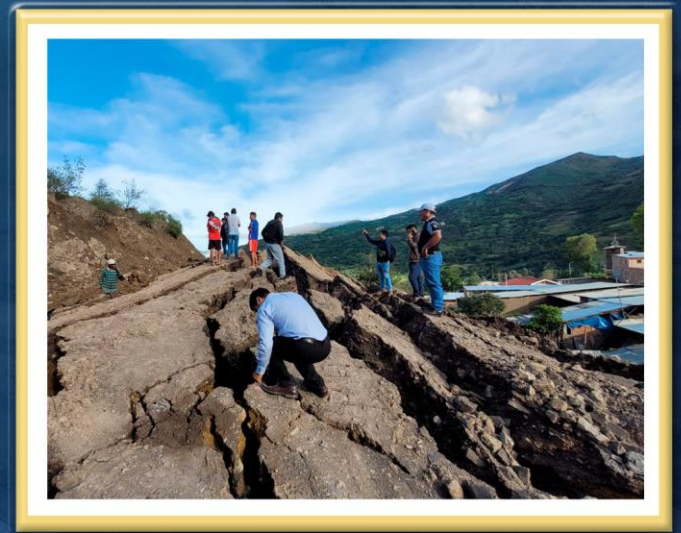
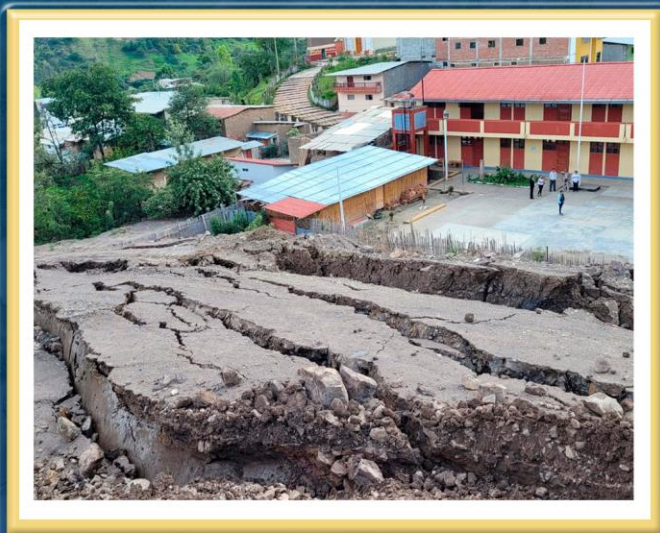


DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7390

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR DESLIZAMIENTO EN LA LOCALIDAD SALLIQUE

Departamento Cajamarca
Provincia Jaén
Distrito Sallique



JUNIO
2023

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR DESLIZAMIENTO EN LA LOCALIDAD SALLIQUE

Distrito Sallique, provincia Jaén, departamento Cajamarca.

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

Equipo de investigación:

Luis Miguel León Ordáz

Elvis Rubén Alcántara Quispe

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2023). Evaluación de peligros geológicos por deslizamiento en la localidad Sallique, distrito Sallique, provincia Jaén, departamento Cajamarca. Lima: Ingemmet, Informe Técnico N° A7390, 38 p.

ÍNDICE

RESUMEN	1
1. INTRODUCCIÓN	2
1.1 Objetivos del estudio	2
1.2 Antecedentes	3
1.3 Aspectos generales.....	3
1.3.1 Ubicación	3
1.3.2 Accesibilidad	4
1.3.3 Población.....	4
1.3.4 Clima.....	5
2. DEFINICIONES.....	6
3. ASPECTO GEOLÓGICO	8
3.1 Unidades litoestratigráficas	8
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	12
4.1 Modelo digital de elevaciones.....	12
4.2 Pendiente del terreno	13
4.3 Unidades Geomorfológicas	14
4.3.1 Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional.....	14
4.3.2 Geoformas de carácter depositacional y agradacional	15
5. PELIGROS GEOLÓGICOS	17
6. CONCLUSIONES	27
7. RECOMENDACIONES	28
BIBLIOGRAFÍA.....	29
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, realizado en la localidad Sallique, distrito Sallique, provincia Jaén, departamento Cajamarca. Con este trabajo el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – Ingemmet, cumple con una de sus funciones que consiste en brindar asistencia técnica en peligros geológicos para los tres niveles de gobierno.

En la zona afloran rocas sedimentarias (lutitas calcáreas de color gris negruzco y calizas mugstone bituminosas) de la Formación Pariatambo, las cuales se encuentran muy fracturadas y altamente meteorizadas; cubiertas, por sectores, por depósitos inconsolidados de origen coluvio-deluvial conformado por bloques (20%), gravas (30%) en matriz arcillo limosa (50%) cuyas características mencionadas facilitan la infiltración de agua de escorrentía e incrementan la saturación del terreno, y la inestabilidad de las laderas.

Geomorfológicamente se distinguen: subunidades de montaña en roca sedimentaria (M-rs), vertiente o piedemonte coluvio - deluvial (V -cd), vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd), depósito antrópico (Q-an) y terraza aluvial (T-al).

En la localidad de Sallique, se identifica un deslizamiento rotacional reactivado, en el mes de abril del 2023, el cual afectó dieciséis viviendas y un tramo de 168 m de trocha carrozable de la ruta Sallique – La Unión desde la progresiva 0+050 hasta la progresiva 0+218. La continuidad del movimiento puede alcanzar a la zona poblada (urbana), situada al noroeste.

El deslizamiento tiene un escarpe de 440 m de longitud, de forma semicircular, salto vertical de 30 m a 40 m, y longitud de la cabecera al pie de deslizamiento de 365 m; con un ancho promedio de 115 m, además de agrietamientos con longitudes de hasta 20 m y aperturas entre 0.10 a 0.25 m.

