Áspero

CONTENIDO DE	
X	Materia orgánica
	Carbonatos
	Sulfatos

% LITOLOGÍA	
	Intrusivos
	Volcánicos
	Metamórficos
X	Sedimentarios

COMPACIDAD			
SUELOS FINOS	SUELOS GRUESOS		
Limos y Arcillas	Arena		Gravas
X Blanda		Suelta		Suelta
	Compacta		Densa		Med. consolidada
	Dura		Muy Densa		Consolidada
					Muy consolidada

CLASIFICACIÓN TENTATIVA S.U.C.S.											
SUELOS GRUESOS						SUELOS FINOS					
	GW		GP		GM		GC		SW		SP		SM		SC		ML	X	CL		OL		PT		MH		CH		OH

Factores condicionantes

- Litología y naturaleza incompetente de materiales, compuesto por areniscas y lutitas disturbadas de la Formación Inca, depósitos coluvio-deluviales de arenas y arcillas de baja cohesión.
- Presencia de ladera con pendiente fuerte de 15° a 25° y geoformas de vertiente coluvio-deluvial y piedemonte proluvial o aluvio-torrencial, muy susceptibles a erosionarse.
- Deforestación de los terrenos para actividades agrícolas, falta de drenajes superficiales adecuados.

Factor detonante

- Precipitaciones pluviales de intensidad extrema (La estación Chota registró 49.5mm/día el día 3 de marzo del 2022 – Figura 5).

Daños ocasionados por el movimiento en masa

- 1 vivienda afectada
- 2 hectáreas de terrenos perdidas
- 10 m de caminos destruidos

6. CONCLUSIONES

Tenemos lo siguiente:

A. Localidad de La Chamana

a. Se han cartografiado tres derrumbes, que avanzan hacia el sector urbano de La Chamana; trayendo consigo daños en seis viviendas, dos hectáreas de terrenos de cultivo y 50 m de caminos vecinales.

b. Los derrumbes se han desarrollado sobre geoformas de vertientes coluvio-deluviales rodeadas por una geoforma de montaña en rocas sedimentarias, estos terrenos tienen una pendiente muy fuerte o escarpa (25° a 45°); el substrato está conformado por lutitas y limolitas muy disturbadas, plegadas y meteorizadas de la Formación Inca; con areniscas fracturadas del Grupo Goyllarisquizga; sobre los que se producen depósitos coluvio-deluviales y proluviales, muy susceptibles a removerse.

c. El factor detonante fueron las precipitaciones pluviales de intensidad extrema (cercanos a 50mm/día) de inicios del mes de marzo del 2022.

d. El material que conforman los depósitos de los derrumbes está conformado por suelo arenosos pobremente gradados (SP), de baja plasticidad y poca materia orgánica; compuestos por cantos (3%), gravas (5), gránulos (7%), arenas (65%) y limos (20); teniendo sus clastos gruesos forma discoidal y sub redondeados.

e. Las áreas de impacto por derrumbes y flujos de detritos, cartografiados en la localidad de La Chamana, por las condiciones litológicas, geomorfológicas y geodinámicas, se consideran como de **Peligro Muy Alto** y **Zona Crítica**.

B. Localidad de El Verde

a. Se han cartografiado tres derrumbes activos y un flujo de detrito que han afectado 72 m de la vía vecinal El Verde – Las Palmeras y una hectárea de terrenos de pastoreo.

b. Los derrumbes y el flujo de detritos se han desarrollado sobre geoformas de vertientes coluvio-deluviales y piedemonte proluvial o aluvio torrencial, respectivamente, rodeadas por una vertiente coluvio-deluvial, estos terrenos tienen una pendiente muy fuerte o escarpa (25° a 45°); el sustrato está conformado por arcillas de alta plasticidad con bloques sub-angulosos de un antiguo depósito coluvio-deluvial; sobre los que se producen depósitos coluvio-deluviales y proluviales, muy susceptibles a removerse.

c. El material que conforman los depósitos de los derrumbes está conformado por suelo arcillosos de alta plasticidad (CH) con una capa superficial rica en materia orgánica; compuestos por bloques (15%), cantos (10%), gravas (15%), gránulos (10%), arenas (10%), limos (10%) y arcillas (30%); teniendo sus clastos gruesos forma discoidal y sub angulosos

d. El factor detonante fueron las precipitaciones pluviales de intensidad extrema (cercanos a 50mm/día) de inicios del mes de marzo del 2022.

e. Las áreas de impacto por derrumbes y el flujo de detritos, cartografiados en la localidad de El Verde, por las condiciones litológicas, geomorfológicas y geodinámicas, se consideran como de **Peligro Muy Alto** y **Zona Crítica**.

C. Localidad de San Juan de Tacabamba

a. Se ha cartografiado un movimiento complejo, tipo deslizamiento-flujo, que ha afectado a una vivienda, dos hectáreas de terrenos de cultivo y 10 m de caminos vecinales.

b. El sector de deslizamiento se ha desarrollado sobre una geoforma de vertiente con depósito de deslizamiento, rodeado por una geoforma de montaña en rocas sedimentarias, estos terrenos tienen una pendiente fuerte (15° a 25°); sin embargo, montaña abajo, el material removido se comportó como flujo de detritos, generando una geoforma de piedemonte proluvial o aluvio torrencial sobre terrenos con pendiente muy fuerte o escarpada (25° a 45°); el sustrato de la zona de deslizamiento está conformado por lutitas y limolitas de la Formación Inca; el sustrato de la zona del flujo de detritos está conformada por las areniscas fracturadas del Grupo Goyllarisquizga; los diversos movimientos en masa han generado depósitos coluvio-deluviales y proluviales muy susceptibles a remoción.

c. El factor detonante fueron las precipitaciones pluviales de intensidad extrema (cercanos a 50mm/día) de inicios del mes de marzo del 2022.

d. El material que conforma el depósito del deslizamiento está conformado por suelo arcillosos de baja plasticidad (CL) con una capa superficial rica en materia orgánica; compuestos por gravas (5%), gránulos (5%), arenas (30%), limos (45%) y arcillas (15%); teniendo sus clastos gruesos forma discoidal y sub angulosos.

e. El área de impacto por el movimiento complejo deslizamiento-flujo, cartografiado en la localidad de San Juan de Tacabamba, por las condiciones litológicas, geomorfológicas y geodinámicas, se consideran como de **Peligro Muy Alto** y **Zona Crítica**.

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

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

7. RECOMENDACIONES

a. Construir drenes de coronación sobre los derrumbes y deslizamientos, con una sección de concreto armado u otro material impermeable (como geomembranas o arcillas), a fin de evitar filtraciones (Anexo 2A – Figura 33), además de programar continuos trabajos de mantenimiento en estos.

b. Instalar sistemas de alerta temprana, que contemplen la comunicación oportuna de eventos adversos (lluvias intensas) a la población.

c. Realizar la evaluación del riesgo a escala local (EVAR) para establecer los niveles de riesgo y las medidas de control.

d. Evitar la deforestación en las laderas y/o remoción de cobertura vegetal para uso de cultivos agrícolas.

e. Reforestar las laderas de montaña con especies nativas y de raíces densas (Anexo 2b – figura 34 y fotografía 9).

f. Canalización de las quebradas en la localidad de La Chamana

g. Desviar los flujos surgentes del cuerpo del derrumbe con tubería de PVC en la localidad de El Verde.

h. Reemplazar el riego por inundación en el terreno deslizado y los terrenos contiguos, con métodos de riego tecnificado como goteo o aspersión, especialmente en la localidad de San Juan de Tacabamba.

