

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

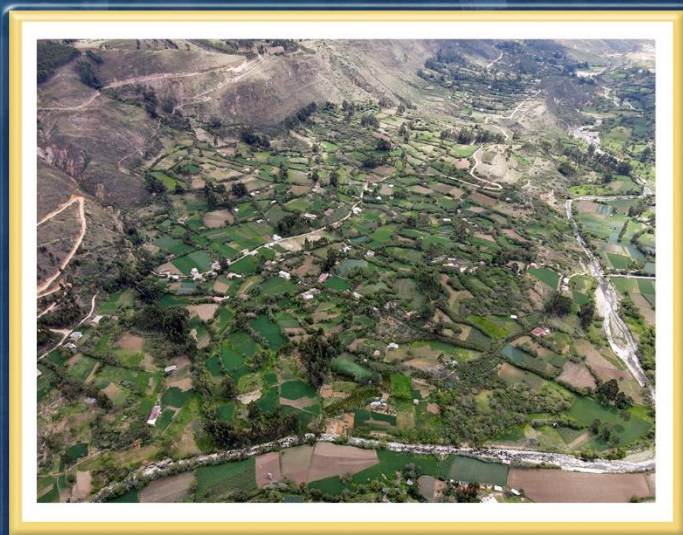
Informe Técnico N° A7517

EVALUACIÓN DEL PELIGRO GEOLÓGICO POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LA LOCALIDAD DE LA SUCCHA Y DE LA ZONA DE ACOGIDA LA SUCCHA

Departamento: Cajamarca

Provincia: Cajamarca

Distrito: Jesús



JUNIO
2024

EVALUACIÓN DEL PELIGRO GEOLÓGICO POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LA LOCALIDAD DE LA SUCCHA Y DE LA ZONA DE ACOGIDA LA SUCCHA

***Distrito Jesús
Provincia Cajamarca
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

L. León (2024). *Evaluación del Peligro Geológico por Movimientos en Masa en la localidad de La Succha y de la zona de acogida La Succha, distrito Jesús, provincia Cajamarca, departamento Cajamarca*. Lima: Ingemmet, Informe Técnico N° A7517, 31p.

ÍNDICE

RESUMEN.....	3
1. INTRODUCCIÓN.....	4
1.1. Objetivos del estudio.....	4
1.2. Antecedentes.....	5
1.3. Aspectos generales	5
1.3.1. Ubicación	5
1.3.2. Población	6
1.3.3. Accesibilidad	6
1.3.4. Clima.....	7
2. DEFINICIONES	8
3. ASPECTO GEOLÓGICO.....	10
3.1. Unidades litoestratigráficas.....	10
3.1.1. Depósitos cuaternarios.....	10
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS.....	13
4.1. Modelo digital de elevaciones (MDE).....	13
4.2. Pendiente del terreno.....	13
4.3. Unidades Geomorfológicas.....	14
4.3.1. Geoformas de carácter depositacional y agradacional	14
5. PELIGROS GEOLÓGICOS	16
5.1. Reptación de suelos en La Succha.....	16
5.1.1. Análisis longitudinal.....	18
5.1.2. Características visuales y morfométricas.....	18
5.2. Deslizamiento y derrumbe	19
6. PELIGROS GEOLÓGICOS EN LA ZONA DE ACOGIDA PROPUESTA	21
7. CONCLUSIONES	22
8. RECOMENDACIONES.....	23
9. BIBLIOGRAFÍA.....	24
ANEXO 1. MAPAS	25
ANEXO 2. MEDIDAS CORRECTIVAS.....	29

RESUMEN

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

El presente documento es el resultado de la evaluación del peligro geológico por movimientos en masa en la localidad de La Succha y de la zona de acogida La Succha, ambos ubicados en el distrito Jesús, provincia Cajamarca, departamento Cajamarca.

En el contexto litológico, se tienen depósitos de origen coluvio deluvial antiguos y recientes, compuestos por arenas con bloques sub angulosos, en una matriz limo arcillosa que condicionan la ocurrencia de reptación de suelos, deslizamiento y derrumbes.

Geomorfológicamente los terrenos afectados por reptación de suelos se ubican en vertientes coluvio deluviales con pendiente de moderada a fuerte (5° a 25°), mientras que el deslizamiento rotacional y el derrumbe se ubican en una vertiente con depósito de deslizamiento y una vertiente coluvial de detritos (respectivamente), con pendiente de fuerte a muy fuerte (15° a 45°).

La reptación de suelos viene afectando 11 viviendas, abarca 8.8 ha y posee un volumen aproximado de 150 000 m³; mientras que el deslizamiento rotacional y el derrumbe ocupan 1.2 ha y 703 m² (respectivamente) y solo han afectado terrenos de cultivo y pastizales

El factor detonante se atribuye a las precipitaciones pluviales extremas y prolongadas, como las ocurridas el 2 de marzo del 2022 de hasta 37.3 mm/día, en la estación Jesús (provincia de Cajamarca).

Los terrenos impactados por movimientos en masa de la localidad de La Succha, por sus condiciones geomorfológicas y geodinámicas, se consideran como de **Peligro Alto a Muy Alto** ante movimientos en masa.

Por otro lado, la zona de acogida propuesto para la localidad La Succha, corresponde a terrenos con pendiente llana a suave (<5°), que conforma una vertiente coluvio deluvial antigua, con litología de arenas y bloques en una matriz limo arcillosa; además de no presentar movimientos en masa activos. Sin embargo, deberá cumplir algunas medidas de control para ser apto para reubicación temporal o definitiva.

Finalmente, se brindan las recomendaciones para las autoridades competentes y tomadores de decisiones, como el reasentamiento de las viviendas decretadas inhabitables por la autoridad local, así como cambiar el tipo de riego a un tipo tecnificado, impermeabilizar los canales de regadío, monitorear la actividad de los movimientos en masa. Para la zona de acogida se debe construir un sistema de drenaje pluvial adecuado, capacitar a la población en GRD y elaborar un estudio EVAR.

1. INTRODUCCIÓN

El Ingemmet, ente técnico-científico 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)”. De esta manera contribuye con entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno mediante el reconocimiento, caracterización y diagnóstico del peligro en zonas que tengan elementos vulnerables.

Atendiendo la solicitud remitida por el Gobierno Regional de Cajamarca Oficio N° D1596-2023-GR.CAJ/ODN, es en el marco de nuestras competencias que se realiza una evaluación de peligros en la localidad de La Succha, ante la ocurrencia de movimientos en masa, a cargo de los Ingenieros Luis Miguel León Ordáz y Elvis Rubén Alcántara Quispe, el día 13 de noviembre del 2023.

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

Este informe se pone a consideración del Gobierno Regional de Cajamarca, Municipalidad Provincial de Cajamarca, Municipalidad Distrital de Jesús 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, cartografiar y caracterizar los peligros geológicos por movimientos en masa, de la localidad La Succha y de la zona de acogida La Succha, distrito Jesús, provincia Cajamarca, departamento Cajamarca.
- b) Emitir conclusiones y recomendaciones que contribuyan a la formulación de planes de prevención y/o mitigación del riesgo de desastre por movimientos en masa.

1.2. Antecedentes

Entre los principales estudios realizados a nivel local y regional en el área evaluada, se tienen:

- Boletín N° 31 Serie A, “Geología de los Cuadrángulos de Cajamarca, San Marcos y Cajabamba” (Reyes, 1980) donde se describen las unidades geológicas a una escala 1:100 000; describiendo en la zona acumulaciones de suelos de origen aluvial y fluvial. En el cartografiado geológico integrado a escala 1:50 000, (Ingemmet, versión 2021) por detalle, se reafirma la presencia de gravas, arenas y limos de origen aluvial y fluvial.
- El Boletín N° 44 Serie C, Estudio de Riesgo geológico en la región Cajamarca (Zavala & Rosado, 2011) presenta un mapa de susceptibilidad a movimientos en masa, a escala 1:250 000; donde la localidad de La Succha se sitúa en una zona de susceptibilidad de baja a moderada ante la ocurrencia de movimientos en masa.

1.3. Aspectos generales

1.3.1. Ubicación

Las áreas evaluadas corresponden a la localidad de La Succha y de la zona de acogida, jurisdicción del distrito de Jesús, provincia Cajamarca, departamento Cajamarca (figura 1), ubicada en las coordenadas UTM WGS 84 – Zona: 17S descritas en la tabla 1, además se muestran las coordenadas de referencia del evento evaluado; también se muestran las coordenadas de la zona de acogida propuesto en la tabla 2.

Tabla 1. Coordenadas de la zona evaluada, localidad de La Succha.

N°	UTM – WGS 84 - ZONA 17S		Coordenadas Decimales (°)	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
V-1	788870	9199680	-7.232846	-78.384201
V-2	788870	9198800	-7.240799	-78.384155
V-3	788060	9198800	-7.240840	-78.391487
V-4	788060	9199680	-7.232888	-78.391533
Coordenada central de los peligros identificados				
Reptación de suelos de La Succha	788312.875	9199384	-7.235550	-78.389229

Tabla 2. Coordenadas de la zona de acogida propuesto, localidad de La Succha.