Los factores condicionantes para su ocurrencia son: a) pendiente del terreno entre 25° a >45°; b) substrato de lutitas calcáreas de color gris negruzco y calizas mugstone bituminosas, muy fracturadas y altamente meteorizadas.; c) presencia de manantiales. Considerándose como detonante las lluvias intensas y/o prolongadas.

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

Finalmente se brindan las recomendaciones que se consideran importantes que las autoridades competentes y tomadores de decisiones pongan en práctica en el área evaluada, siendo necesario elaborar un estudio de EVAR correspondiente con la finalidad de delimitar el área urbana expuesta al peligro y medidas de mitigación correspondientes; reubicar las viviendas expuestas al peligro, y realizar un monitoreo constante del movimiento, con la finalidad salvaguardar integridad física de los pobladores ubicados en la parte baja.

1. INTRODUCCIÓN

El Ingemmet, ente técnico-científico que desarrolla a través de los proyectos de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR) la “Evaluación de peligros geológicos a nivel nacional (ACT. 11)”, contribuye de esta forma con entidades gubernamentales mediante el reconocimiento, caracterización y diagnóstico del peligro geológico en zonas que tengan elementos vulnerables.

Atendiendo al Oficio N° 007-2023-MDS/A, remitido por la Municipalidad Distrital de Sallique, es en el marco de nuestras competencias que se realiza una evaluación de peligros geológicos por deslizamiento en la localidad de Sallique.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designó a los Ingenieros Luis M. León Ordáz y Elvis R. Alcántara Quispe, realizar la evaluación de peligros geológicos por deslizamiento que afecta la localidad de Sallique; realizado el 27 de marzo del 2023.

La evaluación técnica se basa en la recopilación y análisis de información existente de trabajos anteriores realizados por Ingemmet, los datos obtenidos durante el trabajo de campo (puntos de control GPS, fotografías terrestres y aéreas), el cartografiado geológico y geodinámico, con lo que finalmente se realizó la redacción del informe técnico.

Este informe se pone en consideración de la Municipalidad Distrital de Sallique, CENEPRED e INDECI donde se proporcionan resultados de la inspección y recomendaciones para la reducción del riesgo de desastres, a fin de que sea un instrumento técnico para la toma de decisiones.

1.1 Objetivos del estudio

El presente trabajo tiene como objetivos:

- a) Identificar, tipificar y caracterizar el movimiento en masa que presenta en la localidad de Sallique, distrito Sallique provincia Jaén y departamento Cajamarca.
- b) Determinar los factores condicionantes y desencadenantes que influyen en la ocurrencia de los movimientos en masa.
- c) Proponer medidas de prevención, reducción y mitigación ante peligros geológicos identificados en los trabajos de campo.

1.2 Antecedentes

Se han recopilado informes y reportes que contienen información geológica y geodinámica de la zona de estudio, los cuales se mencionan a continuación:

- Boletín N° 39, serie A, Geología de los cuadrángulos de Las Playas (9-c), La Tina (9-d), Las Lomas (10-c), Ayabaca (10-d), San Antonio (10-e), Chulucanas (11-c), Morropón (11-d), Huancabamba (11-e), Olmos (12-d), Pomahuaca (12-e) descrita a escala 1:100 000, (Reyes, L. y Caldas, J., 1987), se utilizó como referencia la información geológica del cuadrángulo de Pomahuaca (12-e).
- Boletín N° 44, Riesgo Geológico en la Región Cajamarca (Zavala & Rosado, 2011), identificando en el distrito de Sallique, 04 zonas con peligros geológicos, encontrando procesos de movimientos en masa como: flujo de detritos y erosión fluvial.
- Informe Técnico N°A6689, Peligros geológicos en el sector Sallique, distrito de Sallique, provincia Jaén, región Cajamarca (Nuñez, S. y Araujo, G., 2016), donde concluyen que el área evaluada se considera como una zona crítica, de muy alto peligro por movimiento en masa, ante intensas precipitaciones pluviales.

1.3 Aspectos generales

1.3.1 Ubicación

La localidad Sallique pertenece al distrito Sallique, provincia Jaén, departamento Cajamarca (Tabla 1, Figura 1), está ubicada en las siguientes coordenadas UTM WGS 84 – Zona: 17S:

Tabla 1. Coordenadas del área de estudio, localidad Sallique.

N°	UTM – WGS 84 - ZONA 17S		COORDENADAS DECIMALES	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	686775	9374560	-5.6559162°	-79.3135834°
2	686775	9373700	-5.6636930°	-79.3135605°
3	685975	9373700	-5.6637139°	-79.3207855°
4	685975	9374560	-5.6559372°	-79.3208084°
COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL				
C	686505	9374169	-5.6594577°	-79.3160095°