8. BIBLIOGRAFÍA

AlosPalsar. (2011). *Modelo Digital de Elevaciones Alos Palsar 27847*. 1. https://search.asf.alaska.edu/

Cruden, D. M., & Varnes, D. J. (1996). Landslides types and processes. *Landslides Investigation and Mitigation: Washington D.C, National Academy Press, Transportation Research Board Special Report*, *247*, 36–75.

Hoek, E. (2007). Rock Mass Properties. In *Practical Rock Engineering* (2nd ed., pp. 190–236). Rocscience.

INEI. (2018). *Centros Poblados*. Directorio Nacional de Centros Poblados Censos Nacionales 2017. https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1541/index.htm

Minedu. (2022). *ESCALE*. Estadística de Calidad Educativa ESCALE. http://escale.minedu.gob.pe/padron-de-iiee

Minsa. (2022). *RENIPRESS*. Registro Nacional de Instituciones Prestadoras de Servicios de Salud. http://app12.susalud.gob.pe/

PMA. (2007). *Movimientos en Masa en la Región Andina: Una Guía para la Evaluación de Amenazas* (1st ed.). Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas.

Sánchez Fernández, A. (1995). *Geología de los Cuadrángulos de Bagua Grande, Jumbilla, Lonya Grande, Chachapoyas, Rioja, Leymebamba y Bolívar. Ingemmet Boletín N° 56 Serie A*.

Senamhi. (2020). *Climas del Perú - Mapa de Clasificación Climática Nacional*.

Suárez Díaz, J. (1998). *Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales* (Ltda, Ed.; 1st ed.). Publicaciones UIS.

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

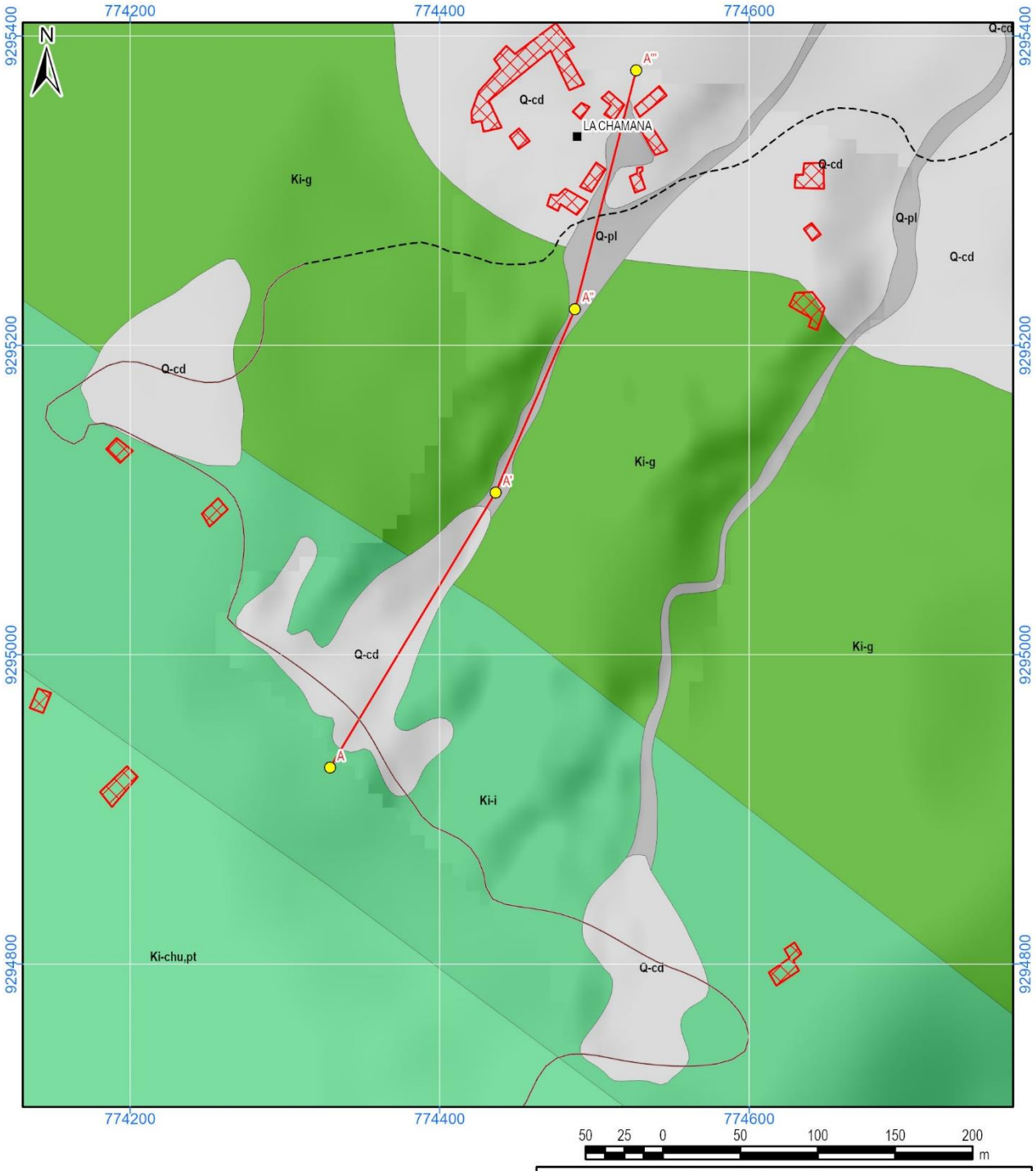
Varnes, D. J. (1978). Slope movements types and processes. *In Special Report 176: Landslides: Analysis and Control (Eds: Schuster, R.L and Krizek, R.J), Transportation and Road Research Board*, 9–33.

Villota, H. (2005). *Geomorfología Aplicada a Levantamientos Edafológicos y Zonificación Física de Tierras* (2nd 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* (1st ed.).

