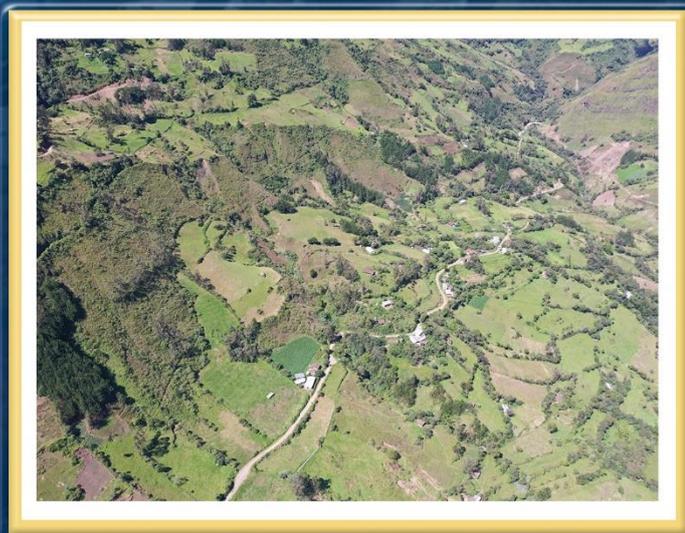


DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7569

EVALUACIÓN DEL PELIGRO GEOLÓGICO POR DESLIZAMIENTO EN LA LOCALIDAD DE EL POTRERO

Departamento: Cajamarca
Provincia: Santa Cruz
Distrito: Saucapampa



DICIEMBRE
2024

**EVALUACIÓN DEL PELIGRO GEOLÓGICO POR DESLIZAMIENTO EN LA
LOCALIDAD DE EL POTRERO**

***Distrito Saucapampa
Provincia Santa Cruz
Departamento Cajamarca***



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

Equipo Técnico:

*Elvis Rubén Alcántara Quispe
Luis Miguel León Ordáz*

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2024). "Evaluación del peligro geológico por Deslizamiento en la Localidad de El Potrero, Distrito Saucapampa, Provincia Santa Cruz, Departamento Cajamarca". INGEMMET, Informe Técnico N° A7569, 35p.

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. Accesibilidad.....	6
1.3.3. Población.....	6
1.3.4. Clima.....	7
2. DEFINICIONES.....	8
3. ASPECTO GEOLÓGICO.....	10
3.1. Unidades litoestratigráficas.....	10
3.1.1. Subvolcánico pórfido andesítico (Pe-pand).....	10
3.1.2. Centro Volcánico San Pedro - Evento 1 (Po-spE1).....	11
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 relicto.....	18
5.2. Deslizamientos rotacionales reactivados (DRR).....	19
5.2.1. Deslizamiento rotacional reactivado 1 DRR1.....	19
5.2.2. Deslizamiento rotacional reactivado 2 DRR2.....	21
5.3. Deslizamientos activos.....	25
6. EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS DE LA ZONA DE ACOGIDA PROPUESTA.....	26
7. CONCLUSIONES.....	28
8. RECOMENDACIONES.....	29
9. BIBLIOGRAFÍA.....	30
ANEXO 1. MAPAS.....	31
ANEXO 2. MEDIDAS CORRECTIVAS.....	35

RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por deslizamiento, realizados en la localidad de El Potrero, que pertenece a la jurisdicción de la Municipalidad Distrital de Saucepampa, provincia Santa Cruz, departamento Cajamarca. Con este trabajo, el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – INGEMMET, cumple con una de sus funciones que consiste en brindar asistencia técnica de calidad e información actualización, confiable, oportuna y accesible en geología en los tres niveles de gobierno (distrital, regional y nacional).

Las unidades geológicas que afloran en la zona evaluada corresponden a flujos piroclásticos de la unidad Centro Volcánico San Pedro - Evento 1, que conforman macizos rocosos medianamente fracturados y moderadamente meteorizados; cubiertos por suelos gravosos con limos de origen coluvio deluvial.

En el área se han identificado unidades geomorfológicas de vertiente coluvio deluvial, con fuerte a muy fuerte pendiente en las partes altas, mientras que en las partes medias y bajas se ubican vertientes con depósito de deslizamiento con moderada a fuerte pendiente, producto de movimientos en masa antiguos y recientes, respectivamente.

Los procesos identificados en la localidad de El Potrero corresponden a los denominados movimientos en masa, tipo deslizamiento rotacional en suelos: dos deslizamientos reactivados de 22.5 y 35 ha ubicados en la parte media y baja de las laderas; además de 11 deslizamientos activos con áreas de 0.1 a 1.4 ha ubicados en las partes altas de la zona.

En total, los deslizamientos reactivados afectaron 46 viviendas, 30 ha de terrenos de cultivos y 1 185 m de una vía vecinal; mientras que los deslizamientos activos de la parte alta ponen en peligro a 2 viviendas cercanas.

Como factor detonante, se considera a las precipitaciones pluviales extremas y prolongadas producidas durante los meses de enero a marzo, las mismas que pueden superar los 40 mm/día (como en 2019 o 2022) según los registros de la estación meteorológica Santa Cruz.

Se concluye que el área de estudio es considerada de **Alto a Muy Alto peligro** a la ocurrencia de deslizamientos.

En la zona de acogida propuesta no se registran peligros geológicos recientes, sin embargo, presenta una pendiente de fuerte a muy fuerte (18° de promedio), por lo que se deberá buscar una alternativa con menor pendiente o realizar estudios geotécnicos y de estabilidad adicionales a fin de determinar medidas de control adicionales.

Finalmente, se brindan las recomendaciones para las autoridades competentes y tomadores de decisiones, como el reasentamiento de las viviendas, impermeabilizar los canales de regadío, construir canales de coronación, monitorear el avance de los deslizamientos, entre otras medidas de control.

1. INTRODUCCIÓN

El INGEMMET, mediante la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR) y el “Servicio de asistencia en evaluación de peligros geológicos a nivel nacional (ACT. 11)”, contribuye con entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno mediante el reconocimiento, caracterización y diagnóstico del peligro geológico en zonas que tengan elementos vulnerables.

Atendiendo la solicitud remitida por el GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA Oficio N° D156-2023-GR.CAJ/ODN, es en el marco de nuestras competencias que se realiza una evaluación de peligros geológicos por deslizamiento en la localidad de El Potrero, cuya ocurrencia es periódica y latente durante las temporadas de lluvias, el último evento ocurrido en marzo del 2024.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del INGEMMET designó a los ingenieros Luis León y Elvis Alcántara, quienes realizaron la evaluación de peligros en la localidad mencionada el día 31 de mayo del 2024.

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

1.1. Objetivos del estudio

El presente trabajo tiene como objetivos:

- a) Identificar, tipificar y caracterizar el peligro geológico por deslizamiento que se presentan en la localidad de El Potrero, eventos que pueden comprometer la seguridad física de personas, obras de infraestructura y vías de comunicación en la zona de influencia de los eventos.
- b) Emitir las recomendaciones para la reducción o mitigación de los daños que pueden causar los peligros geológicos identificados.

1.2. Antecedentes

Existen trabajos previos y publicaciones del INGEMMET, que incluye a la localidad de El Potrero, relacionados a temas de geología y geodinámica externa, de los cuales destacan los siguientes:

- Boletín N° 38 Serie A, “Geología de los Cuadrángulos de Jayanca, Incahuasi, Cutervo, Chiclayo, Chongoyape, Chota, Celendín, Pacasmayo, Chepén” (Wilson, 1984) donde se describen las unidades geológicas a una escala 1:100 000; describiendo en la zona brechas piroclásticas andesíticas de la Formación Llama. En el cartografiado geológico integrado a escala 1:50 000, (Ingemmet, versión 2022) por detalle, se describen depósitos de flujos piroclásticos de pómez y ceniza del Centro Volcánico San Pedro - Evento 1.
- 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 El Potrero se sitúa en una zona de susceptibilidad de media a alta ante la ocurrencia de movimientos en masa.
- Informe Técnico A6623 “Peligro por deslizamiento en el caserío de Potrero” (Núñez Juárez, 2013) donde se describe en la zona la reactivación de deslizamientos debido a la sobresaturación de los suelos que se consideran como de **peligro muy alto**. Además, se presentan recomendaciones para el control de riesgos como reasentar las viviendas ubicadas dentro del cuerpo de los deslizamientos y declarar a la zona como intangible por peligros geológicos, cambiar el sistema de regadío actual a riego tecnificado, reconstruir los canales en mal estado, entre otras medidas.

