

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7400

EVALUACIÓN DEL PELIGRO GEOLÓGICO POR DESLIZAMIENTO EN EL CENTRO POBLADO LA LAJA

Departamento Cajamarca
Provincia San Miguel
Distrito La Florida



JULIO
2023

**EVALUACIÓN DEL PELIGRO GEOLÓGICO POR DESLIZAMIENTO EN EL
CENTRO POBLADO LA LAJA**

Distrito La Florida, provincia San Miguel, 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
Cristhian Anderson Chiroque Herrera*

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2023). *Evaluación del Peligro Geológico por deslizamiento en el centro poblado La Laja, distrito La Florida, provincia San Miguel, departamento Cajamarca*. Lima: Ingemmet, Informe Técnico A7400, 34 p.

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. Plutón Rushos (Po-ru-gd).....	10
3.1.3. Depósitos cuaternarios.....	13
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS.....	14
4.1. Modelo digital de elevaciones (MDE).....	14
4.2. Pendiente del terreno.....	15
4.3. Unidades Geomorfológicas.....	15
4.3.1. Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional.....	15
4.3.2. Geoformas de carácter depositacional y agradacional	16
5. PELIGROS GEOLÓGICOS	17
5.1. Deslizamiento rotacional La Laja 1 DRA1	18
5.1.1. Descripción	18
5.1.2. Análisis longitudinal del DRA1	19
5.1.3. Características visuales y morfométricas del DRA1	20
5.2. Deslizamiento rotacional La Laja 2 DRA2	21
6. CONCLUSIONES.....	24
7. RECOMENDACIONES.....	25
8. BIBLIOGRAFÍA.....	26
ANEXO 1. MAPAS	27
ANEXO 2. MEDIDAS CORRECTIVAS.....	32

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 de tipo deslizamiento en el centro poblado La Laja, distrito La Florida, provincia San Miguel, departamento Cajamarca.

En el contexto litológico el área se ubica sobre depósitos arcillo limoso de mediana a alta plasticidad que cubren rocas intrusivas granodioríticas medianamente fracturadas y moderadamente meteorizadas.

Se identificaron dos deslizamientos que se encuentran sobre terrenos de alta a muy alta pendiente. Presentan áreas de 3 609 y 2 271 m² y volúmenes desplazados de ~8 800 m³ y ~4 000 m³ respectivamente. Los eventos han afectado terrenos de cultivos frutales y árboles naturales, en un área de 0.3 ha. Se podrían generar flujos de detritos no canalizados, que afectarían, probablemente, 50 viviendas, 3 instituciones educativas y 0.4 km de la vía nacional PE-1NI.

El factor detonante para la generación de los deslizamientos fueron las precipitaciones pluviales extremas y prolongadas, que se dieron el 9 de marzo del 2023. Según la estación Niepos (San Miguel) se registraron 86.2 mm/día.

Las áreas de impacto por deslizamiento, cartografiadas en el centro poblado La Laja, por las condiciones geomorfológicas y geodinámicas, se considera como **Zona Crítica** de **Peligro Alto** ante movimientos en masa.

Finalmente, se brindan las recomendaciones para las autoridades competentes y tomadores de decisiones, como la construcción de drenes de coronación, reforestar las laderas, prohibir el riego por inundación, monitorear la actividad de los deslizamientos, instalar un sistema de alerta temprana, capacitar a la población en GRD y elaborar una evaluación de riesgos EVAR, para determinar las medidas de control recomendadas.

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 la Municipalidad Distrital de La Florida, Oficio N°013-CHQC-ST-GTDC-2023-MDLF, es en el marco de nuestras competencias que se realizó una evaluación de peligros en el centro poblado La Laja, ante la ocurrencia de movimientos en masa.

La DGAR del Ingemmet designó a los Ingenieros Luis Miguel León Ordáz, Elvis Rubén Alcántara Quispe y Cristhian Anderson Chiroque Herrera, para realizar la evaluación de peligros en los sectores mencionados el día 6 de mayo del 2023.

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

Este informe se pone en consideración de la Municipalidad Distrital de La Florida, Municipalidad Provincial de San Miguel, Gobierno Regional de Cajamarca y sectores involucrados; donde se proporcionan los 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) Evaluar y caracterizar los peligros geológicos en el centro poblado La Laja, distrito La Florida, provincia San Miguel, departamento Cajamarca.
- b) Determinar los factores condicionantes y desencadenantes que influyen en la ocurrencia de los peligros geológicos.
- c) Proponer medidas de prevención, reducción y mitigación ante peligros identificados en los trabajos de campo.

1.2. Antecedentes

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

- Boletín N° 38 Serie A, Geología de los Cuadrángulos de Jayanca, Incahuasi, Cutervo, Chiclayo, Chongoyape, Chota, Celendín, Pacasmayo, Chepén (Wilson, 1984) donde se describe la geología a una escala 1:100 000; se señala que, en la zona de estudio, se tienen rocas intrusivas granodioríticas. En el cartografiado geológico integrado a escala 1:50 000, versión 2021 (Ingemmet, 2021); por escala y detalle, se reafirma la presencia de rocas intrusivas granodioríticas y textura holocristalina.
- En Boletín N° 44, Serie C, Estudio de Riesgo Geológico en la Región Cajamarca (Zavala & Rosado, 2011), el mapa de susceptibilidad a movimientos en masa, a escala 1:250 000; donde la localidad de La Laja, se sitúa en terrenos con susceptibilidad de media a alta ante la ocurrencia de movimientos en masa.

1.3. Aspectos generales

1.3.1. Ubicación

El área evaluada corresponde al centro poblado La Laja, jurisdicción del distrito de La Florida, provincia San Miguel, departamento Cajamarca (figura 1), ubicada en las coordenadas UTM WGS 84 – Zona: 17S descritas en el tabla 1 además de las coordenadas centrales referenciales del evento identificado.

Tabla 1. Coordenadas de las áreas de estudio.

N°	UTM – WGS 84 - ZONA 17S		Coordenadas Decimales (°)	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	708950	9238200	-6.888169	-79.108994
2	708950	9236500	-6.903539	-79.108933
3	707350	9236500	-6.903596	-79.123406
4	707350	9238200	-6.888226	-79.123467
Coordenada central de los peligros identificados				
Deslizamiento La Laja	708294	9237163	-6.897571	-79.114891

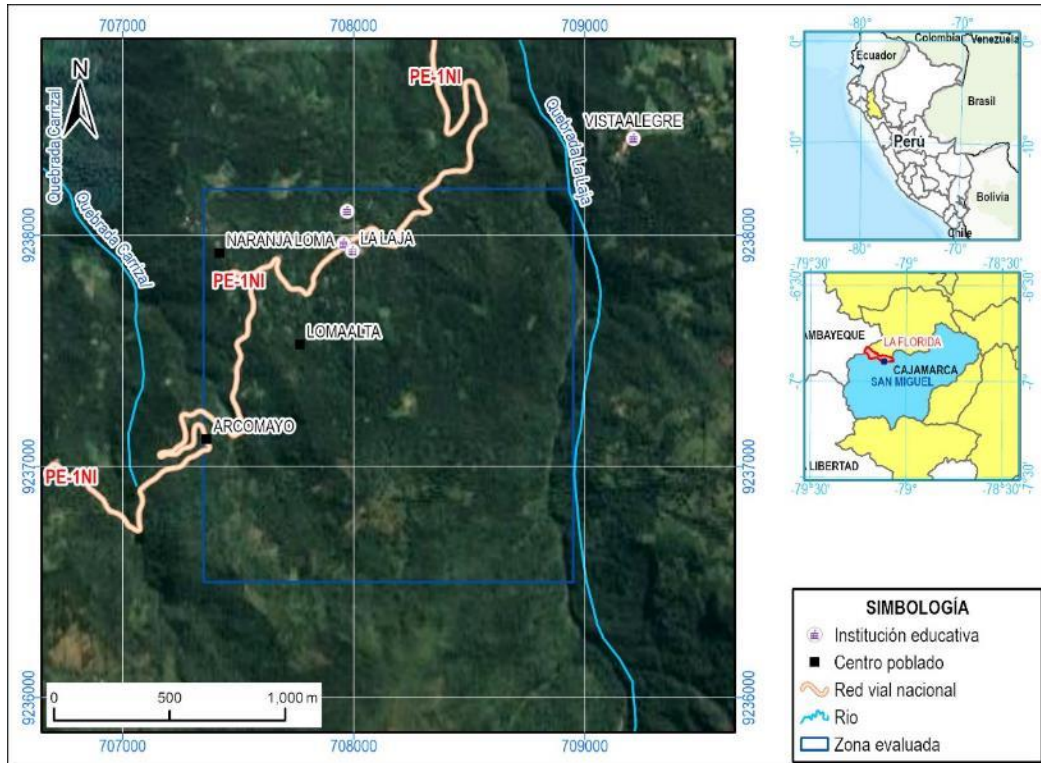


Figura 1. Ubicación del área evaluada (en línea azul).

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 Laja, tiene una población de 350 habitantes, distribuidos en 125 viviendas, con acceso a energía eléctrica pero no a agua por red pública ni desagüe.

1.3.3. Accesibilidad

La principal ruta de acceso desde la ciudad de la ciudad de Cajamarca se realiza a través de las vías nacionales PE-08B y PE-1N, hasta el centro poblado La Laja, tal como se detalla en la siguiente ruta (tabla 2, figura 2):

Tabla 2. Rutas y acceso a la zona evaluada.

Ruta	Tipo de Vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Ciudad de Cajamarca – Limoncarro	Asfaltada	165	3 horas 40 minutos
Limoncarro – Oyotún	Asfaltada	101	2 horas
Oyotún – La Laja	Afirmada	39	1 hora 20 minutos

Existe una ruta alterna a través de la ciudad de San Miguel, con menor distancia de recorrido (figura 2); sin embargo, suele presentar problemas en la calzada, debido al menor mantenimiento que se le brinda.

