

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

**Informe Técnico N° A7340**

# EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR DESLIZAMIENTO EN EL CASERÍO EL PARAÍSO

Departamento Cajamarca  
Provincia Hualgayoc  
Distrito Chugur



DICIEMBRE  
2022

***EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR DESLIZAMIENTO EN EL  
CASERÍO EL PARAÍSO***

***(Distrito Chugur, provincia Hualgayoc, 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**

*Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2022). Evaluación de peligros geológicos por deslizamiento en el caserío El Paraíso, distrito Chugur, provincia Hualgayoc, departamento Cajamarca. Lima: Ingemmet, Informe Técnico N° 7340, 36p.*

## ÍNDICE

RESUMEN .....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	2
1.1 Objetivos del estudio .....	2
1.2 Antecedentes .....	3
1.3 Aspectos generales.....	3
1.3.1 Ubicación.....	3
1.3.2 Accesibilidad.....	3
1.3.3 Población .....	4
1.3.4 Clima.....	5
2. DEFINICIONES .....	7
3. ASPECTO GEOLÓGICO .....	9
3.1 Unidades litoestratigráficas .....	9
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS.....	12
4.1 Modelo digital de elevaciones.....	12
3.2 Pendiente del terreno.....	13
3.3 Unidades Geomorfológicas.....	13
3.3.1 Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional .....	14
3.3.2 Geoformas de carácter deposicional y agradacional.....	14
4. PELIGROS GEOLÓGICOS.....	16
CONCLUSIONES.....	24
RECOMENDACIONES.....	25
BIBLIOGRAFÍA .....	26
ANEXO 1. MAPAS.....	27
ANEXO 2. MEDIDAS CORRECTIVAS .....	31

## RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa, realizado en el caserío El Paraíso, distrito Chugur, provincia Hualgayoc, 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.

En la zona evaluada se identificaron depósitos de origen coluvio-deluvial conformado por bloques (25%) y gravas (35%) de formas subangulosos y subreadondeados, en matriz arcillosa (40%), se encuentra inconsolidado, características que facilitan la infiltración de agua de escorrentía e incrementan la saturación del terreno, facilitando su inestabilidad; estos depósitos se encuentran sobre un basamento de rocas piroclásticas muy fracturadas y altamente meteorizadas.

Geomorfológicamente se tiene las sub unidades montaña en rocas vulcano - sedimentarias (M-vrs); vertiente coluvio-deluvial (V -cd) y vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd).

En el caserío El Paraíso se identificó un deslizamiento rotacional antiguo, reactivado en marzo 2022. Su reactivación afectó un área de 20 hectáreas de extensión; dejando 5 viviendas inhabitables. También se generaron tres flujos de detritos.

El deslizamiento tiene un escarpe de forma irregular con longitud de 584 m, con salto vertical de 1.5 a 2 m, un ancho promedio de 309 m.

Los factores condicionantes de los movimientos en masa son: a) pendiente del terreno entre 25° a 45°; b) depósitos coluvio deluviales conformados por bloques y gravas, en una matriz arcillosa inconsolidada; c) terreno que permite la filtración y retención del agua; estos factores permiten que la masa inestable, en tiempos de lluvia se sature e incremente su peso, por ende, su desplazamiento cuesta abajo. Como factor detonante tenemos las lluvias intensas y/o prolongadas, como las acaecidas en marzo del 2022.

Por las condiciones litológicas, geomorfológicas y de geodinámica externa se considera como **Zona Crítica** y de **Peligro Alto** a movimientos en masa. El evento mencionado puede reactivarse por la presencia de lluvias intensas y continuas.

Finalmente se brindan las recomendaciones que se consideran importantes que las autoridades competentes y tomadores de decisiones pongan en práctica en el área evaluada, así como el EVAR correspondiente; siendo la principal la reubicación de los pobladores a una zona más segura, con la finalidad salvaguardar integridad física.

## **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 mediante el reconocimiento, caracterización y diagnóstico del peligro geológico en zonas que tengan elementos vulnerables.

Atendiendo la solicitud remitida por la Municipalidad Distrital de Chugur, mediante Oficio N° 001-2022-MDCH/DC, es en el marco de nuestras competencias que se realiza una evaluación de peligros geológicos por movimientos en masas en el caserío El Paraíso.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designó a los Ingenieros Luis M. León Ordáz y Elvis R. Alcántara Quispe para realizar la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa que afectan el caserío El Paraíso; los trabajos de campo se realizaron el día 26 de julio del 2022.

La evaluación técnica se basa en la recopilación y análisis de información existente de trabajos anteriores realizados por 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 Cajamarca y Municipalidad Distrital de Chugur, donde se proporcionan resultados de la inspección y recomendaciones para la reducción del riesgo de desastres, 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) Identificar, tipificar y caracterizar el movimiento en masa que presenta el caserío El Paraíso, distrito Chugur, provincia Hualgayoc y departamento Cajamarca.
- b) Determinar los factores condicionantes y desencadenantes que influyen en la ocurrencia de los movimientos en masa.
- 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 geodinámicos de la zona de estudio, los cuales se mencionan a continuación:

- Boletín N°38, serie A, Geología de los cuadrángulos de Jayanca (13-d), Incahuasi (13-e), Cutervo (13-f), Chiclayo (14-d), Chongoyape (14-e), Chota (14-f), Celendín (14-g), Pacasmayo (15-d) y Chepén (15-e), (Wilson, J, 1984). Según la geología descrita a escala 1:100 000, el en sector evaluado tenemos la Formación Chúlec (Ki-chu), Formación Pariatambo (Ki-pt) y Grupo Pulluicana (Ks – pu).
- Informe Técnico, Zonas Críticas por Peligros Geológicos y Geohidrológicos en la Región Cajamarca, Primer Reporte (Zavala & Barrantes, 2007), identificando en la provincia de Hualgayoc 4 zonas críticas, encontrando procesos de movimientos en masa como: deslizamientos, flujos de detritos y derrumbes.

## 1.3 Aspectos generales

### 1.3.1 Ubicación

El Caserío El Paraíso, del distrito Chugur, provincia Hualgayoc y departamento Cajamarca (cuadro 1, figura 1), está ubicada en las siguientes coordenadas UTM WGS 84 – Zona: 17S:

**Cuadro 1.** Coordenadas del área de estudio, caserío El Paraíso.

N°	UTM – WGS 84 - ZONA 17S		COORDENADAS DECIMALES	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	752230	9262138	-6.670088°	-78.718519°
2	752230	9261290	-6.677753°	-78.718484°
3	751732	9261290	-6.677774°	-78.722986°
4	751732	9262138	-6.670109°	-78.723022°
<b>COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL</b>				
C	751804	9261709	-6.673983°	-78.722353°

### 1.3.2 Accesibilidad

Se accede por vía terrestre desde Cajamarca hacia Chugur, a través de una vía asfaltada y sin asfaltar, tal como se detalla en la siguiente ruta (cuadro 2):

**Cuadro 2.** Rutas y acceso a la zona evaluada

Ruta	Tipo de calles	Distancia (km)	Tiempo estimado
Cajamarca - Chugur	Asfaltada y sin Asfaltar	141	2 horas 35 minutos
Chugur – El Paraíso	Sin asfaltar	3	10 minutos

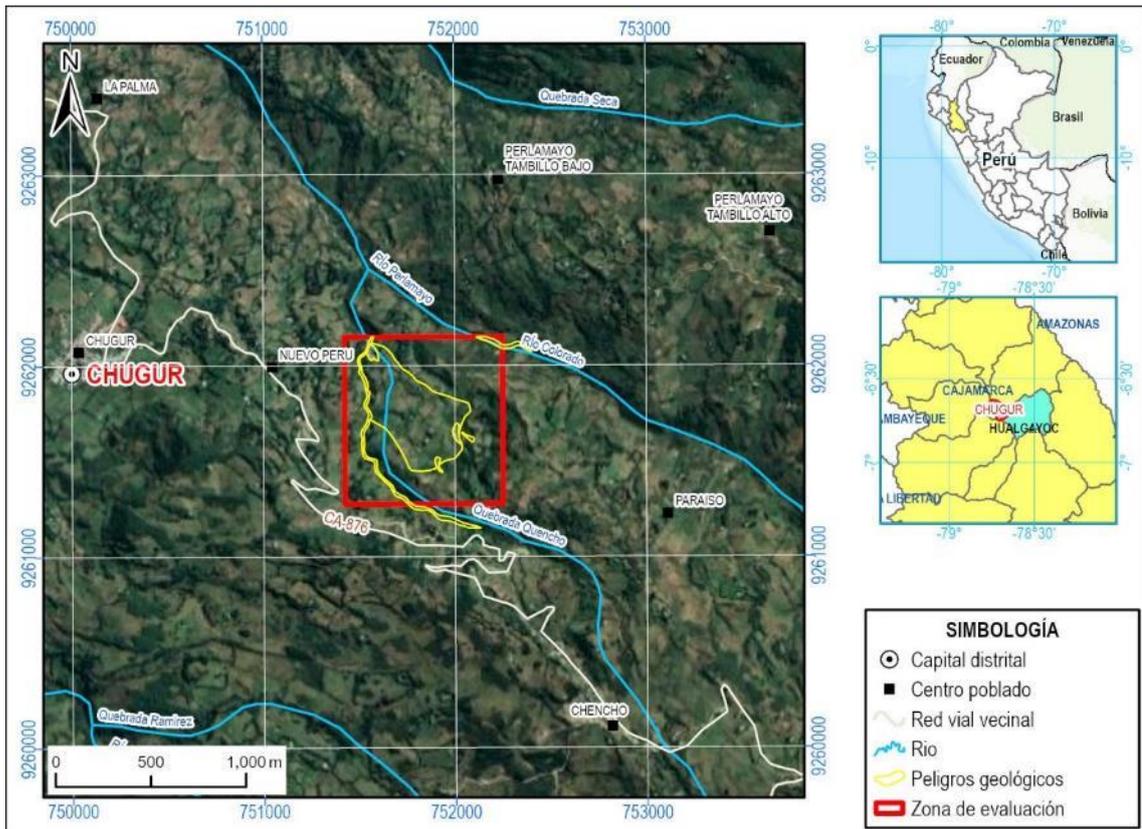


Figura 1. Ubicación caserío El Paraíso.