1.3. Aspectos generales

1.3.1. Ubicación

El área evaluada corresponde a la localidad de El Potrero que pertenece al distrito de Saucepampa, provincia Santa Cruz, 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	732940	9260080	-6.689468	-78.892838
2	732940	9258330	-6.705288	-78.892769
3	731340	9258330	-6.705350	-78.907242
4	731340	9260080	-6.689530	-78.907303
Coordenada central de los peligros identificados				
C	732467	9259088	-6.698457	-78.89708

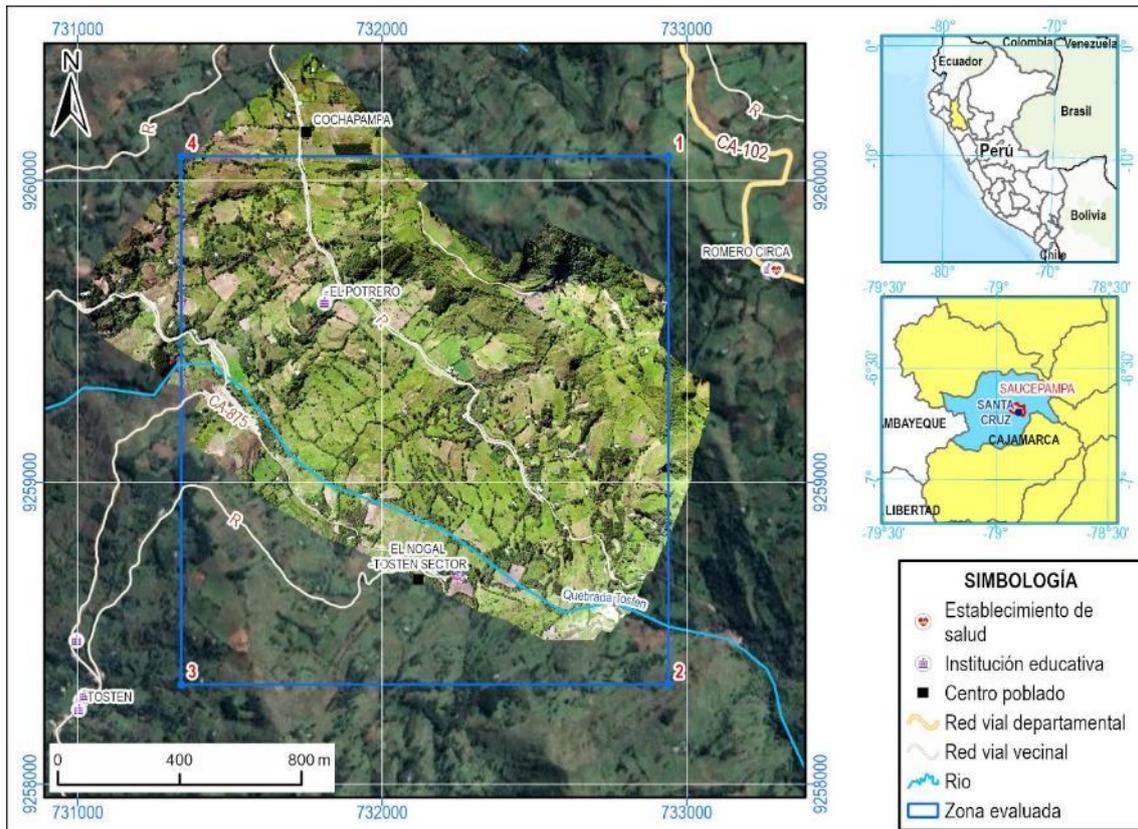


Figura 1. Ubicación del área evaluada (en línea azul).

1.3.2. Accesibilidad

El acceso desde la ciudad de la ciudad de Cajamarca se realiza a través de la vía nacional asfaltada PE-3N hasta la localidad de El Empalme, luego por la vía departamental afirmada CA-102 hasta la localidad de El Potrero; 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 – El Empalme	Asfaltada	67	1 horas 40 minutos
El Empalme – El Potrero	Afirmada	56	2 horas y 20 minutos

1.3.3. 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 El Potrero, tiene una población de 156 habitantes, distribuidos en 56 viviendas, con acceso a red pública de agua y energía eléctrica, pero no de desagüe.

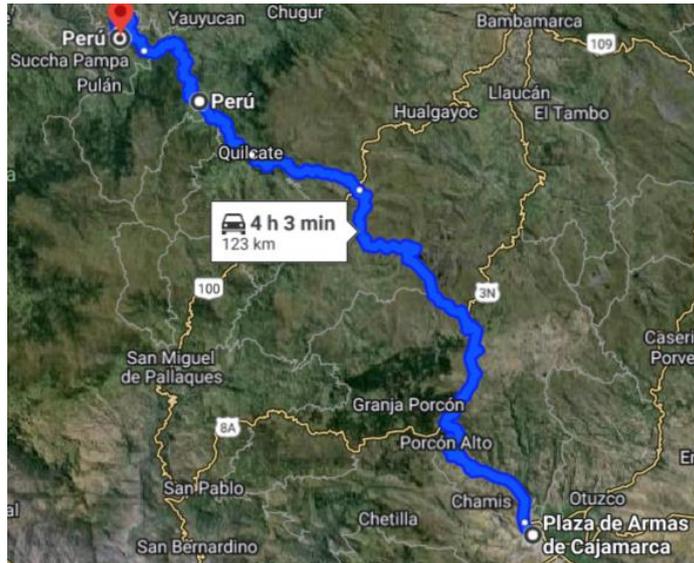


Figura 2. Ruta de acceso desde la ciudad de Cajamarca hasta la localidad de El Potrero. **Fuente:** Google Maps.

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.

Entre los años 2018-2024, entre los meses de enero a marzo, el sector evaluado registró precipitaciones de hasta 47.1 mm/día (figura 3), considerados por el Senamhi, en su consolidado de umbrales de precipitación del 2014, como Extremadamente Lluvioso (Senamhi, 2014).

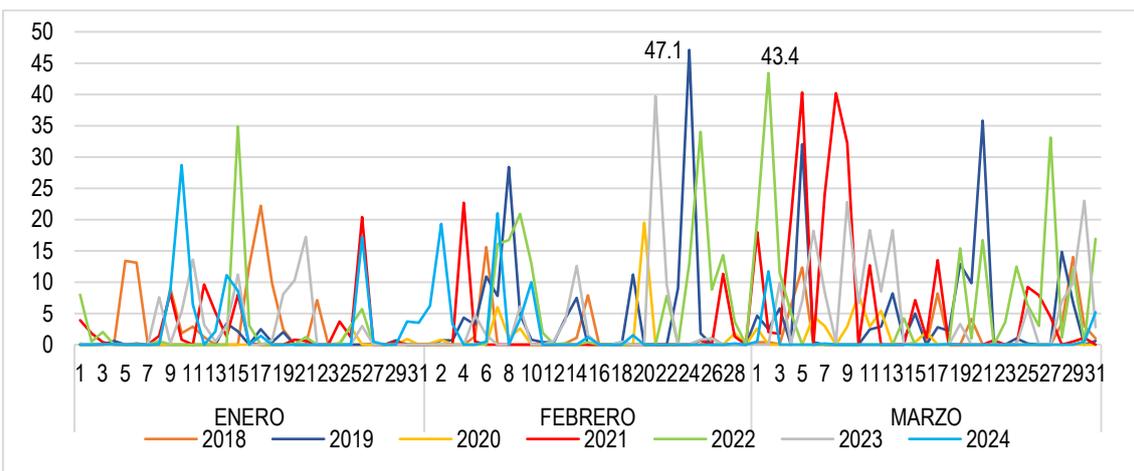


Figura 3. Precipitación diaria del mes de enero a marzo entre los años 2018-2024, en la Estación Santa Cruz (Santa Cruz). **Fuente:** Senamhi.

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:GCA, 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.

Aluvial: Génesis de la forma de un terreno o depósito de material debida a la acción de las corrientes naturales de agua.

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.

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

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

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

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 latente: Movimiento en masa actualmente inactivo, pero en donde las causas o factores contribuyentes aún permanecen (WP/WPI, 1993).

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.

Retrogresivo: Tipo de actividad de un movimiento en masa, en el cual la superficie de falla se extiende en la dirección opuesta al movimiento del material desplazado (Cruden y Varnes, 1996).

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

El análisis geológico del área de estudio se elaboró teniendo como base la revisión y actualización del cuadrángulo de Chota (Wilson, 1984) y la reciente cartografía geológica a escala 1:50 000 (Ingemmet, 2022). La geología se complementó con trabajos de interpretación de imágenes satelitales, fotos aéreas y observaciones de campo (mapa 1).

3.1. Unidades litoestratigráficas

Comprenden unidades volcano sedimentarias del Paleógeno y depósitos cuaternarios inconsolidados, producto de movimientos en masa.

3.1.1. Subvolcánico pórfido andesítico (Pe-pand)

Estos cuerpos subvolcánicos y domos andesíticos son comunes en la provincia de Santa Cruz, tienen una textura porfírica, coloración gris verdosa con cristales de plagioclasa, anfíbol y piroxeno.

Forman parte de montañas de pendiente moderada a fuerte, además de colinas y lomadas aisladas que sobresalen en el paisaje debido a su mayor resistencia geológica con respecto a las unidades volcano sedimentarias más recientes.

3.1.2. Centro Volcánico San Pedro - Evento 1 (Po-spE1)

Corresponde a depósitos de flujos piroclásticos de pómez y ceniza, gris amarillentos y depósitos de flujos de lava, gris oscuro, afanítico, en capas tabulares, que conforman un espesor promedio de 550 m. Se encuentran medianamente fracturadas y moderadamente meteorizadas. Se extiende a lo largo de toda la zona de estudio, configurando el substrato rocoso, como se muestra en la fotografía 1.

La resistencia geológica de estos macizos rocosos es moderada, reflejado en una resistencia a la compresión uniaxial (tabla 3) de entre 25 a 50 MPa y un Índice Geológico de Resistencia (Hoek, 2007), de entre 40 a 50 (figura 4).



Fotografía 1. Macizo rocoso y muestra de mano de un depósito piroclástico de bloques andesíticos en una matriz de cristales. **Ubicación:** E: 732658, N: 9259040, Z: 2110.