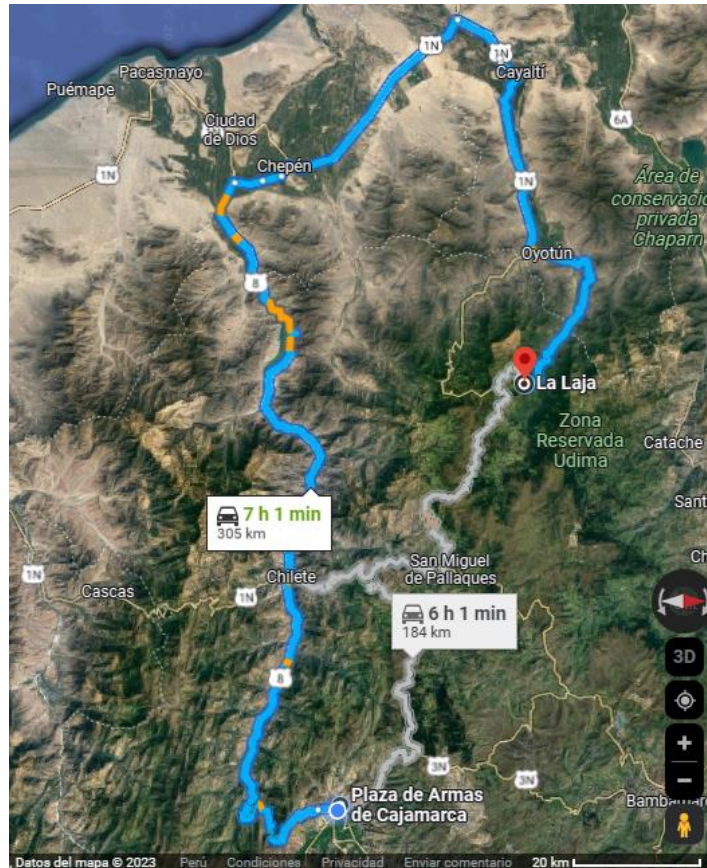


Figura 2. Ruta de acceso desde la ciudad de Cajamarca hasta el centro poblado La Laja.
Fuente: Google Maps.

1.3.4. Clima

Según el método de Clasificación Climática de Warren Thornthwaite - (Senamhi, 2020), la zona de estudio posee un clima Semiseco con humedad abundante todas las estaciones del año, templado (C (r) B'), con una temperatura máxima promedio de hasta 25°C, una temperatura mínima promedio desde 7°C y una precipitación anual entre 700 a 2 000 mm.

Durante el 2023, el sector evaluado percibió precipitaciones de hasta 86.2 mm/día (figura 3) considerados por el Senamhi, en su consolidado de umbrales de precipitación del 2014, como Extremadamente Lluvioso, para la provincia de San Miguel (Senamhi, 2014).

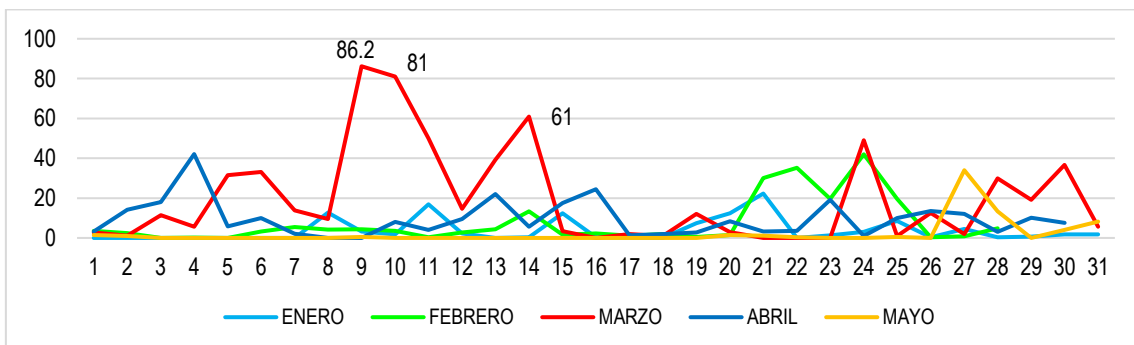


Figura 3. Precipitación diaria entre los meses enero y mayo del 2023, en la Estación Niepos (Provincia San Miguel). **Fuente:** Senamhi.

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 interstratificados y por lo general no es posible diferenciarlos.

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, entre otros.

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 con predominancia mayor de 50% de material grueso (bloques, gravas), sobre los finos, que transcurre principalmente confinado a lo largo de un canal o cauce con pendiente pronunciada.

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.

Inactivo relicto: Movimiento en masa que claramente ocurrió bajo condiciones geomórficas o climáticas diferentes a las actuales, posiblemente hace miles de años (Cruden & Varnes, 1996).

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.

Reactivado: Movimiento en masa que presenta alguna actividad después de haber permanecido estable o sin movimiento por algún periodo de 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 Boletín N° 38 “Geología de los Cuadrángulos de Jayanca, Incahuasi, Cutervo, Chiclayo, Chongoyape, Chota, Celendín, Pacasmayo, Chepén” (Wilson, 1984) como también se toma referencia del reciente cartografiado geológico integrado a escala 1:50 000, versión 2021 (Ingemmet, 2021); 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

Corresponden a rocas intrusivas y rocas volcánico sedimentarias del Paleógeno; además de depósitos de movimientos en masa.

3.1.1. Plutón Rushos (Po-ru-gd)

Esta unidad está conformada por rocas intrusivas de composición granodiorítica holocristalina, equigranular, gris clara, con cristales de cuarzo, plagioclasa, ortosa, anfíbol y biotita.

En la zona evaluada esta unidad muestra afloramientos esporádicos, debido a que normalmente se encuentra cubierto por depósitos coluvio deluviales; los macizos encontrados muestran rocas medianamente fracturadas y moderadamente meteorizadas (fotografía 1).

La resistencia geológica de sus macizos rocosos es de mediana a buena, reflejado en una resistencia a la compresión uniaxial (cuadro 1) de entre 50 a 100 MPa y un Índice Geológico de Resistencia (Hoek, 2007) de entre 50 a 60 (figura 4).



Fotografía 1. Bloques de rocas granodioríticas del Plutón Rushos, dentro de la zona evaluada.
Coordenadas: E: 708293, N: 9237166.

Cuadro 1. Estimaciones de la resistencia a la compresión uniaxial. **Fuente:** Hoek, 2007

Grado	Término	Estimación en campo de la resistencia	Resistencia a la compresión uniaxial (MPa)
R6	Extremadamente fuerte	Solo se rompe esquirlas de la muestra con el martillo	>250
R5	Muy fuerte	Se requiere varios golpes de martillo para romper la muestra	100-250
R4	Fuerte	La muestra se rompe con más de un golpe del martillo	50-100
R3	Medianamente fuerte	No se raya ni desconcha con cuchillo. La muestra se rompe con golpe firme del martillo	25-50
R2	Débil	Se desconcha con dificultad con cuchilla. Marcas poco profundas en la roca con golpe firme del martillo (de punta)	5-25
R1	Muy débil	Deleznable con golpes firmes con la punta de martillo de geólogo se desconcha con una cuchilla	1-5
R0	Extremadamente débil	Se raya con la uña	0.25-1

