

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7531

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR DESLIZAMIENTO EN EL CASERÍO LAS IGLESIAS

Departamento: Cajamarca

Provincia: Jaén

Distrito: Colasay



SETIEMBRE
2024

**EVALUACIÓN DE PELIGRO GEOLÓGICO POR DESLIZAMIENTO EN EL
CASERÍO LAS IGLESIAS**

Distrito Colasay

Provincia Jaén

Departamento Cajamarca

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

Equipo de investigación:

Luis Miguel León Ordáz

Elvis Rubén Alcántara Quispe

Referencia bibliográfica

León, L. (2024). Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico. Evaluación de peligro geológico por deslizamiento en el caserío Las Iglesias, distrito Colasay, provincia Jaén, departamento Cajamarca. Lima: Ingemmet, Informe Técnico N° A7531, 32 p.

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.....	6
3. ASPECTOS GEOLÓGICOS.....	9
3.1 Unidades litoestratigráficas	9
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	11
4.1 Modelo digital de elevaciones.....	11
4.2 Pendiente del terreno	12
4.3 Unidades Geomorfológicas	13
4.3.1 Unidades de carácter tectónico degradacional y erosional.....	13
4.3.2 Unidades de carácter deposicional y agradacional	14
5. PELIGROS GEOLÓGICOS	15
CONCLUSIONES	21
RECOMENDACIONES	22
BIBLIOGRAFÍA.....	23
ANEXO 1. MAPAS	24
ANEXO 2. MEDIDAS CORRECTIVAS.....	28

RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa, realizado en el Caserío Las Iglesias, distrito Colasay, provincia Jaén, 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 coluvio-deluviales conformados por bloques (20%) y gravas (45%), de formas subangulosos y subredondeados, en matriz arcillo limosa (35%), inconsolidados, características que facilitan la infiltración de agua de escorrentía e incrementan la saturación del terreno, facilitando la generación de deslizamientos.

Como basamento, tenemos rocas calizas de la Formación Chúlec y Celendín, las cuales se encuentran moderadamente meteorizadas y muy fracturadas.

Geomorfológicamente se tiene las sub unidades de montañas en roca sedimentaria (M-rs), vertientes con depósito de deslizamiento (V-dd).

Los factores condicionantes de los movimientos en masa son: a) pendiente del terreno entre 15° a 25°; b) depósitos coluvio deluviales conformados por bloques y gravas, en matriz arcillo limosa inconsolidada; como factor detonante son las lluvias intensas acaecidas en marzo del 2022.

El peligro identificado en el caserío Las Iglesias corresponde a un deslizamiento de tipo rotacional, con una extensión de 4.07 hectáreas, presenta una corona con una longitud de 251 m y un salto entre 1 m a 2.5 m. Su avance es de tipo progresivo, en el cuerpo se presentan grietas de formas longitudinales, con longitudes hasta de 86 m.

El evento afectó cinco viviendas y 3 hectáreas de terrenos ocupados con pasto para ganadería y terrenos de cultivo.

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 o por sismos de fuerte intensidad.

Finalmente se brindan las recomendaciones que se consideran importantes que las autoridades competentes y tomadores de decisiones pongan en práctica en el área evaluada, siendo la principal la reubicación de los pobladores afectados 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), el “Servicio de Asistencia Técnica en la Evaluación de Peligros Geológicos a Nivel Nacional (ACT. 11)”, con este trabajo cumple con una de sus funciones que consiste en brindar asistencia técnica en peligros geológicos para los tres niveles de gobierno.

Atendiendo la solicitud remitida por la Municipalidad Distrital de Colasay, mediante OFICIO N° 142-2022-MDC/A, es en el marco de nuestras competencias que se realiza una evaluación de peligros geológicos por movimientos en masas en el caserío Las Iglesias.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designó a los Ingenieros Luis León Ordáz y Elvis Alcántara Quispe para realizar la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa que afectan el caserío Las Iglesias; los trabajos de campo se realizaron el día miércoles 24 de agosto del 2022.

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

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

1.1 Objetivos del estudio

El presente trabajo tiene como objetivos:

- a) Identificar, tipificar y caracterizar el movimiento en masa que presenta el caserío Las Iglesias, distrito Colasay, provincia Jaén 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 ha recopilado los informes y reportes que abarquen aspectos geodinámicos de la zona de estudio, los cuales se mencionan a continuación:

- Geología del Cuadrángulo de Jaén, (Sánchez, et al. 1996). Según la geología descrita a escala 1:50 000, el sector evaluado está conformado por las unidades geológicas de origen sedimentario clásticas del Cretácico inferior sedimentarias carbonatadas del Cretácico inferior, Formación Chúlec (Ki-chu); del superior, Formación Celendín (Ks-ce) y depósitos del Cuaternario, depósitos coluvio deluviales (Q-cd).
- Informe Técnico, Zonas Críticas por Peligros Geológicos y Geohidrológicos en la Región Cajamarca, Primer Reporte (Zavala & Barrantes, 2007), identificando en la provincia de Jaén 24 zonas críticas, encontrando procesos de movimientos en masa como: deslizamientos, flujos de detritos, erosión de laderas y derrumbes.

1.3 Aspectos generales

1.3.1 Ubicación

El Caserío Las Iglesias, del distrito Colasay, provincia Jaén 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 Las Iglesias.

N°	UTM – WGS 84 - ZONA 17S		COORDENADAS DECIMALES	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	734488	9336651	-5.997208°	-78.881672°
2	734572	9336332	-6.000089°	-78.880902°
3	734070	9336225	-6.001074°	-78.885431°
4	733985	9336595	-5.997732°	-78.886212°
COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL				
C	734240	9336435	-5.999169°	-78.883904°

1.3.2 Accesibilidad

Se accede por vía terrestre desde Cajamarca hacia el caserío Las Iglesias, 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 - Jaén	Asfaltada y sin Asfaltar	324	8 horas
Jaén – Las Iglesias	Asfaltada y sin Asfaltar	50	1 hora 15 minutos

1.3.3 Población

De acuerdo a la información censal más reciente (INEI, 2017), en el caserío Las Iglesias tiene una población de 57 habitantes, distribuidos en 20 viviendas, con energía eléctrica.

Cuadro 3. Características del caserío Las Iglesias. Fuente: INEI - 2017.