Tabla 3. 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

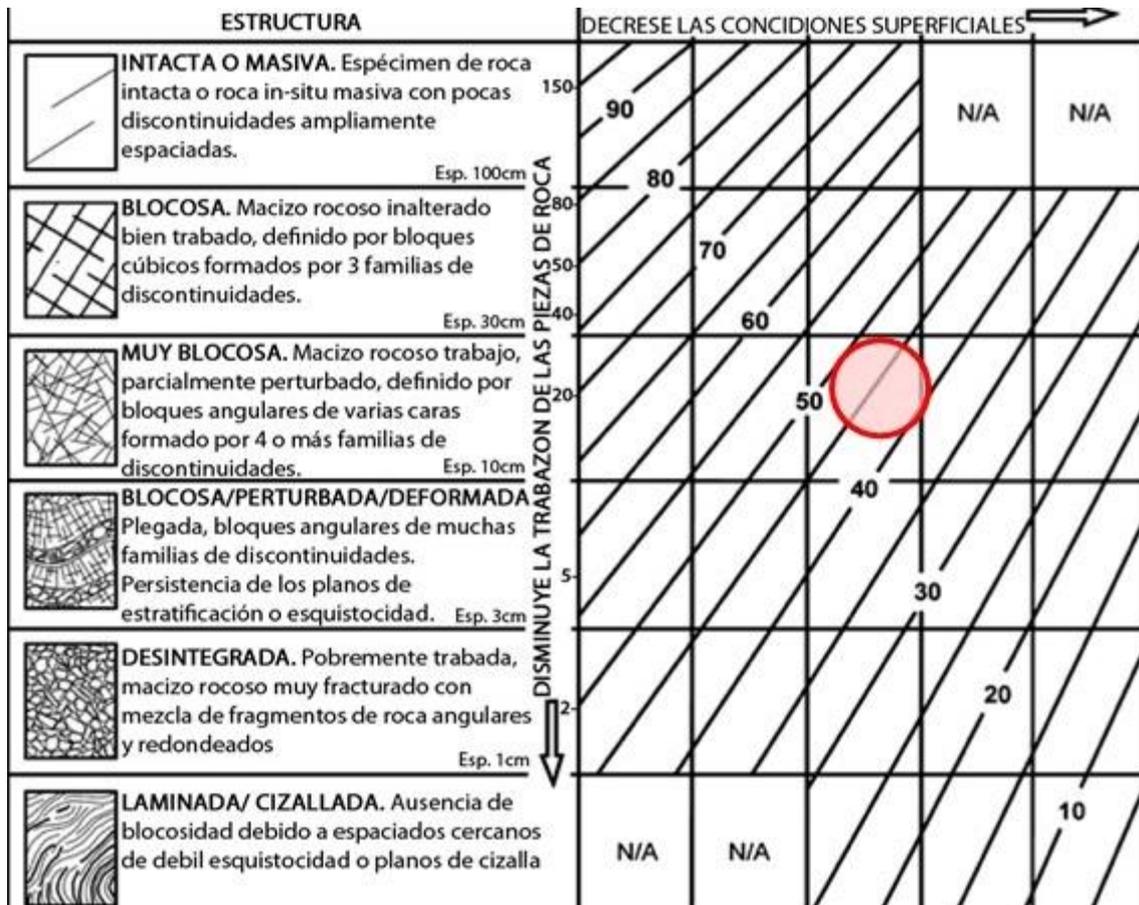


Figura 4. Estructura y calidad de las discontinuidades del macizo rocoso de la unidad Centro Volcánico San Pedro - Evento 1, GSI promedio de entre 40 a 50. **Fuente:** Tabla del Índice Geológico de Resistencia GSI (Hoek, 2007).

3.1.3. Depósitos cuaternarios

Depósito coluvio deluvial 1

Son depósitos producidos por la acumulación de suelos transportados por antiguos movimientos en masa, por lo que son más compactos y consolidados que los depósitos recientes. Además, se presenta una densa vegetación de pastos y arbustos debido a la abundante saturación de los terrenos. Su composición va de limos de baja plasticidad a gravas limosas con una capa superficial delgada de suelos orgánicos.

Depósito coluvio deluvial 2

Son depósitos acumulados por movimientos en masa recientes, con composición de gravas en una matriz de limos de baja plasticidad; presentan bloques gruesos sub redondeados a sub angulosos. En la localidad de El Potrero se ubican en la parte central, donde son utilizados ampliamente para la agricultura (fotografía 2 y tabla 4).



Fotografía 2. Depósito coluvial ubicado en la zona de deslizamiento activo en la localidad de El Potrero. **Ubicación:** E: 732336, N: 9259179, Z: 2165.

Tabla 4. Descripción de formaciones superficiales. **Ubicación:** E: 732336, N: 9259179, Z: 2165.

TIPO DE FORMACIÓN SUPERFICIAL				GRANULOMETRÍA (%)		FORMA		REDONDES	
<input type="checkbox"/>	Eluvial	<input type="checkbox"/>	Lacustre	15	Bolos	<input type="checkbox"/>	Esférica	<input type="checkbox"/>	Redondeado
<input checked="" type="checkbox"/>	Deluvial	<input type="checkbox"/>	Marino	15	Cantos	<input checked="" type="checkbox"/>	Discoidal	<input checked="" type="checkbox"/>	Sub redondeado
<input checked="" type="checkbox"/>	Coluvial	<input type="checkbox"/>	Eólico	45	Gravas	<input type="checkbox"/>	Laminar	<input type="checkbox"/>	Anguloso
<input type="checkbox"/>	Aluvial	<input type="checkbox"/>	Orgánico	10	Gránulos	<input type="checkbox"/>	Cilíndrica	<input type="checkbox"/>	Sub anguloso
<input type="checkbox"/>	Fluvial	<input type="checkbox"/>	Artificial	5	Arenas				
<input type="checkbox"/>	Proluvial	<input type="checkbox"/>	Litoral	5	Limos				
<input type="checkbox"/>	Glaciar	<input type="checkbox"/>	Fluvio glaciar	5	Arcillas				

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

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

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 mayo del 2024 por el Ingemmet. Esto 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 El Potrero presenta elevaciones que van desde los 1 974 m hasta los 2 467 m, en los cuales se distinguen 10 niveles altitudinales (figura 5), visualizando la extensión con respecto a la diferencia de alturas. El área con mayor pendiente corresponde a terrenos entre altitudes 2 200 y 2 350 m, con pendiente promedio de escarpada a muy escarpada ($>25^\circ$), correspondiente a una geoforma de vertiente con depósito de deslizamiento y litología de gravas con limos de depósitos coluvio deluviales.

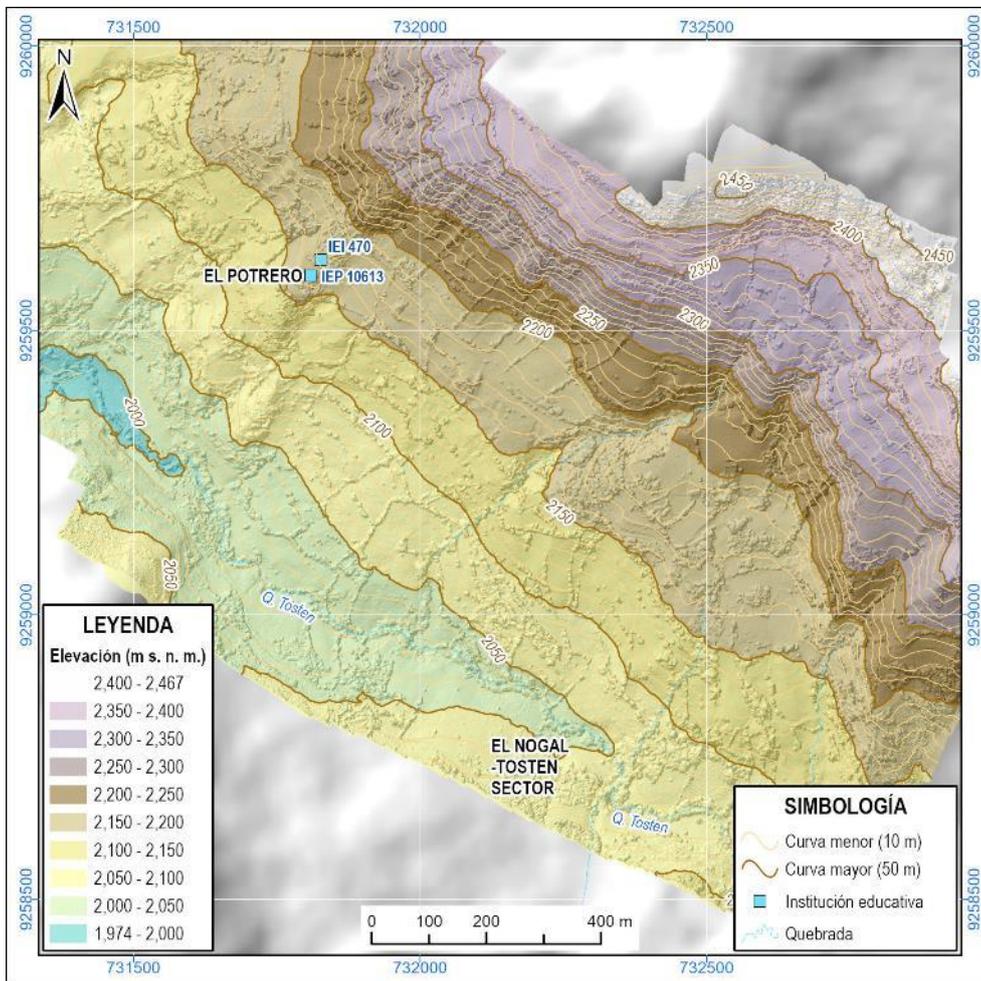


Figura 5. Modelo digital de elevaciones del área evaluada.

4.2. Pendiente del terreno

La zona evaluada, localidad de El Potrero, presenta terrenos con pendientes que varían de suave (1° a 5°) en la parte media y baja de las montañas, a escarpadas y muy escarpadas ($>25^\circ$) en las laderas altas (figura 6; mapa 2).