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

ANEXO 1. MAPAS



SIMBOLOGÍA

- Centro poblado
- Trocha
- Camino
- Perfil A-A'-A"-A'''
- Viviendas

LEYENDA

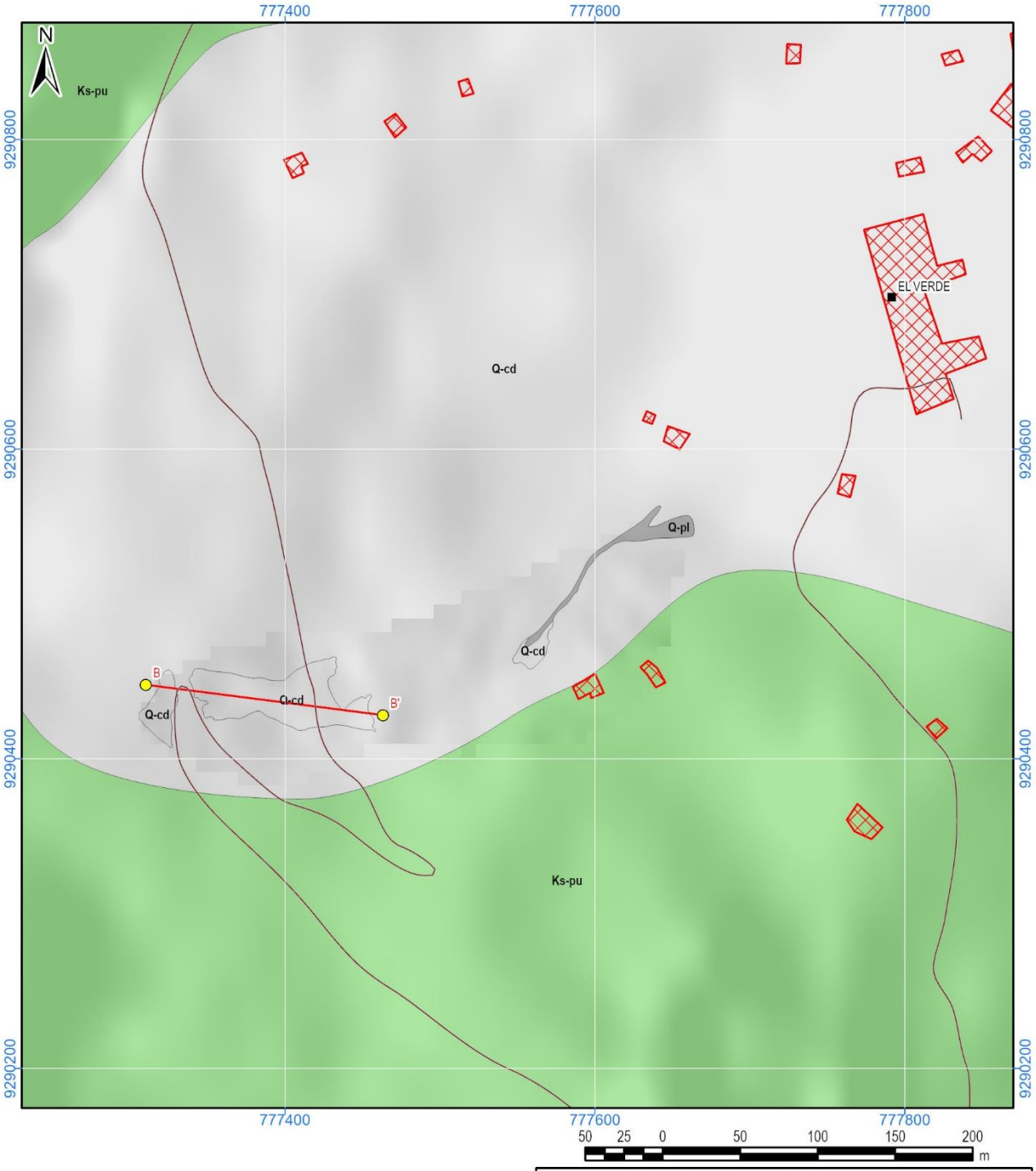
- Q-pl: Depósito proluvial
- Q-cd: Depósito coluvio-deluvial
- Ki-chu,pt: Formación Chúlec, Pariatambo
- Ki-i: Formación Inca
- Ki-g: Grupo Goyllarisquizga

SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET
INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO
DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO
EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL

CAJAMARCA - CHOTA - TACABAMBA

MAPA GEOLÓGICO

Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León	**MAPA 1**
Proyección: UTM - Zona 17 Sur	Datum: WGS 84	
Escala: 1/4,000	Versión digital: 2022	



SIMBOLOGÍA

- Centro poblado
- Trocha
- Perfil B-B'
- Viviendas

LEYENDA

- Q-pl: Depósito proluvial
- Q-cd: Depósito coluvio-deluvial
- Ks-pu: Grupo Pulluicana

SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

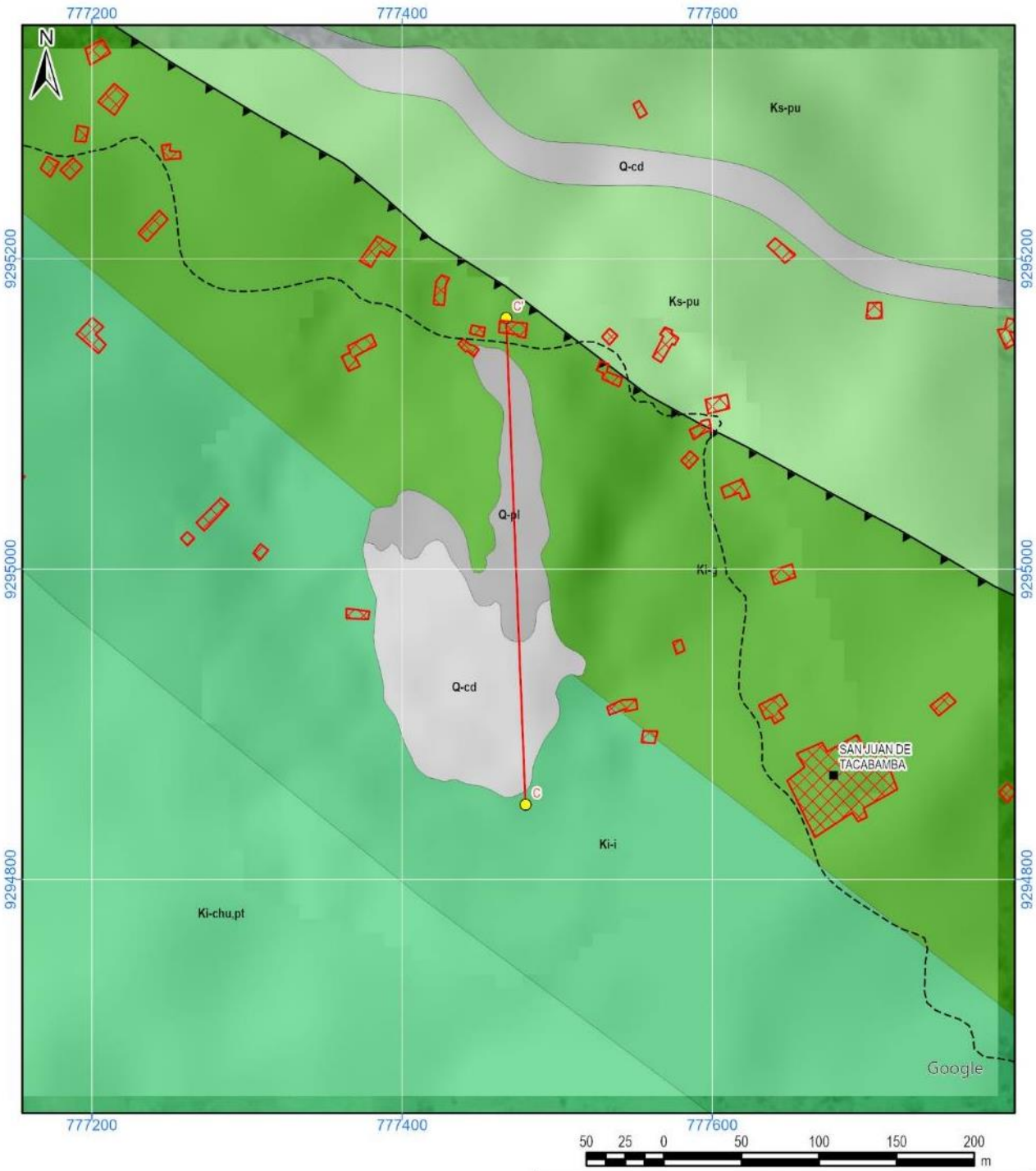
DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL

CAJAMARCA - CHOTA - TACABAMBA

MAPA GEOLÓGICO

Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León	**MAPA 2**
Proyección: UTM - Zona 17 Sur	Datum: WGS 84	
Escala: 1/4,000	Versión digital: 2022	



SIMBOLOGÍA

- Centro poblado
- Falla inversa
- Camino
- Perfil C-C'
- Viviendas

LEYENDA

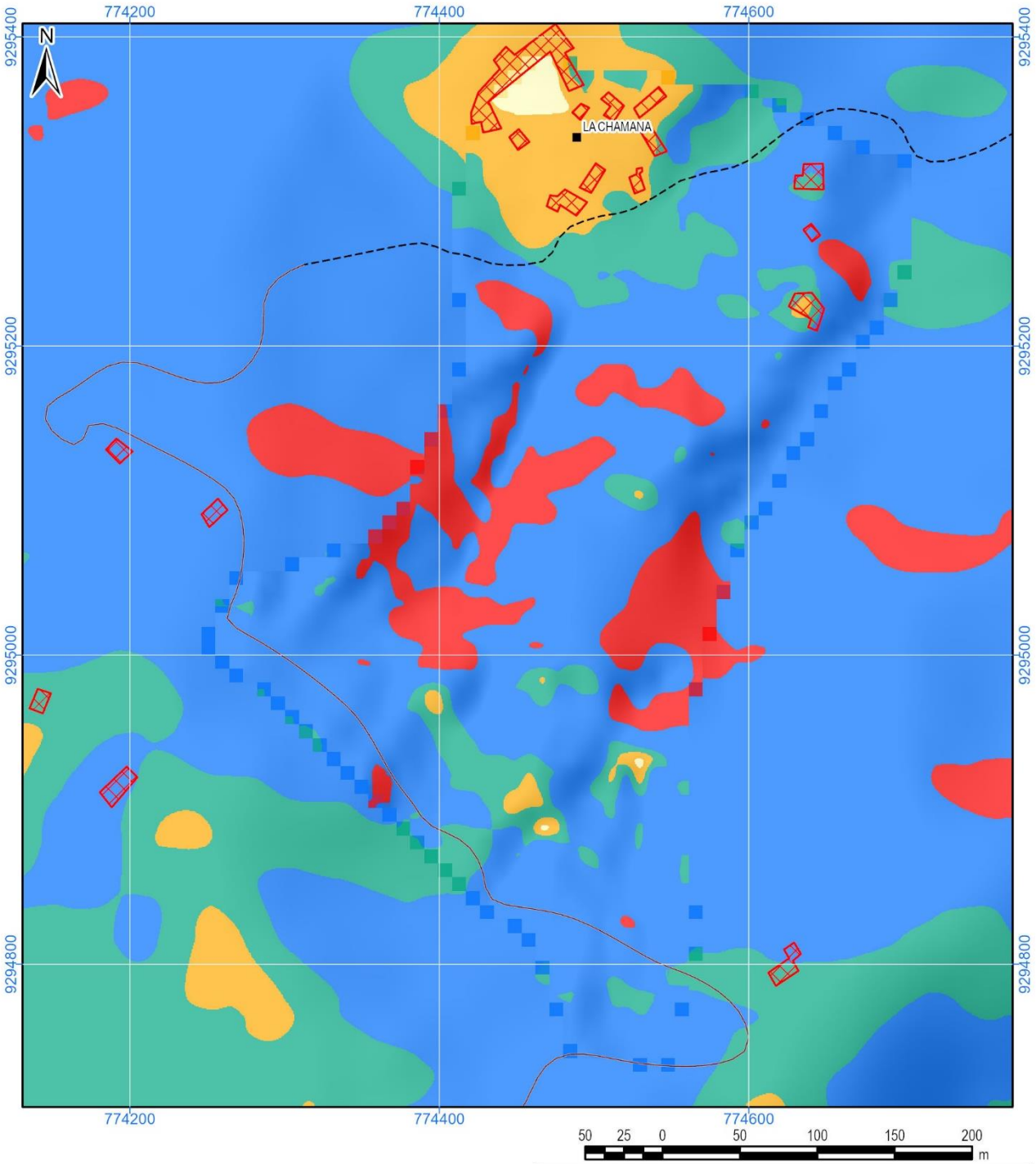
- Q-pl: Depósito proluvial
- Q-cd: Depósito coluvio-deluvial
- Ks-pu: Grupo Pulluicana
- Ki-chu,pt: Formación Chúlec. Pariatambo
- Ki-i: Formación Inca
- Ki-g: Grupo Goyllarisquizga

SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO
DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO
EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL

CAJAMARCA - CHOTA - TACABAMBA

MAPA GEOLÓGICO

Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León	MAPA 3
Proyección: UTM - Zona 17 Sur	Datum: WGS 84	
Escala: 1/4,000	Versión digital: 2022	



SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO
DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO
EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL

CAJAMARCA - CHOTA - TACABAMBA

MAPA DE PENDIENTES

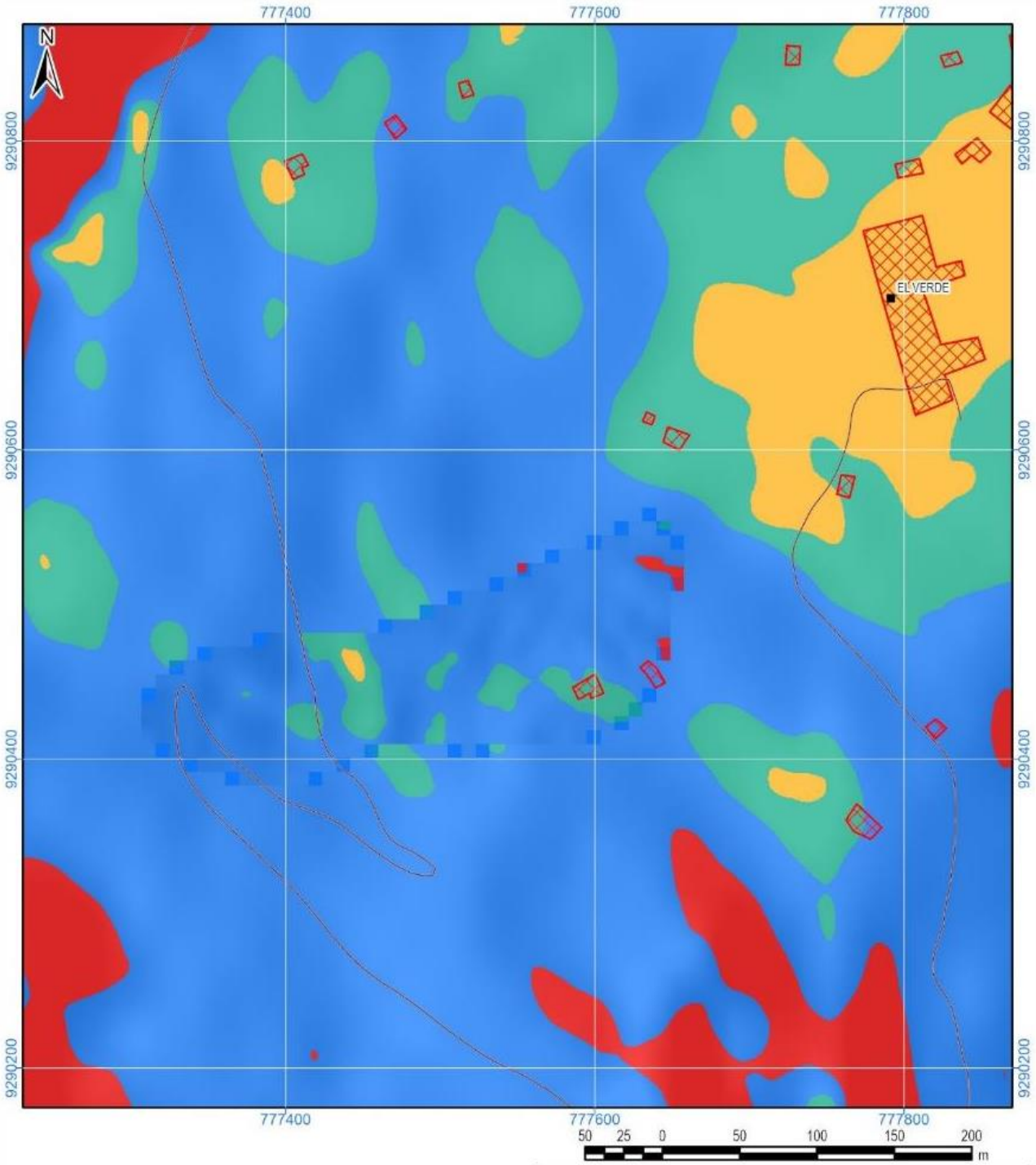
Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León	MAPA 4
Proyección: UTM - Zona 17 Sur	Datum: WGS 84	
Escala: 1/4,000	Versión digital: 2022	

SIMBOLOGÍA

- Centro poblado
- Trocha
- Camino
- Viviendas

LEYENDA

- 1°-5°: Terreno inclinado con pendiente suave
- 5°-15°: Pendiente moderada
- 15°-25°: Pendiente fuerte
- 25°-45°: Pendiente muy fuerte o escarpada
- >45°: Terreno muy escarpado



SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO
DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO
EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL

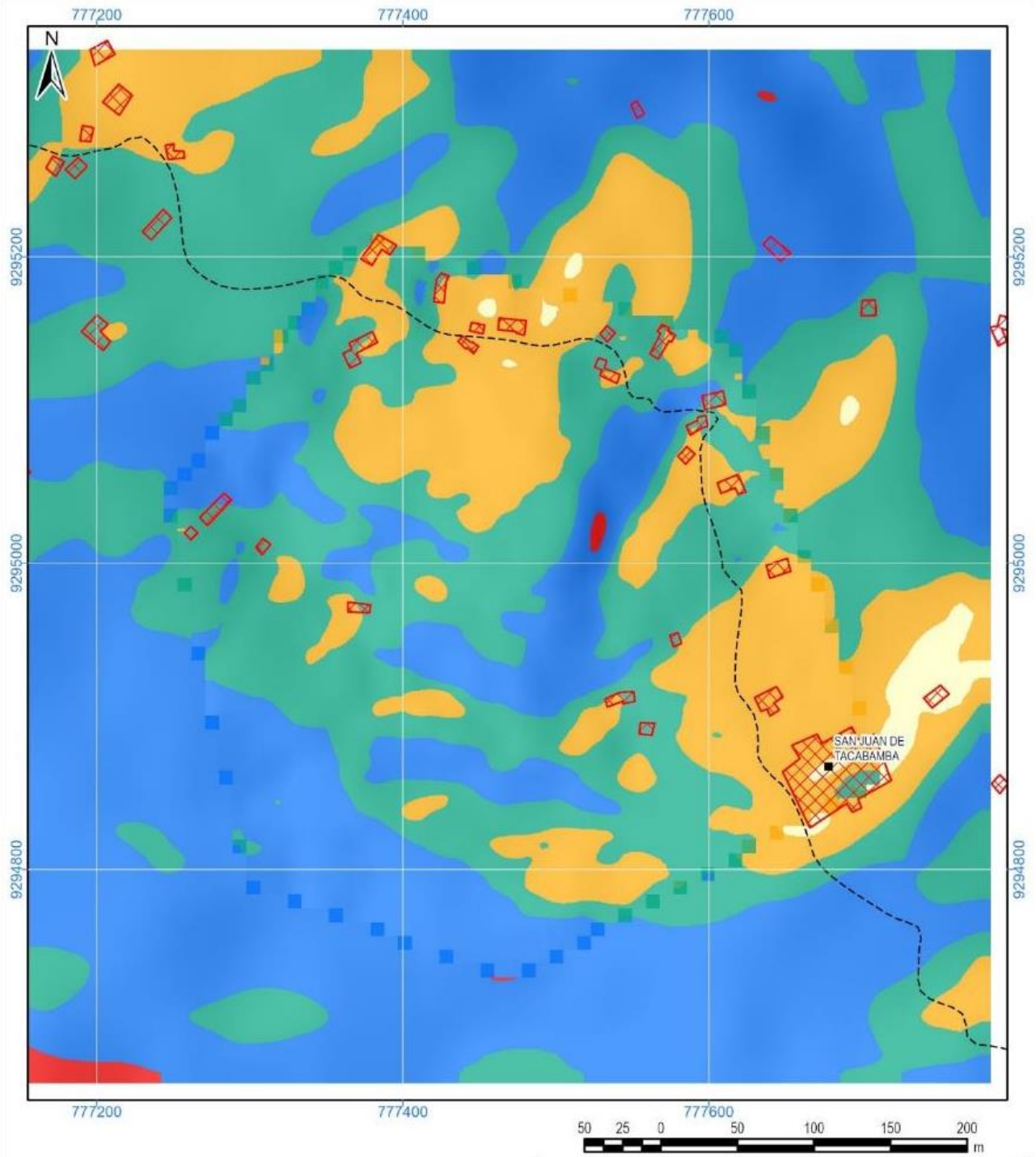
CAJAMARCA - CHOTA - TACABAMBA

MAPA DE PENDIENTES

Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León	MAPA 5
Proyección: UTM - Zona 17 Sur	Datum: WGS 84	
Escala: 1/4,000	Versión digital: 2022	

SIMBOLOGÍA
- Centro poblado
- Trocha
- Viviendas

LEYENDA
- 5°-15°: Pendiente moderada
- 15°-25°: Pendiente fuerte
- 25°-45°: Pendiente muy fuerte o escarpada
- >45°: Terreno muy escarpado



SIMBOLOGÍA

- Centro poblado
- Camino
- Viviendas

LEYENDA

- 1°-5°: Terreno inclinado con pendiente suave
- 5°-15°: Pendiente moderada
- 15°-25°: Pendiente fuerte
- 25°-45°: Pendiente muy fuerte o escarpada
- >45°: Terreno muy escarpado

SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO
DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO
EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL

CAJAMARCA - CHOTA - TACABAMBA

MAPA DE PENDIENTES

Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León	**MAPA 6**
Proyección: UTM - Zona 17 Sur	Datum: WGS 84	
Escala: 1/4,000	Versión digital: 2022	

SIMBOLOGÍA

- Centro poblado
- Trocha
- Camino

LEYENDA

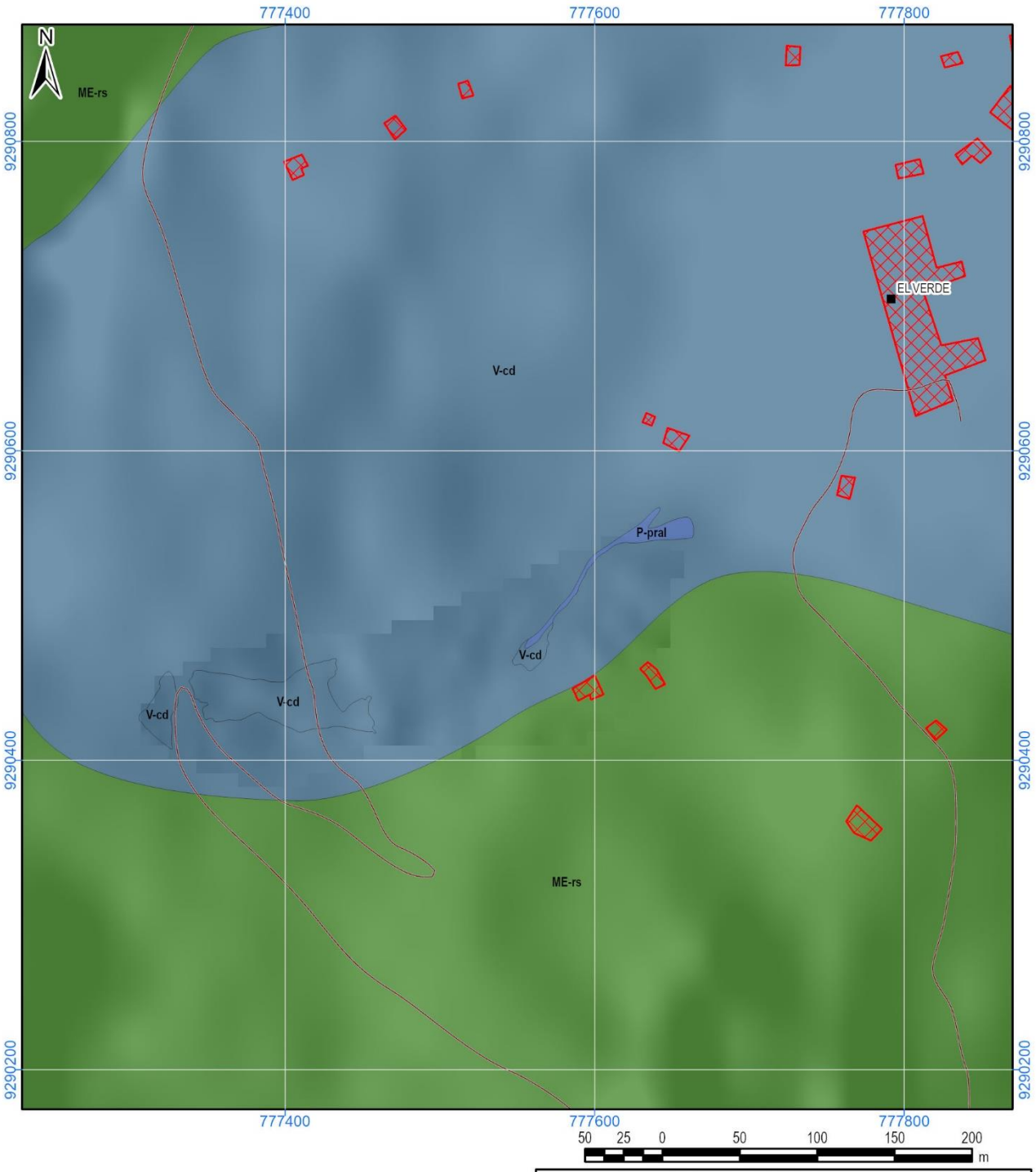
- ME-rs: Montaña estructural en rocas sedimentarias
- M-rs: Montaña en rocas sedimentarias
- V-cd: Vertiente coluvio-deluvial
- P-pral: Piedemonte proluvial o aluviotorrencial

SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO
DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO
EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL

CAJAMARCA - CHOTA - TACABAMBA

MAPA GEOMORFOLÓGICO

Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León	MAPA 7
Proyección: UTM - Zona 17 Sur	Datum: WGS 84	
Escala: 1/4,000	Versión digital: 2022	



SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO
DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO
EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL

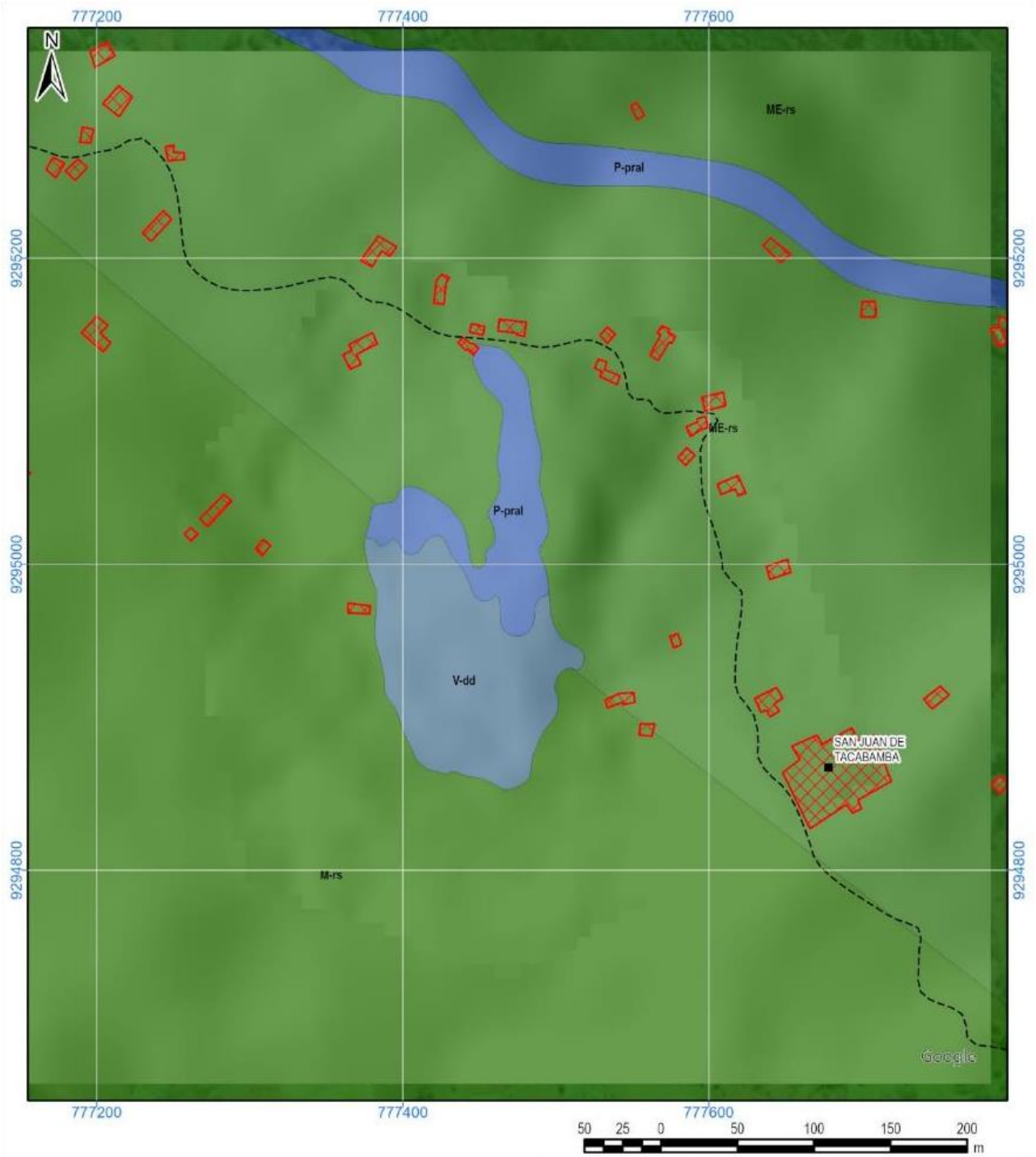
CAJAMARCA - CHOTA - TACABAMBA

MAPA GEOMORFOLÓGICO

Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León	MAPA 8
Proyección: UTM - Zona 17 Sur	Datum: WGS 84	
Escala: 1/4,000	Versión digital: 2022	

SIMBOLOGÍA
- Centro poblado
- Trocha
- Viviendas

LEYENDA
- ME-rs: Montaña estructural en rocas sedimentarias
- V-cd: Vertiente coluvio-deluvial
- P-pral: Piedemonte proluvial o aluviotorrencial



SIMBOLOGÍA

- Centro poblado
- Camino
- Viviendas

LEYENDA

- M-rs: Montaña en rocas sedimentarias
- ME-rs: Montaña estructural en rocas sedimentarias
- V-dd: Vertiente con depósito de deslizamiento
- P-pral: Piedemonte proluvial o aluviotorrencial

SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO
DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO
EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL

CAJAMARCA - CHOTA - TACABAMBA

MAPA GEOMORFOLÓGICO

Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León	**MAPA 9**
Proyección: UTM - Zona 17 Sur	Datum: WGS 84	
Escala: 1/4,000	Versión digital: 2022	

SIMBOLOGÍA

- Centro poblado
- Trocha
- Camino
- Escarpe de derrumbe activo
- Dirección de movimiento activo
- Perfil A-A'-A"-A'"
- Viviendas

LEYENDA

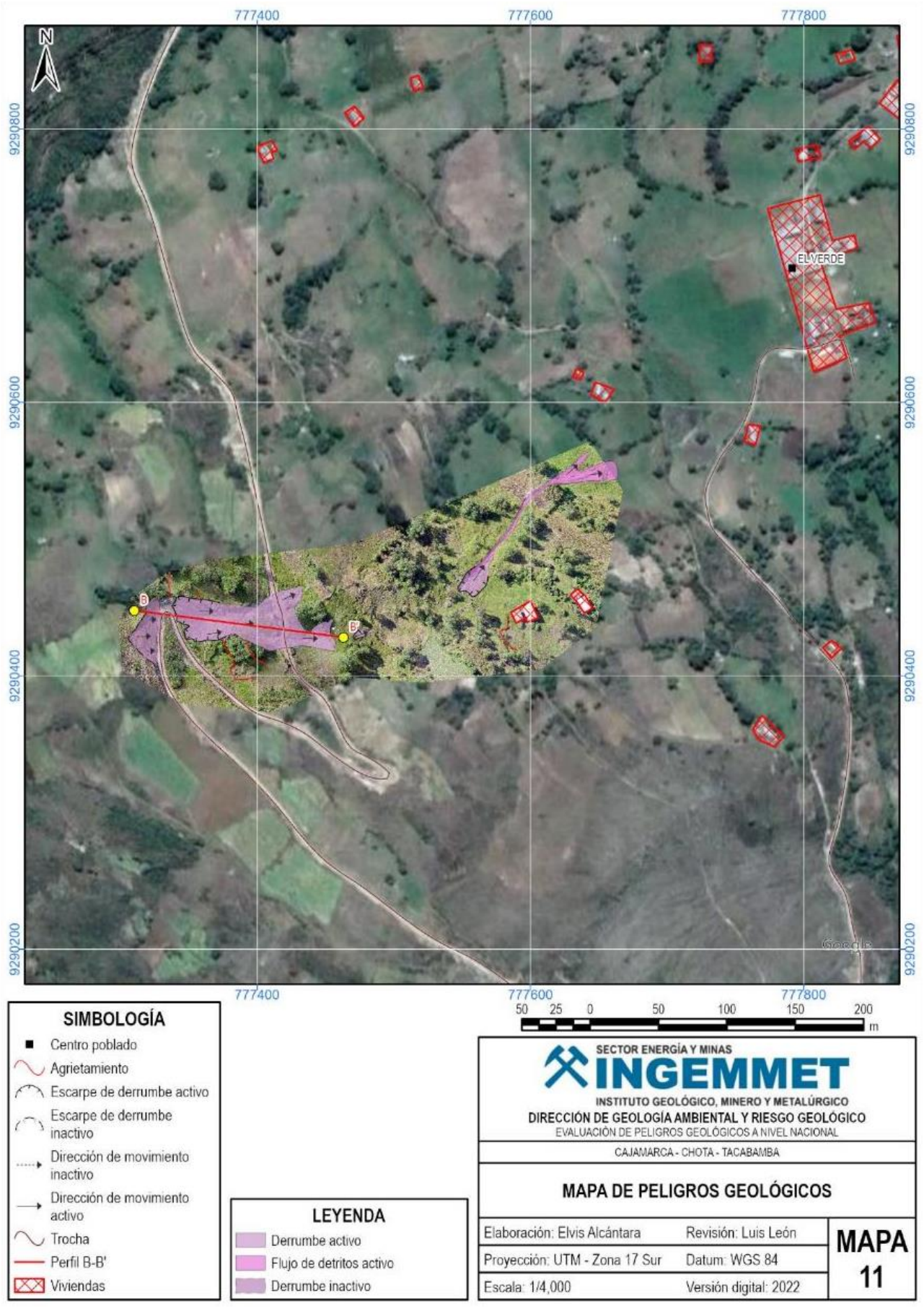
- Derrumbe activo
- Flujo de detritos activo

SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO
DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO
EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL

CAJAMARCA - CHOTA - TACABAMBA

MAPA DE PELIGROS GEOLÓGICOS

Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León	**MAPA 10**
Proyección: UTM - Zona 17 Sur	Datum: WGS 84	
Escala: 1/4,000	Versión digital: 2022	