Descripción	Las Iglesias – INEI
Código de Ubigeo y Centro Poblado	0608040086
Longitud	-78.884083
Latitud	-6.000388
Altitud	1245
Población	57
Hombre	24
Mujer	33
Vivienda	20
Agua Por Red Publica	no
Energía eléctrica en la vivienda	si
Desagüe por red publica	no
Institución Educativa Inicial	si
Institución Educativa Primaria	N° 17579
Institución Educativa Secundaria	no
Establecimiento de salud	no
Idioma o Lengua hablada con mayor frecuencia	Castellano

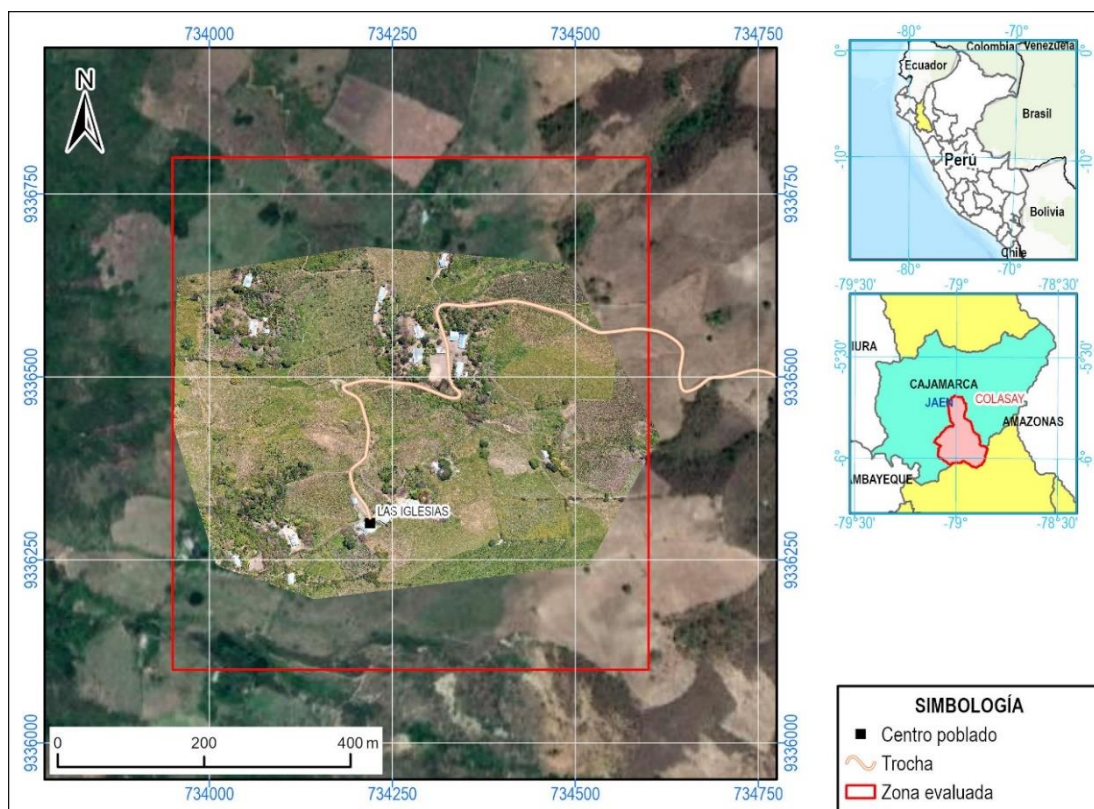


Figura 1. Ubicación caserío Las Iglesias.

1.3.4 Clima

El clima en el distrito de Colasay de acuerdo a la clasificación climática de Thornthwaite (SENAMHI, 2020), es lluvioso con humedad abundante todas las estaciones del año, Templado. B (r) B'.

El tiempo de esta región está determinado por el Anticiclón del Atlántico Sur, la Baja Amazónica, Jet de bajos niveles al este de los Andes, por la Zona de Convergencia intertropical (en el norte del país) y la Zona de convergencia del Atlántico Sur. En el invierno, los friajes afectan indirectamente a esta región principalmente con precipitaciones, las cuales pueden llegar a ser intensas.

Esta región presenta durante el año, en promedio, temperaturas máximas de 25°C a 29°C de y temperaturas mínimas de 11°C a 17°C. Los acumulados anuales de lluvias en esta zona puede variar desde los 1200 mm hasta los 3000 mm aproximadamente.

Como referencia tomamos los datos de temperatura y precipitaciones de la estación Choros, por ser la más cercana al caserío Las Iglesias (figuras 2 y 3).

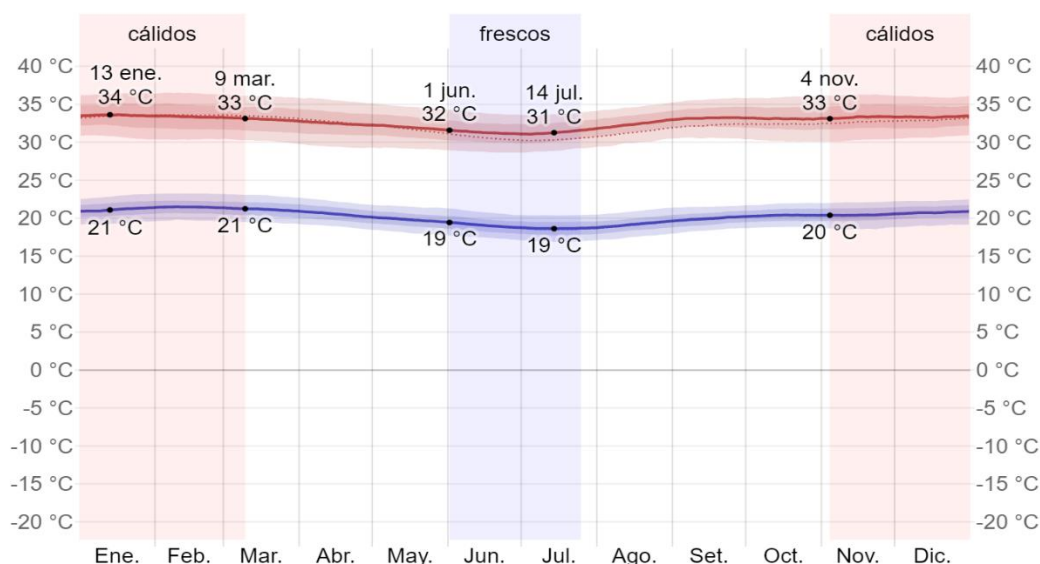


Figura 2. Temperaturas máximas (línea roja) y mínimas diarias (línea azul), promedio diario, para el distrito de Choros. Fuente: Weather Spark, 2021.

La temporada de lluvia dura 7.9 meses, del 22 de setiembre al 19 de mayo, con un intervalo móvil de 31 días de lluvia de por lo menos 13 milímetros. El mes con más lluvia en Choros es marzo, con un promedio de 50 milímetros de lluvia.

El periodo del año sin lluvia dura 4.1 meses, del 19 de mayo al 22 de setiembre. El mes con menos lluvia en Choros es Julio, con un promedio de 2 milímetros de lluvia.

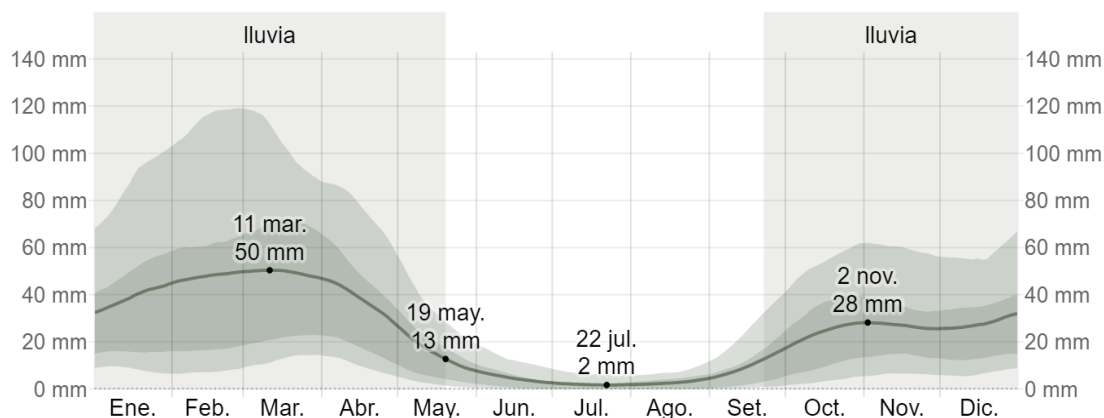


Figura 3. Precipitación promedio anual 2021. Fuente: Weather Spark, 2021.