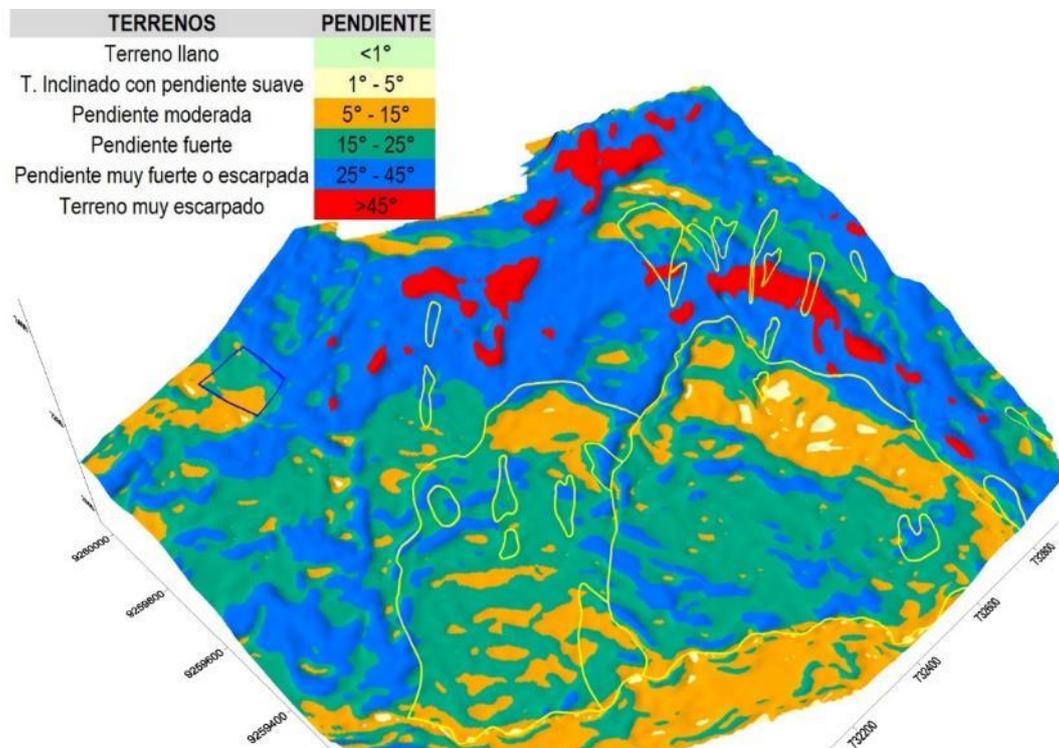


Figura 6. Modelo 3D de las pendientes de la localidad de El Potrero, los sectores con movimientos en masa están delimitado en línea amarilla y la zona de acogida propuesta en línea azul.

4.3. Unidades Geomorfológicas

De acuerdo con su origen, se distinguen geoformas tanto de carácter tectónico degradacional y erosional (montaña en roca volcánica sedimentaria y montaña en roca intrusiva), como de carácter deposicional y agradacional (vertiente coluvio deluvial, vertiente con depósito de deslizamiento y planicie inundable). Estos se grafican en la figura 7 y 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 montaña

Corresponde a unidades mayores a los 300 m respecto al nivel de base local. Se reconocen como cimas o cumbres agudas, subagudas, semi redondeadas, redondeadas o tubulares y estribaciones producto de las deformaciones sufridas por la erosión y la influencia de otros eventos de diferente naturaleza (levantamiento, glaciación, etc.). Sus laderas presentan una pendiente del terreno promedio superior al 17° (Villota, 2005).

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

Corresponde a las partes altas, con relieve ondulado y suave, debido a la alta susceptibilidad a erosión y meteorización de las rocas piroclásticas presentes; existe una abundante vegetación de arbustos. En el área de estudio se encuentran tanto en los cerros ubicados al norte de la localidad de El Potrero y al sur de la localidad de El Nogal.

- Sub unidad de montaña en roca intrusiva (M-ri)

Corresponde a los terrenos ubicados en noroeste de la zona, donde los macizos rocosos infrayacentes corresponden a rocas sub volcánicas que le confieren al relieve una resistencia mayor con respecto a las unidades aledañas. En el sector del Potrero se ubica al noroeste de la zona evaluada.

4.3.2. Geformas 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)

Corresponden a paisajes donde las laderas muestran forma cóncava debido a antiguos movimientos que modelaron el paisaje anteriormente.

Esta unidad se encuentra en el sector central de la localidad de El Potrero.

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

Son terrenos lugar de deslizamientos recientes, por lo que se denota la morfología de estos movimientos en masa, con una parte superior hundida y de alta pendiente y un sector inferior de pendiente baja con alzamiento debido a la acumulación de los suelos.

Se encuentra hacia el sur de la localidad de El potrero, en terrenos de baja elevación.

Unidad de Planicies

- Subunidad de planicie inundable (PI-i)

Corresponde a los terrenos ubicados en el fondo del valle, donde surca la quebrada Tosten y sus áreas próximas, con pendiente suave a llana y donde la quebrada puede inundar en temporadas de lluvias intensas.



Figura 7. Geofomas cartografiadas en la localidad de El Potrero: Montaña en roca volcánico sedimentaria (M-rvs), vertiente coluvio deluvial (V-cd) y vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd).

5. PELIGROS GEOLÓGICOS

Los peligros geológicos reconocidos en la zona evaluada corresponden a deslizamientos rotacionales (figura 8) (PMA:GAC 2007). Estos procesos son resultado del proceso de modelamiento del terreno, así como la incisión sufrida en los cursos de agua en la Cordillera de los Andes, que conllevó a la generación de diversos movimientos en masa, que modificaron la topografía de los terrenos y movilizaron cantidades variables de materiales desde las laderas hacia el curso de los ríos.

Estos movimientos en masa tienen como causas o condicionantes factores intrínsecos, como son geometría del terreno, pendiente, tipo de roca, tipo de suelos, drenaje superficial-subterráneo y cobertura vegetal. Se tiene como “detonantes” las precipitaciones pluviales periódicas y/o extraordinarias que caen en la zona, así como la sismicidad.



Figura 8. Vista de la localidad de El Potrero, los sectores con movimientos en masa están delimitado en línea amarilla y la zona de acogida propuesta en línea azul.

5.1. Deslizamiento rotacional relicto

Deslizamiento antiguo, se tiene como evidencia residual la morfología cóncava de la montaña, los amplios depósitos coluvio deluviales en las partes medias y bajas, depósitos con reactivaciones en forma de deslizamiento (figura 9). Su extensión total habría abarcado más de 100 hectáreas.



Figura 9. Vista de la parte alta del deslizamiento rotacional relicto de El Potrero, cuyo escarpe principal está delimitado en línea roja y los deslizamientos activos recientes en línea amarilla.

5.2. Deslizamientos rotacionales reactivados (DRR)

Dentro del cuerpo del deslizamiento relicto, se han identificado dos deslizamientos ubicados en las partes medias y bajas de las laderas. Su movimiento es periódico y estacional; mientras que su movimiento es de lento a muy lento, por lo que su impacto es poco visible. Sin embargo, sus daños se pueden apreciar en viviendas, vías y en los terrenos de cultivo, generando escarpes, agrietamientos, subsidencias y alzamientos de terrenos.



Figura 10. Vista de los dos deslizamientos rotacionales reactivados (DRR) delimitados en línea naranja, el deslizamiento relicto está delimitado en línea roja y los deslizamientos activos en línea amarilla.

5.2.1. Deslizamiento rotacional reactivado 1 DRR1

Este deslizamiento se ubica al oeste de la zona inestable, tiene un marcado escarpe principal que afecta a la vía de acceso local y a terrenos de pastoreo (figura 11).



Figura 11. Escarpe del deslizamiento reactivado 1. Ubicación: E: 732089, N: 9259474, Z: 2122.

En la figura 12 se muestra la extensión del DRR1, se aprecia que dentro de su área se presentan 6 deslizamientos rotacionales activos, diferenciables por su movimiento rápido, respecto al cuerpo principal del deslizamiento.



Figura 12. Deslizamiento rotacional reactivado DRR1 (en línea anaranjada) y sus reactivaciones (en línea amarilla); la quebrada Tosten está delimitada en línea celeste.

5.2.1.1. Características visuales y morfométricas

- Tipo de movimiento: Deslizamiento rotacional en suelos.
- Estado: Reactivado.
- Estilo: Único
- Distribución: Retrogresivo
- Deformación del terreno: Ondulado
- Velocidad: Lento a muy lento (alcanza solo algunos centímetros al año, según registros de los pobladores).
- Composición: Suelos coluvio deluviales de composición de gravas limosas; con granulometría de bolos y cantos (30 %), gravas y gránulos (55 %), arenas (5 %) y limos y arcillas (10 %) (tabla 4).

Morfometría

- Área: 22.5 ha.
- Perímetro: 3.1 km.
- Diferencia de alturas corona-punta: 192 m.
- Desplazamiento horizontal: 630 m.
- Pendiente promedio: fuerte (17°)
- Dirección del movimiento: Azimut 217° (NE-SO).
- Salto vertical de la escarpa principal: 3 a 5 m.
- Apertura del escarpe principal: 3 m
- Longitud del escarpe principal: 728 m.

Factores condicionantes

- Litología y naturaleza incompetente de materiales, compuesto por suelos poco consolidados de composición de gravas con limos de un antiguo depósito coluvio deluvial.
- Ladera con pendiente moderada fuerte a muy fuerte (15° a 45°), que conforman geoforma de vertiente con depósito de deslizamiento.
- Abundante humedad propia de la zona.