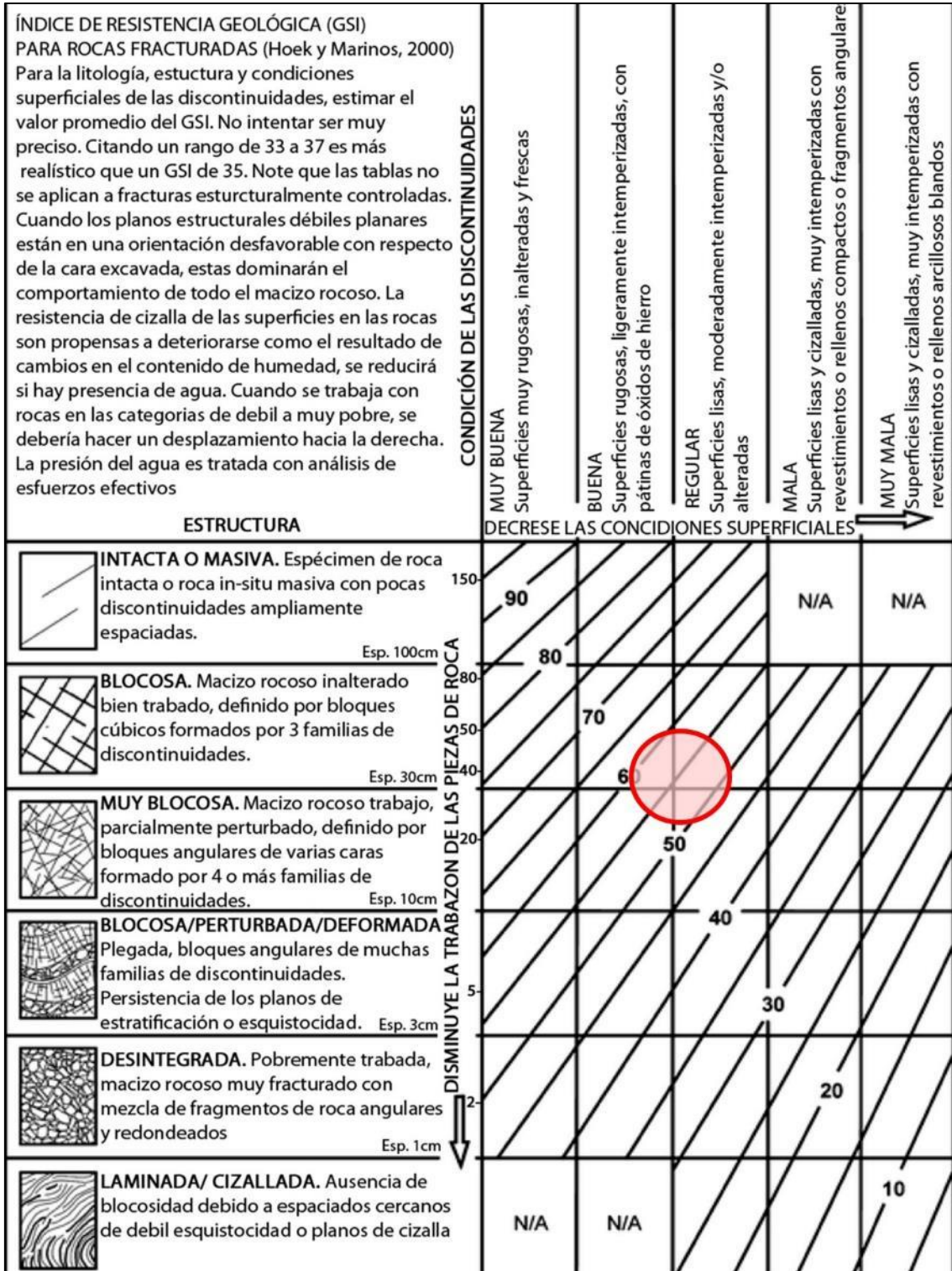


Figura 4. Estructura y calidad de las discontinuidades del macizo rocoso del Plutón Rushos, GSI promedio de entre 50 a 60. **Fuente:** Tabla del Índice Geológico de Resistencia GSI (Hoek, 2007).

3.1.3. Depósitos cuaternarios

Depósito Coluvio Deluvial (Q-cd)

Corresponde a suelos originados por los diversos movimientos en masa originados en la zona evaluada, su granulometría corresponde a limos y arcillas de mediana a alta plasticidad, con contenido de material orgánico (fotografía 2, tabla 3).



Fotografía 2. Suelos coluvio deluviales compuestos por limos y arcillas ubicados en los sectores con movimientos en masa. **Coordenadas:** E: 708308, N: 9237167.

Tabla 3. Descripción de formaciones superficiales. **Coordenadas:** E: 708308; N: 9237167.

TIPO DE FORMACIÓN SUPERFICIAL				GRANULOMETRÍA (%)		FORMA		REDONDES	
<input type="checkbox"/>	Eluvial	<input type="checkbox"/>	Lacustre	10	Bolos	<input type="checkbox"/>	Esférica	<input type="checkbox"/>	Redondeado
X	Deluvial	<input type="checkbox"/>	Marino	5	Cantos	X	Discooidal	X	Sub redondeado
X	Coluvial	<input type="checkbox"/>	Eólico	5	Gravas	<input type="checkbox"/>	Laminar	<input type="checkbox"/>	Anguloso
<input type="checkbox"/>	Aluvial	<input type="checkbox"/>	Orgánico	5	Gránulos	<input type="checkbox"/>	Cilíndrica	<input type="checkbox"/>	Sub anguloso
<input type="checkbox"/>	Fluvial	<input type="checkbox"/>	Artificial	15	Arenas				
<input type="checkbox"/>	Proluvial	<input type="checkbox"/>	Litoral	25	Limos				
<input type="checkbox"/>	Glaciar	<input type="checkbox"/>	Fluvio glaciar	35	Arcillas				

PLASTICIDAD		ESTRUCTURA		TEXTURA		CONTENIDO DE		% LITOLOGÍA	
X	Alta plasticidad	X	Masiva	X	Harinoso	X	Materia orgánica	<input type="checkbox"/>	Intrusivos
<input type="checkbox"/>	Med. plasticidad	<input type="checkbox"/>	Estratificada	<input type="checkbox"/>	Arenoso	<input type="checkbox"/>	Carbonatos	<input type="checkbox"/>	Volcánicos
<input 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							X	Sedimentarios

COMPACIDAD						CLASIFICACIÓN TENTATIVA S.U.C.S.					
SUELOS FINOS			SUELOS GRUESOS			SUELOS GRUESOS			SUELOS FINOS		
Limos y Arcillas			Arena			Gravas			ML		
<input type="checkbox"/>	Blanda	<input type="checkbox"/>	Suelta	<input type="checkbox"/>	Suelta	<input type="checkbox"/>	GW	<input type="checkbox"/>	SW	<input type="checkbox"/>	MH
X	Compacta	<input type="checkbox"/>	Densa	<input type="checkbox"/>	Med. consolidada	<input type="checkbox"/>	GP	<input type="checkbox"/>	SP	<input checked="" type="checkbox"/>	CH
<input type="checkbox"/>	Dura	<input type="checkbox"/>	Muy Densa	<input type="checkbox"/>	Consolidada	<input type="checkbox"/>	GM	<input type="checkbox"/>	SM	<input type="checkbox"/>	OH
				<input type="checkbox"/>	Muy consolidada	<input type="checkbox"/>	GC	<input type="checkbox"/>	SC	<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 utilizó imágenes y modelos digitales de elevación de detalle 12.5 m de fuente Alos Palsar, 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)

El centro poblado La Laja presenta elevaciones que van desde los 1 326 m hasta los 2 026 m, en los cuales se distinguen 7 niveles altitudinales (figura 5), visualizando la extensión con respecto a la diferencia de alturas; el área con mayor pendiente corresponde a terrenos entre altitudes 1 600 y 1 800 m, con pendiente promedio de fuerte a muy fuerte (15° a 45°) correspondiente a depósitos coluvio deluviales y geformas de vertiente coluvio deluvial y vertiente con depósito de deslizamiento.

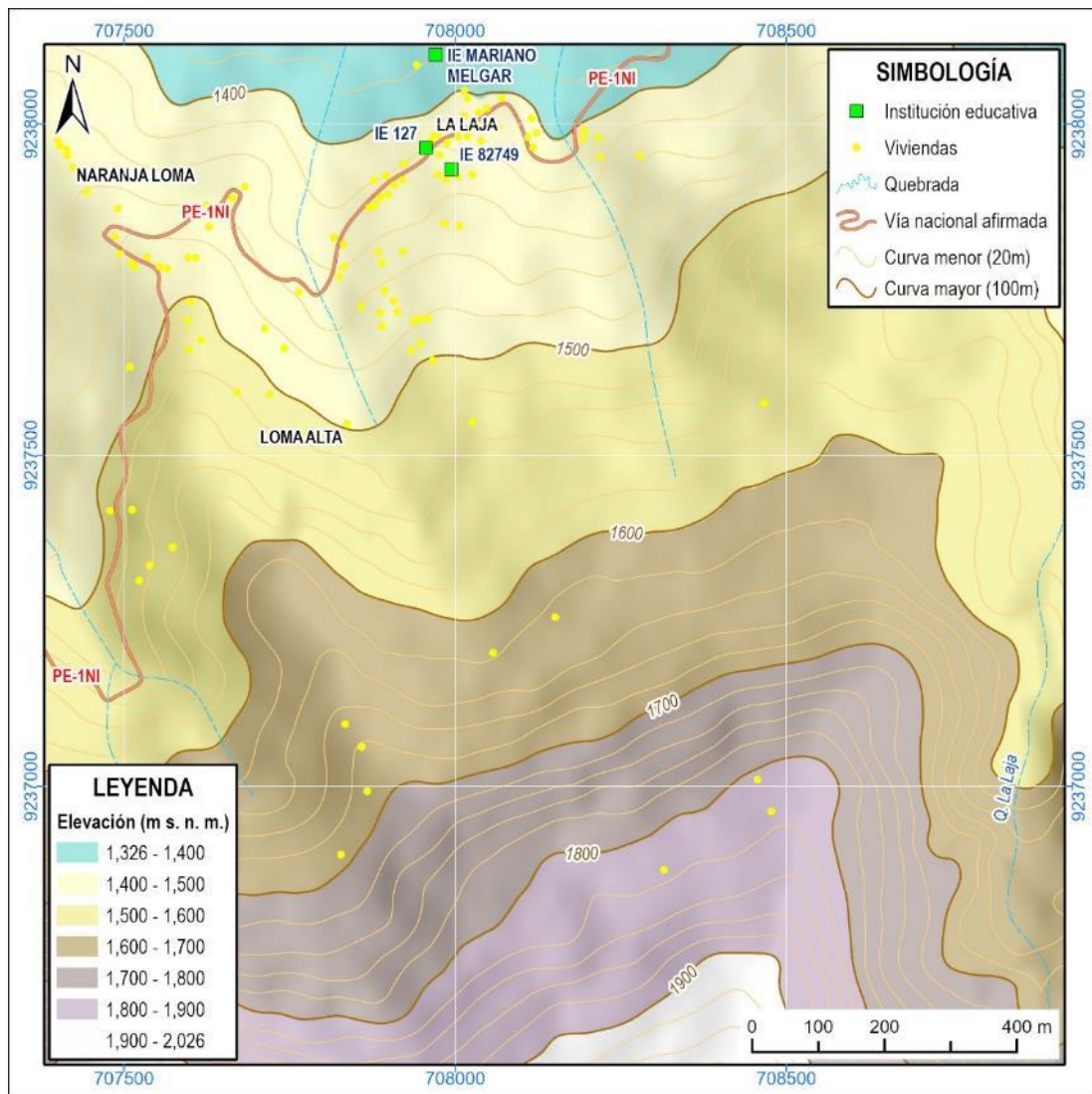


Figura 5. Modelo digital de elevaciones del sector evaluado.

4.2. Pendiente del terreno

La zona evaluada, centro poblado La Laja presenta terrenos con pendientes que varían de moderadas (5° a 15°) en los sectores donde se han asentado viviendas e infraestructuras públicas, a pendientes fuertes y muy fuertes (15° a 45°) en los terrenos con geoforma de vertiente coluvio deluvial y vertiente con depósito de deslizamiento, donde se han generado movimientos en masa (figura 6; mapa 2).