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.

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

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

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

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

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

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

Lutita: Roca sedimentaria de grano muy fino, de textura pelítica, es decir integrada por detritos clásticos constituidos por partículas de tamaños de la arcilla y del limo.

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. ASPECTOS GEOLÓGICOS

El análisis se desarrolló en base al Boletín N°62, Serie A, Carta Geológica Nacional: "Geología del cuadrángulo de Jaén (12-f), (Sánchez et al, 1996); 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. Formación Chúlec (Ki-chu)

Constituida por margas gris claro y calizas grises, que meteorizan a colores grises a cremas, tiene un alto contenido de ammonites, bivalvos, gasterópodos, equinoideos, etc. En el sector evaluado se encuentra hacia el oeste y como basamento de los depósitos coluvio - deluviales. Esta roca se encuentra altamente meteorizada y muy fracturada.

b. Formación Celendín (Ks-ce)

Abundan las margas y limoarcillitas grises que meteorizan a colores cremas amarillentas, también existen algunos niveles de calizas nodulosas en estratos delgados. En esta unidad abundan los ammonites, bivalvos, gasterópodos, equinodermos, briozoarios, foraminíferos, en el sector evaluado se encuentra hacia el este. Esta roca se encuentra moderadamente meteorizada y muy fracturada.

c. 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 (50%) y bloques (20%) angulosos y subredondeados, dentro de una matriz arcillo – limosa (30%), estos depósitos se encuentran sobre un basamento de origen calcáreo (fotografía 1).



Fotografía 1. Deposito coluvio deluvial, compuestos por gravas y bloques subangulosos y subredondeados, dentro de una matriz arcillo – limosa. (Coordenadas UTM WS-84 -17S, **Norte:** 9336517 – **Este:** 734300).

Ficha descriptiva N° 1 - Fotografía 1

DESCRIPCIÓN DE FORMACIONES SUPERFICIALES

TIPO DE FORMACIÓN SUPERFICIAL	<input type="checkbox"/> Eluvial	<input type="checkbox"/> Lacustre
	<input checked="" type="checkbox"/> Deluvial	<input type="checkbox"/> Marino
	<input checked="" type="checkbox"/> Coluvial	<input type="checkbox"/> Eólico
	<input type="checkbox"/> Aluvial	<input type="checkbox"/> Orgánico
	<input type="checkbox"/> Fluvial	<input type="checkbox"/> Artificial
	<input type="checkbox"/> Proluvial	<input type="checkbox"/> Litoral
	<input type="checkbox"/> Glaciar	<input type="checkbox"/> Fluvio glaciar

GRANULOMETRÍA

%	
<input type="text" value="20"/>	Bolos
<input type="text"/>	Cantos
<input type="text" value="50"/>	Gravas
<input type="text"/>	Gránulos
<input type="text"/>	Arenas
<input type="text" value="10"/>	Limos
<input type="text" value="20"/>	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
--

TEXTURA

<input checked="" type="checkbox"/> Harinoso
--

CONTENIDO DE

<input type="checkbox"/> Materia Orgánica

%

LITOLOGÍA

<input type="checkbox"/> Intrusivos

<input type="checkbox"/> Estratificada	<input type="checkbox"/> Arenoso	<input type="checkbox"/> Carbonatos	<input type="checkbox"/> Volcánicos
<input type="checkbox"/> Lenticular	<input type="checkbox"/> Aspero	<input type="checkbox"/> Sulfatos	<input type="checkbox"/> Metamórficos
			<input checked="" type="checkbox"/> 100 Sedimentarios

COMPACIDAD

SUELOS FINOS

Limos y Arcillas

Blanda
 Compacta
 Dura

Arenas

Suelta
 Densa
 Muy Densa

SUELOS GRUESOS

Gravas

Suelta
 Med. Consolidada
 Consolidada
 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
<input type="checkbox"/> SM	<input type="checkbox"/> SC

SUELOS FINOS

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

4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

Además de la cartografía regional de geomorfología, a escala 1:250 000 del boletín riesgos geológicos de la región Cajamarca, se utiliza imágenes y modelos digitales de elevación detallados, obtenidos de levantamientos fotogramétricos con dron, lo cual permitirá estudiar el relieve, pendientes y demás características; con el fin de describir subunidades a detalle (escala 1:50 000).

4.1 Modelo digital de elevaciones

El sector evaluado comprende cotas que van desde los 1147 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, la zona donde se identificó el deslizamiento está entre 1170 m s.n.m. hasta los 1270 m s.n.m. (figura 5).