### 1.3.3 Población

De acuerdo a la información censal más reciente (INEI, 2017), en el caserío Paraíso tiene una población de 60 habitantes, distribuidos en 21 viviendas, con red pública de agua y energía eléctrica.

Cuadro 3. Características del caserío Paraíso. Fuente: INEI - 2017.

Descripción	Paraíso – INEI
Código de Ubigeo y Centro Poblado	0607020017
Longitud	-78.710523
Latitud	-6.678313
Altitud	3063
Población	60
Hombre	28
Mujer	32
Vivienda	84
Agua Por Red Publica	si
Energía eléctrica en la vivienda	si
Desagüe por red publica	no
Institución Educativa Inicial	no
Institución Educativa Primaria	no
Institución Educativa Secundaria	no
Establecimiento de salud	no
Idioma o Lengua hablada con mayor frecuencia	Castellano

### 1.3.4 Clima

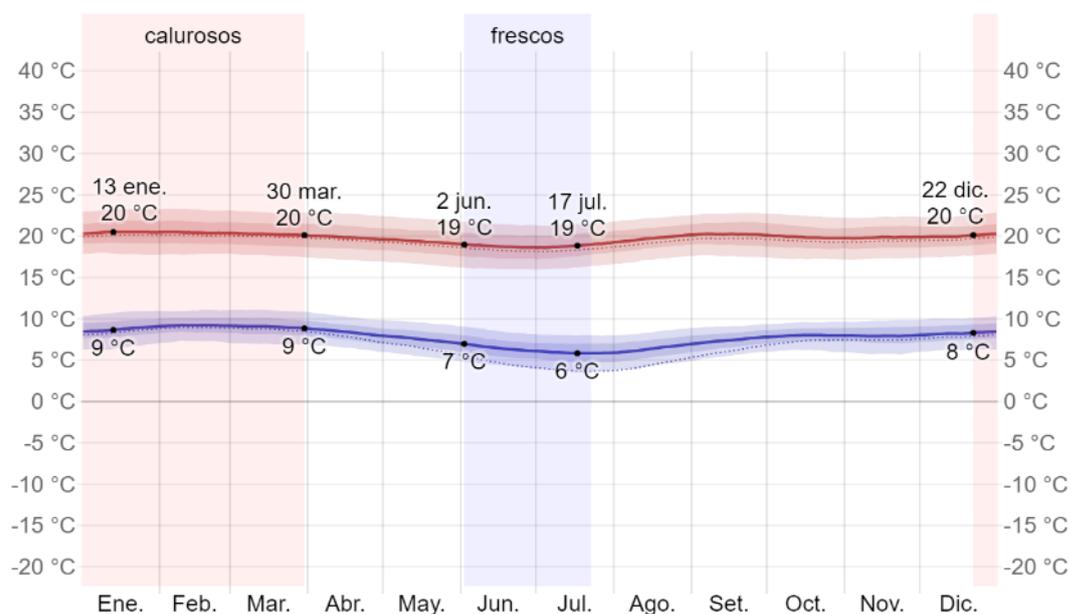
El clima en el distrito de Chugur de acuerdo a la clasificación climáticas de Thornthwaite (SENAMHI, 2020), es lluvioso con otoño e inviernos secos. Templado, B (o, i) B'.

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

La temporada templada dura 3.3 meses, del 22 de diciembre al 30 de marzo, y la temperatura máxima promedio diaria es más de 20 °C. El mes más cálido del año en Chugur es febrero, con una temperatura máxima promedio de 20 °C y mínima de 9 °C.

La temporada fresca dura 1.6 meses, del 2 de junio al 22 de julio, y la temperatura máxima promedio diaria es menos de 19 °C. El mes más frío del año en Chugur es Julio, con una temperatura mínima promedio de 6 °C y máxima de 19 °C.

Esta región presenta durante el año, en promedio, temperaturas máximas de 19°C a 23°C. Por su parte, los acumulados anuales de precipitación varían desde los 700 mm hasta los 1500 mm aproximadamente.



**Figura 2.** Temperaturas máximas (línea roja) y mínimas diarias (línea azul), promedio diario, para el distrito de Chugur. Fuente: Weather Spark, 2021.

Para mostrar la variación durante un mes y no solamente los totales mensuales, mostramos la precipitación de lluvia acumulada durante un período de 31 días en una escala móvil centrado alrededor de cada día del año. Chugur tiene una variación ligera de lluvia mensual por estación.

La temporada de lluvia dura 7.9 meses, del 22 de setiembre al 18 de mayo, con un intervalo móvil de 31 días de lluvia de por lo menos 13 milímetros. El mes con más lluvia en Chugur es marzo, con un promedio de 50 milímetros de lluvia. El periodo del año sin lluvia dura 4.1 meses, del 18 de mayo al 22 de setiembre. El mes con menos lluvia en Chugur es julio, con un promedio de 1 milímetros de lluvia.

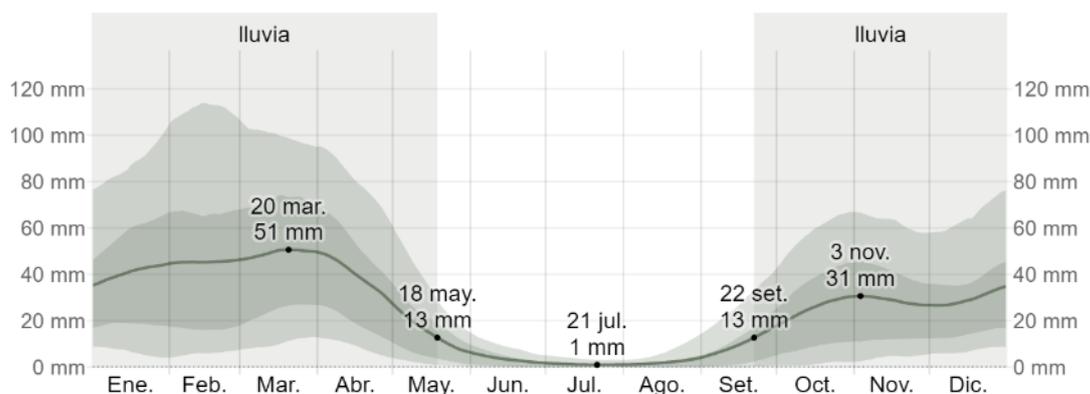


Figura 3. Precipitación promedio anual 2021. Fuente: Weather Spark, 2021.

En el mes de marzo del 2022, en el departamento de Cajamarca, se han registrado eventos extremos de precipitaciones (Figura 4), 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. Localmente, en el distrito de Chugur, entre los días 02 y 03 del mes de marzo del 2022, se registraron lluvias de intensidad extrema, que desencadenaron el deslizamiento en el caserío el Paraíso.



Figura 4. 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 (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. En este tipo de suelos es muy importante el efecto del agua sobre su comportamiento.

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

**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 como grietas de tensión o de tracción.

**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 un contrapendiente de la superficie de la cabeza del deslizamiento hacia el escarpe.

**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).

**Flujo de detritos (huaico):** Flujo muy rápido a extremadamente rápido de detritos saturados, no plásticos (Índice de plasticidad menor al 5%), que transcurre principalmente confinado a lo largo de un canal o cauce con pendiente pronunciada. Se inicia como uno o varios deslizamientos superficiales de detritos en las cabeceras o por inestabilidad de segmentos del cauce en canales de pendientes fuertes. Los flujos de detritos incorporan gran cantidad de material saturado en su trayectoria al descender en el canal y finalmente los depositan en abanicos de detritos.

**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 (2007) - Movimientos en masa en la región andina: una guía para la evaluación de amenazas.