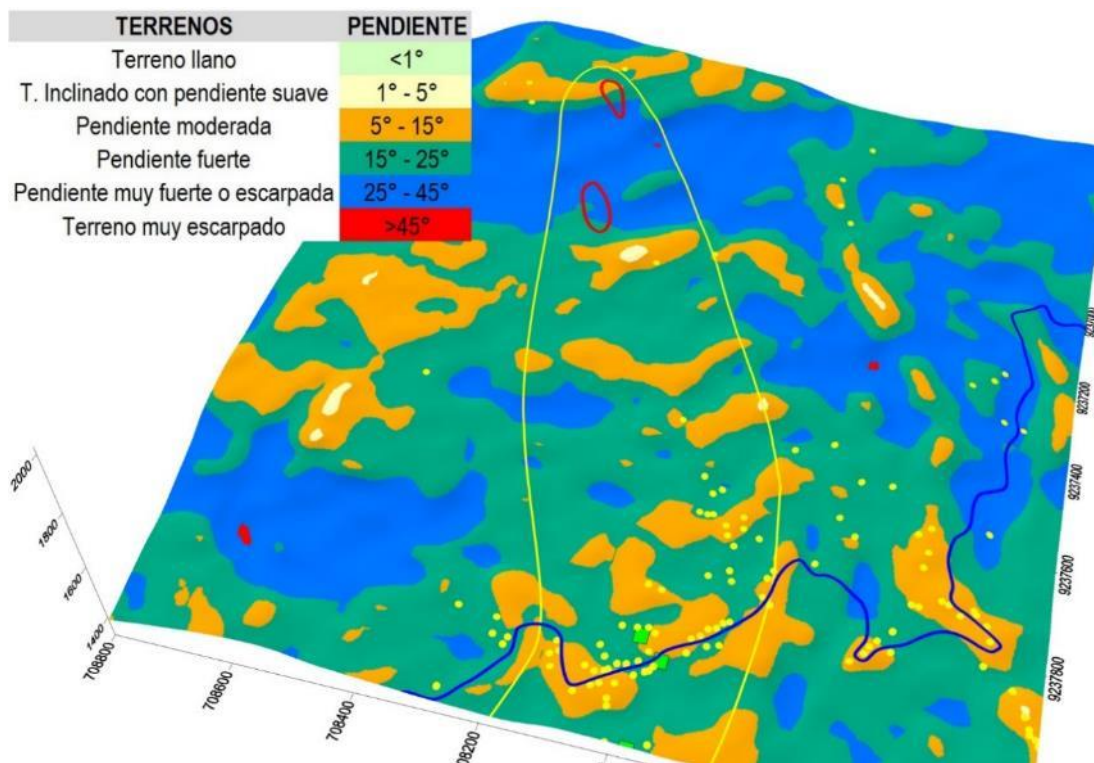


Figura 6. Modelo 3D de las pendientes del centro poblado La Laja; los deslizamientos activos están delimitados en línea roja, el deslizamiento antiguo en proceso de reactivación en línea amarilla, la vía nacional PE-1NI en línea azul, las instituciones educativas por cuadrados verdes y las viviendas por puntos amarillos.

4.3. Unidades Geomorfológicas

De acuerdo a su origen, se distinguen geoformas tanto de carácter tectónico degradacional y erosional (montaña en roca intrusiva: M-rs), como de carácter deposicional y agradacional (Vertiente coluvio deluvial: V-cd y vertiente con depósito de deslizamiento: V-dd); se grafican en el mapa 3.

4.3.1. Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional

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

Unidad de montañas

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

- Sub unidad de montaña en roca sedimentaria (M-rs)

Corresponden a los terrenos con pendiente de fuerte a muy fuerte (15° a 45°) que abarcan los alrededores del centro poblado La Laja; estos terrenos están cubiertos por una densa vegetación de árboles y arbustos, debido a la presencia de una gruesa capa de suelos residuales y la abundante humedad durante todo el año de la zona.

4.3.2. Geoformas de carácter depositacional y agradacional

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

Unidad de Piedemontes

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

Son terrenos cóncavos con pendientes de moderada a muy fuerte (5° a 45°), producto de la acumulación de suelos transportados por movimientos en masa antiguos; localmente abunda el agua superficial y subterránea.

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

Son terrenos cóncavos con pendientes de fuerte a muy fuerte (15° a 45°), producto de la acumulación de suelos transportados por deslizamientos; su relieve es escalonado.

5. PELIGROS GEOLÓGICOS

El centro poblado La Laja se ubica sobre el depósito de un antiguo deslizamiento que en su parte alta está en proceso de reactivación en dos sectores (Mapa 4), el factor detonante fueron las lluvias extremas del 2023 (figura 7); que podrían producir flujos de detritos, durante escenarios de lluvias intensas futuras, y afectar viviendas e instituciones educativas ubicadas ladera abajo, en orientación de la pendiente del terreno (figura 8).

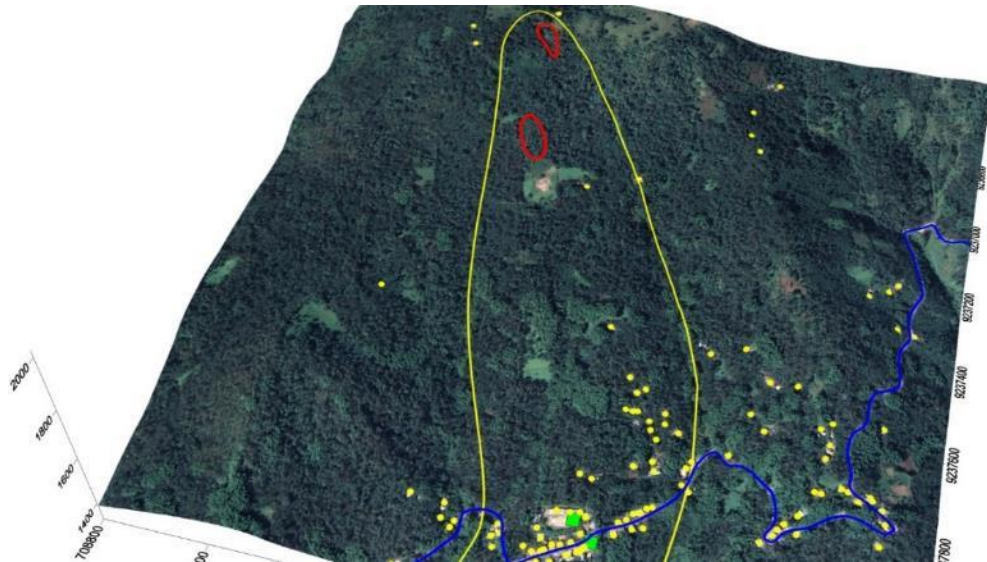


Figura 7. Modelo 3D del centro poblado La Laja, se muestra el deslizamiento antiguo (línea amarilla) y las áreas reactivadas como deslizamientos (en rojo).

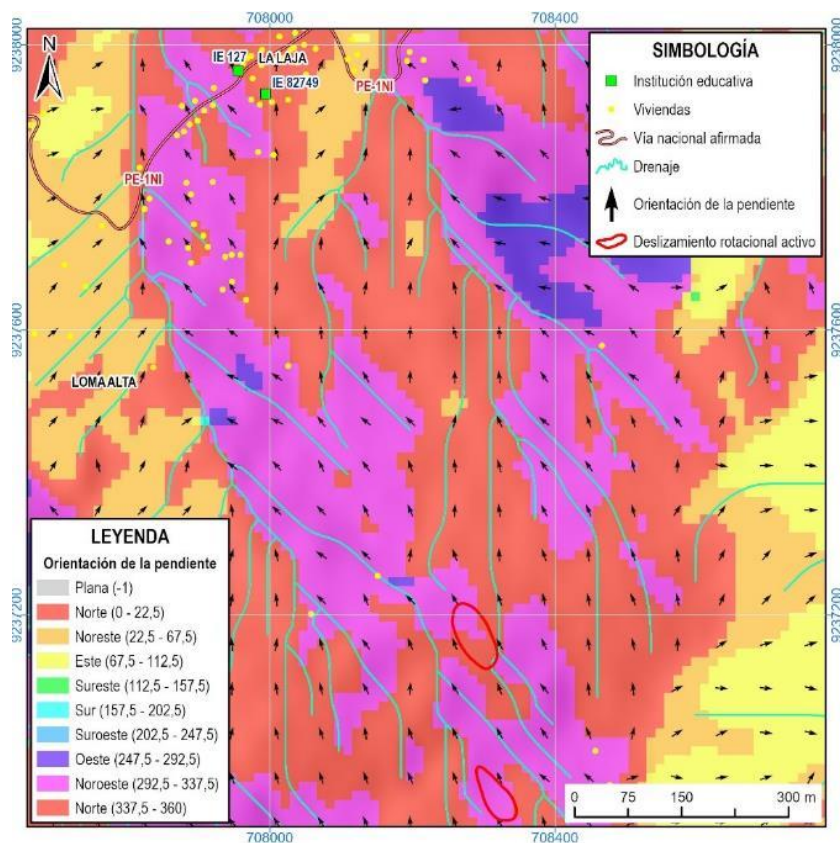


Figura 8. Orientación de la pendiente del terreno entre los deslizamientos y el centro poblado La Laja.

5.1. Deslizamiento rotacional La Laja 1 DRA1

5.1.1. Descripción

Este movimiento en masa abarca 3 609 m² y un volumen de 8 851 m³, se ha desarrollado en terrenos con pendiente muy fuerte (25° a 45°); los materiales geológicos están compuestos por arcillas y limos de alta plasticidad con abundante material orgánico, proveniente de la descomposición de plantas.