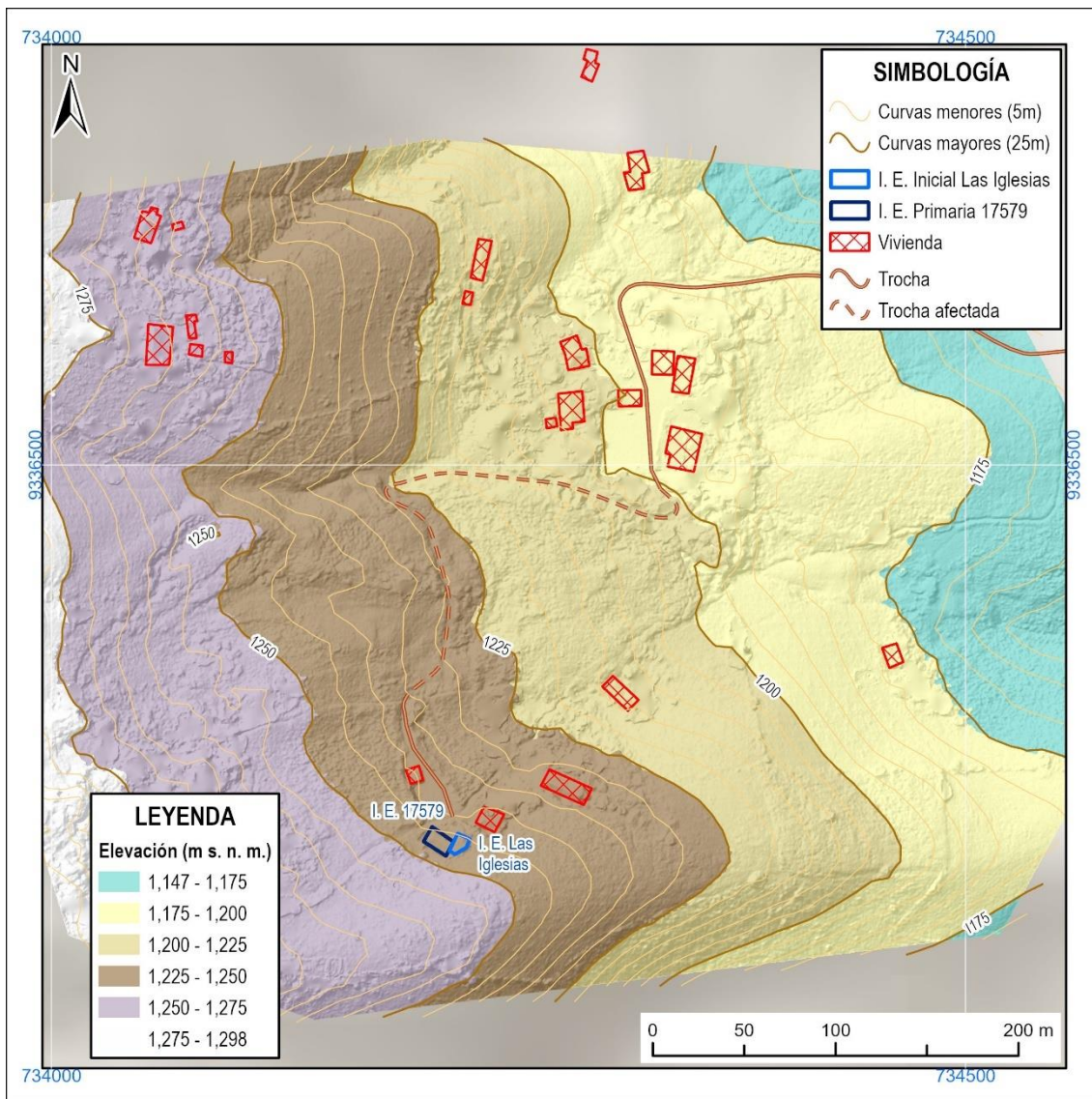


Figura 4. Modelo digital de elevaciones, caserío Las Iglesias.

4.2 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° a 15°) a fuerte (>30°), 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 5, se aprecia la pendiente variable del terreno (mapa 2), de suave (1° a 5°) asciende a la parte superior, en dirección oeste, a moderada (5° a 15°) y fuerte (15° a 25°).



Figura 5. Terrenos con pendiente moderada de 5° a 15°.

4.3 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.

4.3.1 Unidades 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 sedimentaria (M-rs)

Corresponden a relieves formados por afloramientos de roca sedimentaria, de tipo conglomerados, areniscas, lutitas, lodolitas, calizas y cuarcitas afectadas por procesos tectónicos y erosivos, de edad Cretácica. Presentan laderas con pendientes moderadas a fuertes (figura 6).

4.3.2 Unidades de carácter deposicional y agradacional

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 Vertientes

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 con depósito de deslizamiento (V-dd)

Corresponde a las acumulaciones de ladera originadas por procesos de movimientos en masa recientes, tipo deslizamiento, el cual comprende materiales inconsolidados, en donde encontramos fragmentos de rocas de origen calcáreo.

Forma gran parte del sector evaluado en dirección oeste hacia el este, se ubica dentro de la sub unidad de montaña en roca sedimentaria.



Figura 6. En el caserío Las Iglesias se puede apreciar las geoformas de montaña en rocas sedimentarias (M-rs) y vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd).

5. 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).

Deslizamiento en el caserío Las Iglesias

A través de las imágenes satelitales, fotografías aéreas tomadas con el dron y el reconocimiento en campo, se identificó un deslizamiento ocurrido en mayo del 2022. La dirección del movimiento es de oeste a este.

A continuación, se describen las características del movimiento:

- Estado de actividad: activo.
- Forma de la escarpa: irregular.
- Longitud de la escarpa: 251 m.
- Desnivel entre la escarpa principal y el pie del deslizamiento: 110 m.
- Superficie de rotura: rotacional.
- Salto principal: 1 a 2.5 m.
- Longitud del eje principal del evento: 515 m.
- Ancho del evento: 127 m.
- Área del deslizamiento: 4.07 ha.
- Avance del deslizamiento: progresivo.

En el cuerpo del deslizamiento se identificó tres escarpes secundarios, con longitudes de 110 m, 69 m y 49 m, con saltos verticales de 0.80 m a 2.10 m (figura 7).

El cuerpo del deslizamiento, compuesto por depósitos coluvio – deluviales, ocupados por cultivos agrícolas, en donde se identificó agrietamientos con longitudes desde los 17 m a 86 m (figuras 8 y 9), y ancho de 30 cm, estos agrietamientos también fueron identificados fuera del cuerpo del deslizamiento en su margen izquierda, afectando las viviendas ubicadas en dirección norte del evento, así mismo la el evento se desarrolla sobre una pendiente de moderada (5° - 15°) a fuerte (15° - 25°).

En el escarpe principal se puede observar que el material está compuesto por depósitos coluvio – deluviales, compuestos por bloques y gravas en una matriz arcillo limosa, los cuales se encuentran bajo una capa de suelo orgánico color marrón oscuro, con espesor de 0.20 cm a 0.30 cm.



Figura 7. Vista del escarpe principal, altura de 2.10 m.
(Coordenadas UTM WS-84 -17S, **Norte:** 9336472– **Este:** 734077).



Figura 8. Agrietamiento de 20 m de longitud y ancho promedio de 15 cm.
(Coordenadas UTM WS-84 -17S, **Norte:** 9336398 – **Este:** 734178).



Figura 9. Se observa un agrietamiento fuera del cuerpo de deslizamiento con longitud de 86 m y un ancho variable de 5 cm. a 15 cm, con desplazamiento vertical hasta de 20 cm.
 (Coordenadas UTM WS-84 -17S, **Norte:** 9336582– **Este:** 734264).

Análisis longitudinal del deslizamiento

Se ha tomado el perfil A-A'' (Mapa 4), para poder analizar la cinemática del deslizamiento (Figura 10), donde se observa el basamento de rocas de origen sedimentario de las Formaciones Chúlec y Celendín, en la parte alta, corona del deslizamiento, se aprecia que es de tipo rotacional, este movimiento, se activa debido a la saturación de los terrenos debido a las lluvias intensas acaecidas en el mes de marzo del 2022.

Fuera del cuerpo deslizado se elaboró el perfil B'- B' (figura 11), en el que se observa un agrietamiento de 86 m de longitud, con un ancho de 5 cm hasta 15 cm y desplazamiento vertical de 20 cm, si el movimiento se amplía podría afectar la trocha y las viviendas ubicadas en la parte baja.