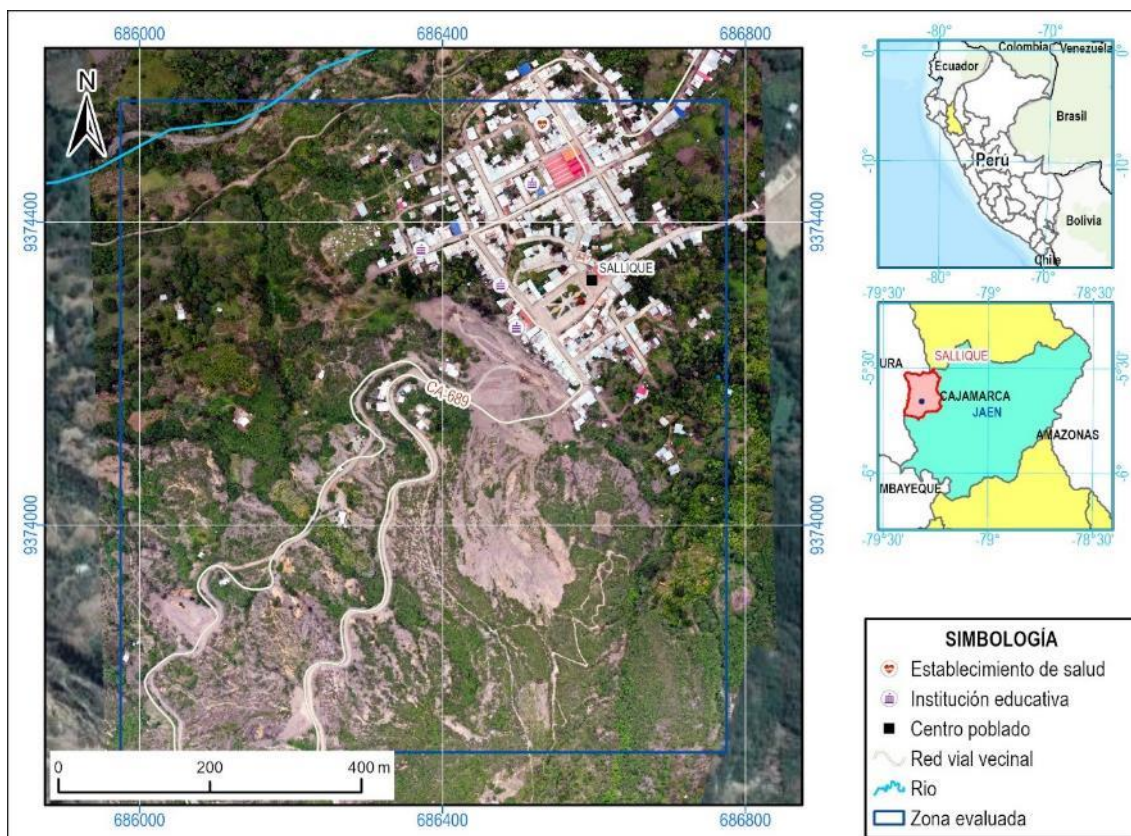


Figura 1. Ubicación localidad de Sallique.

1.3.2 Accesibilidad

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

Tabla 2. Rutas y acceso a la zona evaluada

Ruta	Tipo de calles	Distancia (km)	Tiempo estimado
Cajamarca – Jaén – Sallique	Asfaltada y sin Asfaltar	369	9 horas

1.3.3 Población

De acuerdo a la información censal más reciente (INEI, 2017), la localidad Sallique tiene una población de 800 habitantes, distribuidos en 450 viviendas, con red pública de agua y energía eléctrica (Tabla 3).

Tabla 3. Características localidad Sallique. Fuente: INEI - 2017.

Descripción	Sallique – INEI
Código de Ubigeo y Centro Poblado	0608090001
Longitud	-79.3151833738
Latitud	-5.65806182007
Altitud (m s.n.m.)	1700

Población	800
Viviendas	450
Agua por red pública	si
Energía eléctrica en la vivienda	si
Desagüe por red pública	si
Alumbrado público	si
Institución Educativa Inicial	si
Institución Educativa Primaria	si
Institución Educativa Secundaria	si
Establecimiento de salud	si
Idioma o lengua hablada con mayor frecuencia	Castellano

1.3.4 Clima

Según el método de clasificación climática de Warren Thornthwaite (SENAMHI, 2020), la zona de estudio posee dos tipos de clima:

Lluvioso con humedad abundante todas las estaciones del año. Templado. B(r)B'

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

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

Semiseco con invierno seco. Templado. C (i) B'

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

Esta región presenta durante el año, en promedio, temperaturas máximas de 21°C a 25°C en áreas del norte y centro y, de 15°C a 21°C en la sierra sur; mientras que, las temperaturas mínimas oscilan entre los 7°C y 11°C. Los acumulados anuales de lluvias en esta zona alcanzan entre los 300 mm a 700 mm aproximadamente.

Durante los meses de marzo y abril 2023, el sector evaluado percibió precipitaciones de hasta 39.4 mm/día, (gráfico 1) considerados por el Senamhi como Muy Lluvioso, (Senamhi).

PRECIPITACIÓN (mm/día) TOTAL

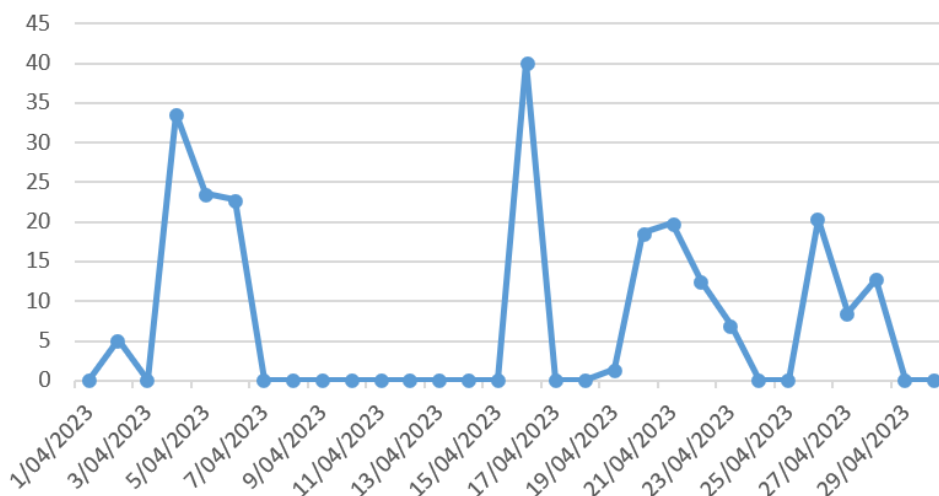


Gráfico 1. Precipitación diaria en mes de abril durante el año 2023, en la Estación Sallique.
 Fuente: Senamhi.

2. DEFINICIONES

El presente informe técnico está dirigido a las entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno, así como personal no especializado, que no son necesariamente geólogos; por ello se desarrollan algunas definiciones relevantes, considerando como base el Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007), los términos y definiciones se detallan a continuación:

Agrietamiento: Formación de grietas causada por esfuerzos de tensión o de compresión sobre masas de suelo o roca, o por desecación de materiales arcillosos.