Factores antrópicos

- Cultivos permanentes de alta demanda hídrica (pastizales).
- Canales de regadío sin recubrimiento impermeabilizante.

Factor detonante

- Precipitaciones pluviales extremas y prolongadas, que pueden sobrepasar los 40 mm/día durante la temporada enero-marzo (figura 3).

Daños ocasionados y probables

- 6 viviendas afectadas.
- Terrenos de pastizales afectados en 10 ha.
- Vía vecinal afirmada afectada en 435 m.

5.2.2. Deslizamiento rotacional reactivado 2 DRR2

Este movimiento en masa se ubica al este de la localidad de El Potrero, donde su movimiento es lento progresivo, está afectando viviendas, vías y terrenos de cultivo (figura 13).



Figura 13. Agrietamientos y subsidencias del terreno que afectan a vía vecinal (deslizamiento rotacional reactivado 2). Ubicación: E: 732637; N: 9258802; Z: 2070.

En la figura 14 se muestra el cuerpo del deslizamiento rotacional reactivado DRR2, se aprecian dos deslizamientos rotacionales reactivos, que avanzan más rápido que el cuerpo principal.



Figura 14. Deslizamiento rotacional reactivado DRR2 (en línea anaranjada) y sus deslizamientos rotacionales activos (en línea amarilla); la quebrada Tosten está delimitada en línea celeste.

5.2.2.1 Análisis longitudinal

En la figura 15 se muestra la extensión del deslizamiento DRR2, ubicado en la parte media y baja de la ladera de montaña, en la localidad de El Potrero; también se muestra la ubicación de un deslizamiento activo en la parte alta de la ladera de montaña.

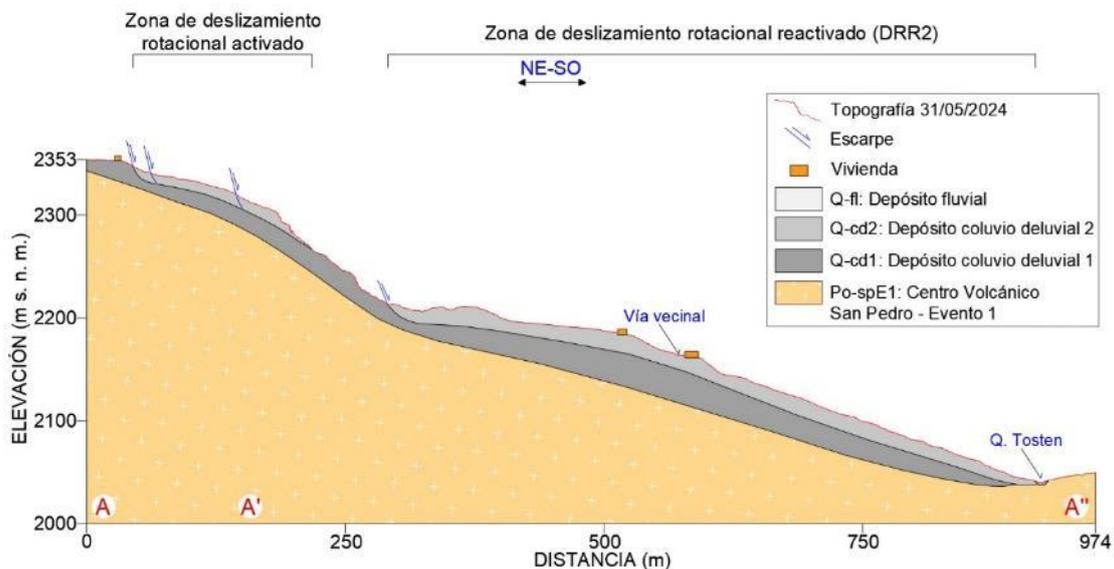
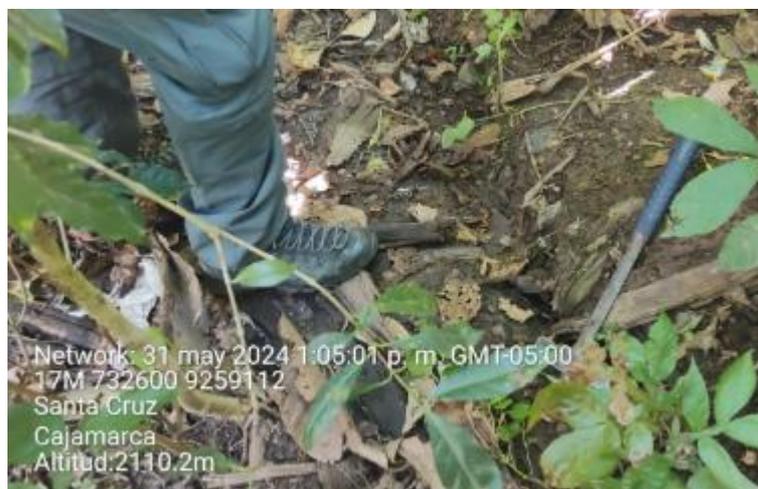


Figura 15. Perfil A-A'-A'', donde se aprecia la ubicación del deslizamiento rotacional reactivado 2, y un deslizamiento rotacional activo en la parte alta de la ladera de montaña.

Acorde con los testimonios de los pobladores y autoridades, el deslizamiento DRR2 tiene reactivaciones anualmente, durante la temporada de lluvias (enero-marzo), cuando los suelos se sobresaturan, afectan viviendas (fotografía 3), terrenos de cultivo (fotografía 4) y vías locales (figura 13).



Fotografía 3. Agrietamientos en una vivienda, parte del cuerpo del deslizamiento DRR2.



Fotografía 4. Agrietamiento en terrenos de cultivo, parte del cuerpo del deslizamiento DRR2.

La sobresaturación de suelos se expresa en pozos y puquiales (surgencias) ubicados dentro del cuerpo del deslizamiento, además de que indican la gran cantidad de agua subterráneas dentro de los suelos (fotografía 5).



Fotografía 5. Pozos (izquierda) y surgencias de agua (derecha) ubicados dentro del cuerpo del deslizamiento DRR2.

Los canales de regadío existentes no tienen recubrimiento impermeable, propiciado una mayor colaborando con la sobresaturación de los terrenos (fotografía 6). Además, las actividades agrícolas son irrigadas por inundación, por lo que las condiciones de inestabilidad son constantes.



Fotografía 6. Canales sin revestimiento dentro del cuerpo del deslizamiento DRR2.

5.2.2.2 Características visuales y morfométricas

- Tipo de movimiento: Deslizamiento rotacional en suelos.
- Estado: Reactivado.
- Estilo: Único
- Distribución: Retrogresivo
- Deformación del terreno: Ondulado
- Velocidad: Lento a muy lento (alcanza solo algunos centímetros al año, según registros de los pobladores).
- Composición: Suelos coluvio deluviales de composición de gravas limosas; con granulometría de bolos y cantos (30 %), gravas y gránulos (55 %), arenas (5 %) y limos y arcillas (10 %) (tabla 4).

Morfometría

- Área: 35 ha.
- Perímetro: 3.1 km.
- Diferencia de alturas corona-punta: 196 m.
- Desplazamiento horizontal: 623 m.
- Pendiente promedio: fuerte (17.5°)
- Dirección del movimiento: Azimut de 213° (NE-SO).
- Salto vertical de la escarpa principal: 2 a 4 m.
- Apertura del escarpe principal: 2 m
- Longitud del escarpe principal: 775 m.

Factores condicionantes

- Litología y naturaleza incompetente de materiales, compuesto por suelos poco consolidados de composición de gravas con limos de un antiguo depósito coluvio deluvial.
- Ladera de moderada fuerte a muy fuerte (15° a 45°), que conforman geoforma de vertiente con depósito de deslizamiento.
- Abundante humedad propia de la zona.

Factores antrópicos

- Cultivos permanentes de alta demanda hídrica (pastizales).
- Canales de regadío sin recubrimiento impermeabilizante.

Factor detonante

- Precipitaciones pluviales extremas y/o prolongadas, que saturan al terreno durante la temporada enero-marzo (figura 3).

Daños ocasionados y probables

- 40 viviendas afectadas.
- Terrenos de pastizales afectados en 20 ha.
- Vía vecinal afirmada afectada en 750 m.

5.3. Deslizamientos activos

Se han identificado 11 deslizamientos activos, de entre 0.1 a 1.4 ha. Se ubican en la parte alta de la localidad de El Potrero (figura 16) y se han generado a partir de depósitos coluvio deluviales situados en el límite de terrenos de pendiente moderada y laderas con pendiente fuerte a muy fuerte.



Figura 16. Vista de los deslizamientos activos ubicados en la parte alta de la localidad de El Potrero.

Cada deslizamiento se viene desarrollando de manera individual, sin embargo, sus dimensiones pueden aumentar y lograr conectarse uno con otro. También tienen un carácter retrogresivo, generando continuamente nuevos escarpes en la parte posterior de sus coronas.

Si bien aún no han afectado infraestructuras, se evidencian 2 viviendas en peligro a pocos metros de estos deslizamientos.

Debido a la pendiente muy fuerte en la parte baja de estos deslizamientos, se podrían generarse flujos de detritos durante lluvias extremas y/o prolongadas, con la consiguiente afectación de las viviendas ubicadas en las partes bajas.

6. EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS DE LA ZONA DE ACOGIDA PROPUESTA

Mediante el IT A6623 (Núñez Juárez, 2013), el Ingemmet recomendó el reasentamiento de las viviendas ubicadas dentro de los cuerpos de deslizamientos reactivados. Se ha constatado en campo que este proceso aún no ha comenzado. Es necesario proseguir con esta gestión a fin de evitar la afectación de las infraestructuras y poner en riesgo la vida y salud de los pobladores.