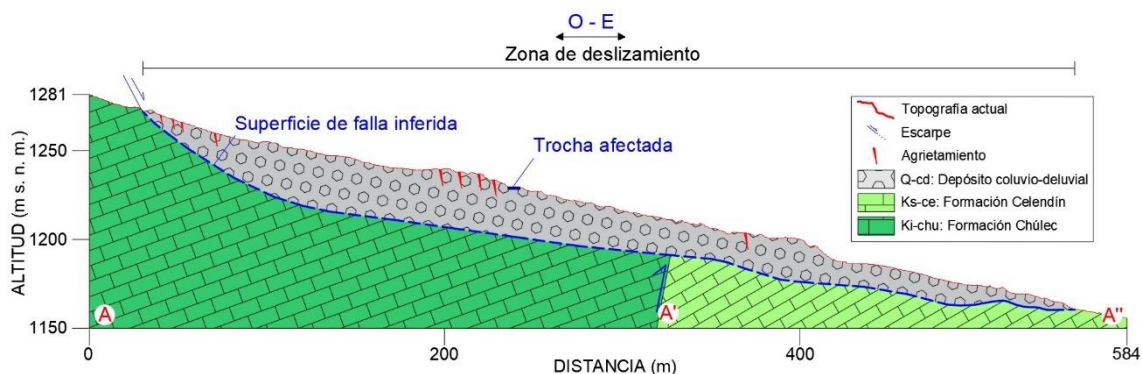


Figura 10. Perfil longitudinal A-A'' del movimiento caserío Las Iglesias.

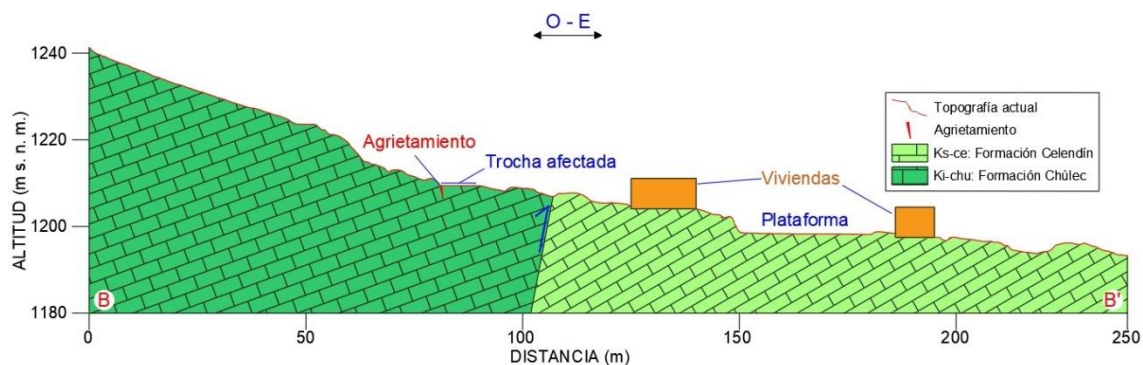


Figura 10. Perfil longitudinal B-B', margen izquierda (fuera del cuerpo deslizado).

Factores condicionantes

- Litología y naturaleza incompetente de materiales, depósitos coluvio deluviales, conformados por bloques y gravas envueltos en una matriz arcillo limosa, no consolidados, lo que permite la filtración y retención de agua, esto origina el aumento de peso de la masa inestable.
- Ladera con pendiente fuerte (15° a 25°), que permite que el material inestable en la ladera se desplace cuesta abajo.

Factor detonante

- Lluvias intensas y persistentes como las ocurridas en el mes de marzo 2022.
- Los sismos de fuerte intensidad pueden desencadenar el deslizamiento.

Daños por deslizamiento

A continuación, se describen los daños identificados en el caserío Las Iglesias:

Fueron afectadas cinco viviendas (figura 11 y 12), accesos a instituciones educativas y 3.5 hectáreas de terrenos de cultivo y pastoreo. (figura 13).



Figura 11. Material transportado por el deslizamiento, origina empuje en vivienda, causando agrietamiento de paredes.
(Coordenadas UTM WS-84 -17S, **Norte:** 9336381 – **Este:** 734303).



Figura 12. Agrietamiento en el piso de 3 m de largo y 10 cm de ancho.
(Coordenadas UTM WS-84 -17S, **Norte:** 9336553 – **Este:** 734345).



Figura 13. Agrietamientos en el cuerpo del deslizamiento, con longitudes de 5 a 15 m y apertura entre 10 y 20 cm.

(Coordenadas UTM WS-84 -17S, Norte: 9336439 – Este: 734174).

CONCLUSIONES

- a. En el caserío Las Iglesias se ha identificado un deslizamiento, que se originó en mayo del 2022, detonado por lluvias intensas, afectando cinco viviendas, y terrenos de cultivo.
- b. La litología está representada por un depósito coluvio-deluvial conformado por bloques (20%) y gravas en (50%) una matriz arcillo limosa (30%), inconsolidados y muy susceptibles a movimientos en masa, los cuales se encuentran sobre un basamento de rocas de origen sedimentario (calizas) fallado.
- c. Las unidades de relieve identificadas en los sectores evaluados, corresponden a una sub unidad de montaña en roca sedimentaria (M-rs), con pendientes de 15° a 25°, y una sub unidad de vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd), con pendientes de 5° a 15°.
- d. Los factores condicionantes de los movimientos en masa son:
 - Pendiente del terreno de 15° a 25°; que permite que el material inestable en la ladera se desplace cuesta abajo.
 - Depósitos coluvio deluviales conformados por bloques y gravas en una matriz arcillo limosa inconsolidada, de fácil erosión.
 - El material del depósito permite la retención de agua, por lo tanto, un aumento de la masa inestable.
 - El factor detonante son las lluvias intensas y continuas acaecidas en el mes de marzo del 2022.
- e. El deslizamiento que ocurrió en el caserío Las Iglesias, es de tipo rotacional, presenta una corona con longitud de 251 m, en el cuerpo del deslizamiento se presentan agrietamientos del terreno que van de 17 m a 86 m, con profundidades visibles hasta de 0.80 m.
- f. Por los agrietamientos que se encuentran en la parte posterior del escarpe principal, indica que el evento tiene un avance de tipo retrogresivo.
- g. El deslizamiento afectó una vivienda ubicada en la margen derecha, agrietando el piso y las paredes; así como acumulación de material transportado por el movimiento.
- h. Por las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas del sector evaluado, se considera como **Zona Crítica de peligro Alto** a la ocurrencia de deslizamiento.

RECOMENDACIONES

- a. Reubicar las viviendas afectadas y las que se encuentran bajo la influencia de los nuevos agrietamientos que se encuentran en la parte superior (margen izquierda, fuera del cuerpo deslizado).
- b. Restringir el asentamiento urbano u otro tipo de instalación dentro y en el entorno de las zonas con movimientos en masa.
- c. Construir zanjas de coronación (revestidas con un material impermeable), en la parte posterior al escarpe principal, evitando en ingreso de aguas de escorrentía hacia el cuerpo del deslizamiento.
- d. Implementar un sistema de drenaje que permita la recolección de aguas superficiales, evitando su infiltración, llevándola fuera de la influencia de la zona del deslizamiento.
- e. Realizar prácticas de reforestación con especies nativas.
- f. 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.
- g. Realizar charlas de sensibilización y concientización sobre peligro y riesgo a las se encuentran expuestos los pobladores del caserío Las Iglesias.