### **3. ASPECTO GEOLÓGICO**

El análisis se desarrolló en base al Boletín N°38, Serie A, Carta Geológica Nacional: "Geología de los cuadrángulos de Jayanca (13-d), Incahuasi (13-e), Cutervo (13-f), Chiclayo (14-d), Chongoyape (14-e), Chota (14-f), Celendín (14-g), Pacasmayo (15-d) y Chepén (15-e), (Wilson J, 1984); también se realizó trabajos en campo, para caracterizar y delimitar las diferentes unidades litológicas considerando su grado de resistencia y susceptibilidad a procesos de erosión (mapa 1).

#### **3.1 Unidades litoestratigráficas**

Se tiene las siguientes unidades:

##### **a. Centro Volcánico Tantauhatay – Evento 2 (Nm -tatE2)**

Conformada por flujos piroclásticos de pómez, rico en cristales de color gris rosado a blanquecino. Espesor aproximado de 180 m. (fotografía 1).

El macizo rocoso se muestra muy fracturado y altamente meteorizado, debido a las condiciones tectónicas de geodinámica, propias de la zona.



**Fotografía 1.** Muestra de mano de la unidad Centro Volcánico Tantahuatay compuesta por cristales alterados de plageoclasas y cuarzos; además de ferromagnesianos (biotitas y hornblendas).

**b. Depósitos coluvio-deluviales (Q-co/de)**

Son depósitos de piedemonte, que se han originado por la movilización de materiales provenientes de las laderas por acción de la gravedad y agua.

En el sector evaluado están conformados por gravas y bloques de forma subangulosos y subredondeados, dentro de una matriz arcillo – limosa, estos depósitos se encuentran sobre un basamento de origen volcánico (fotografía 2).



**Fotografía 2.** Deposito coluvio deluvial, compuestos por gravas y bloques de formas subangulosos y subredondeados, dentro de una matriz arcillo – limosa. (Coordenadas UTM WS-84 -17S, **Norte:** 9261458 – **Este:** 751795).

Ficha descriptiva N° 1 - Fotografía 2. (Coordenadas UTM WS-84 -17S, **Norte:** 9261458 – **Este:** 751795)

**DESCRIPCIÓN DE FORMACIONES SUPERFICIALES**

<b>TIPO DE FORMACIÓN SUPERFICIAL</b>	<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**

%	
<input type="text" value="25"/>	Bolos
<input type="text"/>	Cantos
<input type="text" value="35"/>	Gravas
<input type="text"/>	Gránulos
<input type="text"/>	Arenas
<input type="text" value="15"/>	Limos
<input type="text" value="35"/>	Arcillas

**FORMA**

<input checked="" type="checkbox"/> Esférica
<input type="checkbox"/> Discoidal
<input checked="" type="checkbox"/> Laminar
<input type="checkbox"/> Cilíndrica

**REDONDES**

<input type="checkbox"/> Redondeado
<input checked="" type="checkbox"/> Subredondeado
<input checked="" type="checkbox"/> Anguloso
<input type="checkbox"/> Subanguloso

**PLASTICIDAD**

<input type="checkbox"/> Alta plasticidad
<input checked="" type="checkbox"/> Med. Plástico
<input type="checkbox"/> Baja Plasticidad
<input type="checkbox"/> No plástico

**ESTRUCTURA**

<input checked="" type="checkbox"/> Masiva
<input type="checkbox"/> Estractificada
<input type="checkbox"/> Lenticular

**TEXTURA**

<input checked="" type="checkbox"/> Harinoso
<input type="checkbox"/> Arenoso
<input type="checkbox"/> Aspero

**CONTENIDO DE**

<input type="checkbox"/> Materia Orgánica
<input type="checkbox"/> Carbonatos
<input type="checkbox"/> Sulfatos

**% LITOLOGÍA**

<input type="checkbox"/> Intrusivos
<input type="text" value="100"/> Volcánicos
<input type="checkbox"/> Matamórficos
<input type="checkbox"/> Sedimentarios

**COMPACIDAD**

**SUELOS FINOS**

<b>Limos y Arcillas</b>	
<input checked="" type="checkbox"/> Blanda	
<input type="checkbox"/> Compacta	
<input type="checkbox"/> Dura	

**Arenas**

<input type="checkbox"/> Suelta
<input type="checkbox"/> Densa
<input type="checkbox"/> Muy Densa

**SUELOS GRUESOS**

**Gravas**

<input checked="" type="checkbox"/> Suelta
<input type="checkbox"/> Med. Consolidada
<input type="checkbox"/> Consolidada
<input type="checkbox"/> Muy Consolidada

**CLASIFICACIÓN TENTATIVA S.U.C.S.**

**SUELOS GRUESOS**

<input type="checkbox"/> GW	<input type="checkbox"/> GC
<input checked="" type="checkbox"/> GP	<input type="checkbox"/> SW
<input type="checkbox"/> GM	<input type="checkbox"/> SP

**SUELOS FINOS**

<input checked="" type="checkbox"/> ML	<input type="checkbox"/> CH
<input type="checkbox"/> CL	<input type="checkbox"/> OH
<input type="checkbox"/> OL	<input type="checkbox"/> PT



#### 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 fuente SRTM (NASA, 2020) optimizada a un detalle de 12.5m (AlosPalsar, 2011).

##### 4.1 Modelo digital de elevaciones

El sector evaluado comprende cotas que van de 2800 m s.n.m. hasta los 3000 m s.n.m., se clasificó en siete niveles altitudinales, con la finalidad de visualizar la extensión con respecto a la diferencia de alturas. El deslizamiento se encuentra entre 2810 m s.n.m. hasta los 2990 m s.n.m., es decir con un desnivel de 180 m. (figura 5).