Arcilla: Partículas menores a 2 micras (0,002 mm) que contienen minerales arcillosos. Las arcillas y suelos arcillosos se caracterizan por presentar cohesión y plasticidad. En este tipo de suelos es muy importante el efecto del agua sobre su comportamiento.

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

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

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

Derrumbe: Desplome de una masa de roca, suelo o ambos por gravedad, sin presentar una superficie o plano definido de ruptura, y más bien una zona

irregular. Se producen por lluvias intensas, erosión fluvial; rocas muy meteorizadas y fracturadas.

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

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

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

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.

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

Fractura: Estructura de discontinuidad menor en la cual hay separación por tensión, pero sin movimiento tangencial entre los cuerpos que se separan.

Ladera: Superficie natural inclinada de un terreno.

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

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

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

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

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

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

En el presente Glosario se describe según los términos establecidos en el Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007) - Movimientos en masa en la región andina: una guía para la evaluación de amenazas.

3. ASPECTO GEOLÓGICO

El análisis geológico, se desarrolla en base a la memoria descriptiva de la revisión del cuadrángulo de Pomahuaca, hoja 12 – e, elaborado por Reyes, L. & Caldas, J. (1987), escala 1:100 000, publicados por el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (mapa 1).

3.1 Unidades litoestratigráficas

Se tiene las siguientes unidades:

3.1.1 Formación Pariatambo (Ki-pt)

En el sector evaluado se identificó lutitas calcáreas de color gris negruzco (Fotografía 1) y calizas mugstone bituminosas, las cuales se encuentran muy fracturadas y altamente meteorizadas, es en esta formación en donde se desencadenó el deslizamiento.



Fotografía 1. Se observa el macizo rocoso, muy fracturado y altamente meteorizado.
Coordenada UTM WGS-84, 17S: E: 686485; N: 9374047.

3.1.2 Sill andesítico

En el sector evaluado se identificó un macizo rocoso hipabisal de composición andesítica, el cual debido al alto tectonismo local intruye a los estratos de la Formación Pariatambo en forma concordante (paralela), lo que nos indica zona de debilidad de las rocas de origen sedimentario, el sill se encuentra medianamente a muy fracturado y moderadamente meteorizado (Figuras 2 y 3).



Figura 2. Talud donde se observa intrusión del sill andesítico en las calizas de la Formación Pariatambo.

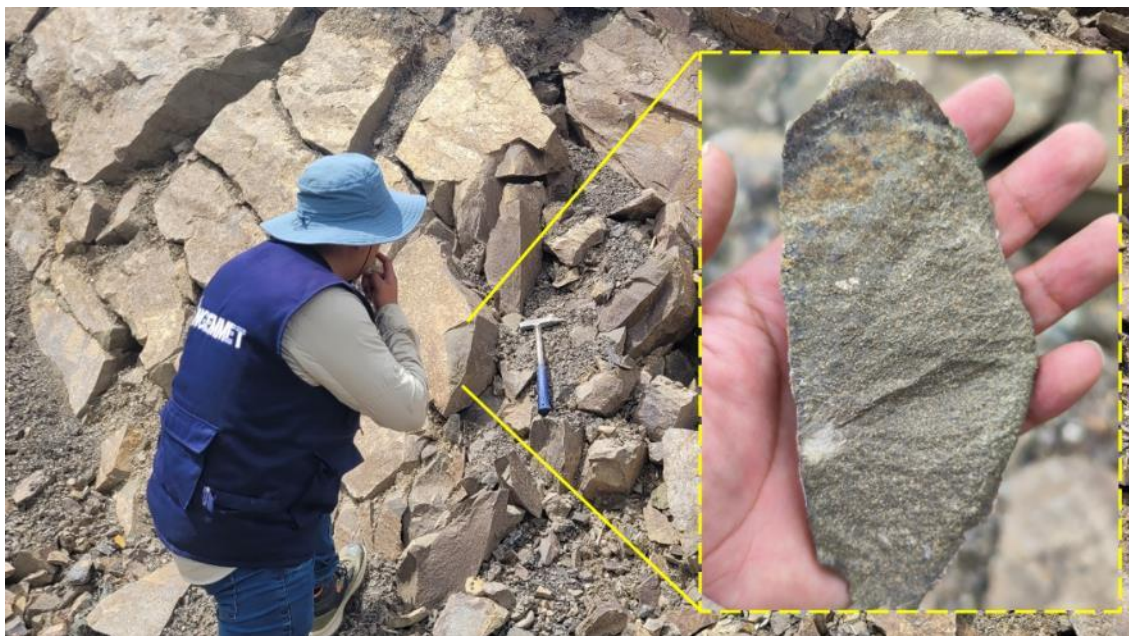


Figura 3. El sill se encuentra medianamente a muy fracturado y moderadamente meteorizado. Coordenada UTM WGS-84, 17S: E: 686490; N: 9373938.

3.1.1 Depósito coluvio - deluvial (Q-cd)

Este depósito, está constituido por gravas (30%) y bloques (20%) no consolidados, heterométricos, de formas angulosos, (de origen sedimentario e intrusivo) en matriz arcillo limosa (50%), de color marrón, los que se consideran suelos no competentes, susceptibles a la generación de movimientos en masa (Fotografía 2).



Fotografía 2: Se observa el depósito coluvio-deluvial, constituido por gravas y bloques no consolidados en una matriz arcillo limosa.

Coordenada UTM WGS-84, 17S: E: 686533; N: 9374179.