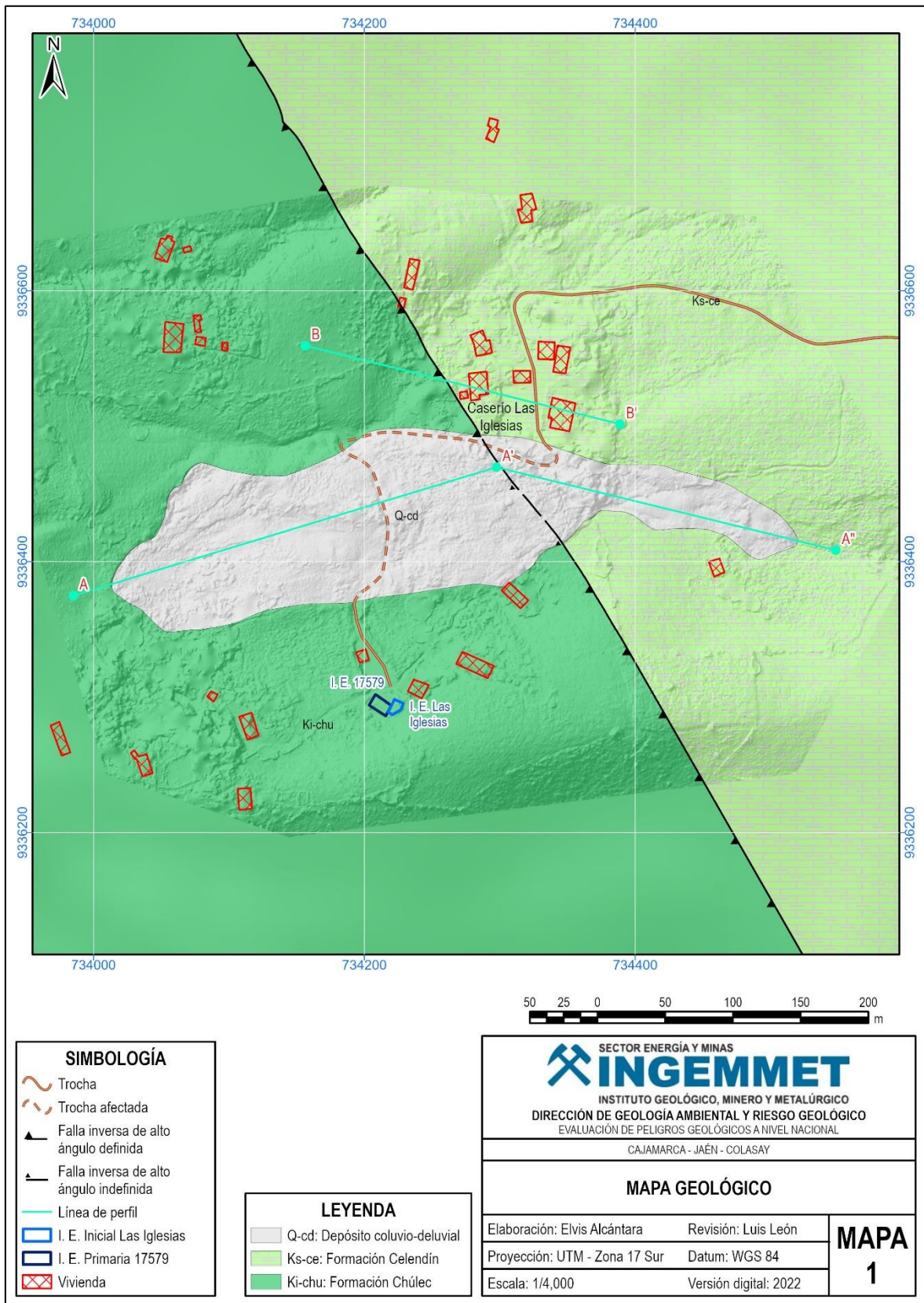

LUIS MIGUEL LEON ORDAZ
Ingeniero Geólogo
Reg. CIP. N° 215610

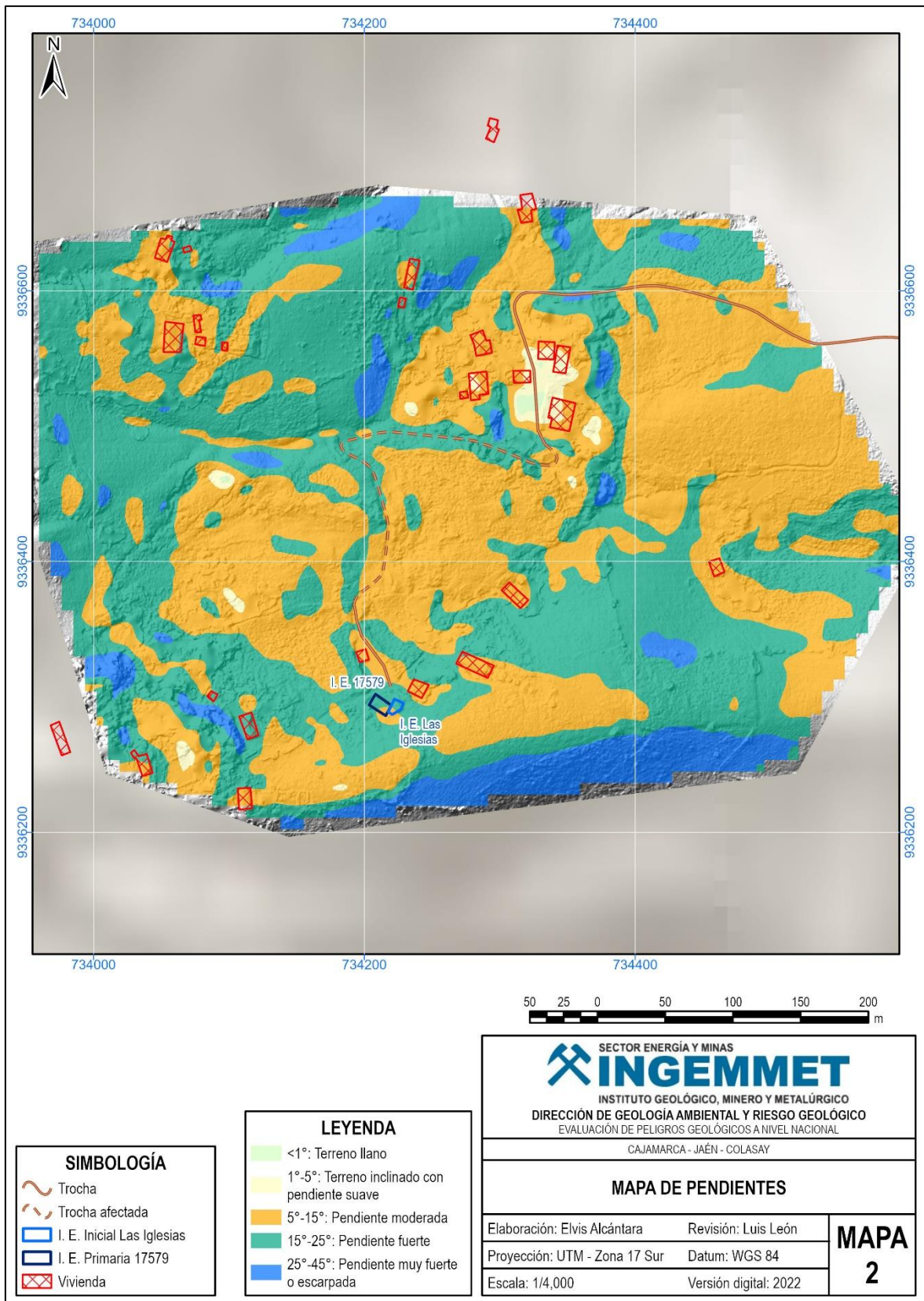

Ing. GILBERTO ZAVALA CARRIÓN
Director (e)
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico
INGEMMET