La Municipalidad Distrital de Saucepampa ha dispuesto una nueva zona de acogida propuesta, cuyas coordenadas referenciales se presentan en la tabla 5; su extensión es de aproximadamente 1.57 ha y se muestra en la figura 17.

Tabla 5. Coordenadas referenciales de los vértices de la zona de acogida propuesta.

N°	UTM – WGS 84 - ZONA 17S		Coordenadas Decimales (°)	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	731867	9259980	-6.690409	-78.902535
2	731863	9259835	-6.691727	-78.902573
3	731781	9259819	-6.691877	-78.903313
4	731765	9259898	-6.691157	-78.903450
5	731759	9259993	-6.690303	-78.903511



Figura 17. Zona de acogida propuesta vista desde un dron.

El basamento rocoso de la zona tiene más consistencia (rocas sub volcánicas), con respecto a las rocas piroclásticas de la zona impactada por deslizamientos y no se evidencian movimientos en masa recientes (fotografía 7).

Para habilitar la ladera de pendiente fuerte a muy fuerte (18° en promedio), se tendría que realizar cortes. Estos cortes van a desestabilizar el terreno (figura 18).



Fotografía 7. Vista de la zona de acogida propuesta, ubicada en una ladera con pendiente promedio de 18°.

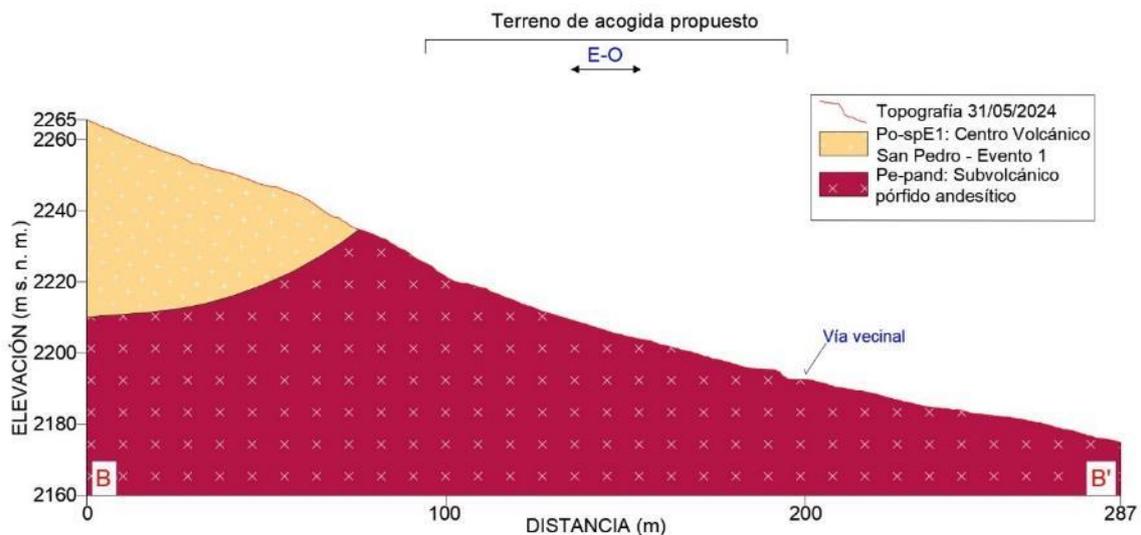


Figura 18. Perfil B-B', donde se aprecia la ubicación de la zona de acogida propuesta sobre macizos medianamente fracturados y moderadamente meteorizados de un sub volcánico andesítico.

De esta manera, es preciso evaluar más alternativas de terrenos de acogida, con menor pendiente. En caso que sea la única alternativa se requerirán estudios geotécnicos y de estabilidad de taludes a detalle a fin de plantear las medidas de control de riesgos adecuadas.

7. CONCLUSIONES

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

- a. La localidad de El Potrero está ubicada en montañas sedimentaria con laderas de pendiente fuerte a muy escarpada (17.5° en promedio), donde se presentan deslizamientos que afectan viviendas y ponen en peligro a la vida y salud de los pobladores.
- b. Litológicamente, predominan depósitos de flujos piroclásticos de la unidad Centro Volcánico San Pedro - Evento 1, que conforman rocas medianamente fracturados y moderadamente meteorizados; mientras que los deslizamientos generan depósitos coluvio deluviales poco consolidados de suelos gravosos con limos.
- c. Las unidades geomorfológicas de la localidad de El Potrero, en las partes altas están en vertiente coluvio deluvial, mientras que en las partes medias y bajas se ubican vertientes con depósito de deslizamiento.
- d. Se identificó un deslizamiento relicto que modeló el paisaje de la localidad El Potrero. También se cartografiaron dos deslizamientos rotacionales reactivados; uno al este de con 22.5 ha y otro al oeste de 35 ha, con escarpes principales de 728 y 775 m, y saltos verticales de 3 a 5 m y 2 a 4 m respectivamente.
- e. En total, ambos deslizamientos reactivados vienen afectando 46 viviendas, 30 ha de terrenos de cultivos y 1 185 m de una vía vecinal.
- f. En la parte alta de la zona se han determinado 11 deslizamientos activos. Estos tienen áreas de 0.1 a 1.4 ha, que aún no afectan viviendas o vías, sin embargo, se registran 2 viviendas cercanas en peligro; además, es probable la generación de flujos de detritos que afectarían a viviendas ubicadas ladera abajo.
- g. El factor detonante fueron las precipitaciones pluviales extremas y/o prolongadas producidas durante los meses de enero a marzo que pueden superar los 40 mm/día, como en 2019 o 2022.
- h. De acuerdo con las condiciones geomorfológicas y geodinámicas que se mencionan anteriormente, se considera de **Peligro Alto a Muy Alto**.
- i. En el terreno de acogida propuesto por las autoridades locales no se registran peligros geológicos recientes. Pero el terreno presenta pendiente fuerte a muy fuerte (18° de promedio), por lo que se deberá buscar una alternativa con menor pendiente o realizar estudios geotécnicos y de estabilidad adicionales a fin de identificar las medidas de control adecuadas.

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 y personas expuestas a los peligros identificados.

- a) Supervisar el cumplimiento de las recomendaciones descritas en el Informe Técnico N A6623, tales como:
- Reasentar las viviendas ubicadas en los cuerpos de los deslizamientos reactivados.
 - Impermeabilizar los canales de regadío que surcan los cuerpos de los deslizamientos y sus inmediaciones, con concreto u otro material adecuado (figura 19).
 - Cambiar el regadío por inundación, en los terrenos de cultivo impactados por deslizamientos, a métodos tecnificados como aspersión o goteo.
 - Construir canales de coronación para evitar la infiltración de agua hacia el cuerpo de los deslizamientos.
 - Drenar los puquiales con tuberías de PVC.
- b) Adicionalmente, se deberá implementar las siguientes recomendaciones adicionales:
- Monitorear el avance de los deslizamientos mediante la instalación de hitos topográficos y la lectura periódica de las coordenadas de los mismos.
 - Capacitar a los pobladores en Gestión del Riesgo de Desastres y practicar simulacros ante deslizamientos.
 - Instalar un Sistema de Alerta Temprana SAT que permita una comunicación oportuna de situaciones de riesgo.
- c) En la zona de acogida propuesta se deberán realizar estudios geotécnicos y de estabilidad de taludes adicionales, a fin de determinar medidas de control de riesgos adicionales; o en todo caso buscar un terreno con menor pendiente ($<10^\circ$), donde no se requieran realizar cortes de taludes pronunciados que puedan desestabilizar las laderas.