DESCRIPCIÓN DE FORMACIONES SUPERFICIALES

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

GRANULOMETRÍA

%	
<input type="text" value="20"/>	Bolos
<input type="text"/>	Cantos
<input type="text" value="30"/>	Gravas
<input type="text"/>	Gránulos
<input type="text"/>	Arenas
<input type="text" value="15"/>	Limos
<input type="text" value="35"/>	Arcillas

FORMA

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

REDONDES

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

PLASTICIDAD

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

ESTRUCTURA

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

TEXTURA

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

CONTENIDO DE

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

% LITOLOGÍA

<input type="text" value="5"/>	Intrusivos
<input type="text"/>	Volcánicos
<input type="text"/>	Matamórficos
<input type="text" value="95"/>	Sedimentarios

COMPACIDAD

SUELOS FINOS

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

Arenas

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

SUELOS GRUESOS

Gravas

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

CLASIFICACIÓN TENTATIVA S.U.C.S.

SUELOS GRUESOS

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

SUELOS FINOS

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



4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

Además de la cartografía regional de geomorfología, a escala 1:250 000 del boletín de riesgos geológicos de la región Cajamarca, se utiliza un Modelo digital de elevaciones de fuente SRTM (NASA, 2020) optimizada a un detalle de 0.9 m (AlosPalsar, 2011).

4.1 Modelo digital de elevaciones

El sector evaluado en Sallique comprende cotas que van de 1604 m s.n.m. a 1928 m s.n.m., se clasificó en siete niveles altitudinales, con la finalidad de visualizar la extensión con respecto a la diferencia de alturas. El deslizamiento se encuentra entre 1703 m s.n.m. hasta los 1851 m s.n.m., es decir con un desnivel de 148 m (Figura 2).

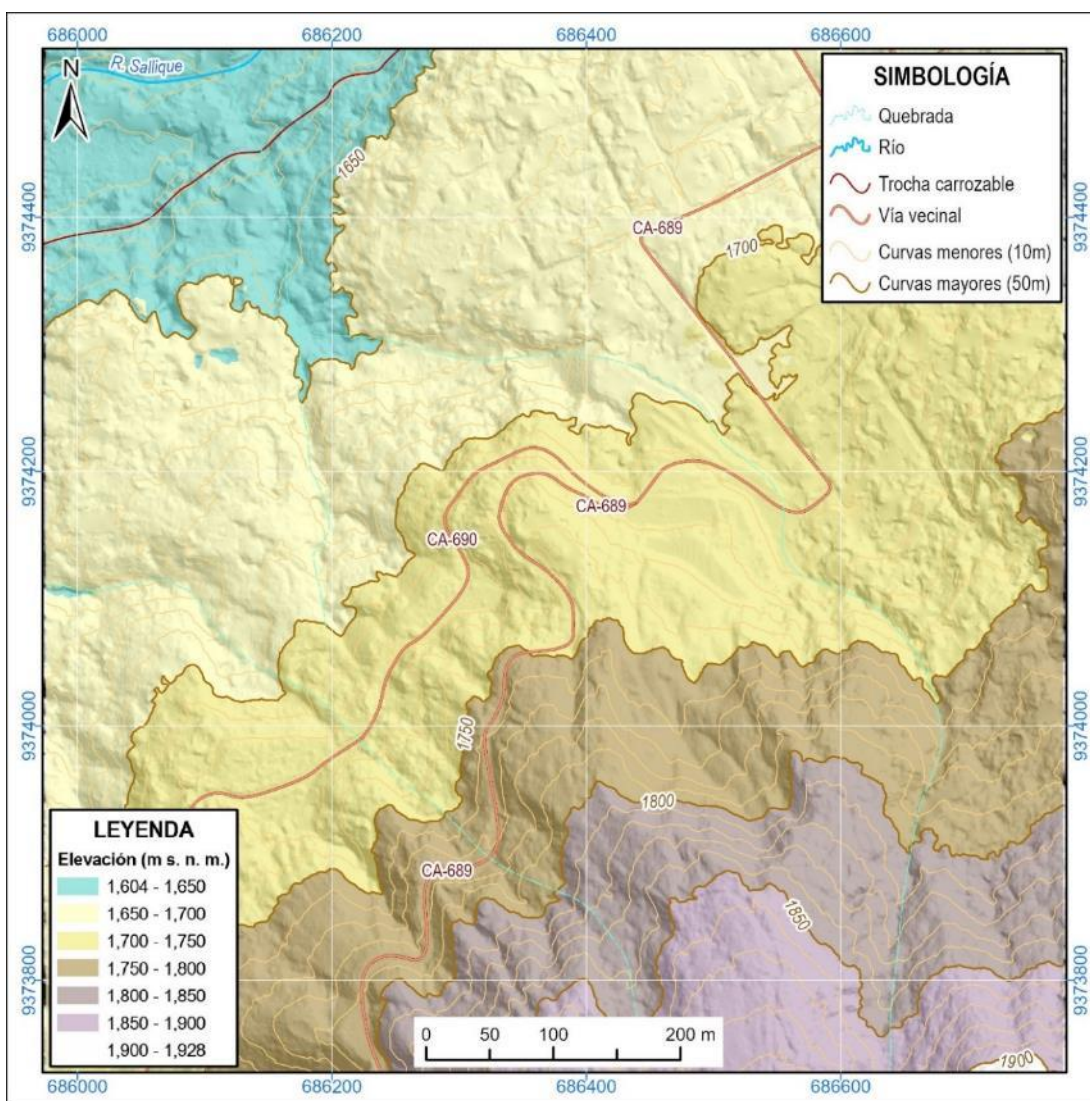


Figura 4. Modelo digital de elevaciones, localidad Sallique.

4.2 Pendiente del terreno

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

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

En la localidad de Sallique se aprecia el terreno con pendiente variable (Mapa 2), que tiene en la parte baja (área urbana) un terreno inclinado con pendiente suave a moderada (1° a 15°) y hacia la parte superior (suroeste), fuerte (25° a 45°) y muy escarpada ($<45^\circ$), (Figuras 5 y 6).