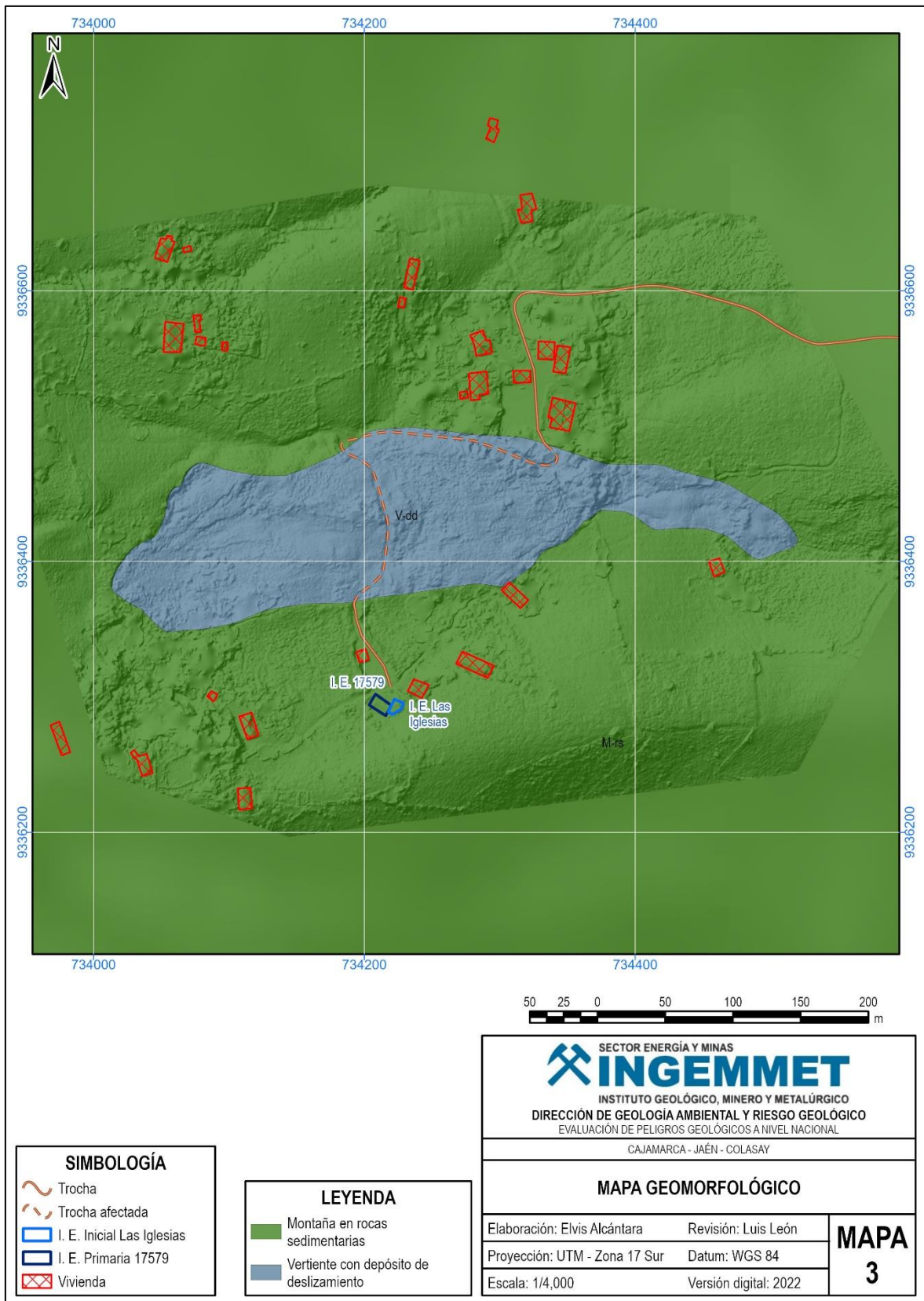
BIBLIOGRAFÍA

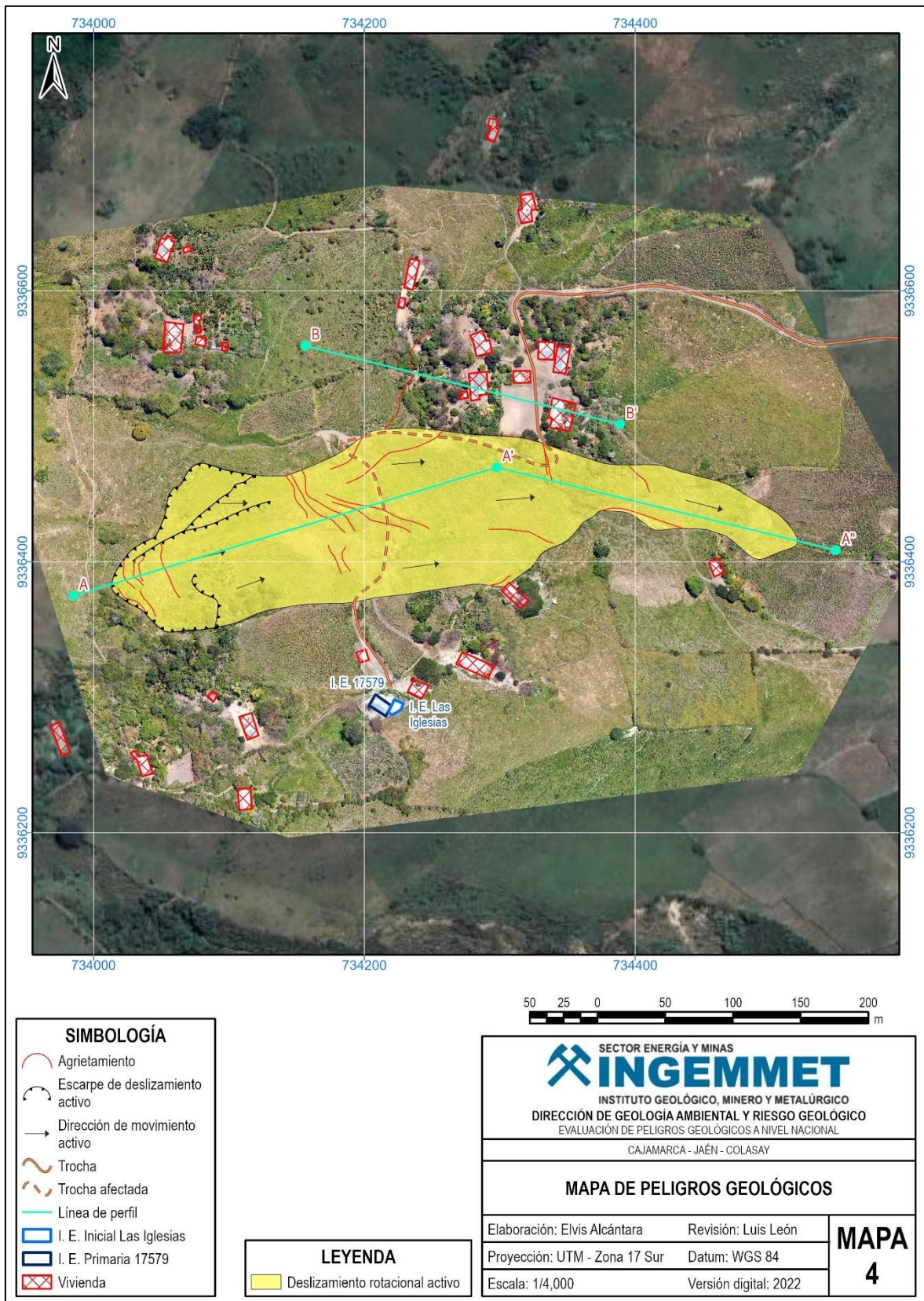
- Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas. (2007), Movimientos en Masa en la Región Andina: Una guía para la evaluación de amenazas. Servicio Nacional de Geología y Minería, Publicación Geológica Multinacional, No. 4, 432 p., 1 CD-ROM.
- Varnes, D.J. (1978) - Slope movement 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
- Sánchez, A.; Dávila, D. & De La Cruz, N. (1996) - Geología del Cuadrángulo de Jaén, hoja: 12-f. INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional, 62, 110 p.
- Senamhi. (2020). Climas del Perú - Mapa de Clasificación Climática Nacional. <https://www.senamhi.gob.pe/?p=mapa-climatico-del-peru>.
- Suárez Díaz, J. (1998). Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales (Ltda, Ed.; 1a ed.). Publicaciones UIS.
- Suárez Díaz, J. (2007). Deslizamientos - Técnicas de Remediación (1a ed.). Erosion.com.
- Zavala, et al. (2009); Riesgo geológico en la Región Cajamarca. INGEMMET. Boletín. Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, No. 39, 205 p.