N°	UTM – WGS 84 - ZONA 17S	
	Este	Norte
T-1	788615	9199464
T-2	788648	9199414
T-3	788679	9199376
T-4	788644	9199335
T-6	788592	9199397
T-7	788578	9199427

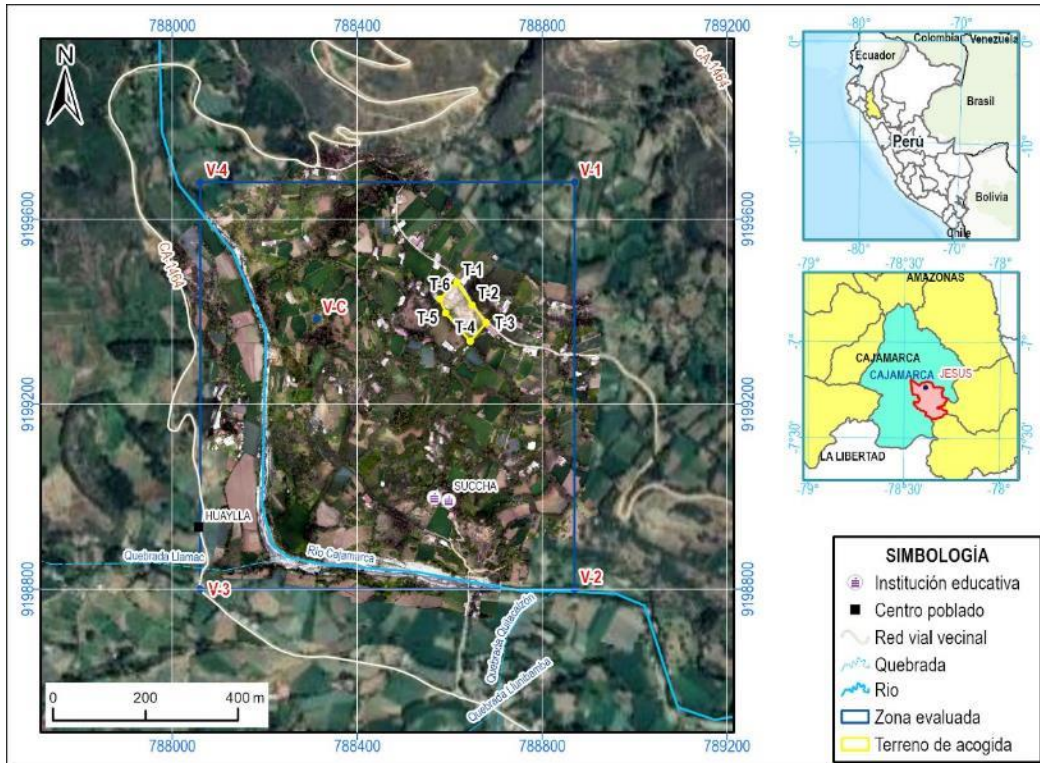


Figura 1. Ubicación de la zona evaluada y zona de acogida propuesta para la localidad de La Succha.

1.3.2. Población

De acuerdo a la información del XII Censo de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas de 2017 (INEI, 2018), la localidad de La Succha, tiene una población de 255 habitantes, distribuidos en 92 viviendas, con acceso a red pública energía eléctrica y agua potable pero no de desagüe.

1.3.3. Accesibilidad

El acceso desde la ciudad de la ciudad de Cajamarca se realiza a través de las vías asfaltadas PE-3N y CA-1459; hasta el empalme con la Vía CA-1464, desde allí se sigue a través de la vía vecinal afirmada Vía CA-1464, una trocha carrozable y un camino hasta la misma localidad de La Succha, como se detalla en la siguiente ruta (tabla 3, figura 2):

Tabla 3. Rutas y acceso a la zona evaluada.

Ruta	Tipo de Vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Ciudad de Cajamarca – Emp. Vía CA-1464	Asfaltada	19.5	40 minutos
Emp. Vía CA-1464 – La Succha	Afirmada-Camino	0.9	5 minutos

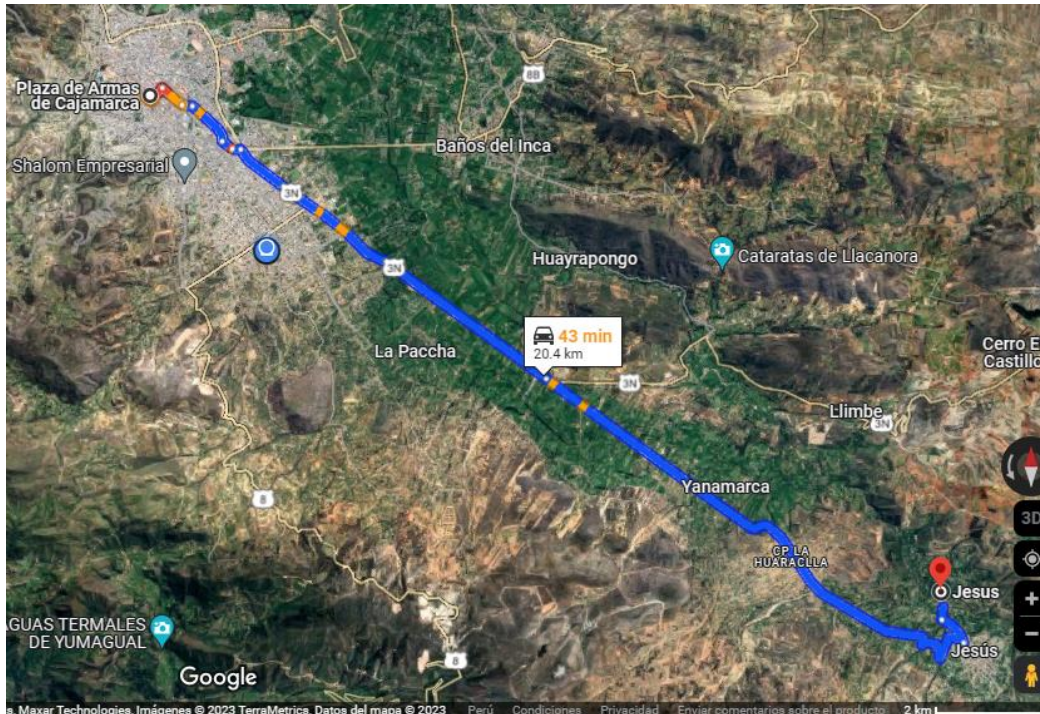


Figura 2. Ruta de acceso desde la ciudad de Cajamarca hasta la localidad de La Succha.
Fuente: Google Maps.

1.3.4. Clima

Según el método de Clasificación Climática de Warren Thornthwaite - (Senamhi, 2020), la zona de estudio posee un clima Semiseco con invierno seco, Templado, (C (i) B'), con una temperatura máxima promedio de hasta 25°C, una temperatura mínima promedio desde 7°C y una precipitación anual entre 300 mm a 700 mm.

Entre los años 2017-2023, en el mes de marzo (mes más lluvioso), el sector evaluado percibió precipitaciones de hasta 37.3 mm/día (figura 3) considerados para la provincia de Cajamarca por el Senamhi, en su consolidado de umbrales de precipitación del 2014, como Extremadamente Lluvioso (Senamhi, 2014).

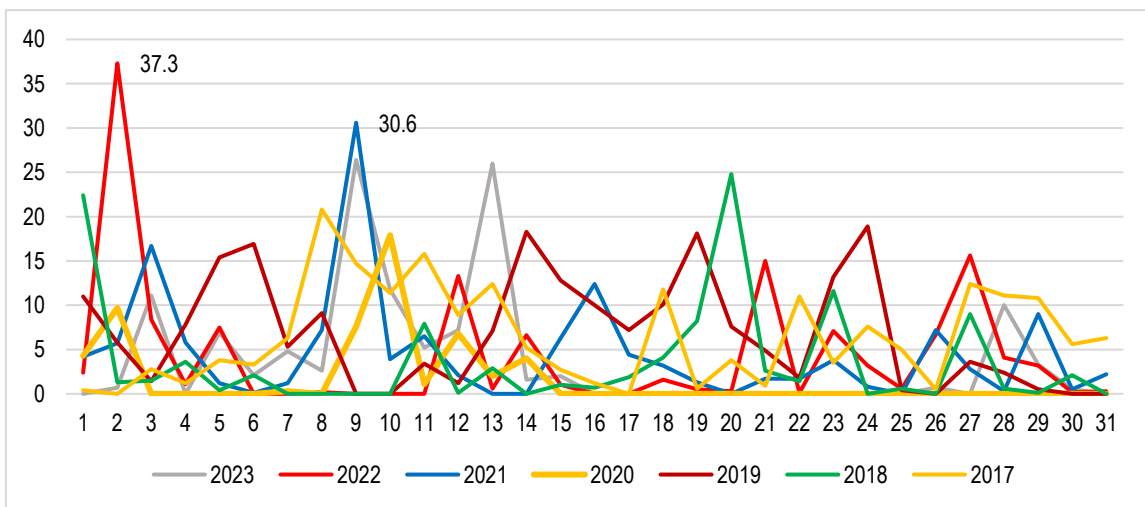


Figura 3. Precipitación diaria del mes de marzo entre los años 2017-2023, en la Estación Jesús, Cajamarca (Cajamarca). **Fuente:** Senamhi.

2. DEFINICIONES

El presente informe técnico está dirigido a entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno, así como personal no especializado, no necesariamente geólogos; en el cual se desarrollan diversas terminologías y definiciones vinculadas a la identificación, tipificación y caracterización de peligros geológicos, para la elaboración de informes y documentos técnicos en el marco de la gestión de riesgos de desastres. Todas estas denominaciones tienen como base el libro: “Movimientos en masa en la región andina: una guía para la evaluación de amenazas” desarrollado en el Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (PMA, 2007); donde participó la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet. Los términos y definiciones se detallan a continuación:

Actividad: La actividad de un movimiento en masa se refiere a tres aspectos generales del desplazamiento en el tiempo de la masa de material involucrado: el estado, la distribución y el estilo de la actividad. El primero describe la regularidad o irregularidad temporal del desplazamiento; el segundo describe las partes o sectores de la masa que se encuentran en movimiento; y el tercero indica la manera como los diferentes movimientos dentro de la masa contribuyen al movimiento total. El estado de actividad de un movimiento en masa puede ser: activo, reactivado, suspendido, inactivo latente, inactivo abandonado, inactivo estabilizado e inactivo relicto (WP/WLI, 1993).

Activo: Movimiento en masa que actualmente se está moviendo, bien sea de manera continua o intermitente.

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

Coluvio-deluvial: Forma de terreno o depósito formado por la acumulación intercalada de materiales de origen coluvial y deluvial (material con poco transporte), los cuales se encuentran interestratificados y por lo general no es posible diferenciarlos.

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 y Varnes, 1996). Según la forma de la superficie de falla se clasifican en traslacionales (superficie de falla plana u ondulada) y rotacionales (superficie de falla curva y cóncava).

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

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

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

Factor condicionante: Se refiere al factor natural o antrópico que condiciona o contribuye a la inestabilidad de una ladera o talud, pero que no constituye el evento detonante del movimiento.