Figura 5. En ambos márgenes del cuerpo de deslizamiento, se puede apreciar un terreno con pendientes de 41° y 15° respectivamente.

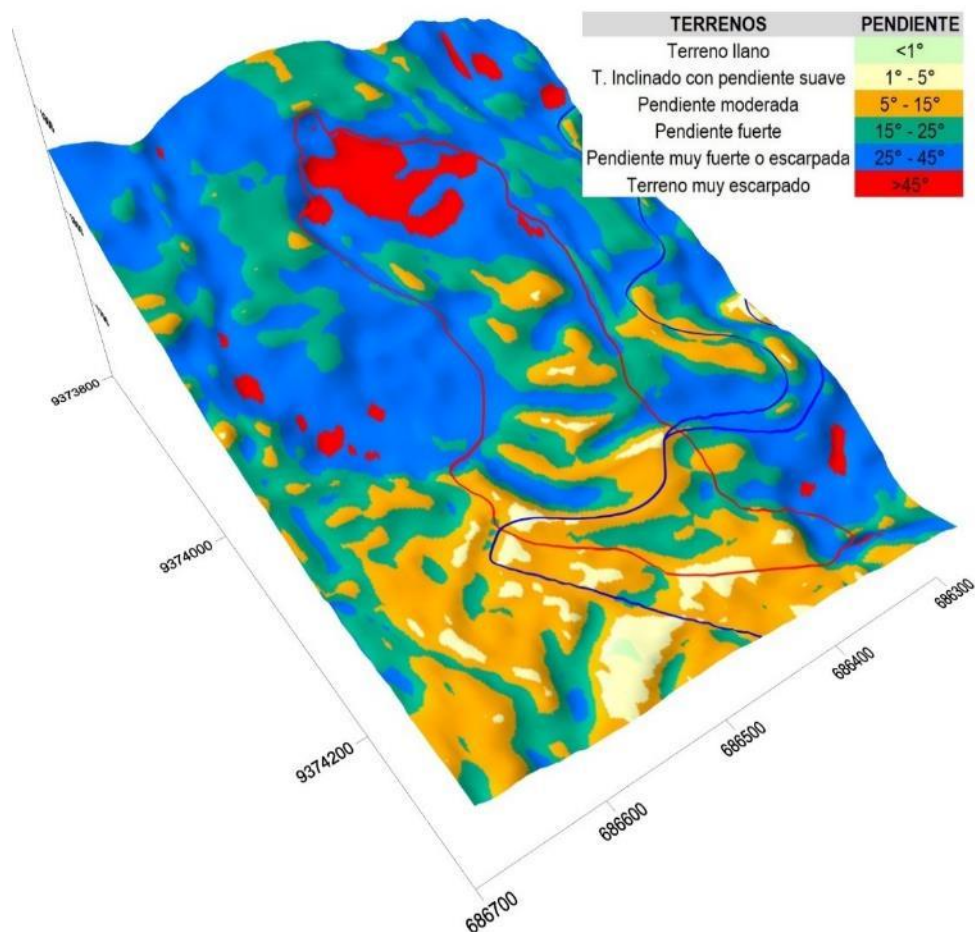


Figura 6. Modelo 3D de las pendientes del terreno afectado por deslizamiento (en línea roja) en la localidad de Sallique, utilizando el MDE obtenido con el levantamiento fotogramétrico.

4.3 Unidades Geomorfológicas

Para la caracterización de las unidades geomorfológicas (Figura 7), en el sector evaluado, se consideraron criterios de control como: la homogeneidad litológica y caracterización conceptual en base a los aspectos del relieve en relación con la erosión, denudación y sedimentación (Vílchez et al.,2019); así también se ha empleado los trabajos de Villota (2005) y la clasificación de unidades geomorfológicas utilizadas en estudios de Ingemmet.

4.3.1 Geofomas de carácter tectónico degradacional y erosional

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

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

a. Unidad de Montaña

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

Subunidad de montaña en roca sedimentaria (M-rs)

Esta unidad geomorfológica está ubicada en la parte este del sector evaluado, presenta cerros con alturas de más de 300 m desde su línea base local, su morfología actual depende de procesos exógenos degradacionales determinados por la lluvia y la escorrentía, con fuerte incidencia de la gravedad.

En el sector evaluado el área afectada por el deslizamiento, presenta un relieve con pendiente muy fuerte (25° - 45°) a terrenos muy escarpados (>45°), compuesto por lutitas calcáreas de color gris negruzco y calizas mugstone bituminosas y depósitos coluvio – deluviales.

4.3.2 Geoformas de carácter depositacional y agradacional

Estas geoformas son el resultado del conjunto de procesos geomorfológicos constructivos, determinados por fuerzas de desplazamiento, como por agentes móviles, tales como: el agua de escorrentía, los glaciares y los vientos, los cuales tienden a nivelar hacia arriba la superficie de la tierra, mediante el depósito de materiales sólidos resultante de la denudación de los terrenos más elevados, en el sector evaluado encontramos las siguientes subunidades (Figura 6):

a. Unidad de Piedemonte

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

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

Acumulaciones de laderas originadas por procesos de movimientos en masa (derrumbes y caídas de rocas), constituidos por bloque, gravas, de origen sedimentario, subangulosos a angulosos en matriz arcillo-limosa, tienen escasa cohesión con malas características geotécnicas y se consideran suelos no competentes, que han sufrido poco transporte, susceptibles a la generación de movimientos en masa.

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

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

Generalmente, su composición litológica es homogénea; con materiales inconsolidados, son depósitos de corto a mediano recorrido relacionados a

laderas superiores, en el sector están constituidos por bloque, gravas, de origen sedimentario, angulosos en matriz arcillo-limosa

Depósito antrópico (Q-an)

Son acumulaciones artificiales de suelos naturales o fragmento de rocas o material de desecho, o una mezcla de ellos. Así mismo, estos materiales en algunas ocasiones pueden haber recibido un tratamiento industrial.