Segundo A. Núñez Juárez
Jefe de Proyecto-Act. 11

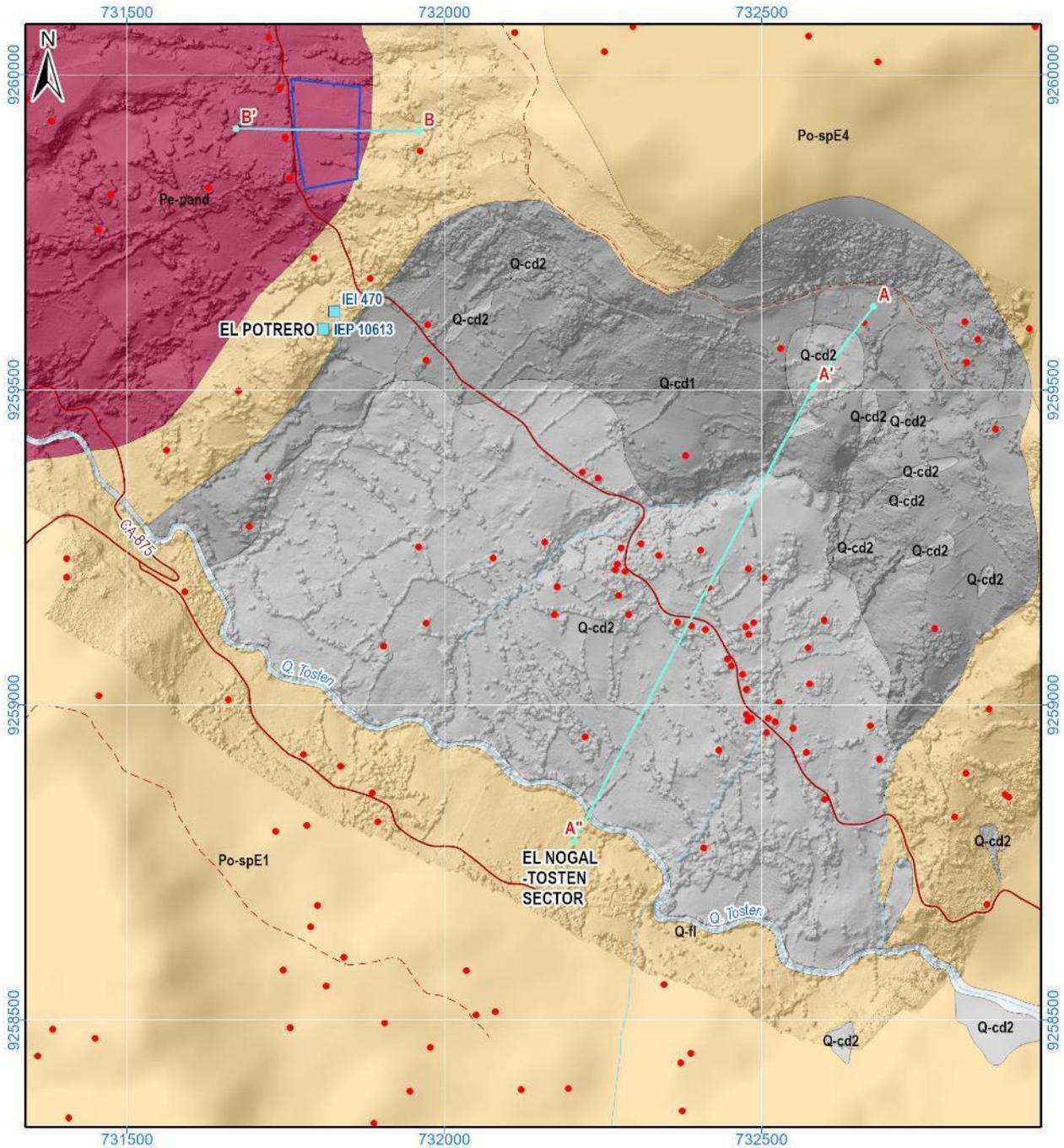


Ing. **BILBERTO ZAVALA CARRIÓN**
Director (e)
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico
INGEMMET

9. BIBLIOGRAFÍA

- 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. (2022). *Mapas geológicos integrados 50k ver 2022*. <https://geocatmin.ingemmet.gob.pe/geocatmin/>
- Núñez Juárez, S. (2013). *Peligro por deslizamiento en el caserío de Potrero*. Ingemmet. Informe Técnico A6623. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/1489>
- PMA:GCA. (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. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/2830>
- 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.
- 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. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/300>

ANEXO 1. MAPAS

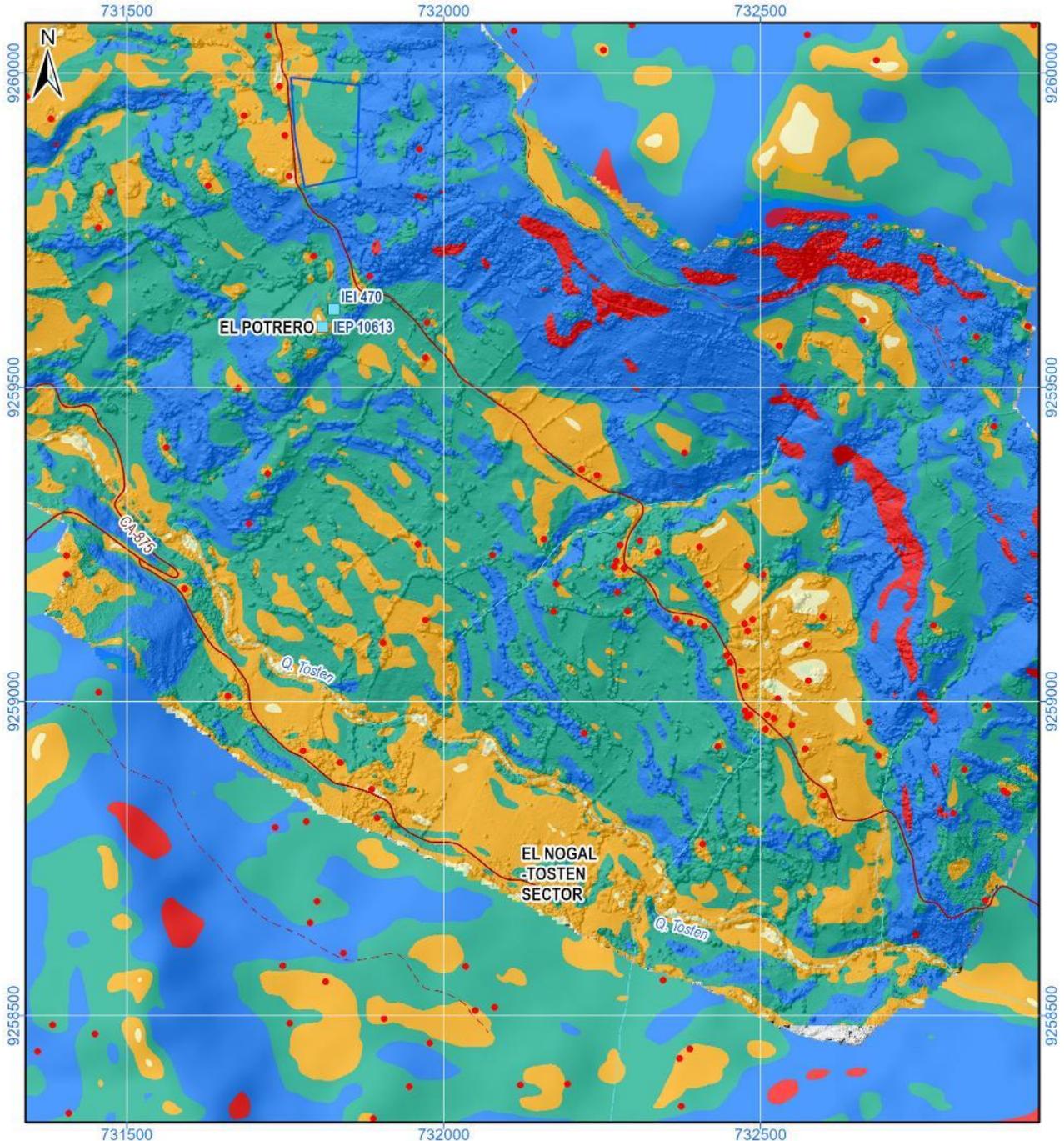


SIMBOLOGÍA	
•	Viviendas
 	Institución educativa
	Trocha carrozable
	Vía vecinal afirmada
	Quebrada
	Línea de perfil
	Terreno de acogida propuesto

LEYENDA	
	Q-fl: Depósito fluvial
	Q-cd2: Depósito coluvio deluvial 2
	Q-cd1: Depósito coluvio deluvial 1
	Pe-pand: Subvolcánico pórfido andesítico
	Po-spE4: Centro Volcánico San Pedro - Evento 4
	Po-spE1: Centro Volcánico San Pedro - Evento 1

 SECTOR ENERGÍA Y MINAS INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL CAJAMARCA - SANTA CRUZ - SAUCEPAMPA	
MAPA GEOLÓGICO DE EL POTRERO	
Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León
Proyección: UTM - Zona 17 Sur	Datum: WGS 84
Escala: 1/10,000	Versión digital: 2024