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

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

Ladera: Superficie natural inclinada de un terreno.

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

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

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

Reptación de suelos: Movimiento lento del terreno en donde no se distingue una superficie de falla. La reptación puede ser de tipo estacional, cuando se asocia a cambios climáticos o de humedad del terreno, y verdadera cuando hay un desplazamiento relativamente continuo en el tiempo.

Saturación: El grado de saturación refleja la cantidad de agua contenida en los poros de un volumen de suelo dado. Se expresa como una relación entre el volumen de agua y el volumen de vacíos.

Susceptibilidad: La susceptibilidad está definida como la propensión que tiene una determinada zona a ser afectada por un determinado proceso geológico, expresado en grados cualitativos y relativos. Los factores que controlan o condicionan la ocurrencia de los procesos geodinámicos son intrínsecos (la geometría del terreno, la resistencia de los materiales, los estados de esfuerzo, el drenaje superficial y subterráneo, y el tipo de cobertura del terreno) y los detonantes o disparadores de estos eventos son la sismicidad y la precipitación pluvial.

Talud: Superficie artificial inclinada de un terreno que se forma al cortar una ladera, o al construir obras como por ejemplo un terraplén.

Velocidad: Para cada tipo de movimiento en masa se describe el rango de velocidades, parámetro importante ya que ésta se relaciona con la intensidad del evento y la amenaza que puede significar. De acuerdo con Cruden y Varnes (1996), las escalas de velocidades corresponden a: extremadamente lenta, muy lenta, lenta, moderada, rápida, muy rápida y extremadamente rápida.

Zonas críticas: Son zonas o áreas con peligros potenciales de acuerdo a la vulnerabilidad asociada (infraestructura y centros poblados), que muestran una recurrencia, en algunos casos, entre periódica y excepcional. Algunas pueden presentarse durante la ocurrencia de lluvias excepcionales y puede ser necesario considerarlas dentro de los planes o políticas nacionales, regionales y/o locales sobre prevención y atención de desastres.

3. ASPECTO GEOLÓGICO

La descripción geológica se desarrolló en base al N° 31 Serie A, “Geología de los Cuadrángulos de Cajamarca, San Marcos y Cajabamba” (Reyes, 1980) como también se toma referencia del reciente cartografiado geológico integrado a escala 1:50 000, versión 2022 (Ingemmet, 2022); los cuales se complementaron con trabajos en campo, análisis de imágenes satelitales, y fotogrametría con dron para caracterizar y delimitar las diferentes unidades litológicas considerando su grado de resistencia y susceptibilidad a procesos de remoción en masa (mapa 1).

3.1. Unidades litoestratigráficas

En la zona de La Succha no se han ubicado afloramientos del macizo rocoso basal, solo se han cartografiado suelos cuaternarios de diverso origen.

3.1.1. Depósitos cuaternarios

Depósito aluvial

Estos depósitos corresponden a acumulaciones cíclicas de bloques, gravas, arenas y limos en las partes bajas de los valles, contiguos a los ríos; en la actualidad forman parte de terrenos de baja pendiente que son utilizados como terrenos de sembrío o pastoreo.

Depósito coluvio deluvial 1 (Q-cd1)

Corresponden a suelos que se han ido acumulando en las laderas de la localidad de la Succha debido al constante proceso de erosión y meteorización de las montañas ubicadas al noreste, montañas que corresponden a areniscas del grupo Goyllarisquizga (Formaciones Carhuaz y Farrat); así, estos depósitos son mayoritariamente conformados por arenas y limos con bloques sub redondeados de areniscas.

Depósito coluvio deluvial 2 (Q-cd2)

Estos suelos compuestos de bloques sub angulosos a sub redondeados en una matriz de arenas y limos (fotografía 1 y tabla 4), corresponden a parte de la unidad anterior (acumulaciones de depósitos en la ladera de montaña) que se encuentran en lento movimiento ladera abajo debido a la sobresaturación por riego no controlado; son utilizados ampliamente en cultivos temporales y permanentes.



Fotografía 1. Suelos coluvio deluviales en lento movimiento, compuestos por bloques en una matriz de arenas y limos.

Tabla 4. Descripción de formaciones superficiales. **Coordenadas:** E: 788419, N: 9199236.

TIPO DE FORMACIÓN SUPERFICIAL		GRANULOMETRÍA (%)		FORMA		REDONDES	
<input type="checkbox"/>	Eluvial	<input type="checkbox"/>	Lacustre	5	Bolos	<input type="checkbox"/>	Redondeado
<input checked="" type="checkbox"/>	Deluvial	<input type="checkbox"/>	Marino	5	Cantos	<input checked="" type="checkbox"/>	Sub redondeado
<input checked="" type="checkbox"/>	Coluvial	<input type="checkbox"/>	Eólico	7	Gravas	<input type="checkbox"/>	Anguloso
<input type="checkbox"/>	Aluvial	<input type="checkbox"/>	Orgánico	8	Gránulos	<input type="checkbox"/>	Sub anguloso
<input type="checkbox"/>	Fluvial	<input type="checkbox"/>	Artificial	60	Arenas		
<input type="checkbox"/>	Proluvial	<input type="checkbox"/>	Litoral	10	Limos		
<input type="checkbox"/>	Glaciar	<input type="checkbox"/>	Fluvio glaciar	5	Arcillas		

PLASTICIDAD		ESTRUCTURA		TEXTURA		CONTENIDO DE		% LITOLOGÍA	
<input type="checkbox"/>	Alta plasticidad	<input type="checkbox"/>	Masiva	<input type="checkbox"/>	Harinoso	<input type="checkbox"/>	Materia orgánica	<input type="checkbox"/>	Intrusivos
<input type="checkbox"/>	Med. plasticidad	<input checked="" type="checkbox"/>	Estratificada	<input checked="" type="checkbox"/>	Arenoso	<input type="checkbox"/>	Carbonatos	<input type="checkbox"/>	Volcánicos
<input checked="" type="checkbox"/>	Baja plasticidad	<input type="checkbox"/>	Lenticular	<input type="checkbox"/>	Áspero	<input type="checkbox"/>	Sulfatos	<input type="checkbox"/>	Metamórficos
<input type="checkbox"/>	No plástico							<input checked="" type="checkbox"/>	Sedimentarios

COMPACIDAD				CLASIFICACIÓN TENTATIVA S.U.C.S.			
SUELOS FINOS		SUELOS GRUESOS		SUELOS GRUESOS		SUELOS FINOS	
<input type="checkbox"/>	Limos y Arcillas	<input type="checkbox"/>	Arena	<input type="checkbox"/>	SW	<input type="checkbox"/>	ML
<input type="checkbox"/>	Blanda	<input type="checkbox"/>	Suelta	<input type="checkbox"/>	SP	<input type="checkbox"/>	CL
<input type="checkbox"/>	Compacta	<input checked="" type="checkbox"/>	Densa	<input checked="" type="checkbox"/>	SM	<input type="checkbox"/>	OL
<input type="checkbox"/>	Dura	<input type="checkbox"/>	Muy Densa	<input type="checkbox"/>	SC	<input type="checkbox"/>	PT
							MH
							CH
							OH

Depósito coluvio deluvial 3 (Q-cd3)

Este depósito se ubica en la parte baja de la montaña, donde los suelos coluvio deluviales han sido alterados recientemente por un deslizamiento; su composición es de arenas y limos con bloques y cantos de areniscas (fotografía 2 y tabla 5).



Network: 13 nov 2023 11:08:56 a. m. GMT-05:00
Local: 13 nov 2023 11:08:57 a. m. GMT-05:00
17M 788326 9199375

Fotografía 2. Suelos coluvio deluviales de arenas y limos con bloques, ubicados en el cuerpo del deslizamiento de la zona de La Succha.

Tabla 5. Descripción de formaciones superficiales. **Coordenadas:** E: 788326, N: 9199375.

TIPO DE FORMACIÓN SUPERFICIAL		GRANULOMETRÍA (%)		FORMA	REDONDES
<input type="checkbox"/>	Eluvial	<input type="checkbox"/>	Lacustre	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	Deluvial	<input type="checkbox"/>	Marino	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	Coluvial	<input type="checkbox"/>	Eólico	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	Aluvial	<input type="checkbox"/>	Orgánico	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	Fluvial	<input type="checkbox"/>	Artificial	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	Proluvial	<input type="checkbox"/>	Litoral	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	Glaciar	<input type="checkbox"/>	Fluvio glaciar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		10	Bolos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		5	Cantos	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
		5	Gravas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		5	Gránulos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		45	Arenas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		25	Limos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		5	Arcillas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

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

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

Depósito coluvial (Q-co)

Corresponden a depósitos de bloques y cantos sub angulosos en matriz de arenas, ubicados en el cuerpo de un derrumbe contiguo al río Cajamarquino, posee una matriz caótica debido al violento movimiento ladera debajo de los suelos.

Depósito fluvial (Q-fl)

Estos depósitos se ubican en el cauce del río Cajamarquino, originados por el transporte continuo de las aguas de este río, su composición está representada por arenas con bloques y cantos redondeados.

4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

Además de la cartografía regional de geomorfología, a escala 1:250 000 del boletín de riesgos geológicos de la región Cajamarca, se utilizó imágenes y modelos digitales de elevación detallados, obtenidos de levantamientos fotogramétricos con dron en junio del 2023 por el Ingemmet, lo cual permitirá estudiar el relieve, pendientes y demás características; con el fin de describir subunidades a detalle (escala 1: 5 000).

4.1. Modelo digital de elevaciones (MDE)

La localidad de La Succha presenta elevaciones que van desde los 2 500 m hasta los 2 630 m, en los cuales se distinguen 6 niveles altitudinales (figura 4), visualizando la extensión con respecto a la diferencia de alturas; el área con mayor pendiente corresponde a terrenos entre altitudes 2 540 y 2 560 m, con pendiente promedio de fuerte a muy fuerte (15° a 45°), que conforman vertientes coluvio deluviales conformados por suelos de arenas y limos con bloques y cantos sub angulosos, de depósitos coluviales.