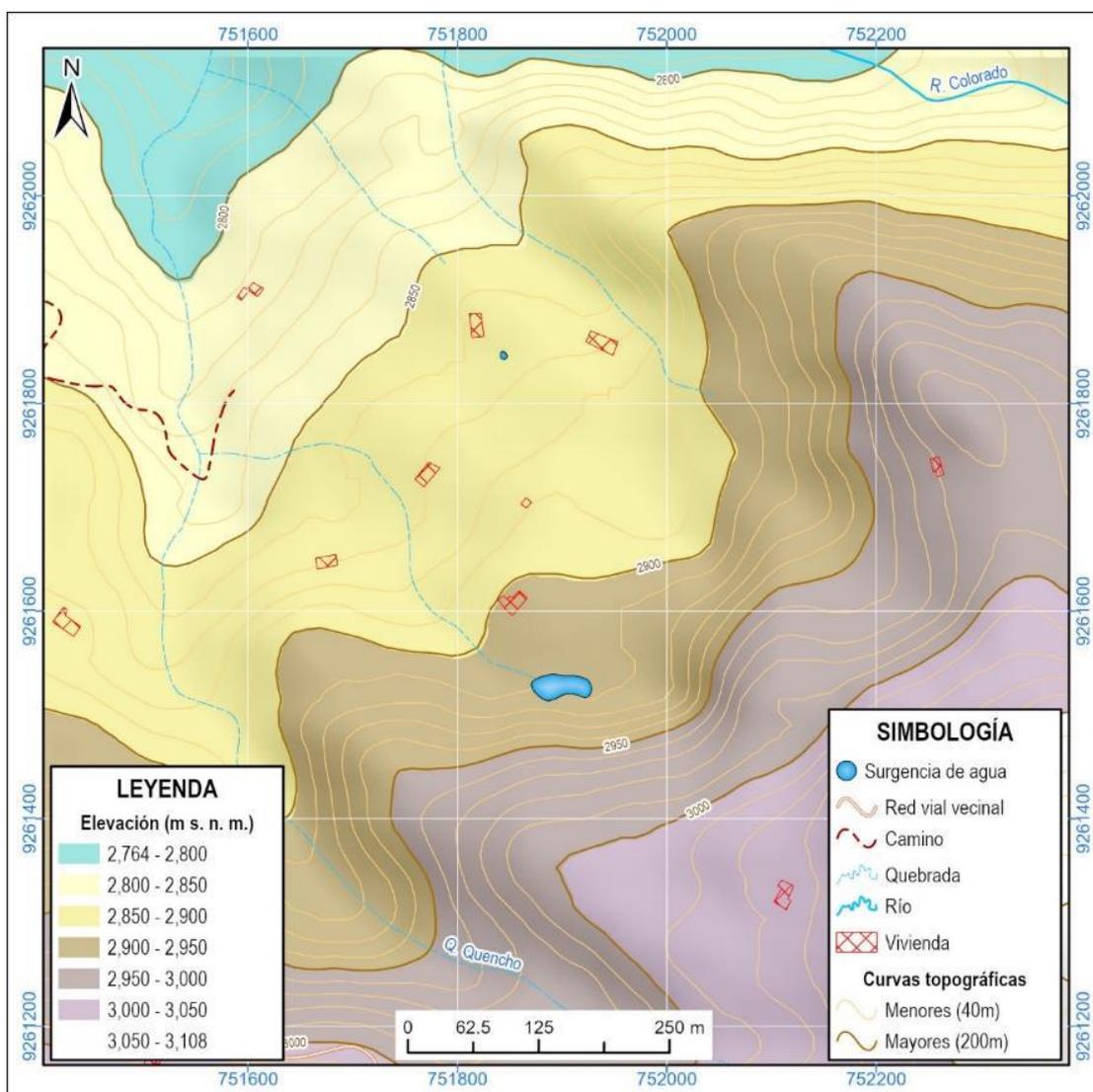


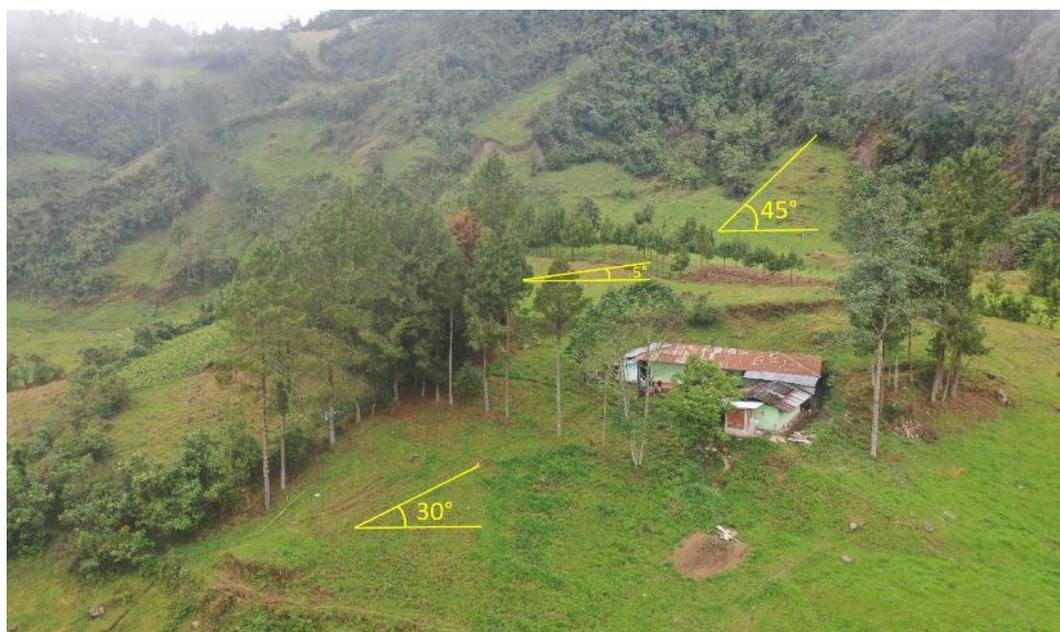
Figura 5. Modelo digital de elevaciones, caserío EL Paraíso.

### 3.2 Pendiente del terreno

La pendiente es uno de los factores dinámicos y particularmente de los movimientos en masa, ya que determinan la cantidad de energía cinética y potencial de una masa inestable (Sánchez, 2022), considerando un parámetro importante en la evaluación de procesos de movimientos en masa como factor condicionante.

Se puede decir que es más fácil que ocurran movimientos en masas en laderas y cauces de la quebrada, cuya pendiente principal varía entre media ( $5^\circ$  a  $15^\circ$ ) a fuerte ( $>30^\circ$ ), generándose erosión en laderas (laminar, sucos y cárcavas), ya que a mayor pendiente el escurrimiento superficial es mayor y por ende la erosión hídrica o pluvial (Vílchez et. al., 2013).

En la figura 6, se aprecia el terreno con pendiente variable (mapa 2), desde presenta pendiente suave ( $1^\circ$  a  $5^\circ$ ) y asciende a la parte superior, en dirección sureste muy fuerte ( $25^\circ$  a  $45^\circ$ ) y en dirección sur de fuerte a muy fuerte ( $15^\circ$  a  $45^\circ$ ).



**Figura 6.** Variación de pendientes (terrenos inclinados de  $1^\circ$  a  $5^\circ$  y fuerte de  $25^\circ$  a  $45^\circ$ ), en el caserío El Paraíso.

### 3.3 Unidades Geomorfológicas

Para la caracterización de las unidades geomorfológicas en los sectores evaluados, se consideraron criterios de control como: la homogeneidad litológica y caracterización conceptual en base a los aspectos del relieve en relación a la erosión, denudación y sedimentación (Vílchez et al., 2019); así también se ha empleado los trabajos de Villota (2005) y la clasificación de unidades geomorfológicas utilizadas en estudios de Ingemmet.

### 3.3.1 Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional

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

Los paisajes morfológicos, resultantes de los procesos denudativos forman parte de las cadenas montañosas, colinas, superficies onduladas y lomadas, dentro de este grupo se tiene las siguientes unidades (mapa 3):

#### a. Unidad de Montaña

Es la unidad o componente de cualquier cadena montañosa y se define como una gran elevación natural del terreno, de diverso origen, con más de 300 m de desnivel, cuya cima puede ser aguda, sub aguda, semi redondeada, redondeada o tabular y cuyas laderas regulares, irregulares a complejas y presenta un declive promedio superior a 30% (FAO, 1968).

#### Sub unidad de montaña en roca volcánico sedimentaria (M-rvs)

Corresponden a afloramientos de roca volcánico sedimentaria, afectadas por procesos tectónicos y erosivos, conformados por rocas de tipo conglomerados, areniscas, lutitas, lodolitas, calizas y cuarcitas, de edad Cretácica. Presentan laderas con pendientes medias a fuertes.

En el sector evaluado, litológicamente encontramos rocas de origen volcánico (tobas), afectadas por procesos tectónicos y erosivos. (figura 09).

### 3.3.2 Geoformas de carácter deposicional y agradacional

Estas geoformas son el resultado del conjunto de procesos geomorfológicos constructivos, determinados por fuerzas de desplazamiento, como por agentes móviles, tales como: el agua de escorrentía, los glaciares y los vientos, los cuales tienden a nivelar hacia arriba la superficie de la tierra, mediante el depósito de materiales sólidos resultante de la denudación de los terrenos más elevados, en el sector evaluado encontramos las siguientes sub unidades:

#### a. Unidad de Vertiente

Superficie inclinada al pie de los sistemas montañosos, formada por caídas de rocas o por el acarreo de material aluvial arrastrado por corrientes de agua estacional y de carácter excepcional

#### Sub unidad de vertiente coluvio-deluvial (V -cd)

Corresponde a las acumulaciones de ladera originadas por procesos de movimientos en masa del tipo deslizamientos, derrumbes, avalanchas de rocas y/o movimientos complejos. Generalmente su composición litológica

es homogénea; son depósitos de recorrido corto relacionados a las laderas superiores adyacentes.

Su morfología es usualmente convexa y su disposición semicircular a elongada en relación a la zona de arranque o despegue del movimiento en masa, forma gran parte del sector evaluado en dirección nor oeste, se ubica bajo la Sub unidad de montaña en roca volcano – sedimentaria (figura 7).



**Figura 7.** En el caserío El Paraíso encontramos las subunidades de montaña estructural en roca volcano sedimentaria (ME-rvs) y vertiente coluvio – deluvial (V-cd).

#### **Sub unidad de vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd)**

Corresponde a las acumulaciones de ladera originadas por procesos de movimientos en masa, prehistóricos, antiguos y recientes, que pueden ser tipo deslizamiento, avalancha de rocas y/o movimientos complejos.

Generalmente su composición litológica es homogénea; con materiales inconsolidados o ligeramente consolidados, son depósitos de corto a mediano recorrido relacionados a laderas superiores de los valles.

Su morfología es usualmente convexa y su disposición semicircular a elongada en relación a la zona de arranque o despegue del movimiento en masa.

Se relacionan con rocas de diferente naturaleza litológica, ya que es posible encontrarlas comprometiendo todo tipo de rocas. Geodinámicamente se asocia a las reactivaciones en los materiales depositados por los movimientos en masa antiguos, así como por nuevos aportes de material provenientes de la actividad retrogresiva de los eventos activos.

Esta sub unidad la identificamos al noroeste en dirección de la Quebrada Quencho.

**Sub unidad de piedemonte proluvial o aluviotorrencial (P-pral)**

Generalmente tiene forma de un cono y está originado por flujo de detritos, está relacionada al movimiento complejo ubicado a lo largo de la Quebrada Quencho y al sur este sobre los depósitos de origen lagunar.

**Unidad de Depresión lacustre**

Correspondiente a terrenos ubicados en depresiones topográficas, donde se forman lagos y lagunas debido a la ausencia de un drenaje de evacuación de aguas hacia cuencas hidrográficas cercanas. Es lugar de sedimentación de suelos finos (limo arcillas), además de material orgánico animal y vegetal.

**Sub unidad de laguna temporal o seca (LST)**

Esta geoforma comprende a las zonas con cuerpos de aguas temporales, formados en depresiones naturales del terreno con pendiente suave o llana (<5°). La vegetación abundante ha formado una gruesa capa de material orgánico sobre las rocas piroclásticas y suelos arcillosos infrayacentes (figura 8).