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.

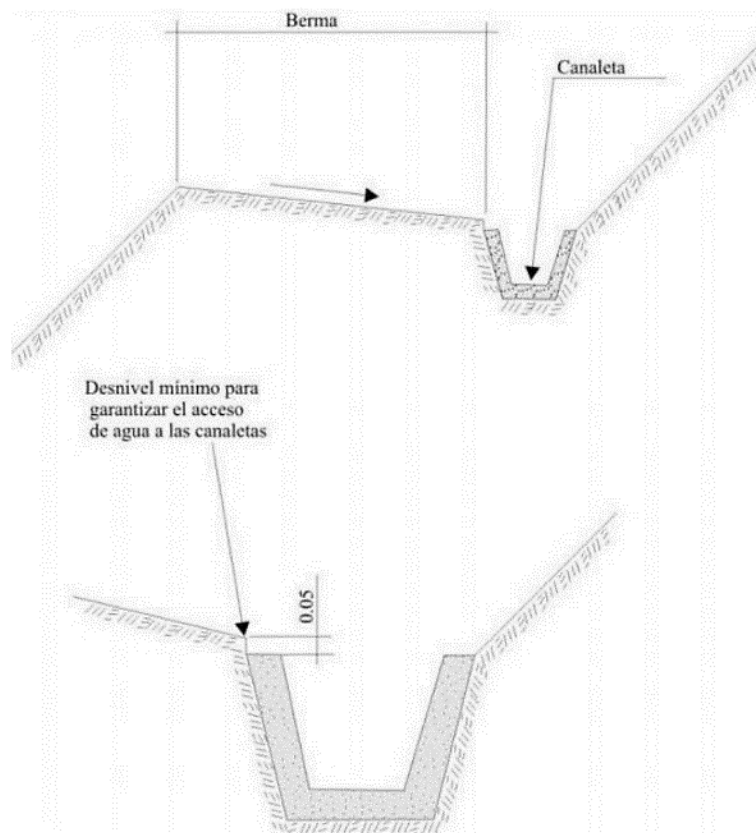


Figura A1. Detalle una canaleta de drenaje superficial (zanjas de coronación). Tomado de INGEMMET (2000).

b. Revegetación y bioingeniería

Los árboles y arbustos de raíz profunda le 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).

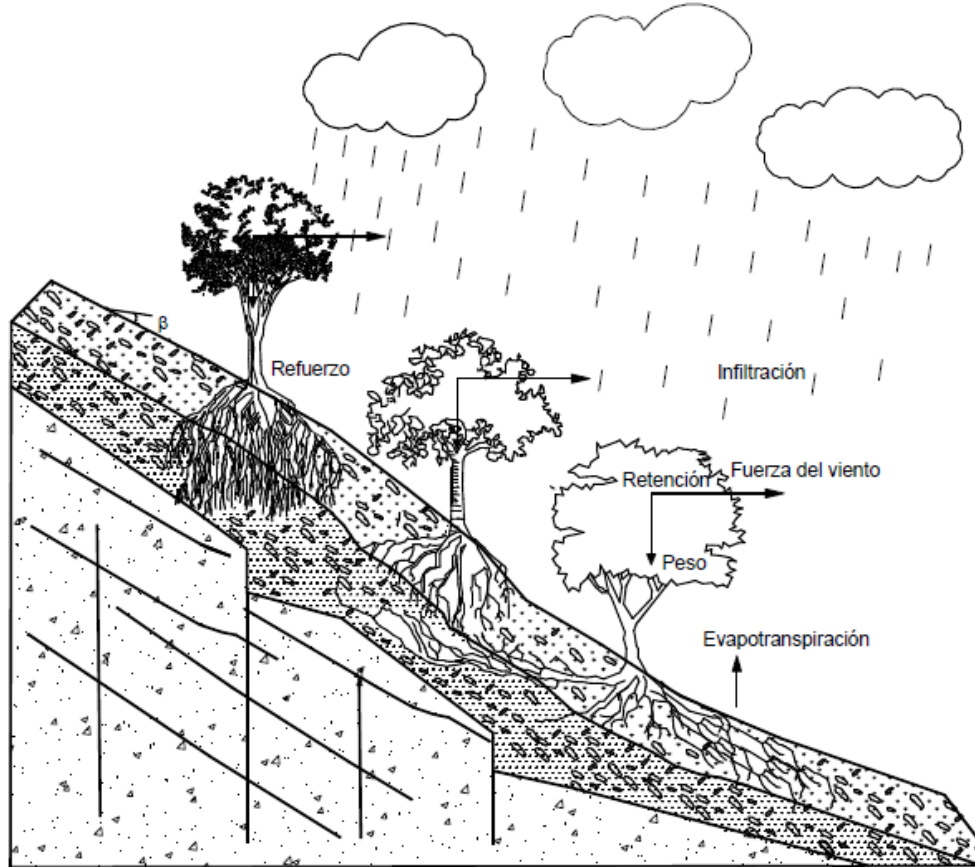


Figura 1. Estabilización de taludes utilizando vegetación. Fuente: Suarez, Díaz 2007.