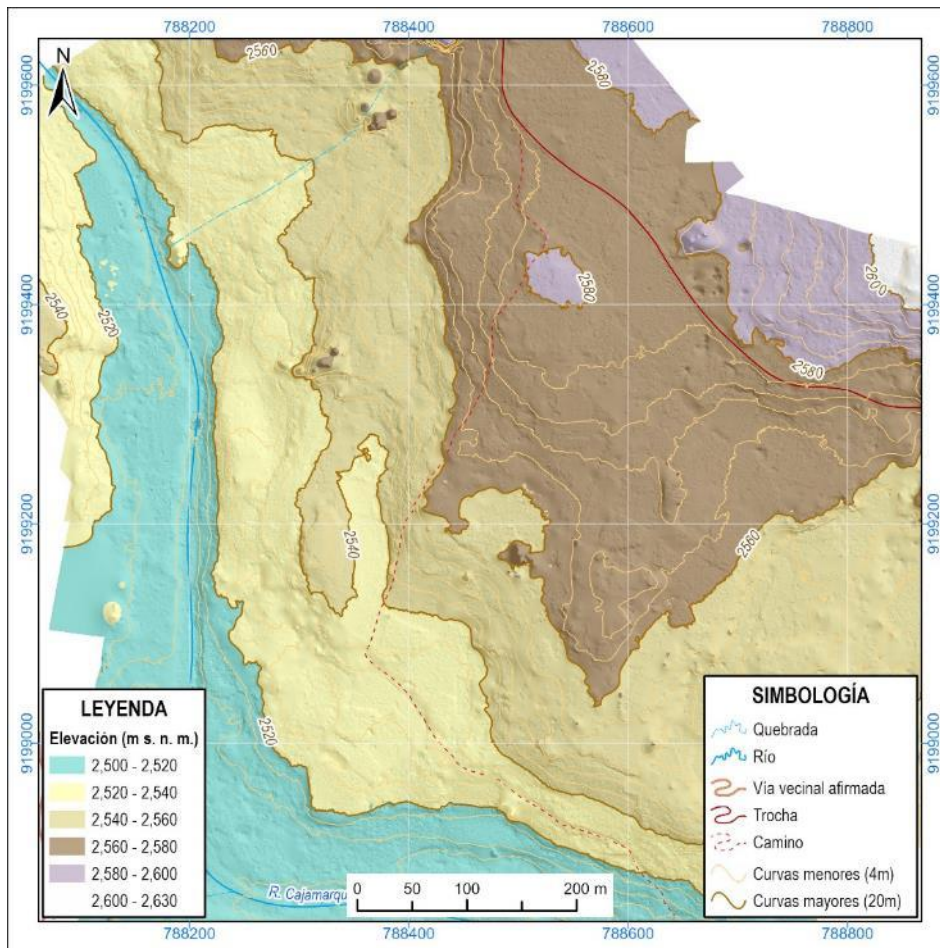


Figura 4. Modelo digital de elevaciones del área evaluada.

4.2. Pendiente del terreno

La zona evaluada presenta pendientes que van de terrenos llanos y de suave pendiente (<5°) en el fondo de los cauces fluviales, a terrenos de pendiente fuerte a muy fuerte (15 a 45°) en las laderas de montañas (figura 5; mapa 2).

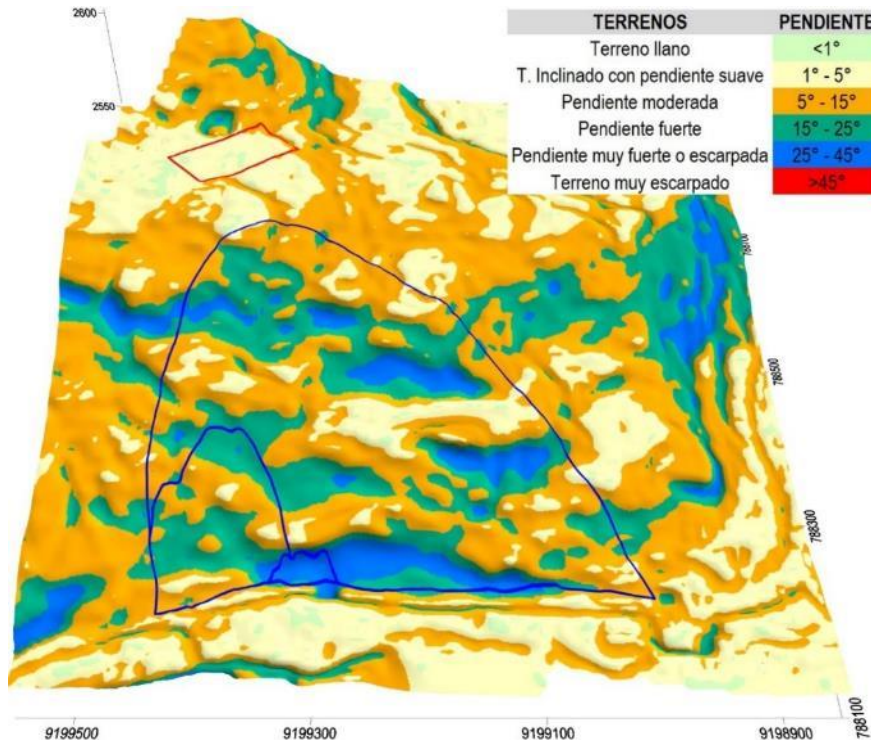


Figura 5. Modelo 3D de las pendientes de la localidad de La Succha; los movimientos en masa están delimitados en línea azul y la zona de acogida en línea roja.

Conforme se aprecia en la figura 5, la zona de acogida propuesto se ubica en terrenos con pendiente de llana a baja (<math><5^\circ</math>).

4.3. Unidades Geomorfológicas

De acuerdo a su origen, se distinguen geformas de carácter deposicional y agradacional; se grafican en la figura 6 y en el mapa 3.

4.3.1. Geformas de carácter deposicional y agradacional

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

Unidad de Piedemontes

- Subunidad de piedemonte o vertiente de coluvio deluvial 1 (V-cd1)

Este terreno conforma la mayor parte de la zona, corresponde a las laderas de montaña de pendiente fuerte compuestos por suelos de origen coluvio deluvial los cuales forman terrenos de relieve suave.

- Subunidad de piedemonte o vertiente de coluvio deluvial 2 (V-cd2)

Son los terrenos en lento movimiento ladera abajo, ubicados en un sector con relieve cóncavo de pendiente fuerte a muy fuerte y presencia de gran cantidad de cultivos agrícolas.

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

Este terreno abarca el área afectada por un deslizamiento activo, donde se distingue un escarpe superior que corta los terrenos de cultivos y pastoreo y un área de acumulación de suelos en la parte baja.

- **Subunidad de piedemonte o vertiente coluvial de detritos**

Corresponde a terrenos removidos recientemente por acción de un derrumbe activo, con relieve abrupto y pendiente muy fuerte.

Unidad de Planicies

- **Subunidad de terraza aluvial (T-a)**

Son terreno con pendiente de llana a suave que se ubican en las cercanías al curso del río Cajamarquino, ocupados actualmente por cultivos agrícolas y terrenos de pastoreo.

- **Subunidad de planicie inundable (PI-i)**

Corresponde a terrenos ubicados en el cauce inundable del río Cajamarquino, con pendiente de llana a suave, estos terrenos son ocupados por el espejo de agua de forma parcial (en temporada de estiaje) a totalmente (en temporada de lluvias intensas).



Figura 6. Geformas cartografías en la localidad de La Succha: Vertiente coluvio deluvial 1 y 2 (V-cd1 y V-cd2), vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd), vertiente coluvial de detritos (V-d), terraza aluvial (T-a) y planicie inundable (PI-i).

5. PELIGROS GEOLÓGICOS

La localidad de La Succha se encuentra ubicada en la ladera montañosa de la Succha, con fuerte a muy fuerte pendiente, así como vertientes coluvio deluvial, vertiente con depósito de deslizamiento y vertiente coluvial de detritos; y que se ubican sobre depósitos de suelos areno limosos con bloques y cantos sub angulosos pertenecientes a depósitos coluvio deluviales antiguos y recientes.

Debido a la sobresaturación de los terrenos por el tipo de no tecnificado usado, estos suelos han sufrido procesos de movimientos en masa de velocidad lenta (reptación de suelos), y de moderada a rápida (deslizamiento y derrumbe) que han afectado a viviendas, terrenos de cultivos y pastizales (figura 7).

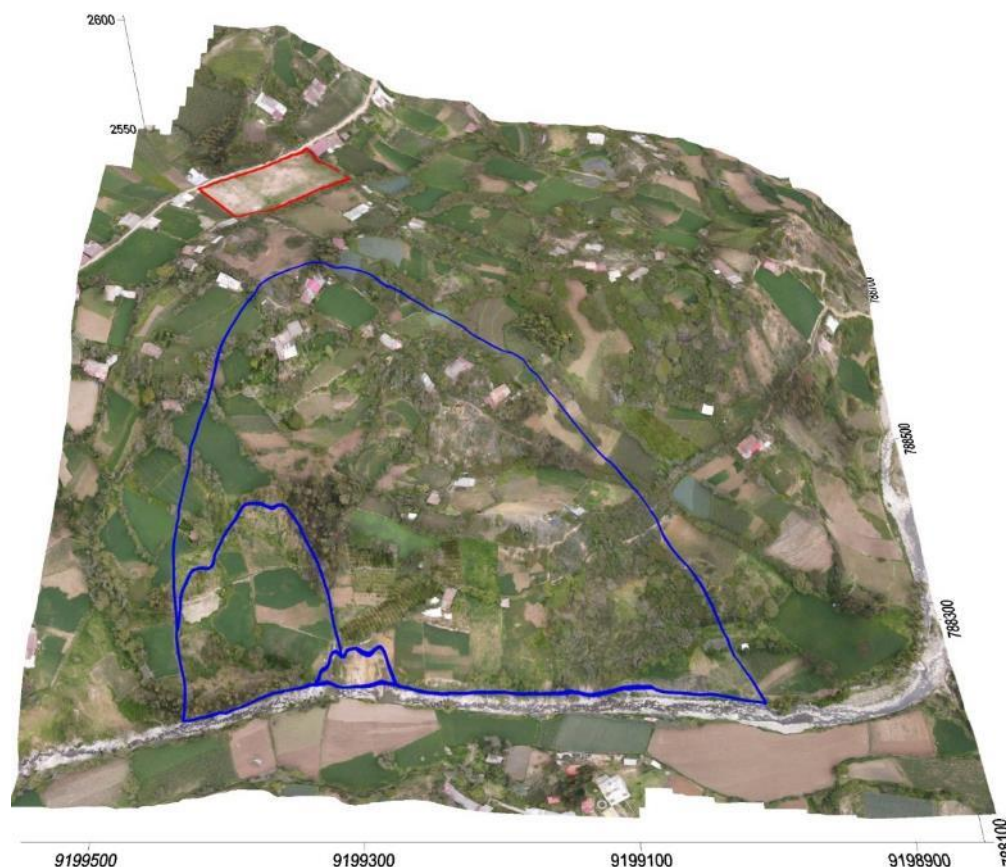


Figura 7. Modelo 3D de la localidad de La Succha, los movimientos en masa están delimitados en línea azul y la zona de acogida propuesto en línea roja.