**Figura 8.** Laguna temporal o seca ubicada al sur este del sector evaluado.  
(Coordenadas UTM WS-84 -17S, **Norte:** 9261535 – **Este:** 751884).

**4. PELIGROS GEOLÓGICOS**

Los movimientos en masa son parte de los procesos de denudación que moldean el relieve de la tierra. Su origen obedece a una gran diversidad de procesos geológicos, hidrometeorológicos, químicos y mecánicos que se dan en la corteza terrestre.

La meteorización, las lluvias, los sismos y otros eventos (incluyendo la actividad antrópica), actúan sobre las laderas desestabilizándolas y cambian el relieve a una condición más plana (Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas, PMA: GCA, 2007).

En el caserío El Paraíso se identificó un deslizamiento antiguo (mapa 4); donde además se identificaron tres flujos de detritos, de los cuales dos se encuentran hacia el sureste, presentan longitudes de recorrido de 120 m, 85 m y anchos de 28 y 21 m de ancho; el tercer flujo se encuentra sobre el escarpe principal con una longitud de 72 m y 15 m de ancho. La zona de arranque donde se originan presenta una pendiente fuerte a muy fuerte.

Los flujos de detritos son activados por lluvias continuas e intensas, el material está compuesto por bloques redondeados englobados en matriz arcillosa del deslizamiento. (figura 9 y 10).



**Figura 9.** Vista panorámica del flujo de detritos (líneas punteadas amarillas), ubicado dentro del cuerpo del deslizamiento; así mismo se observa agrietamientos (líneas punteadas rojo); sobre el escarpe del deslizamiento, nos indica un avance retrogresivo del movimiento.

(Coordenadas UTM WS-84 -17S, **Norte:** 9261496 – **Este:** 751906).



**Figura 10.** Vista panorámica de los flujos de detritos ubicados al sureste del deslizamiento.  
(Coordenadas UTM WS-84 -17S, Norte: 9261657 – Este: 752008).

### Deslizamiento en el caserío El Paraíso

El peligro geológico identificado en el caserío El Paraíso corresponde a un deslizamiento rotacional antiguo en proceso de reactivación; ubicado a 1.2 km al este de la ciudad de Chugur.

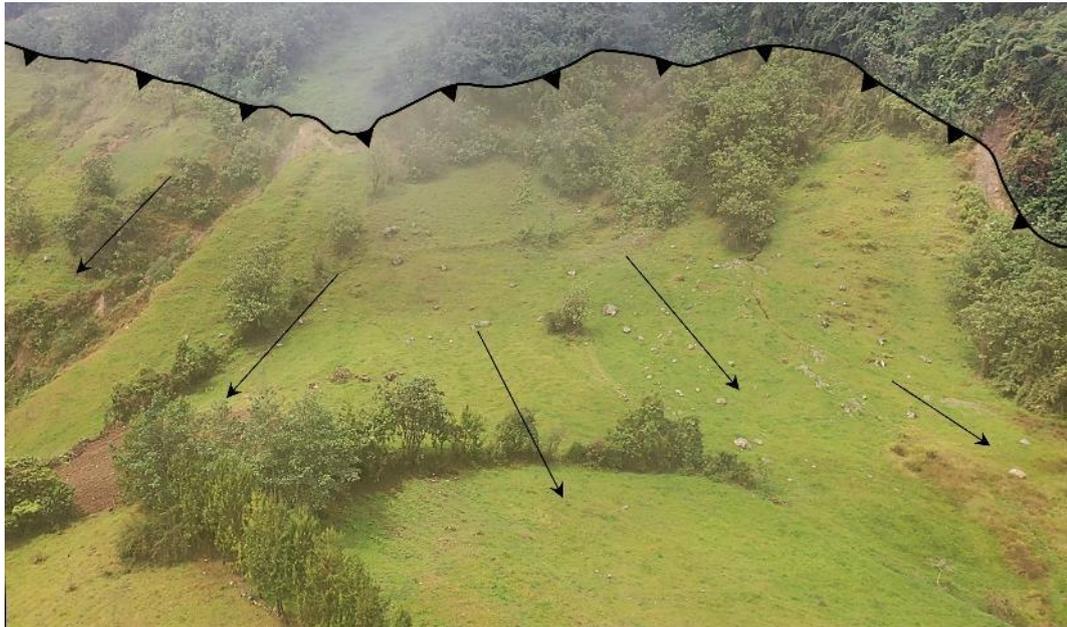
La reactivación se inició en marzo del 2022. El movimiento tuvo una dirección de este a oeste. Sobre el escarpe principal se identificó agrietamientos, esto indica que el deslizamiento presenta un avance retrogresivo.

Las características del deslizamiento reactivado:

- Estado de actividad: activo.
- Forma de la escarpa: irregular (figura 11).
- Salto principal o desplazamiento vertical: 1.5 a 2 m (figura 12).
- Longitud de la escarpa: 584m.
- Desnivel entre la escarpa principal y el pie del deslizamiento: 270 m.
- Superficie de rotura inferida: rotacional.
- Longitud del eje principal del evento: 720 m.
- Ancho del evento: 309 m.
- Área del deslizamiento: 20 has.
- Avance del deslizamiento: retrogresivo.

En el cuerpo del deslizamiento se identificó agrietamientos, actualmente ocupados por pastos y cultivos agrícolas, con longitudes hasta de 100 m, con aperturas de entre 10 y 40 cm, con desplazamiento vertical hasta de 20 cm (figuras 13 y 14).

En los terrenos que se encuentran en la masa deslizada, se identificó zonas con surgencia de agua, indicador de terrenos muy saturados (figura 15).



**Figura 11.** Vista de parte de la corona, nótese que el escarpe principal tiene forma irregular. (Coordenadas UTM WS-84 -17S, Norte: 9261657 – Este: 752008).



**Figura 12.** Salto de escarpe principal. (Coordenadas UTM WS-84 -17S, Norte: 9261468 – Este: 751753).



**Figura 13.** Agrietamientos sobre el cuerpo de deslizamiento con longitud de 45 m y 10 a 15 cm de ancho, con desplazamiento vertical de 15 cm. (Coordenadas UTM WS-84 -17S, **Norte:** 9261648 – **Este:** 751658).



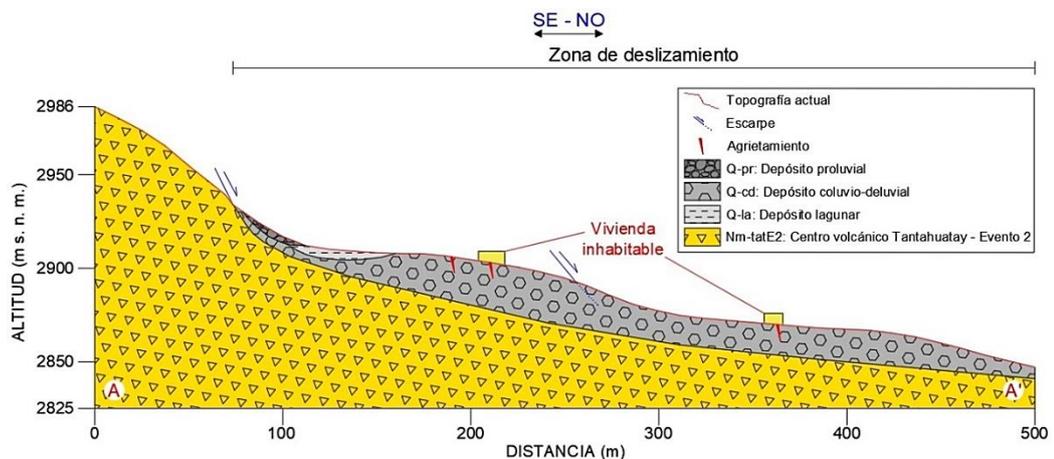
**Figura 14.** Agrietamientos en terrenos ocupados por pastos naturales, con longitudes de 4 a 15 m y ancho de 5 a 20 cm, con desplazamiento vertical de 5 a 10 cm. (Coordenadas UTM WS-84 -17S, **Norte:** 9261790– **Este:** 752075).



**Figura 15.** Surgencia de agua, nos indica que los terrenos se encuentran saturados.  
(Coordenadas UTM WS-84 -17S, Norte: 9261851 – Este: 751838).

### Análisis longitudinal del deslizamiento

Se ha tomado el Perfil A'-A'' (Mapa 4) para poder analizar la cinemática del deslizamiento (Figura 114), donde se observa el basamento de rocoso volcánico (Neógeno – Mioceno), en la parte alta, corona del deslizamiento, se aprecia que es de tipo rotacional (figura 16), este movimiento, se activa debido a la saturación de los terrenos debido a las lluvias intensas acaecidas en marzo del 2022.