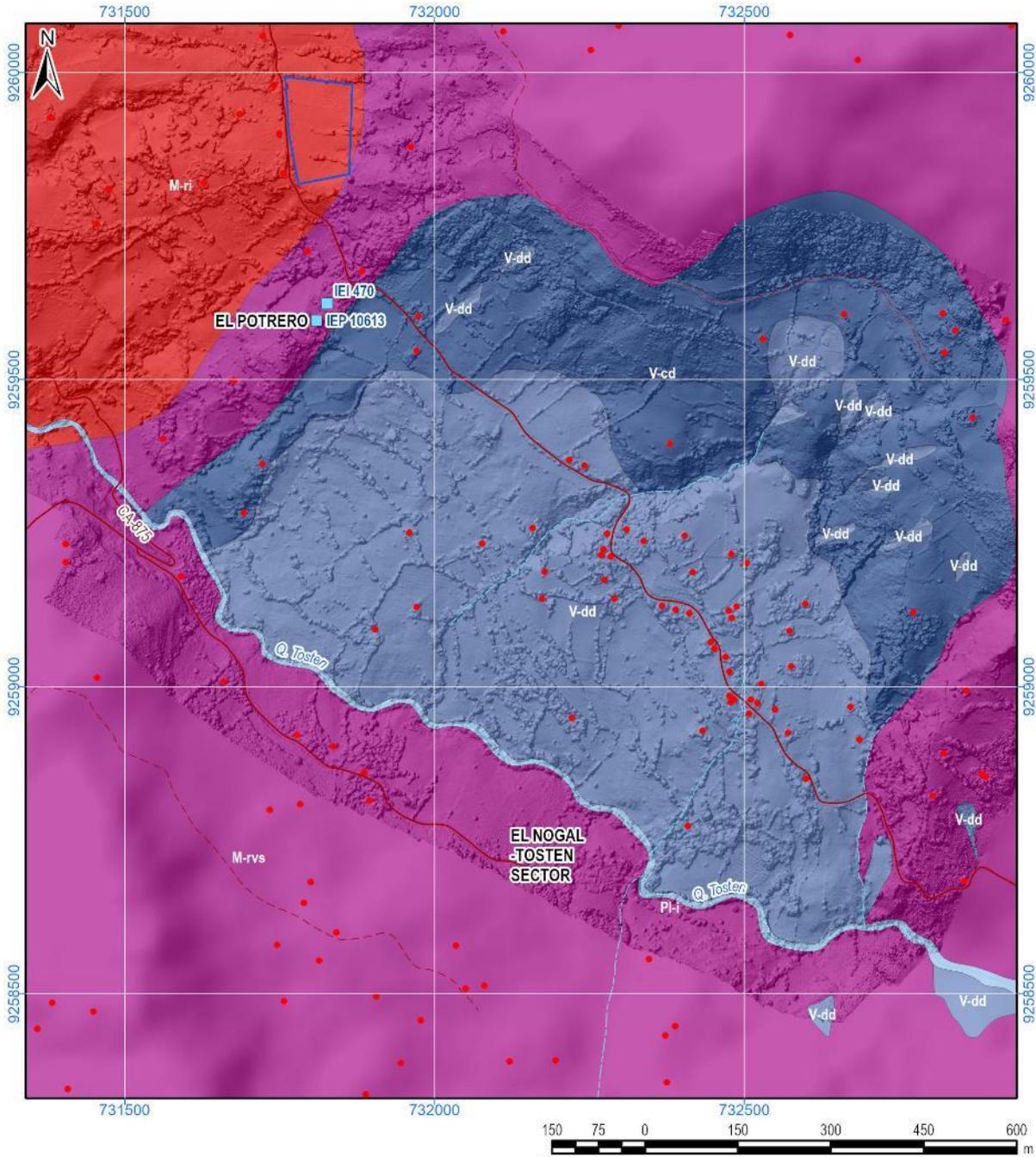
MAPA
1



SIMBOLOGÍA	
	Viviendas
	Institución educativa
	Trocha carrozable
	Via vecinal afirmada
	Quebrada
	Terreno de acogida propuesto

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 - SANTA CRUZ - SAUCEPAMPA	
MAPA DE PENDIENTES	
Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León
Proyección: UTM - Zona 17 Sur	Datum: WGS 84
Escala: 1/10,000	Versión digital: 2024
MAPA 2	

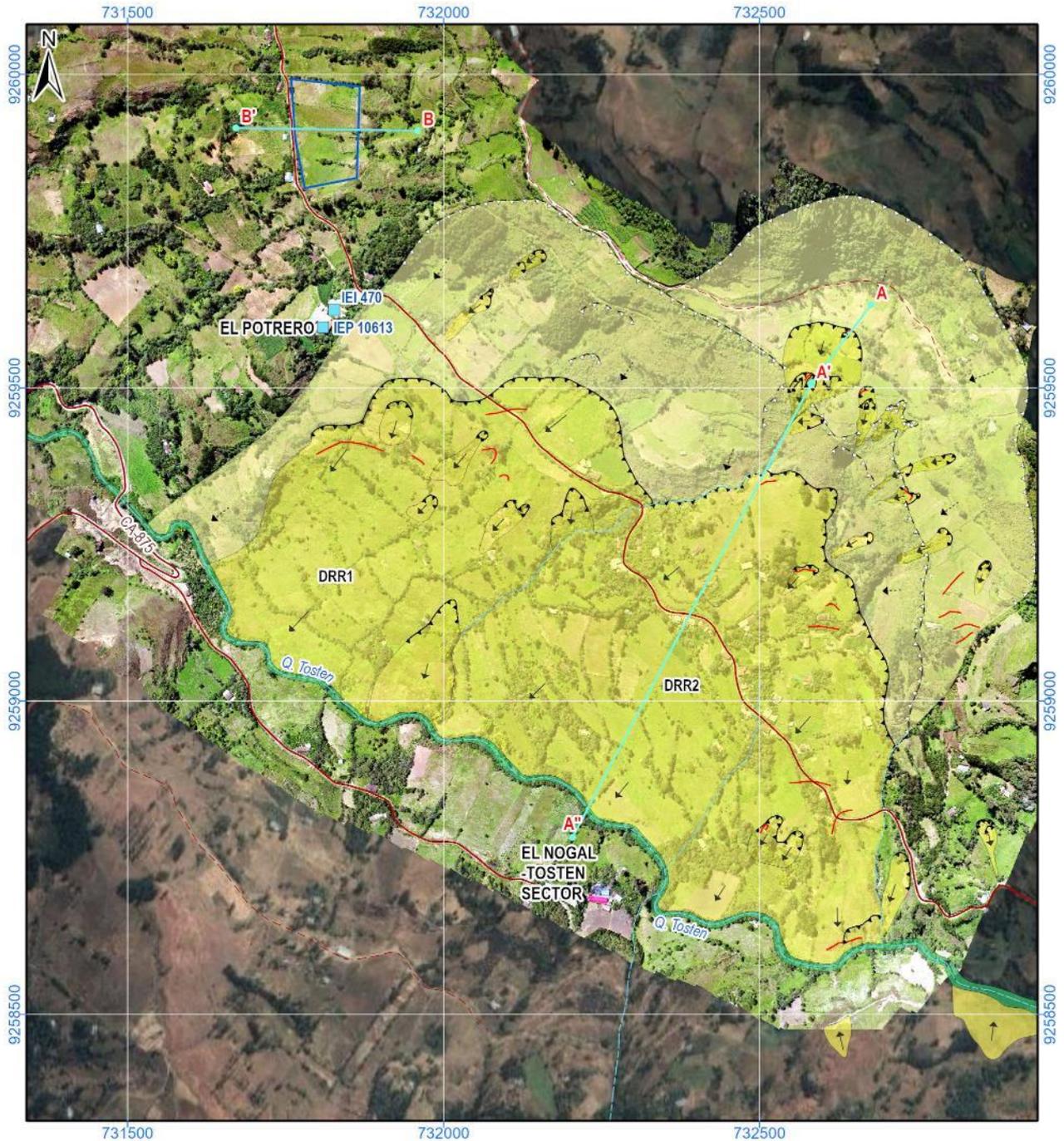


SIMBOLOGÍA	
•	Viviendas
	Institución educativa
	Trocha carrozable
	Vía vecinal afirmada
	Quebrada
	Terreno de acogida propuesto

LEYENDA	
	M-ri: Montaña en roca intrusiva
	M-rvs: Montaña en roca volcanosedimentaria
	V-cd: Vertiente coluvial deluvial
	V-dd: Vertiente con depósito de deslizamiento
	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 - SANTA CRUZ - SAUCEPAMPA		
MAPA GEOMORFOLÓGICO DE EL POTRERO		
Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León	MAPA 3
Proyección: UTM - Zona 17 Sur	Datum: WGS 84	
Escala: 1/10,000	Versión digital: 2024	

MAPA GEOMORFOLÓGICO



SIMBOLOGÍA	
	Institución educativa
	Trocha carrozable
	Vía vecinal afirmada
	Quebrada
	Línea de perfil
	Agrietamiento
	Escarpe de deslizamiento activo
	Dirección de movimiento activo
	Escarpe de deslizamiento inactivo
	Dirección de movimiento inactivo
	Terreno de acogida propuesto

LEYENDA	
	Deslizamiento rotacional activo
	Deslizamiento rotacional reactivado (DRR)
	Deslizamiento rotacional relicto
	Inundación y erosión fluvial



 SECTOR ENERGÍA Y MINAS INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL CAJAMARCA - SANTA CRUZ - SAUCEPAMPA	
CARTOGRAFÍA DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN LA LOCALIDAD DE EL POTRERO	
Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León
Proyección: UTM - Zona 17 Sur	Datum: WGS 84
Escala: 1/10,000	Versión digital: 2024
MAPA 4	

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 19). 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.

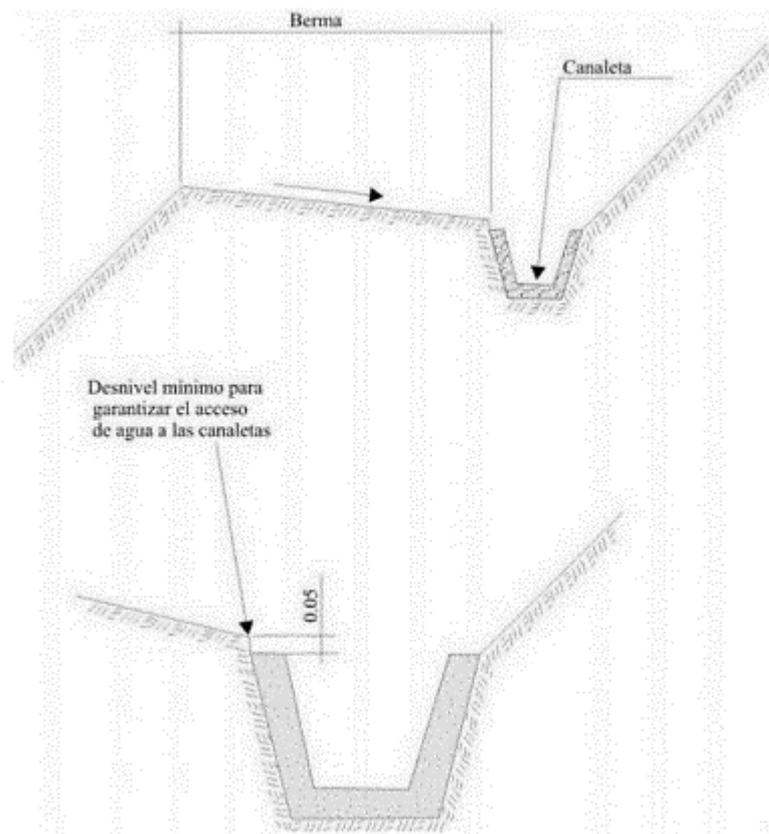


Figura 19. Detalle una canaleta de drenaje superficial (zanjas de coronación). Tomado de INGEMMET (2000).