5.1. Reptación de suelos en La Succha

Corresponde a un movimiento lento de suelos ladera abajo, perceptible por los agrietamientos presentes en once viviendas, y de otras donde existen vestigios y otras ya destruidas. Según versión de los pobladores estos agrietamientos se presentan desde hace más de 10 años.

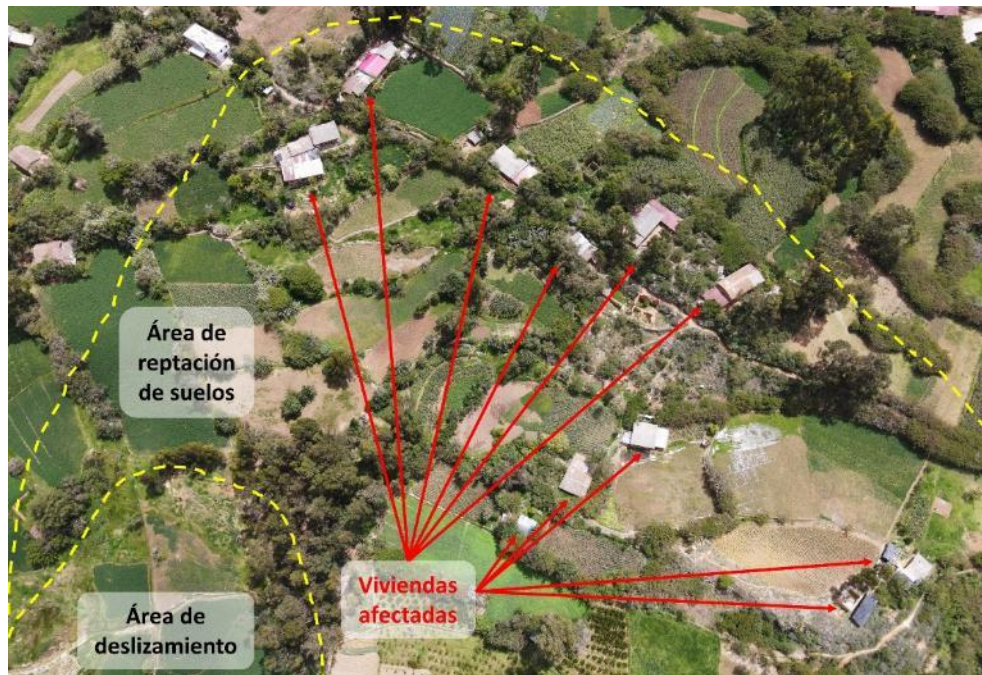


Figura 8. Vista de la zona de reptación de suelos y las viviendas agrietadas en su interior.



Fotografía 3. Algunos agrietamientos en viviendas producidos por la reptación lenta de los suelos. Coordenadas: E: 788465; N: 91990294 (arriba izquierda); E: 788462; N: 9199369 (arriba derecha); E: 788329; N: 9199140 (abajo izquierda) y E: 788443; N: 9199223.

5.1.1. Análisis longitudinal

En la figura 9 se muestra la extensión horizontal de la reptación de suelos, que posee las siguientes dimensiones: de 310 m de longitud, 400 m de ancho y 70 m de desnivel; además se expone la ubicación de una de las viviendas afectadas; se grafican los suelos coluvio deluviales, coluviales, aluviales y fluviales, que cubren a los macizos rocos del Grupo Goyllarisquizga (no aflorantes en la zona).

En el perfil A-A' también se muestra la ubicación de sectores con deslizamiento rotacional, derrumbe e inundación fluvial en la parte baja, por donde surca el río Cajamarquino.

La zona de acogida propuesto, se sitúa en la parte alta.

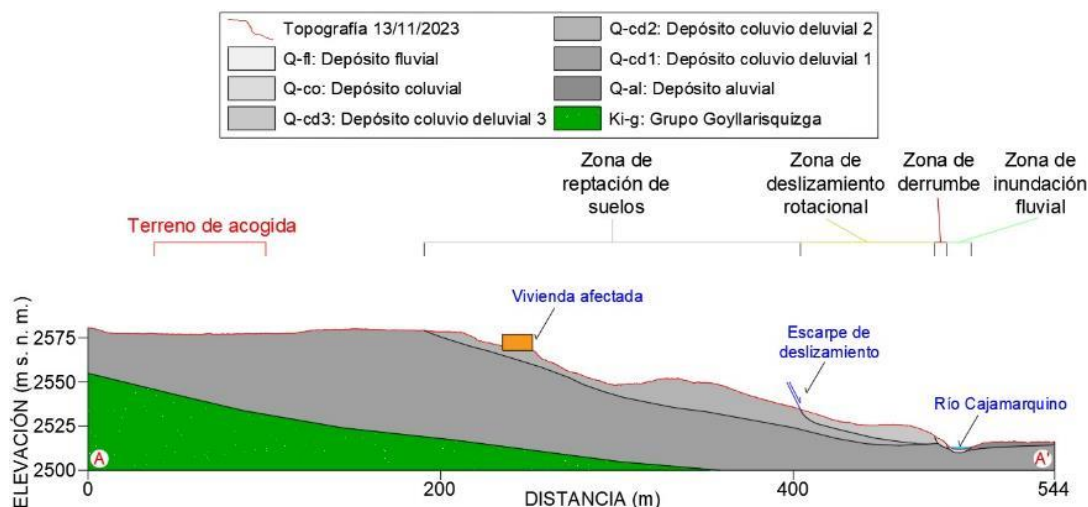


Figura 9. Perfil longitudinal A-A' donde se aprecia la distribución de los materiales geológicos de los movimientos en masa y de la zona de acogida de La Succha.

5.1.2. Características visuales y morfométricas

- Tipo de movimiento: reptación de suelos.
- Estado: activo.
- Velocidad: muy lenta (pocos centímetros al año).
- Tipo de ladera: ladera suave.
- Zonas involucradas: pastizales, cultivos, viviendas.
- Composición del depósito: bloques y gravas 25%, arenas 60%, limos y arcillas 15% (tabla 4).

Morfometría del movimiento de la reptación de suelos de La Succha

- Área: 87 677 m² (8.8 ha).
- Volumen: 150 000 m³.
- Perímetro: 1 402 m.
- Diferencia de alturas del movimiento: 70 m.
- Desplazamiento horizontal: 310 m.
- Pendiente promedio: 13°.
- Dirección del movimiento: N246° (E-O)
- Longitud de agrietamientos: 10-20 m.
- Ancho de agrietamientos: 0.5-0.2 m.

Factores condicionantes

- Litología y naturaleza incompetente de materiales, compuesto por suelos coluvio deluvial de arenas con bloques y matriz limo arcillosa.
- Ladera de pendiente moderada a fuerte (5° a 25°), que conforman geoforma de vertiente coluvio deluvial, muy susceptibles a movimientos en masa. Permite que el material inestable de la ladera se desplace cuesta abajo, lentamente.

Factores antrópicos

- Deforestación de laderas para instalación de viviendas y actividades agrícolas.
- Sobresaturación de laderas para cultivos temporales (maíz, trigo, papa) y/o permanentes (alfalfa) mediante riego por inundación.
- Canales agrícolas sin recubrimiento (fotografía 4).



Fotografía 4. Canal de regadío con agua estacionada (izquierda) y canal con agrietamiento producto del proceso de reptación (derecha). Coordenadas: E: 788397; N: 9199049 (izquierda) y E: 788468; N: 9199318 (derecha).

Factor detonante

- Precipitaciones pluviales extremas y prolongadas, como las registradas el 2 de marzo de 2022 de 37.3 mm/día, en la estación Jesús, Cajamarca, (Cajamarca) (figura 3).

Daños ocasionados

- 11 viviendas afectadas.
- 5 ha de cultivos afectados

5.2. Deslizamiento y derrumbe

Ubicados bajo la zona de reptación de suelos, cerca al río Cajamarquino (figura 10), donde la mayor pendiente del terreno y la acumulación continua de suelos en movimiento hacen que se produzca el deslizamiento rotacional en suelos y derrumbe, los cuales tienen un mayor impacto en los terrenos.

El deslizamiento rotacional abarca 12 268 m² y solo ha afectado a terrenos de cultivo y pastizales, sin embargo, se encuentra activo y no se descarta la ampliación del terreno afectado debido a su comportamiento retrogresivo.

El escarpe principal del deslizamiento tiene una longitud de 177 m y un desnivel de hasta 2 m, además existen diversos agrietamientos transversales de entre 20 a 50 m (figura 11); la composición de los suelos (tabla 5) en este sector es de bloques y gravas (25%), arenas (45%) y limos y arcillas (30%).

El área de derrumbe abarca aproximadamente 703 m², e impactado y generado la destrucción total de los terrenos pre existentes (figura 10); tampoco se descarta que su área de impacto incremente conforme el movimiento de los terrenos continúe.



Figura 10. Vista desde dron. Cuerpo del deslizamiento (en línea amarilla) y del derrumbe (en línea roja) ubicados en la parte baja de la zona.