**Figura 1.** Perfil longitudinal A-A' del movimiento caserío El Paraíso.

### Factores condicionantes

- Litología y naturaleza incompetente de materiales, depósitos coluvio deluvial de arcillas de alta plasticidad susceptibles a remoción en masa.
- Ladera con pendiente escarpada a muy escarpada ( $25^\circ$  a  $>45^\circ$ ) y geoformas de vertiente coluvio-deluvial, muy susceptibles a erosionarse.
- Material que permite la filtración y retención del agua, lo cual genera aumento de peso de la masa inestable.
- Terreno muy húmedo, con presencia de puquiales, que saturan el terreno.

### Factor detonante

- Intensas precipitaciones que ocurrieron el 03 de marzo.

### Daños por deslizamiento

Los reportados por las autoridades locales del distrito de Chugur y la oficina de INDECI:

Fueron afectadas 05 viviendas de adobe, las cuales presentan grietas en las paredes y en los pisos, por lo que quedaron inhabitables (figuras 17, 18 y 19).



**Figura 17.** Piso y paredes de vivienda muy agrietados. (Coordenadas UTM WS-84 -17S, **Norte:** 9261759 – **Este:** 751766).



**Figura 18.** Agrietamientos de pisos del frontis de la vivienda y colapso de pared. (Coordenadas UTM WS-84 -17S, Norte: 9261650 – Este: 751661).



**Figura 19.** Agrietamientos de pared, parte posterior de la vivienda y a una distancia de 4m en el terreno. (Coordenadas UTM WS-84 -17S, Norte: 9261880 – Este: 751811).

## CONCLUSIONES

- a. En el caserío El Paraíso se ha cartografiado un deslizamiento antiguo en proceso de reactivación, como también tres flujos de detritos, todos se desencadenaron en marzo del 2022, por lluvias intensas. Los eventos dejaron 5 viviendas inhabitables.
- b. El deslizamiento presenta grietas sobre el escarpe principal nos indica que tiene un avance retrogresivo, con probabilidad de reactivación.
- c. El deslizamiento es rotacional, el escarpe principal tiene una longitud de 584 m y un salto principal o deslizamiento vertical de 1.5 a 2 m, presenta una longitud de 720 m y un ancho de 309 m, ocupando un área de 20 hectáreas.
- d. La litología está representada por un depósito coluvio-deluvial conformado por bloques y gravas en matriz arcillosa, inconsolidados y muy susceptibles a movimientos en masa, los cuales se encuentran sobre un basamento de rocas volcánicas compuesta por cristales alterados de plagioclasas y cuarzos; además de ferromagnesianos.
- e. Las geoformas identificadas en los sectores evaluados, corresponden a sub unidad de montaña en roca volcánico-sedimentaria (M-vrs). Con pendientes de 25° a >45°, sub unidad de vertiente coluvio-deluvial (V -cd), con pendientes de 5° a 25°, subunidad de vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd), presenta pendientes de 25° a 45°.
- f. Los factores condicionantes de los movimientos en masa son:
  - Pendiente del terreno de 25° a 45°; que permite que el material inestable en la ladera se desplace cuesta abajo.
  - Depósitos coluvio deluviales conformados por bloques, en una matriz arcillosa inconsolidada, de fácil erosión.
  - El factor detonante son las lluvias intensas y continuas.
- g. Por las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas del sector evaluado, se considera como **Zona Crítica y de peligro Alto** a la ocurrencia de deslizamiento.

## RECOMENDACIONES

- a. Las autoridades locales y entidades competentes deben implementar un SAT- Sistema de Alerta Temprana, para el monitoreo y acciones de la población ante la reactivación latente en la zona, por deslizamientos.
- b. Reubicar a los pobladores afectados a un lugar seguro.
- c. Monitorear el desplazamiento del deslizamiento, por tener avance retrogresivo; este puede realizarse por un sistema visual o topográfico.
- d. Controlar y restringir el asentamiento urbano u otro tipo de instalación dentro y en el entorno del deslizamiento.
- e. Implementar un sistema de drenaje que permita la recolección de aguas superficiales, evitando su infiltración, llevándola a un sitio lejos del deslizamiento.
- f. Evitar la deforestación con la finalidad de no dejar los terrenos denudados, expuestos a erosión.
- g. En las áreas ocupadas con cultivos agrícolas, implementar técnicas de riego tecnificado, complementando con un sistema de drenaje que evite la sobresaturación de los terrenos.
- h. Realizar charlas de sensibilización y concientización sobre peligro y riesgo a las se encuentran expuestos los pobladores del caserío El Paraíso.
- i. Forestar las zonas con plantas nativas.