En el sector evaluado se identificó material del deslizamiento transportado y acumulado por maquinaria, así como material de desmonte (escombros), ubicados al este del cuerpo de deslizamiento.

b. Unidad de Terraza

Geoformas llanas cercanas a los ríos o quebradas, los cuales pueden ser de gran extensión.

Terraza aluvial (T-al)

Geoforma de origen denudacional y/o depositacional, forma bancos o graderías de sedimentación aluvial, ubicadas en las márgenes de los ríos y quebradas, en el sector evaluado se ha identificado esta geoforma en las márgenes del río Sallique, constituido por material subanguloso y polimíctico en una matriz arcillo limosa.



Figura 7. Se observa las diferentes subunidades geomorfológicas identificadas en la localidad de Sallique.

5. PELIGROS GEOLÓGICOS

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

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

En la localidad de Sallique, se identificó un deslizamiento activo (Mapa 4), el cual afectó dieciséis viviendas y la Institución Educativa N° 16139; así mismo si el movimiento persiste, podría afectar más viviendas ubicadas al noreste y noroeste (Figura 8).

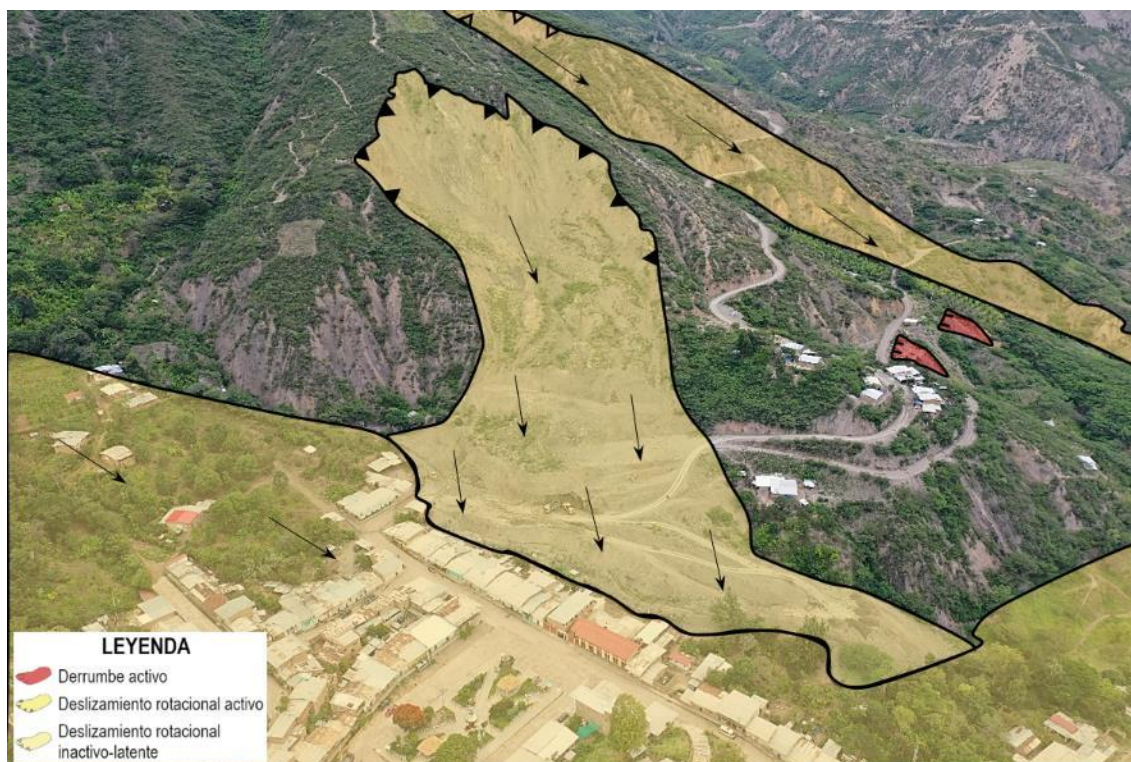


Figura 8. Vista panorámica del deslizamiento, en la parte baja se puede apreciar las viviendas expuestas de la localidad Sallique.

5.1 Deslizamiento de Sallique

5.1.1 Descripción

Según las imágenes satelitales del 2011, 2012, 2019, 2023, previo al deslizamiento de Sallique del 2012 (Figura 10), se presentaban desde el 2011, erosión de laderas en cárcavas profundas (Figura 9). Dicho deslizamiento tiene un avance retrogresivo y se mantiene activo desde el 2019 y 2023 (Figuras 11 y 12).