Figura 11. Escarpe principal del deslizamiento (en línea amarilla) y agrietamientos transversales (en línea anaranjada), también se detalla una raíz de eucalipto removida por el movimiento (en línea roja).

6. PELIGROS GEOLÓGICOS EN LA ZONA DE ACOGIDA PROPUESTA

La zona de acogida propuesta para el reasentamiento de las familias damnificadas por el proceso de reptación de suelos se ubica a 83 m al este del área de la zona de reptación de suelos (figura 12).

Cuenta con un área aproximada de 5 970 m² en los siguientes vértices referenciales de la tabla 2.



Figura 12. Vista de la zona de acogida propuesta y su distancia a la zona en proceso de reptación.

Este terreno se ubica en una vertiente coluvio deluvial antigua (figura 13) de pendiente suave a llana (<5°) y litología de arenas con bloques y gravas con una matriz limo arcillosa; estas características le confieren mucha más estabilidad ante movimientos en masa que los terrenos ubicados en las partes bajas de la montaña (figura 9); sin embargo se deberán implementar medidas de control a fin de evitar la sobresaturación de los terrenos contiguos que puedan desencadenar otros peligros.



Figura 13. Vista lateral de la zona de acogida propuesta (en línea roja), en relación a la ladera de montaña de la localidad de La Succha.

7. CONCLUSIONES

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

- a. En la zona de estudio se han identificado depósitos coluvio deluviales antiguos y recientes, que se han depositado en la parte baja de las montañas de la zona. Estos presentan una composición de arenas con bloques sub angulosos en una matriz de limos y arcillas; también se han registrado depósitos coluviales, fluviales y aluviales en las partes bajas del valle.
- b. La geomorfología corresponde vertientes coluvio deluviales con pendiente de moderada a fuerte (5° a 25°) en la parte media de la ladera; además de vertiente con depósito de deslizamiento y una vertiente coluvial de detritos en la parte baja de la ladera, con pendiente de fuerte a muy fuerte (15° a 45°).
- c. El área afectada por la reptación de suelos abarca un total de 8.8 ha y un volumen aproximado de $150\,000\text{ m}^3$; el terreno muestra una pendiente promedio de 13° , con una diferencia de alturas de 70 m y una longitud horizontal de 310 m; mientras que los agrietamientos tienen una longitud de 46 m, una apertura de 0.5 m y una profundidad de 2 m. Se han determinado 11 viviendas y 5 ha de terrenos de cultivo afectadas.
- d. En la parte baja de la zona se han cartografiado un deslizamiento rotacional y un derrumbe, abarcan 1.2 ha y 703 m^2 respectivamente; su origen se debe a la constante acumulación de los suelos producto del proceso de reptación ubicados en la parte alta. El área de impacto puede incrementarse si no se implementan medidas de control adecuadas.
- e. Los factores antrópicos que condicionaron la generación de los movimientos en masa son: deforestación de laderas, sobresaturación de laderas por riego por inundación no controlado y presencia de canales agrícolas sin recubrimiento.
- f. El factor detonante de la reptación de suelos, deslizamiento rotacional y derrumbe fueron las precipitaciones pluviales extremas y prolongadas, como las que se generaron el 2 de marzo del 2022 (reactivación del movimiento) que alcanzaron 37.3 mm/día , en la estación Jesús (Cajamarca).
- g. De acuerdo al análisis del área de impacto por movimientos en masa, y por las condiciones geomorfológicas y geodinámicas, la localidad de La Succha se considera de **Peligro Alto a Muy Alto** ante movimientos en masa.
- h. La zona de acogida propuesto para el reasentamiento de La Succha, no presenta movimientos en masa activos y presenta pendiente de llana a suave ($<5^\circ$) y conforman una vertiente coluvio deluvial antigua, con litología de arenas y bloques en una matriz limo arcillosa; sin embargo, deberá cumplir algunas medidas de control para ser Apto como reasentamiento definitivo.

8. RECOMENDACIONES

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

Para el poblado La Succha

- a) Reasentar las 11 viviendas inhabitables reportadas por la autoridad local.
- b) Cambiar el tipo de riego por inundación a riego tecnificado.
- c) Impermeabilizar los canales de regadío con concreto u otro material (Anexo 2A – figura 14).
- d) Reforestar las laderas impactadas por deslizamiento-flujo, con especies nativas y de raíces densas (Anexo 2b – figura 15 y fotografía 5).
- e) Monitorear la actividad de los movimientos en masa de La Succha, mediante la instalación de hitos topográficos y la lectura periódica de las coordenadas de los puntos.
- f) Capacitar a la población en temas de Gestión del Riesgo de Desastres, ejecutar simulacros ante movimientos en masa, que contemple la evacuación a zonas seguras.

Para la zona de acogida

- a) Construir un sistema de drenaje pluvial impermeabilizado alrededor y dentro del área afectada por movimientos en masa.
- b) Prohibir el riego por inundación en los terrenos aledaños.
- c) Capacitar a la población en temas de Gestión del Riesgo de Desastres.
- d) Realizar una evaluación de riesgos EVAR, en caso de que se defina el reasentamiento poblacional definitivo, a fin de cumplir la normativa vigente y determinar medidas de control adicionales.

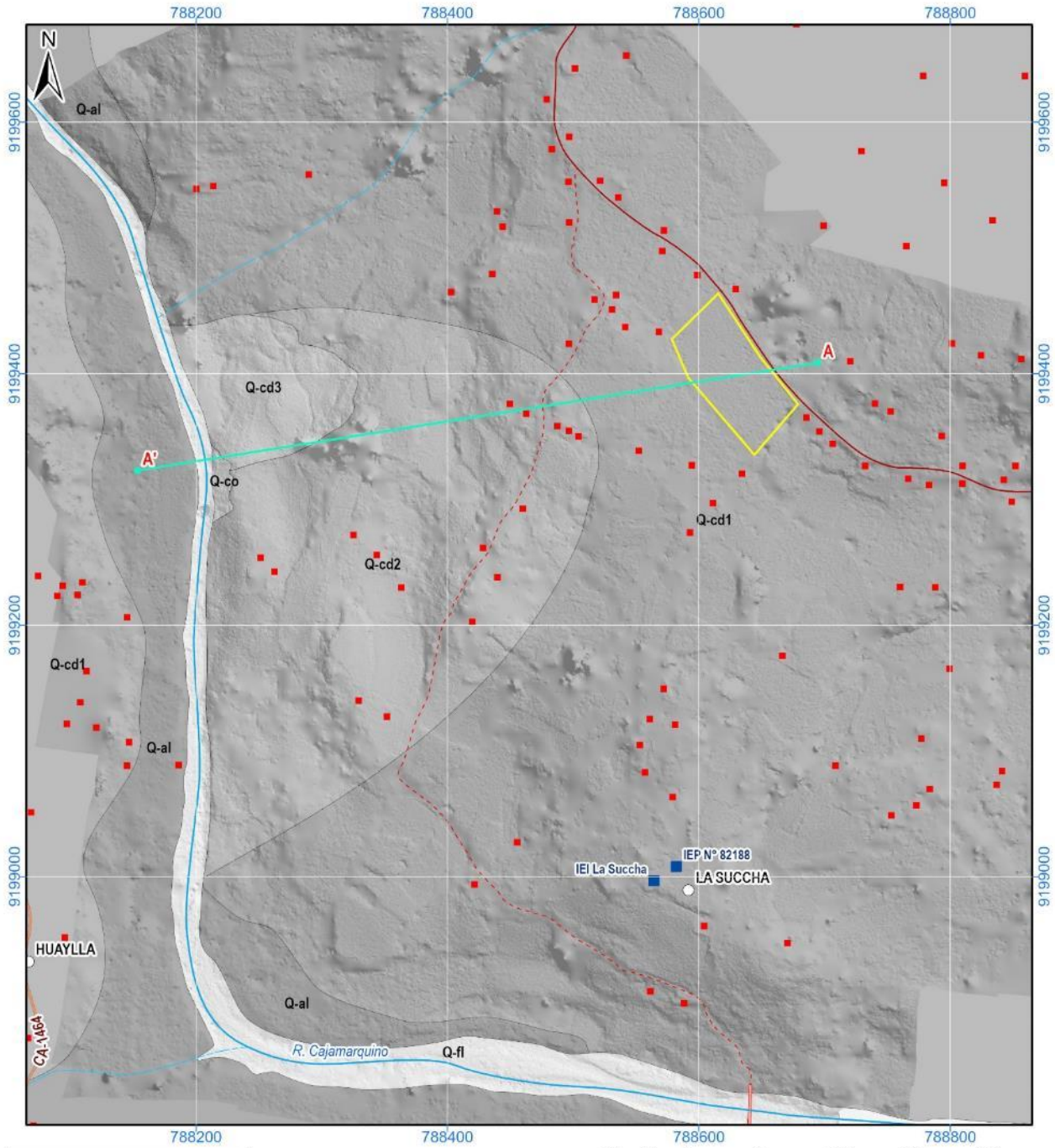

LUIS MIGUEL LEON ORDAZ
Ingeniero Geólogo
Reg. CIP. N° 215610


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

9. BIBLIOGRAFÍA

- INEI. (2018). *Directorio Nacional de Centros Poblados Censos Nacionales 2017*. Instituto Nacional de Estadística e Informática. https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1541/index.htm
- Ingemmet. (2022). *Mapas geológicos integrados 50k ver 2022*. <https://geocatmin.ingemmet.gob.pe/geocatmin/>
- PMA. (2007). *Movimientos en Masa en la Región Andina: Una Guía para la Evaluación de Amenazas* (1a ed.). Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas.
- Reyes, L. (1980). *Geología de los Cuadrángulos de Cajamarca (15-f), San Marcos (15-g) y Cajabamba (16-g) Boletín A 31 Serie A. Ingemmet* (1a ed.). Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico - Ingemmet.
- Senamhi. (2014). *Umbrales y precipitaciones absolutas*.
- Senamhi. (2020). *Climas del Perú - Mapa de Clasificación Climática Nacional*. <https://www.senamhi.gob.pe/?p=mapa-climatico-del-peru>
- Suárez Díaz, J. (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, 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
- Institución educativa
- Vivienda
- ▭ Terreno de acogida
- ~ Quebrada
- ~ Río
- ~ Vía vecinal afirmada
- ~ Trocha
- ~ Camino
- Puente peatonal
- Perfil