Los factores que influenciaron en la reactivación del deslizamiento son:

- Depósito conformado por suelos limo arcillosos, que permite la infiltración del agua, lo que conlleva a la saturación y aumento de peso de la masa inestable.
- Pendiente muy fuerte del terreno, que permite que la masa inestable se desplace cuesta abajo.
- Riego por inundación de los terrenos de cultivo, que permite que los suelos se saturen constantemente.
- Intensas lluvias y prolongadas, que ayudan en la saturación del suelo.

El deslizamiento ha generado escarpes y agrietamientos (fotografía 3) en la parte alta del terreno, además de desplazamiento ladera abajo que han afectado a los terrenos de cultivos en 0.3 ha (fotografía 4)



Fotografía 3. Escarpe del deslizamiento DRA1.



Fotografía 4. Terrenos afectados por el deslizamiento DRA1. **Coordenadas:** E: 708310; N: 9237167.

5.1.2. Análisis longitudinal del DRA1

En el perfil longitudinal A-A' (figura 9) se aprecia la distribución de los materiales geológicos (Plutón Rushos y depósitos coluvio deluviales), la ubicación de la vía nacional PE-1NI y el sector urbano del centro poblado La Laja, en peligro por el deslizamiento rotacional.

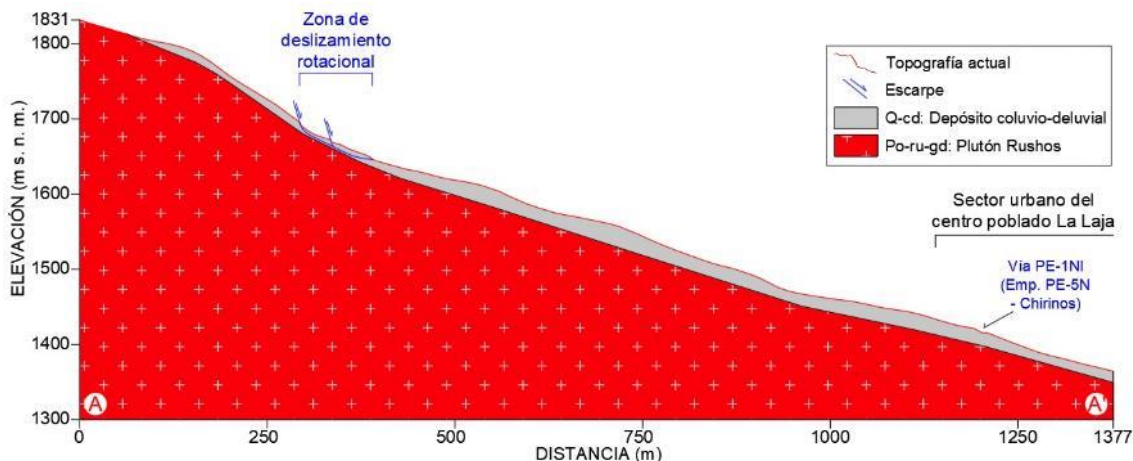


Figura 9. Perfil longitudinal A-A' que representa la distribución de los materiales geológicos, escarpes y elementos expuestos a daños.

En la figura 10 se muestran los dos escarpes principales en el deslizamiento DRA1, los cuales han generado saltos de hasta 3 m en el terreno.



Figura 10. Vista de los dos escarpes del deslizamiento DRA1, el de mayor salto vertical (izquierda) se ubica en la parte media, el menor (derecha) se ubica en la parte alta.

El deslizamiento también ha generado una serie de agrietamientos de menores dimensiones (figura 11) que contribuyen a la infiltración de aguas superficiales hacia el cuerpo del deslizamiento.

La ausencia de un adecuado sistema de drenaje impermeable, de aguas de escorrentías superficiales, hace que no sea posible derivar el agua de las lluvias, fuera de la zona del deslizamiento; dichas aguas continúan desestabilizando a los suelos acumulados.



Figura 11. Agrietamientos producto del movimiento de suelos dentro del cuerpo del deslizamiento.



Figura 12. Bloques rocosos ubicados dentro del cuerpo del deslizamiento.

5.1.3. Características visuales y morfométricas del DRA1

- Tipo de movimiento: Deslizamiento rotacional en suelos.
- Estado: Activo.
- Tipo de avance: Retrogresivo.
- Velocidad: Moderado (algunos centímetros al mes).
- Deformación del terreno: Escalonado.
- La composición de los suelos coluvio deluviales de arcillas de alta plasticidad (Tabla 3).

Morfometría del DRA1

- Área: 3 609 m².
- Perímetro: 236 m.
- Volumen: 8 851 m³.
- Diferencia de alturas corona y pie de deslizamiento: 56 m.
- Longitud horizontal corona a punta: 98 m.
- Ángulo de corona al pie del deslizamiento: 29.7°.
- Dirección del movimiento: N332° (SE-NO)
- Ancho de la superficie de falla: 40 m.
- Salto principal: 3 m.

Factores condicionantes

- Litología y naturaleza incompetente de materiales, compuesto suelos arcillo limosos de alta plasticidad de depósitos coluvio deluviales.
- Ladera de pendiente fuerte a muy fuerte (15° a 45°), que conforman geofomas de vertientes con depósito de deslizamiento, muy susceptibles a movimientos en masa.
- Ausencia de drenajes adecuados.

Factor detonante

- Precipitaciones pluviales de intensidad extrema, como la ocurrida el 9 de marzo del 2023, cuando la estación Niepos, San Miguel, registró 86.2 mm/día (figura 3).

Daños ocasionados

- 0.3 ha de terrenos de cultivos afectados.

5.2. Deslizamiento rotacional La Laja 2 DRA2

Este deslizamiento rotacional activo se ubica a 140 m del deslizamiento DRA1, tiene un área de 2 271 m² y un volumen de 4 052 m³. Se ha generado sobre terrenos de pendiente fuerte a muy fuerte (15° a 25°) que conforma vertiente con depósito de deslizamiento; los suelos donde se ha desarrollado corresponden a depósitos coluvio deluviales de bloques y cantos sub angulares y sub redondeados en matriz de limos y arcillas de mediana plasticidad.

El deslizamiento presenta un escarpe principal con salto de 2 m y longitud de 86 m, el ancho del cuerpo del deslizamiento en promedio de 36 m (fotografía 5); la parte inferior del deslizamiento se encuentra sobresaturado por presencia de agua subterránea y superficial (fotografía 6).



Fotografía 5. Escarpe principal del deslizamiento DRA2. Se aprecian bloques de formas angulosas en matriz de limos de baja plasticidad, como también restos de raíces de plantas.



Fotografía 6. Parte baja del deslizamiento DRA2 con abundante agua superficial.

El deslizamiento DRA2 solo ha afectado a árboles y vegetación autóctona (fotografía 7), sin embargo, sus dimensiones podrían incrementarse si no se aplican medidas de control adecuadas.



Fotografía 7. Árboles derrumbados por el movimiento del deslizamiento DRA2.

Los deslizamientos DRA1 y DRA2 han generado un gran volumen de suelos sueltos, que, ante lluvias intensas, podrían volverse flujos y alcanzar al sector urbano del centro poblado La Laja, ubicado a 750 m y 850 m, respectivamente, ladera abajo.

El sector urbano en peligro del centro poblado La Laja, está conformado por 50 viviendas, 0.5 km de la vía nacional PE-1NI (fotografía 8) y 3 instituciones educativas (fotografía 9).



Fotografía 8. Vía nacional PE-1NI que cruza por el centro poblado La Laja, en la parte baja de los deslizamientos activos.



Fotografía 9. Institución educativa N° 82749, ubicada en la parte baja de los deslizamientos activos, en el centro poblado La Laja.

6. CONCLUSIONES

- a. El centro poblado La Laja está ubicado en terrenos de moderada a fuerte pendiente, que conforman una geoforma de vertiente coluvio deluvial, originado por la acumulación de suelos transportados por antiguos movimientos en masa.
- b. Litológicamente, el basamento rocoso corresponde a rocas intrusivas granodioríticas (Plutón Rushos) medianamente fracturadas y moderadamente meteorizadas, cubiertas por depósitos coluvio deluviales de suelos arcillo limosos de mediana a alta plasticidad, con alto contenido de material orgánico.
- c. Se ha cartografiado un deslizamiento antiguo en proceso de reactivación en forma de deslizamientos rotacionales, con áreas de 3 609 y 2 271 m² y volúmenes de 8 851 y 4 052 m³, respectivamente. Los eventos muestran escarpes con saltos hasta 3 m. Las reactivaciones se encuentran entre 750 y 800 m, ladera arriba, del centro poblado La Laja. La zona afectada involucra terrenos de cultivos frutales y árboles nativos del lugar.
- d. Los factores que han influenciado en la reactivación del deslizamiento son: terrenos de fuerte a muy fuerte pendiente, depósito conformado por arcillo limosos saturados con aumento de peso, terrenos deforestados que permite la filtración de agua. El factor detonante fueron las precipitaciones pluviales extremas y prolongadas, que se generaron el 9 marzo del 2023, en la estación Niepos (San Miguel) se registró 86.2 mm/día.
- e. Se podría generar flujos desde donde se encuentra la masa inestable desde las zonas reactivadas, esto se podría dar en situaciones de lluvias intensas; donde la masa inestable podría desplazarse cuesta abajo. De darse el evento mencionad0 afectaría 50 viviendas, 3 instituciones educativas y 0.4 km de la vía nacional PE-1NI.
- f. Las áreas de impacto por deslizamiento, cartografiadas en el centro poblado La Laja, por las condiciones geomorfológicas y geodinámicas, se considera como **Zonas Críticas de Peligro Alto** ante movimientos en masa.