LUIS MIGUEL LEON ORDAZ  
Ingeniero Geólogo  
Reg. C.I.P. N° 215610

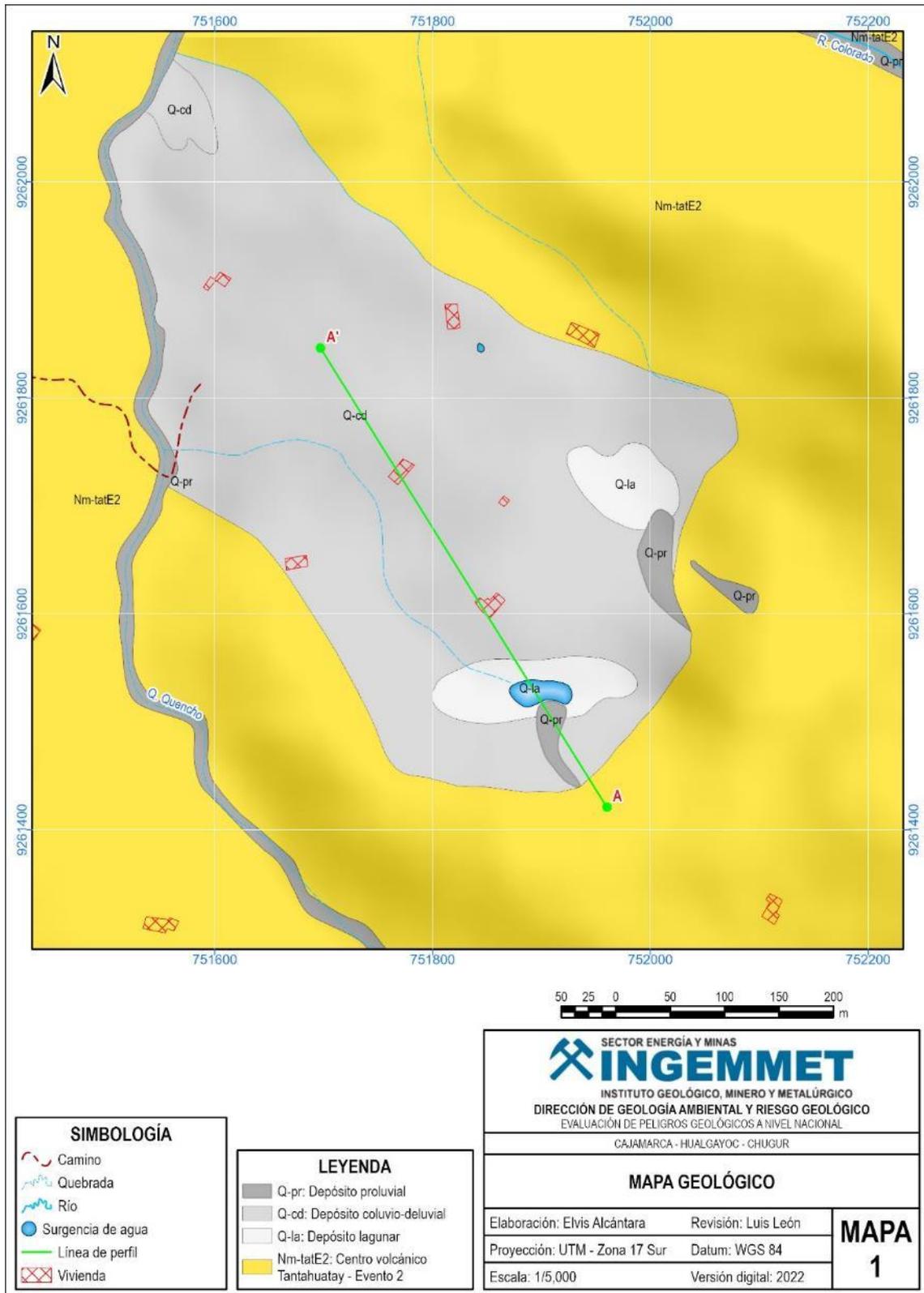


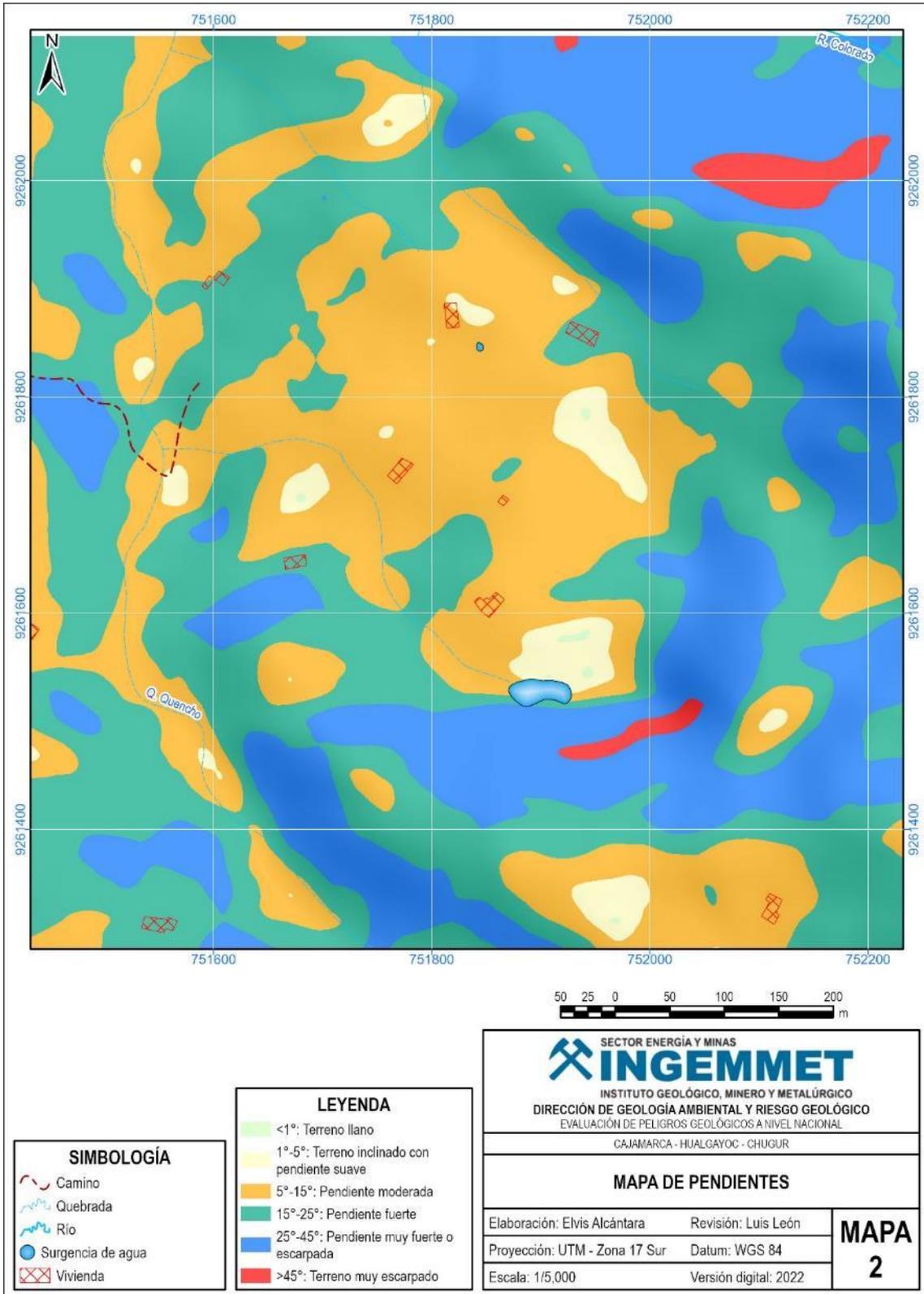
Ing. LIONEL V. FIDEL SMOLL  
Director  
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico  
INGEMMET