LEYENDA

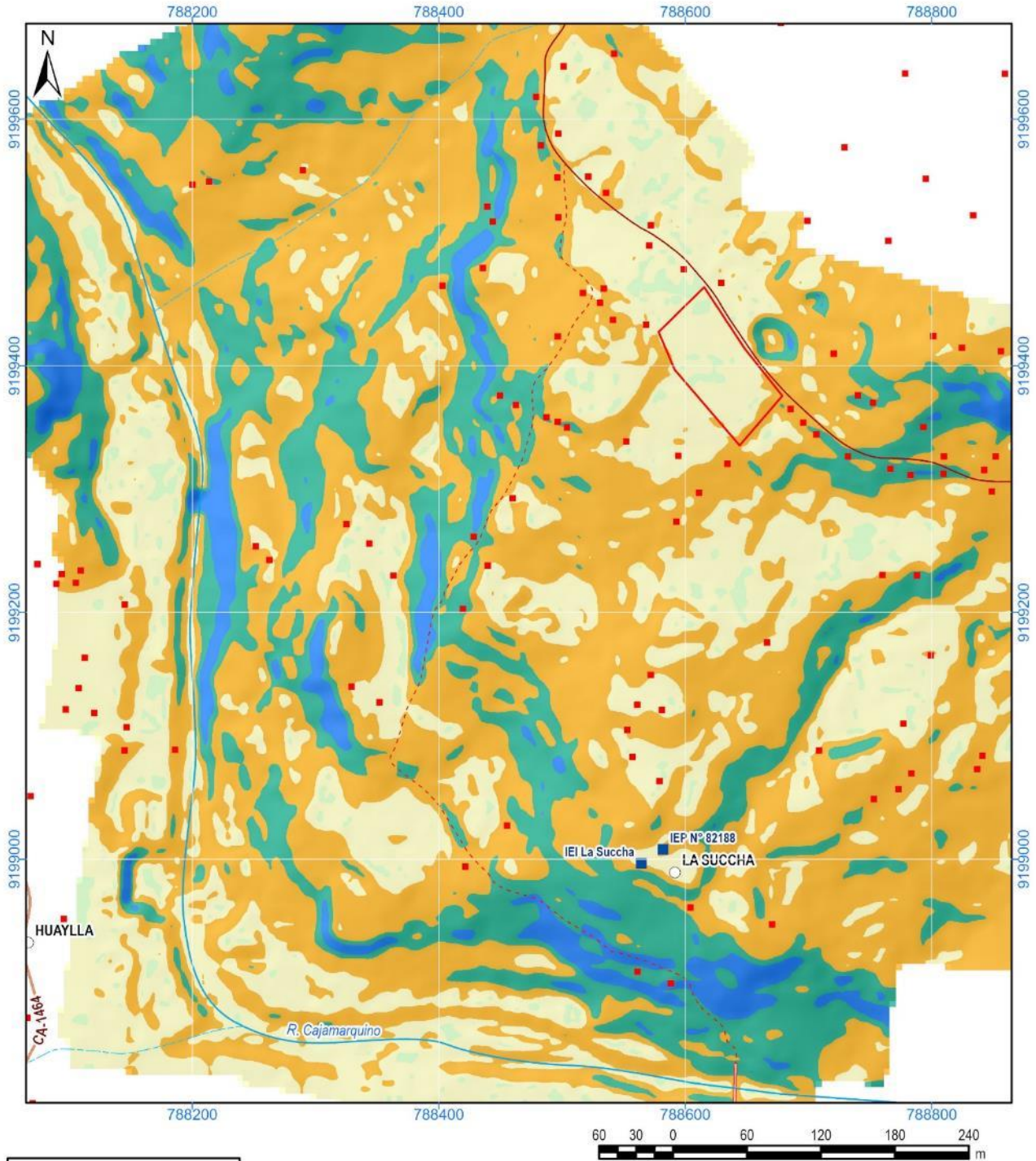
- Q-fl: Depósito fluvial
- Q-co: Depósito coluvial
- Q-cd3: Depósito coluvio deluvial 3
- Q-cd2: Depósito coluvio deluvial 2
- Q-cd1: Depósito coluvio deluvial 1
- Q-al: Depósito aluvial



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 - CAJAMARCA - JESÚS

GEOLOGÍA DE LA LOCALIDAD DE LA SUCCHA

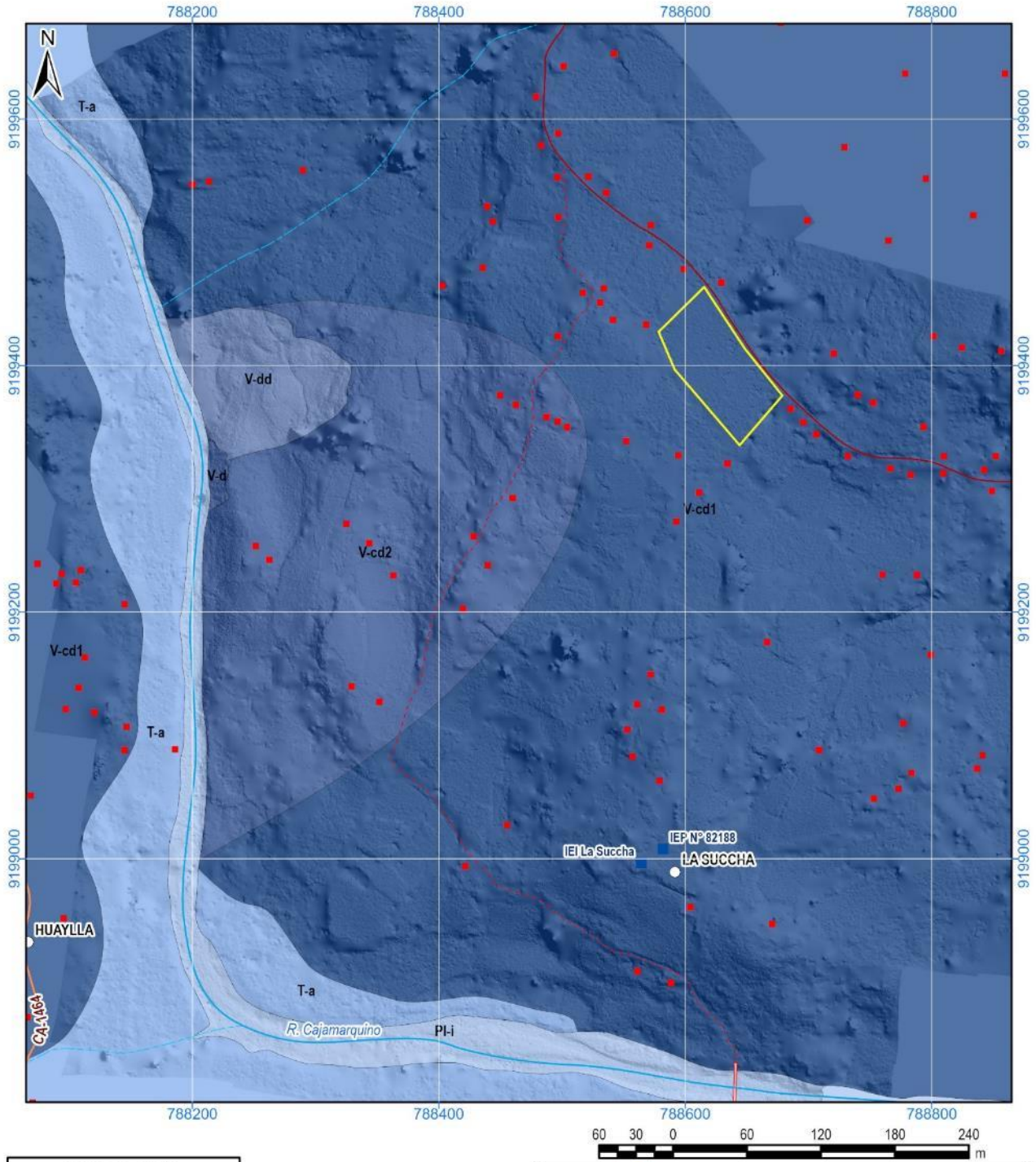
Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León	MAPA 1
Proyección: UTM - Zona 17 Sur	Datum: WGS 84	
Escala: 1/5,000	Versión digital: 2023	



SIMBOLOGÍA	
	Centro poblado
	Institución educativa
	Vivienda
	Quebrada
	Rio
	Via vecinal afirmada
	Trocha
	Camino
	Puente peatonal
	Terreno de acogida