7. RECOMENDACIONES

- a) Construir drenes de coronación y perimetrales impermeabilizados alrededor de los terrenos afectados por deslizamientos (Anexo 2A – Figura 13).
- b) Reforestar las laderas con especies nativas y de raíces densas (Anexo 2b – Figura 14 y Fotografía 10).
- c) Prohibir el riego por inundación en los terrenos aledaños a movimientos en masa.
- d) Monitorear constantemente la actividad de los deslizamientos.
- e) Instalar un sistema de alerta temprana para alertar con anticipación a la población del centro poblado La Laja, la posible activación de un flujo, para poder evacuar a zonas seguras.
- f) Capacitar a la población en Gestión del Riesgo de Desastres.
- g) Elaborar una evaluación de riesgos EVAR ante deslizamiento y flujo, para determinar las viviendas con riesgo alto y muy alto que deberían ser reubicadas, de ser el caso; además de medidas de control de riesgos adicionales.

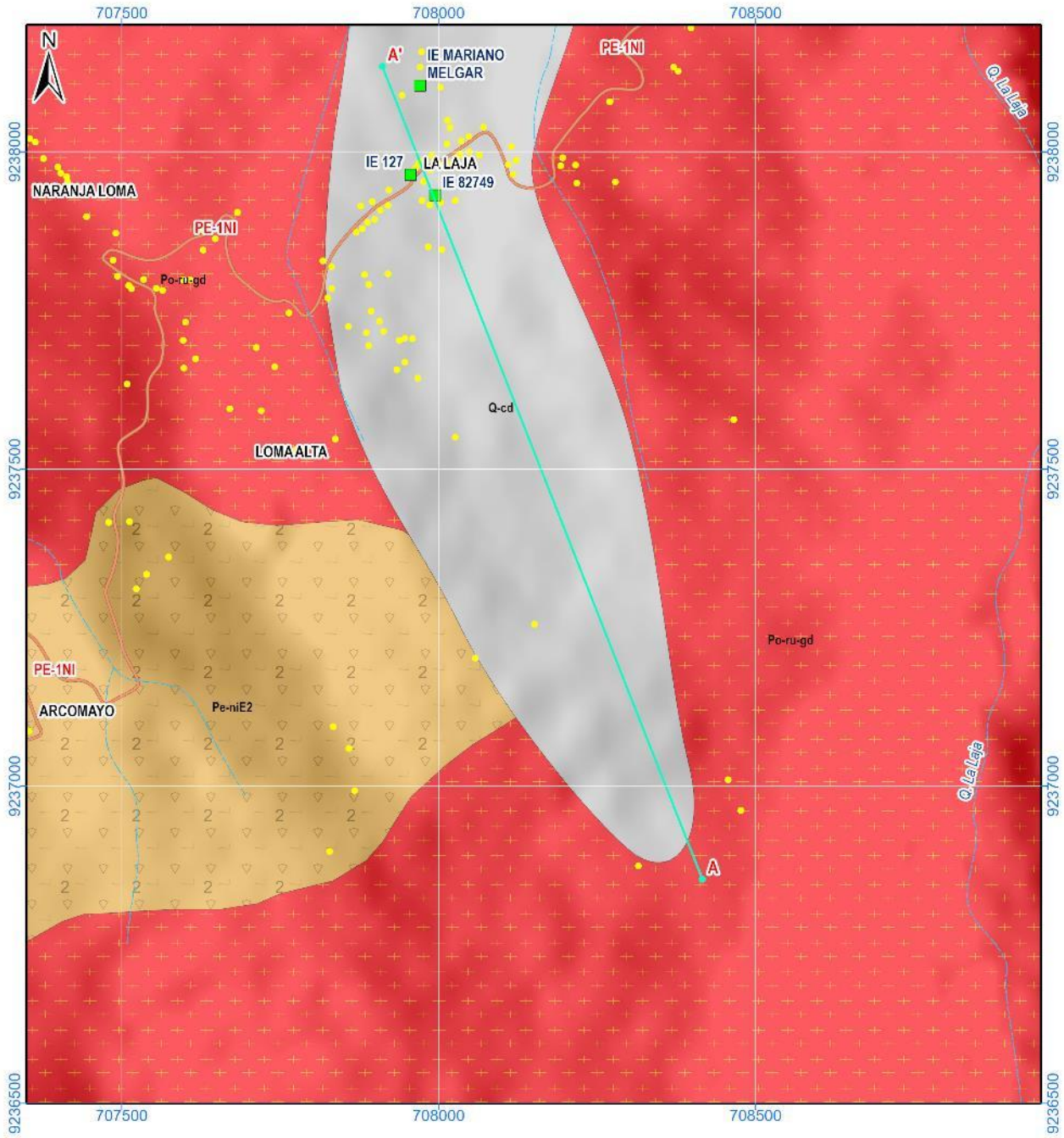

LUIS MIGUEL LEON ORDAZ
Ingeniero Geólogo
Reg.CIP. N° 215610


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

8. BIBLIOGRAFÍA

- Cruden, D. M., & Varnes, D. J. (1996). Landslides types and processes. *Landslides investigation and mitigation: Washington D.C, National Academy Press, Transportation Research Board Special Report, 247, 36–75.*
- Hoek, E. (2007). Rock Mass Properties. En *Practical Rock Engineering* (2a ed., pp. 190–236). Rocscience.
- 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. (2021). *Mapas geológicos integrados 50k ver 2021*. <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.
- 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.
- Villota, H. (2005). *Geomorfología Aplicada a Levantamientos Edafológicos y Zonificación Física de Tierras* (2a ed.). Instituto Geográfico Agustín Codazzi.
- Wilson, J. (1984). *Geología de los Cuadrángulos de Jayanca, Incahuasi, Cutervo, Chiclayo, Chongoyape, Chota, Celendín, Pacasmayo, Chepén*. Ingemmet Boletín N° 38 Serie A (1a ed.).
- Zavala, B., & Rosado, M. (2011). *Riesgo Geológico en la Región Cajamarca. Ingemmet Boletín N° 44, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica*.

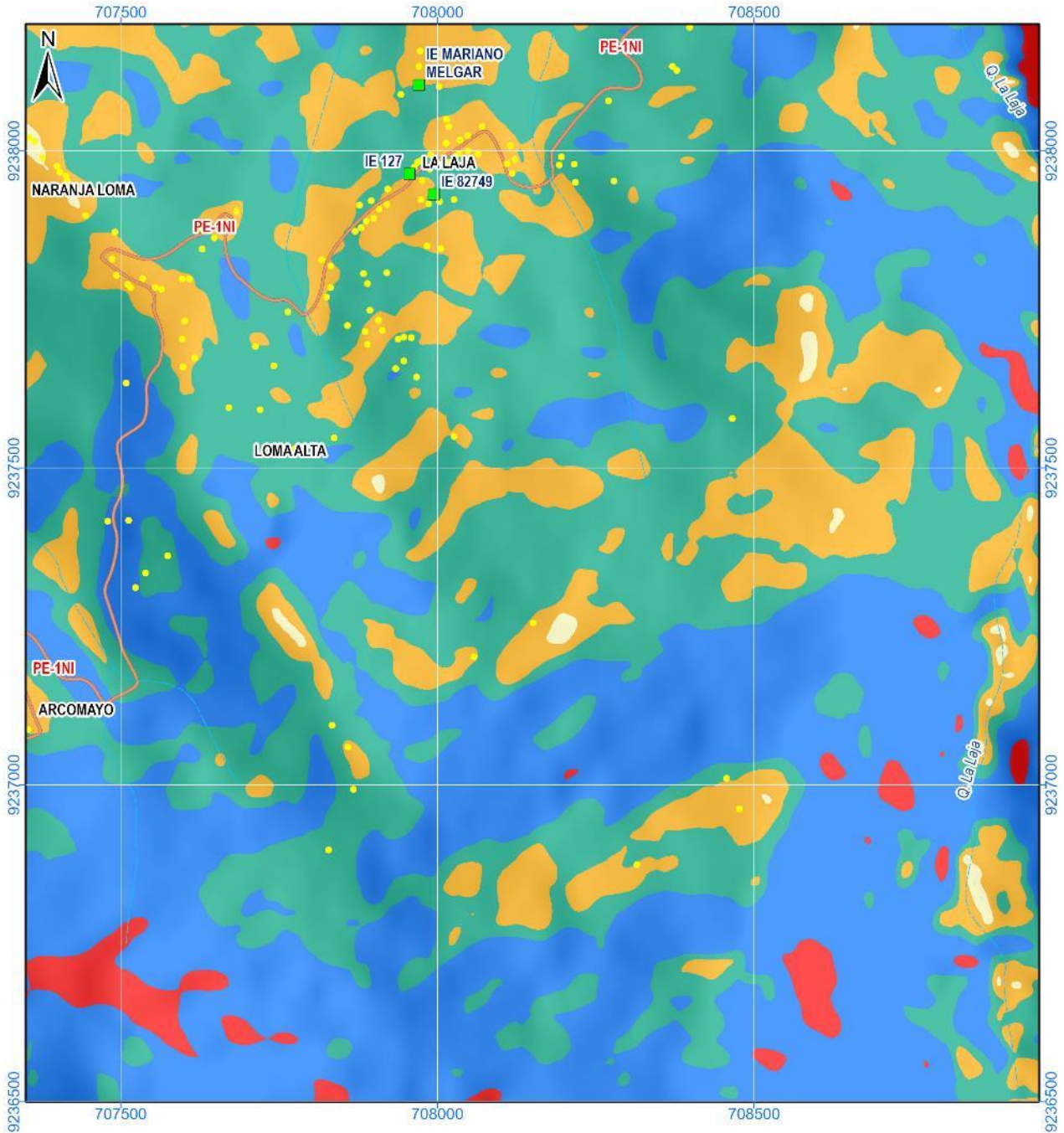
ANEXO 1. MAPAS



SIMBOLOGÍA	
	Institución educativa
	Viviendas
	Quebrada
	Vía nacional afirmada
	Línea de perfil