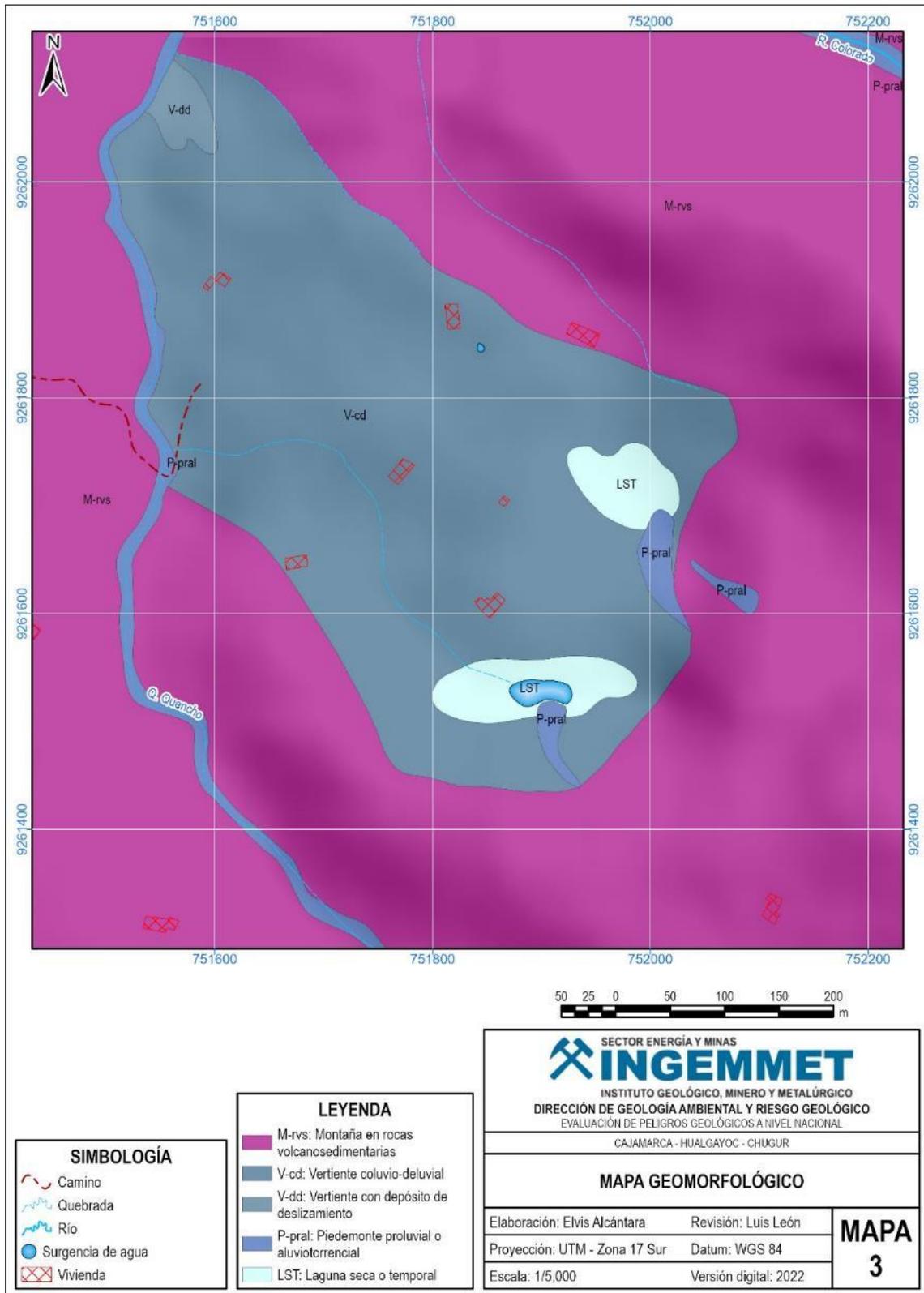
## BIBLIOGRAFÍA

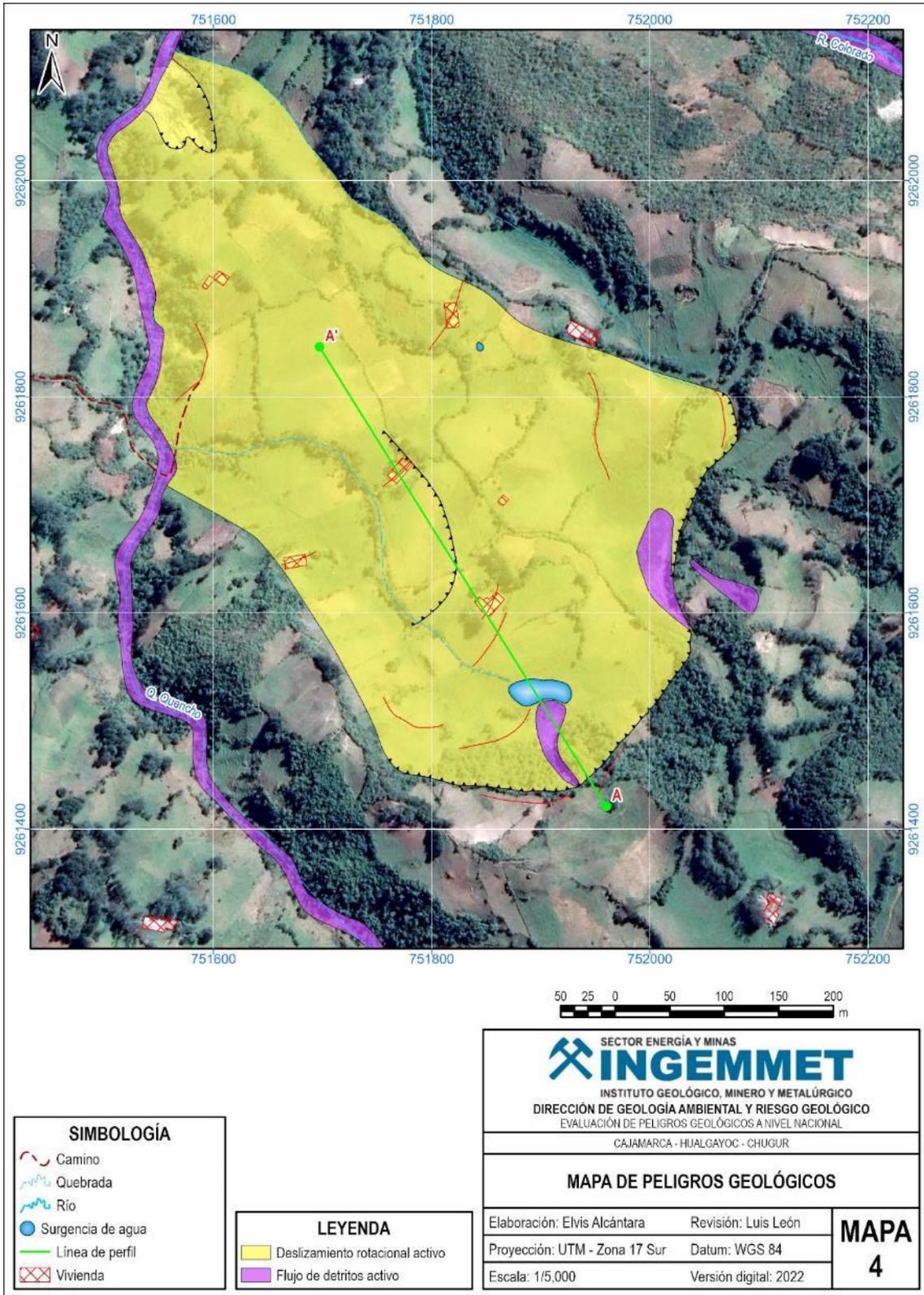
- Lucía, A.; Vicente, F.; Martín-Moreno, C.; Martín-Duque, J.F.; Sanz, M.A.; De Andrés, C.; Bodoque, J.M. (2008) - Procesos geomorfológicos activos en cárcavas del borde del piedemonte norte de la Sierra de Guadarrama (Provincia de Segovia, España). Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural (Sec. Geol.), 102: 47-69.
- Zavala, et al. (2009); Riesgo geológico en la Región Cajamarca. INGEMMET. Boletín. Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, No. 39, 205 p.
- Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas. (2007), Movimientos en Masa en la Región Andina: Una guía para la evaluación de amenazas. Servicio Nacional de Geología y Minería, Publicación Geológica Multinacional, No. 4, 432 p., 1 CD-ROM.
- Varnes, D.J. (1978) - Slope movement types and processes. En: Schuster, R.L. & Krizek, R.J., eds., Landslides, analysis, and control. Washington, DC: Transportation Research Board, National Research Council, p. 11-33, Special Report 176.
- Villota, H. (2005) - Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de tierras. 2. ed. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 210 p
- Shruthi, R.B.V.; Kerle, N.; Jetten, V. (2011) - Object-based gully feature extraction using high spatial resolution imagery. Geomorphology 2011,134, 260–268.
- Wilson, J, (1984). Boletín N°44, serie C Geología de los cuadrángulos de Jayanca (13-d), Incahuasi (13-e), Cutervo (13-f), Chiclayo (14-d), Chongoyape (14-e), Chota (14-f), Celendín (14-g), Pacasmayo (15-d) y Chepén (15-e).

**ANEXO 1. MAPAS**







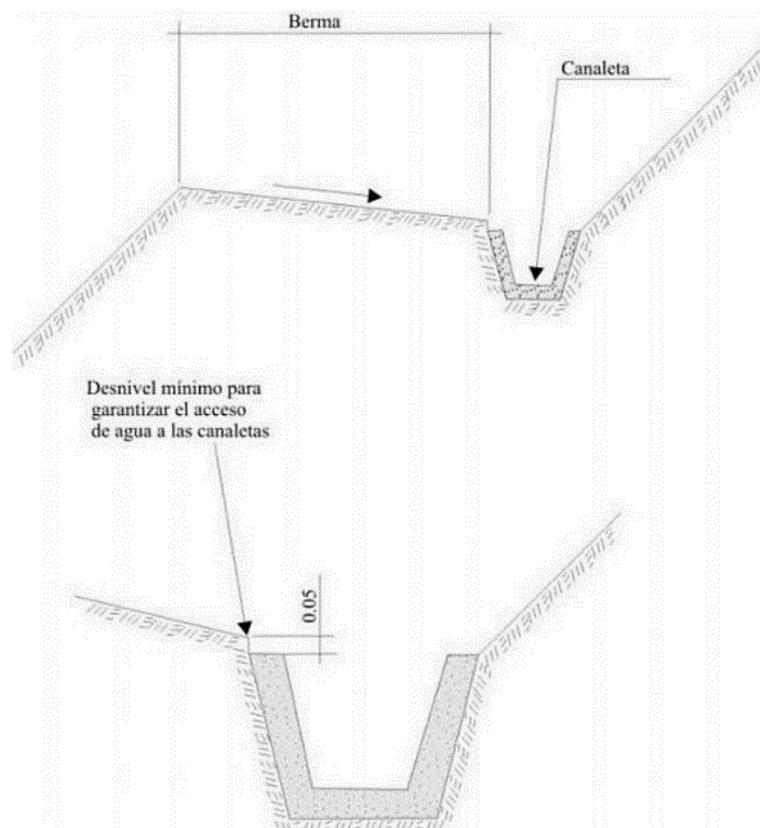


## ANEXO 2. MEDIDAS CORRECTIVAS

En el sector evaluado 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 (Suarez, 1998). Las medidas de drenaje recomendadas son:

### a. Drenaje Superficial

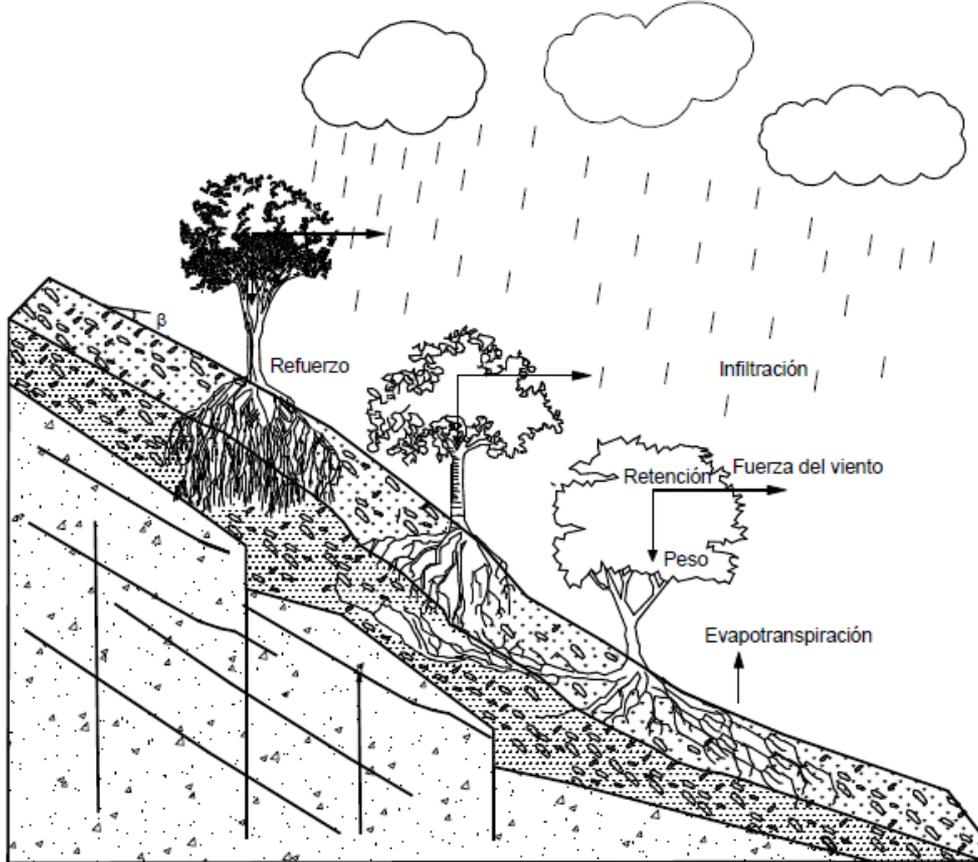
Las zanjas construidas permiten la recolección de aguas superficiales, captan la escorrentía tanto de la ladera, como de la cuenca de drenaje arriba del talud y desvía el agua a las quebradas adyacentes al cuerpo de deslizamiento, evitando su infiltración, captando el agua de escorrentía, llevándola a un sitio lejos del deslizamiento. Éstas deben ser construidas en la parte superior al escarpe principal del deslizamiento (figura A1). 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 A1.** 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, (figura A2). reduciendo en esta forma la probabilidad de deslizamientos poco profundos (Suárez Díaz, 2007).



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