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

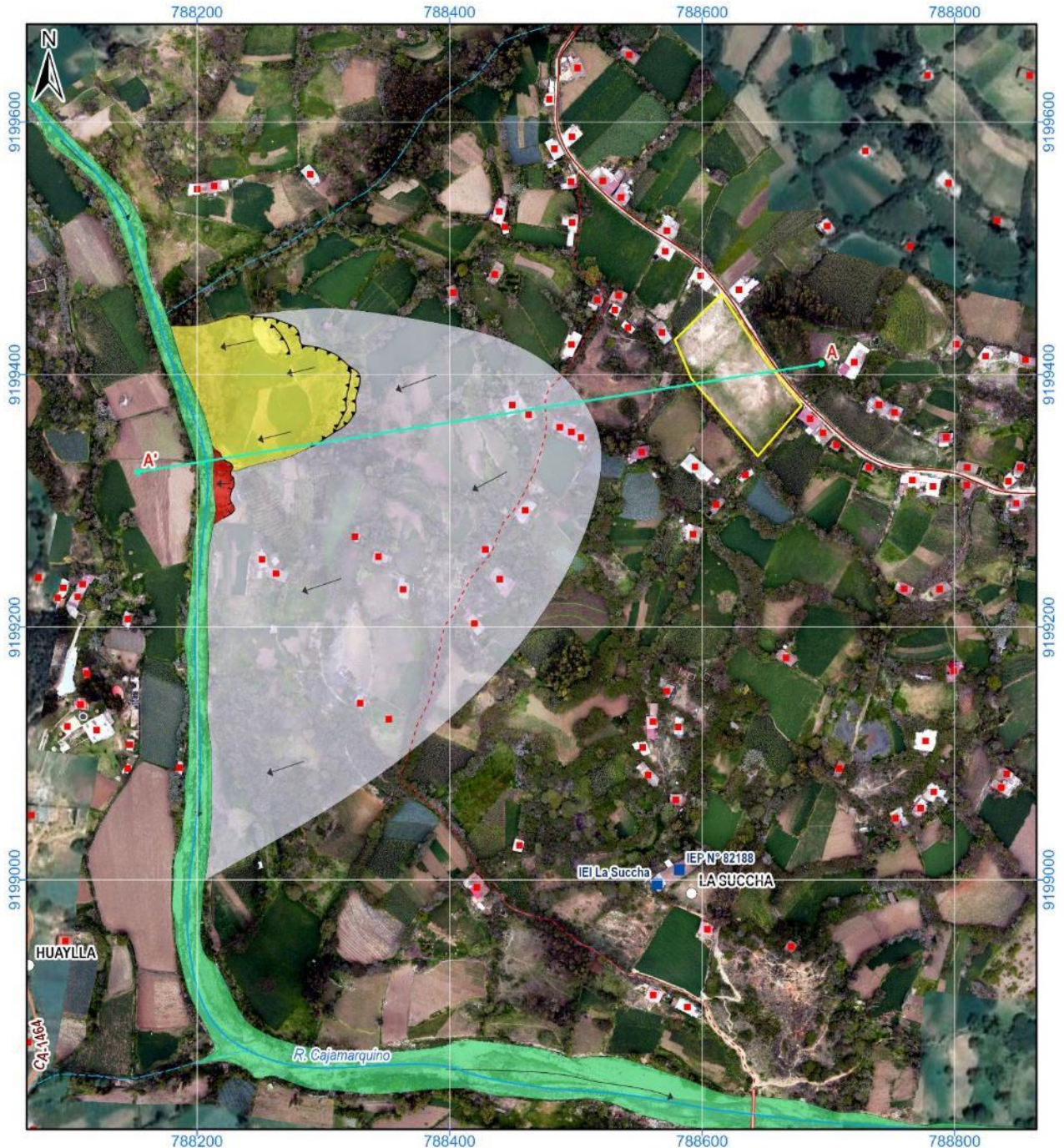
 SECTOR ENERGÍA Y MINAS INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL CAJAMARCA - CAJAMARCA - JESÚS	
PENDIENTES DEL TERRENO DE LA LOCALIDAD DE LA SUCCHA	
Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León
Proyección: UTM - Zona 17 Sur	Datum: WGS 84
Escala: 1/5,000	Versión digital: 2023
MAPA 2	



SIMBOLOGÍA	
○	Centro poblado
■	Institución educativa
■	Vivienda
~	Quebrada
~	Río
~	Vía vecinal afirmada
~	Trocha
~	Camino
—	Puente peatonal
□	Terreno de acogida

LEYENDA	
■	V-cd1: Vertiente coluvio deluvial 1
■	V-cd2: Vertiente coluvio deluvial 2
■	V-dd: Vertiente con depósito de deslizamiento
■	V-d: Vertiente coluvial de detritos
■	T-a: Terraza aluvial
■	PI-i: Planicie inundable

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 - CAJAMARCA - JESÚS	
GEOMORFOLOGÍA DE LA LOCALIDAD DE LA SUCCHA	
Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León
Proyección: UTM - Zona 17 Sur	Datum: WGS 84
Escala: 1/5,000	Versión digital: 2023
MAPA 3	



SIMBOLOGÍA	
	Centro poblado
	Institución educativa
	Vivienda
	Quebrada
	Río
	Vía vecinal afirmada
	Trocha
	Camino
	Puente peatonal
	Perfil
	Terreno de acogida

LEYENDA	
	Derrumbe activo
	Deslizamiento activo
	Inundación fluvial
	Reptacion de suelos activa

SIMBOLOGÍA DE PELIGROS	
	Escarpe de derrumbe activo
	Escarpe de deslizamiento activo
	Dirección de movimiento activo



SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO DIRECCIÓN DE GEOLÓGIA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL CAJAMARCA - CAJAMARCA - JESÚS	
CARTOGRAFÍA DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN LA LOCALIDAD DE LA SUCCHA	
Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León
Proyección: UTM - Zona 17 Sur	Datum: WGS 84
Escala: 1/5,000	Versión digital: 2023
MAPA 4	

ANEXO 2. MEDIDAS CORRECTIVAS

Para movimientos en masa

En la zona evaluada para la mitigación de los peligros geológicos, se debe controlar la infiltración del agua hacia afuera del cuerpo de los movimientos en masa. 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 los movimientos en masa, evitando su infiltración, captando el agua de escorrentía, llevándola a un sitio lejos del movimiento en masa. Éstas deben ser construidas en la parte superior al escarpe principal del deslizamiento (Figura 14). 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.

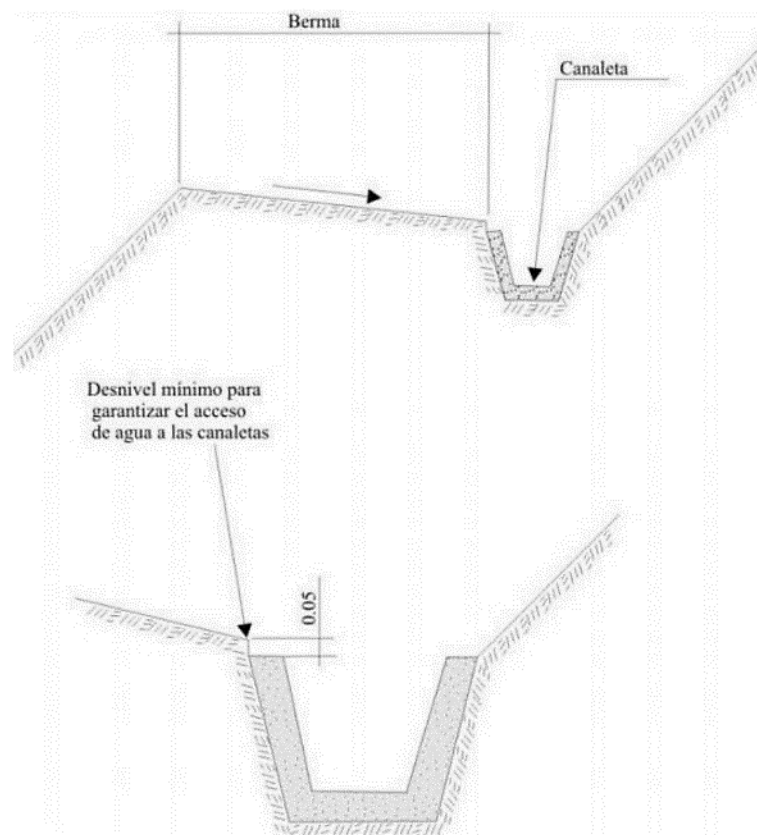


Figura 14. Detalle una canaleta de drenaje superficial (zanjas de coronación). Tomado de INGEMMET (2000).

b. Revegetación y bioingeniería

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

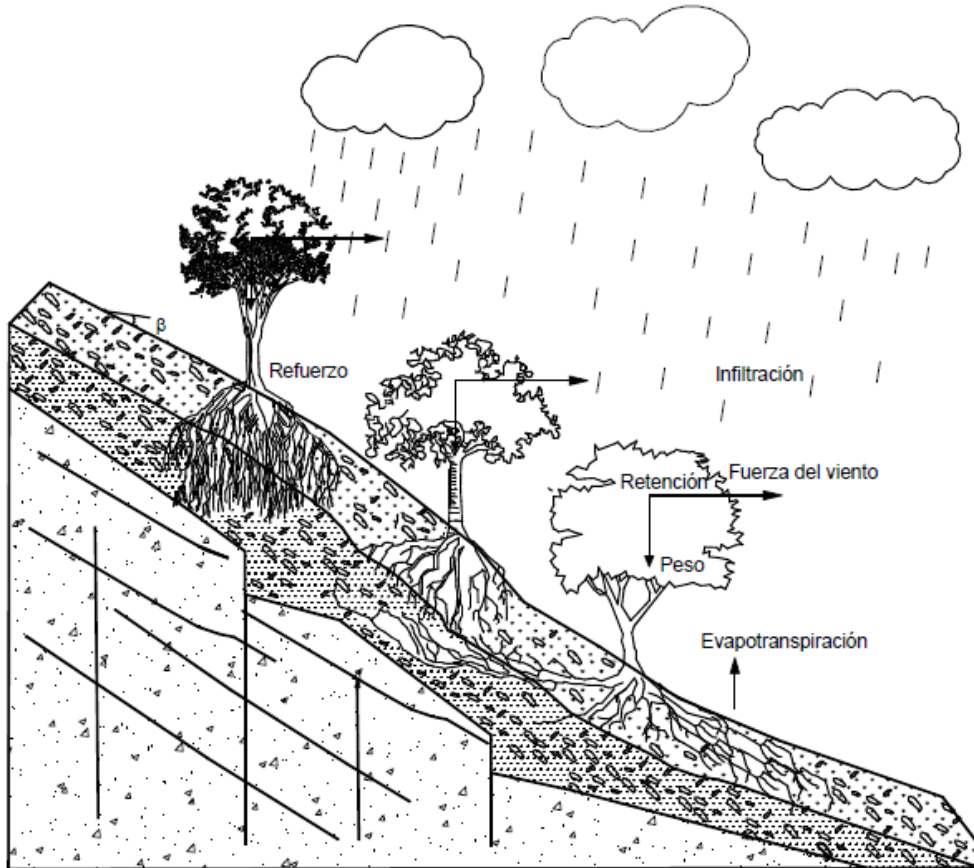


Figura 15. Estabilización de taludes utilizando vegetación. **Fuente:** Suarez, Díaz 2007.



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