LEYENDA	
	Q-cd: Depósito coluvio deluvial
	Pe-niE2: Centro Volcánico Niepos - Evento 2
	Po-ru-gd: Plutón Rushos

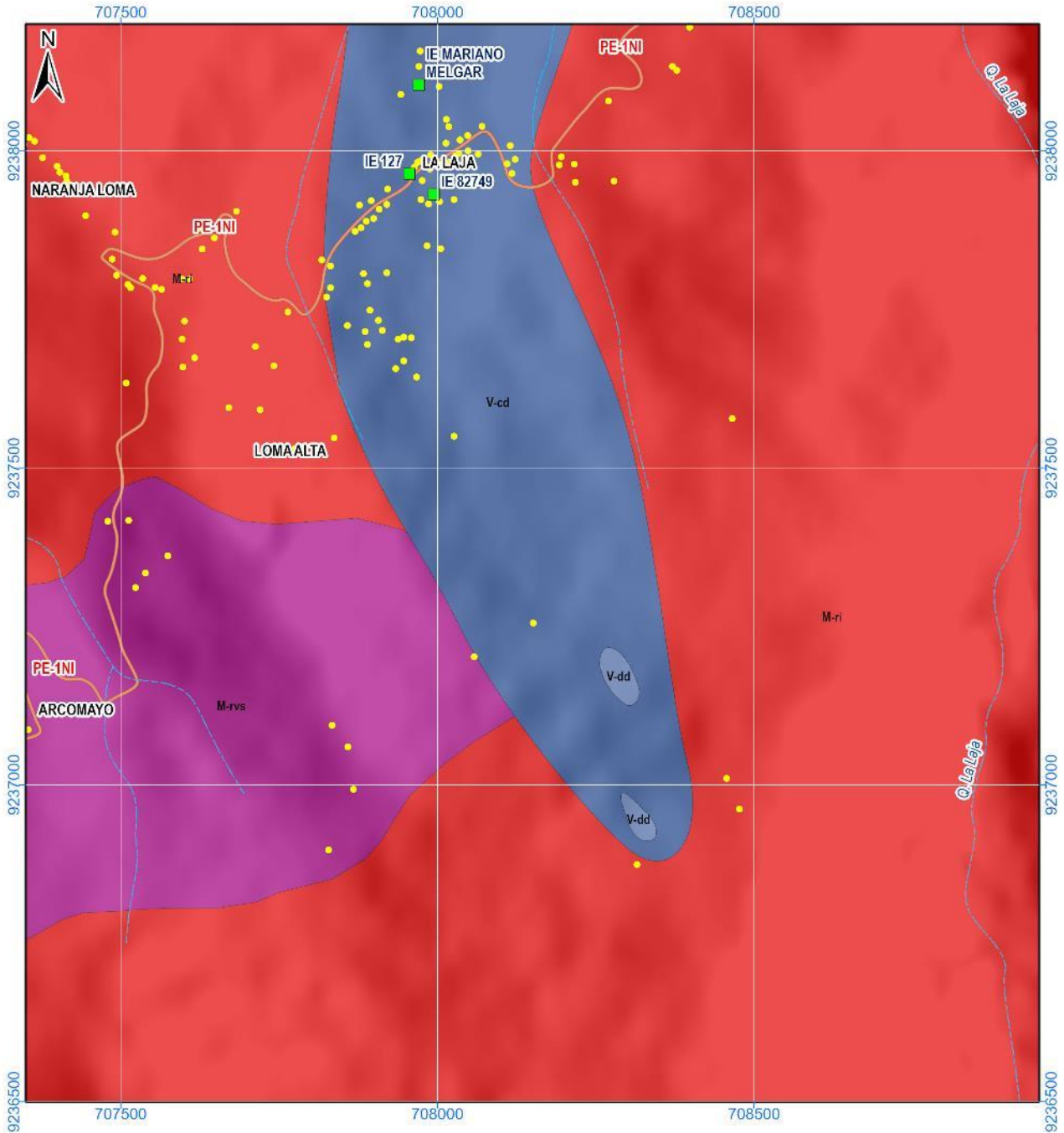
SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL CAJAMARCA - SAN MIGUEL - LA FLORIDA	
GEOLOGÍA DEL CENTRO POBLADO LA LAJA	
Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León
Proyección: UTM - Zona 17 Sur	Datum: WGS 84
Escala: 1/10,000	Versión digital: 2023
MAPA 1	



SIMBOLOGÍA	
	Institución educativa
	Viviendas
	Quebrada
	Via nacional afirmada

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

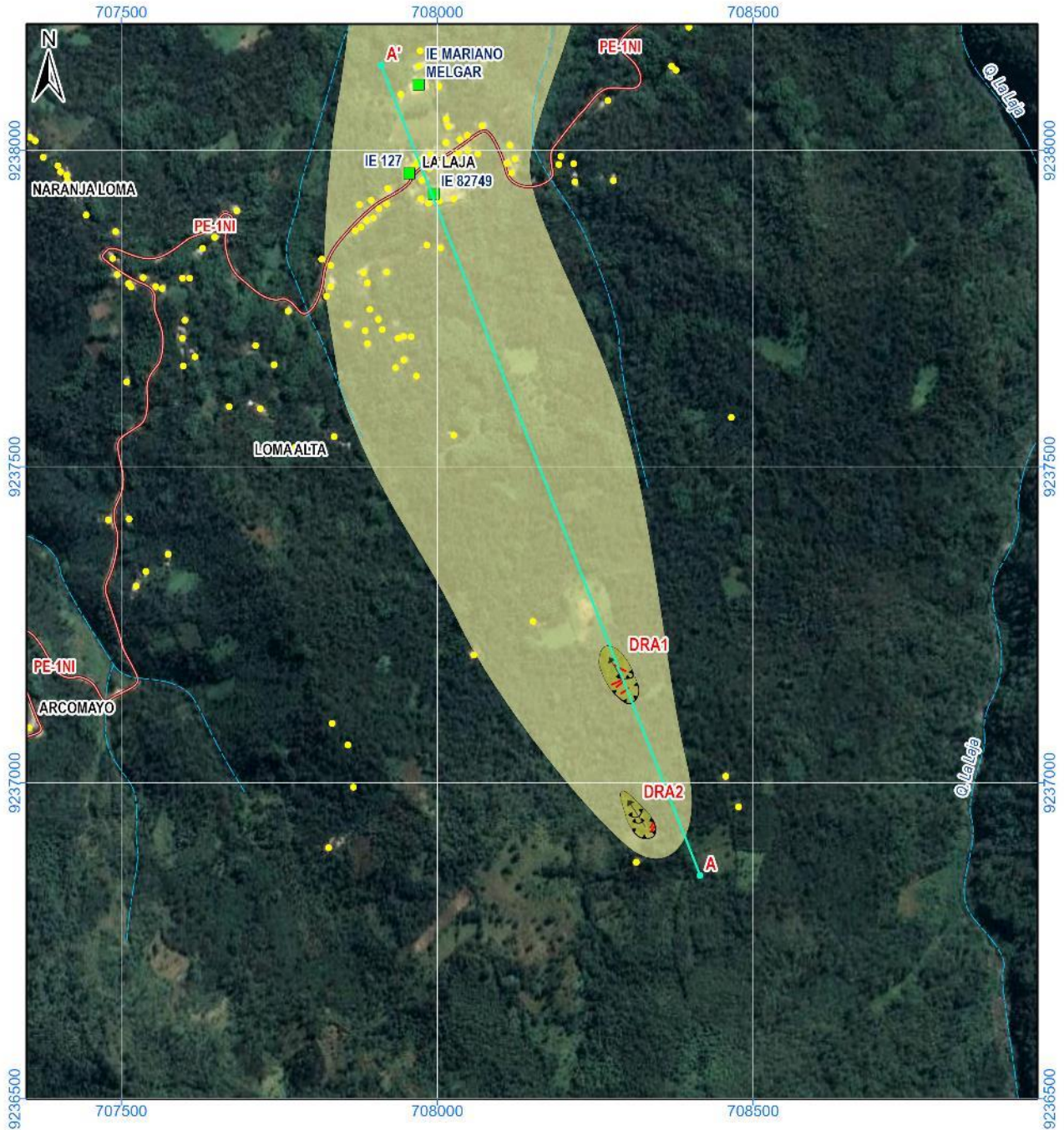
SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL CAJAMARCA - SAN MIGUEL - LA FLORIDA		
PENDIENTES DEL TERRENO EN EL CENTRO POBLADO LA LAJA		
Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León	MAPA 2
Proyección: UTM - Zona 17 Sur	Datum: WGS 84	
Escala: 1/10,000	Versión digital: 2023	



SIMBOLOGÍA	
■	Institución educativa
●	Viviendas
	Quebrada
	Via nacional afirmada

LEYENDA	
■	M-ri: Montaña en roca intrusiva.
■	M-rvs: Montaña en roca volcánico sedimentaria
■	V-cd: Vertiente coluvio deluvial
■	V-dd: Vertiente con depósito de deslizamiento