777400
777600
777800
9290800
9290600
9290400
9290200
N
EL VERDE
B
B'
Google
SIMBOLOGÍA
Centro poblado
Agrietamiento
Escarpe de derrumbe activo
Escarpe de derrumbe inactivo
Dirección de movimiento inactivo
Dirección de movimiento activo
Trocha
Perfil B-B'
Viviendas
LEYENDA
Derrumbe activo
Flujo de detritos activo
Derrumbe inactivo
50 25 0 50 100 150 200
m
SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO
DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO
EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL
CAJAMARCA - CHOTA - TACABAMBA
MAPA DE PELIGROS GEOLÓGICOS
Elaboración: Elvis Alcántara
Revisión: Luis León
Proyección: UTM - Zona 17 Sur
Datum: WGS 84
Escala: 1/4,000
Versión digital: 2022
MAPA 11

SIMBOLOGÍA

- Centro poblado
- Escarpe de deslizamiento activo
- Dirección de movimiento activo
- Camino
- Perfil C-C'
- Viviendas

LEYENDA

- Deslizamiento rotacional activo
- Flujo de detritos activo

SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO
DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO
EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL

CAJAMARCA - CHOTA - TACABAMBA

MAPA DE PELIGROS GEOLÓGICOS

Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León	**MAPA 12**
Proyección: UTM - Zona 17 Sur	Datum: WGS 84	
Escala: 1/4,000	Versión digital: 2022	

ANEXO 2. MEDIDAS CORRECTIVAS

Para los deslizamientos

En la zona evaluada para la mitigación de los peligros geológicos, se debe controlar la infiltración del agua hacia afuera del cuerpo de deslizamiento. Los métodos de estabilización de los deslizamientos, que contemplan el control del agua, tanto superficial como subterránea, son muy efectivos y generalmente más económicos que la construcción de grandes obras de contención, desactivan y disminuyen la presión de los poros, considerada el principal elemento 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 deslizamiento, evitando su infiltración, captando el agua de escorrentía, llevándola a un sitio lejos del deslizamiento. Éstas deben ser construidas en la parte superior al escarpe principal del deslizamiento (Figura 33). En las obras construidas - zanjas de drenaje es necesario impermeabilizar la caja hidráulica captando y evitando totalmente la infiltración de las aguas de escurrimiento la ladera, según las imágenes adjuntas.

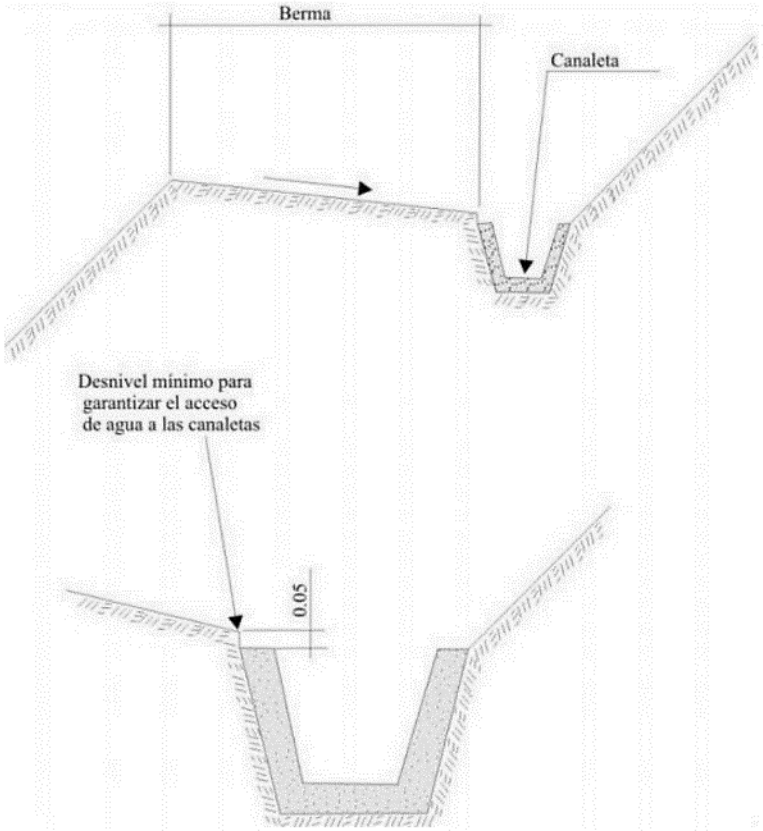


Figura 33. Detalle una canaleta de drenaje superficial (zanjas de coronación). Tomado de INGEMMET (2000).

b. Revegetación y bioingeniería

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

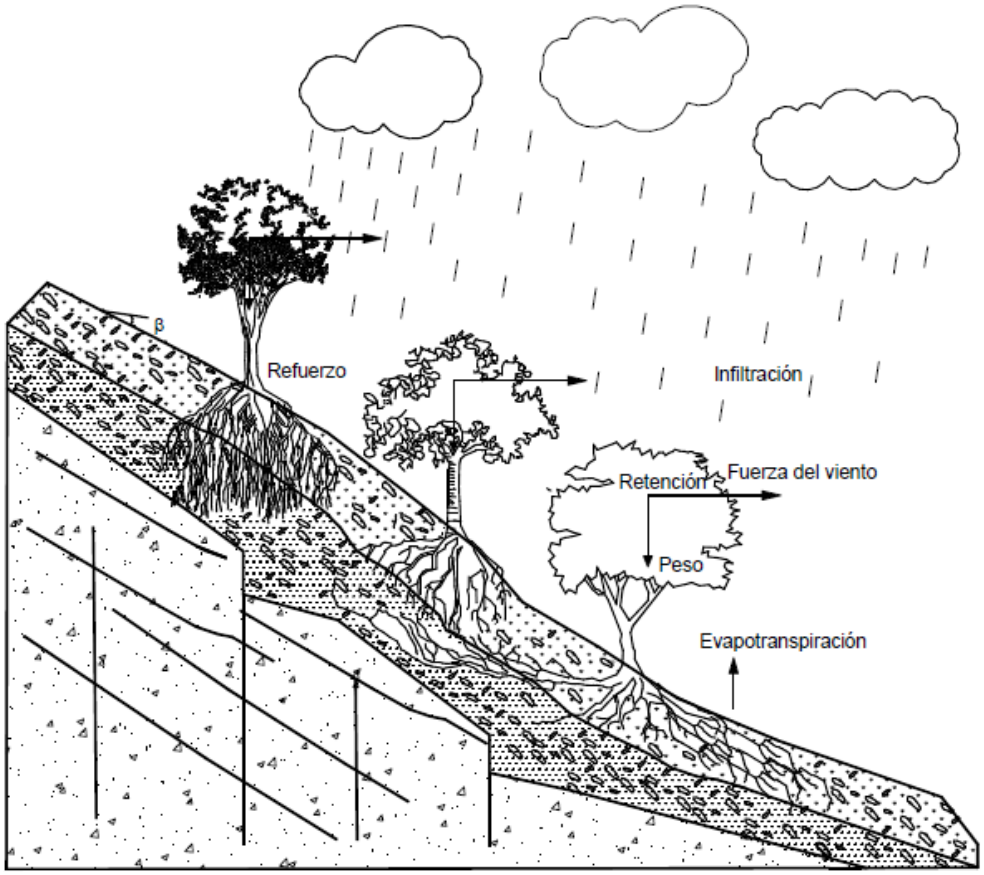


Figura 34. Estabilización de taludes utilizando vegetación. **Fuente:** Suarez, Díaz 2007.

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