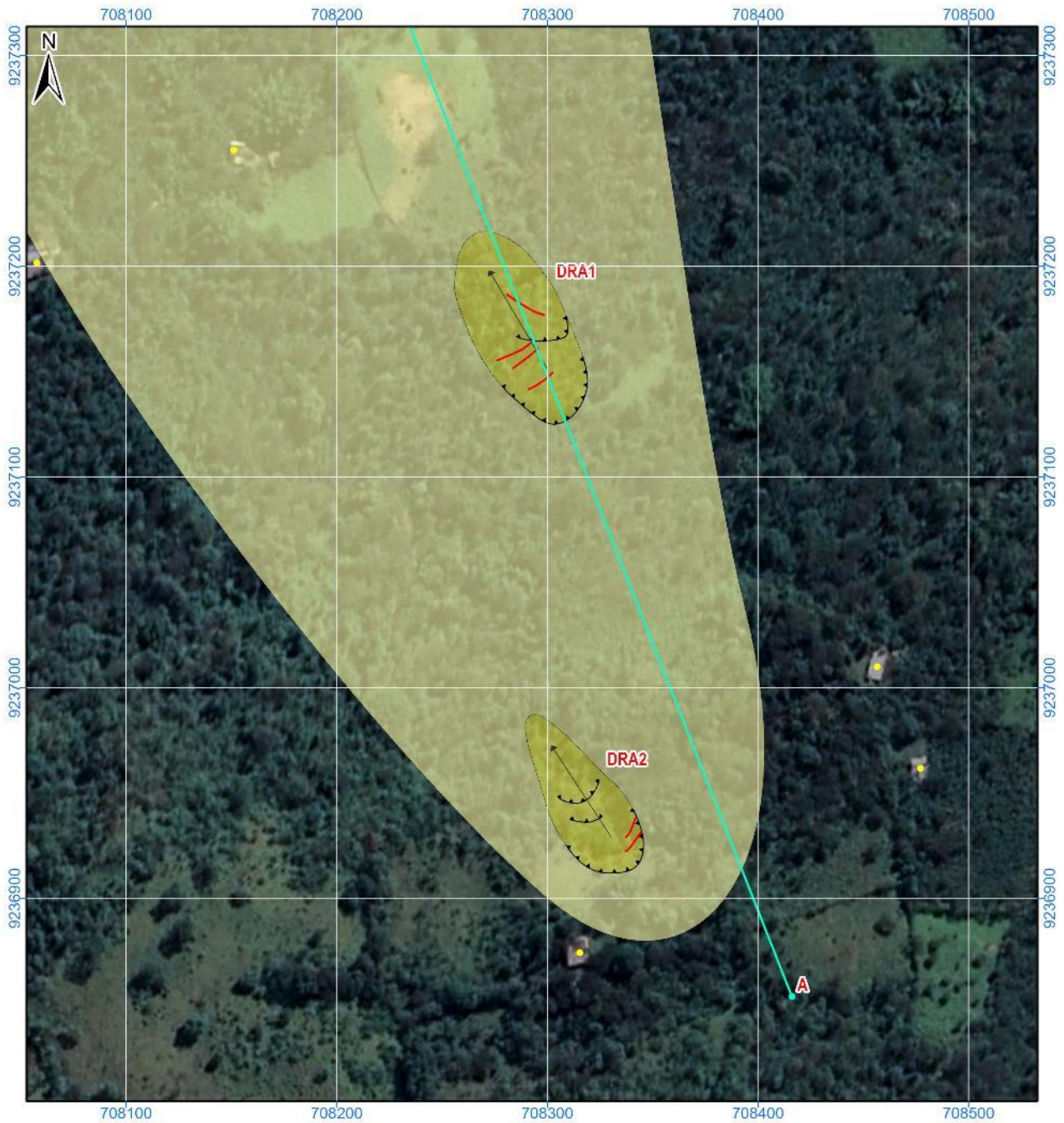
SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL CAJAMARCA - SAN MIGUEL - LA FLORIDA	
GEOMORFOLOGÍA DEL CENTRO POBLADO LA LAJA	
Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León
Proyección: UTM - Zona 17 Sur	Datum: WGS 84
Escala: 1/10,000	Versión digital: 2023
MAPA 3	



SIMBOLOGÍA	
■	Institución educativa
●	Viviendas
—	Agrietamiento
- - -	Escarpe de deslizamiento activo
→	Dirección de movimiento activo
~	Quebrada
=	Vía nacional afirmada
—	Línea de perfil

LEYENDA	
	Deslizamiento rotacional activo
	Deslizamiento rotacional relicto

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 - SAN MIGUEL - LA FLORIDA	
CARTOGRAFÍA DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL CENTRO POBLADO LA LAJA	
Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León
Proyección: UTM - Zona 17 Sur	Datum: WGS 84
Escala: 1/10,000	Versión digital: 2023
MAPA	
4	



SIMBOLOGÍA	
	Viviendas
	Agrietamiento
	Escarpe de deslizamiento activo
	Dirección de movimiento activo
	Línea de perfil

LEYENDA	
	Deslizamiento rotacional activo
	Deslizamiento rotacional inactivo relicto

 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 - SAN MIGUEL - LA FLORIDA	
CARTOGRAFÍA DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL CENTRO POBLADO LA LAJA	
Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León
Proyección: UTM - Zona 17 Sur	Datum: WGS 84
Escala: 1/3,000	Versión digital: 2023
MAPA 5	

ANEXO 2. MEDIDAS CORRECTIVAS

Para deslizamientos

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 13). 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.

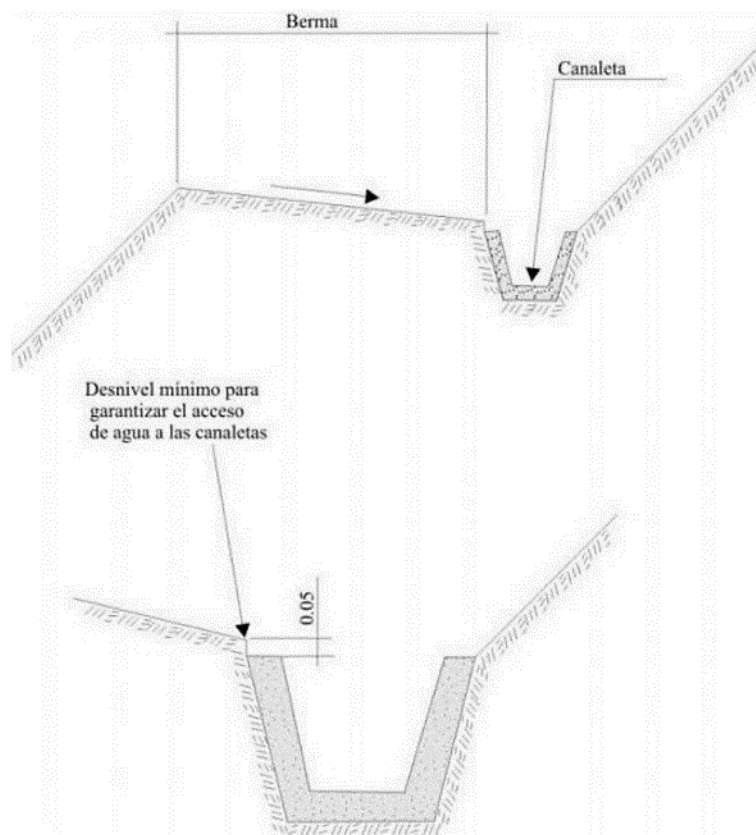


Figura 13. Detalle una canaleta de drenaje superficial (zanjas de coronación). Tomado de INGEMMET (2000).

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).

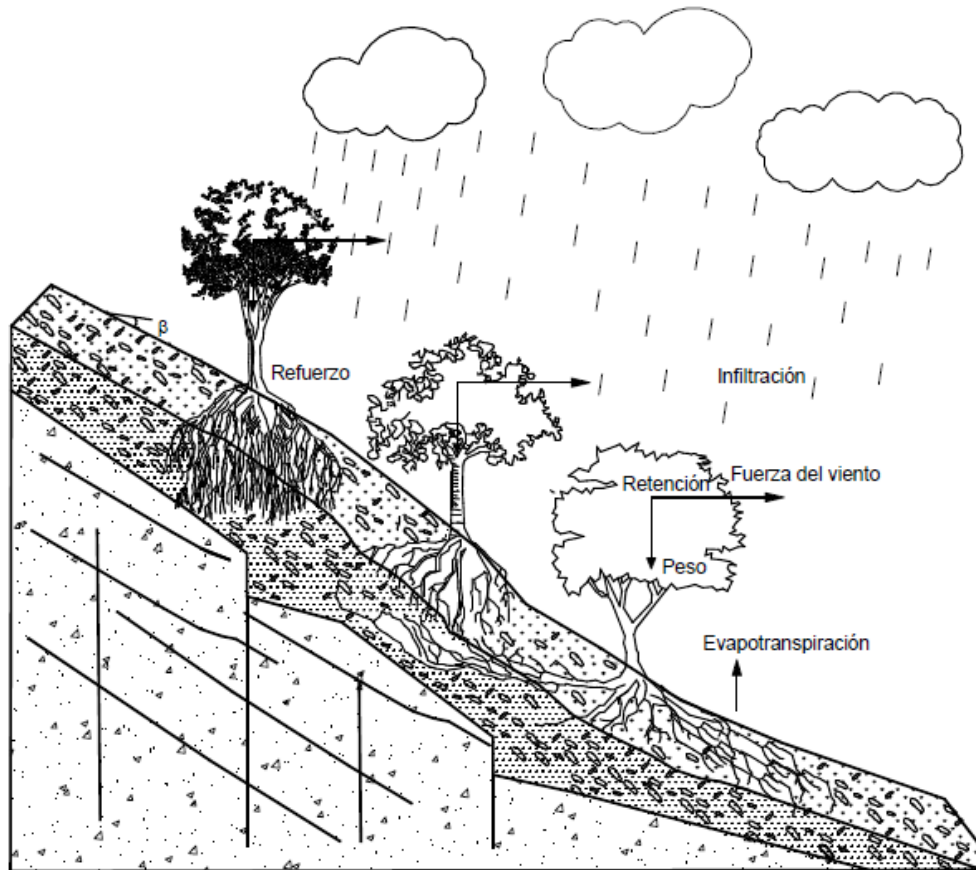


Figura 14. Estabilización de taludes utilizando vegetación. **Fuente:** Suarez, Díaz 2007.



Fotografía 10. Ejemplo de bioingeniería con arbusto (vetiver) en taludes de materiales sueltos.