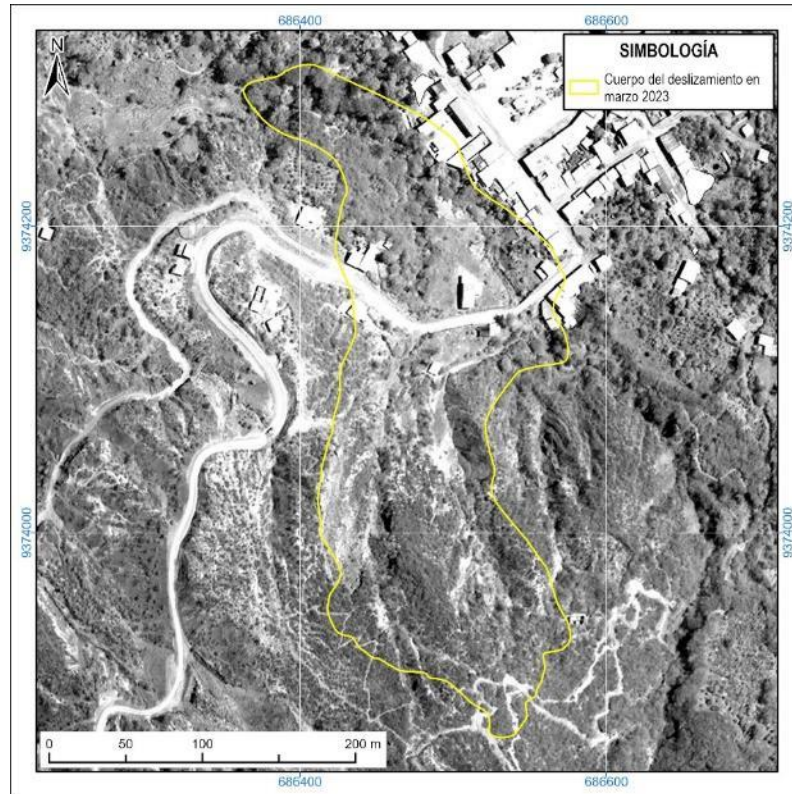


Figura 9. Imagen satelital año 2011, Se observa, la erosión en, donde se desencadenó el deslizamiento año 2012. Fuente: Google Earth. La línea amarilla indica el perímetro del deslizamiento actual, 2023.

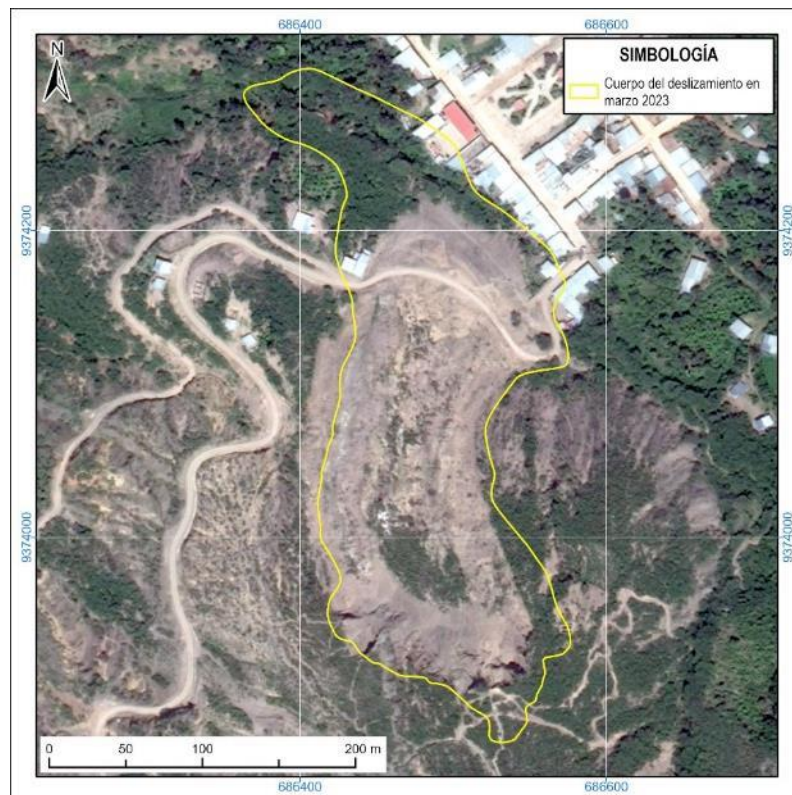


Figura 10. Imagen satelital año 2012, Se observa la activación del deslizamiento, noviembre de año 2012.

Fuente: Google Earth.



Figura 11. Imagen satelital año 2019, Se observa el avance retrogresivo del movimiento, con dirección sureste.
Fuente: Google Earth.

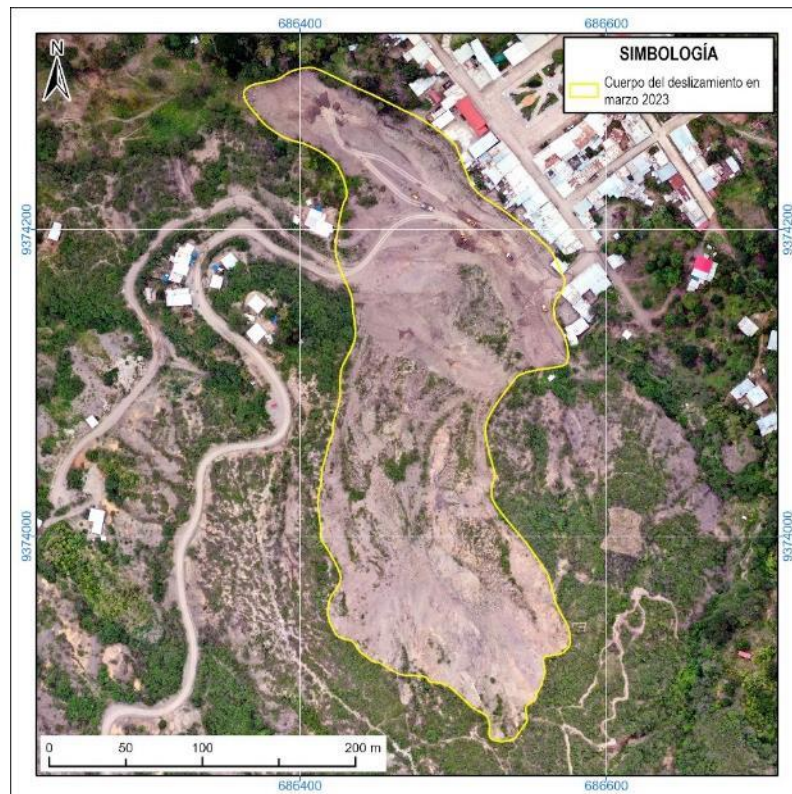


Figura 12. Imagen satelital año 2023, se observa que el movimiento está activo, y avanzando en dirección noroeste.
Fuente: Google Earth.

El deslizamiento rotacional activo; ubicado al sur de la localidad de Sallique, se originó en el año 2012, reactivándose en el 2014 y en abril del 2023 (Fotografía 3).



Fotografía 3. El movimiento se mantiene activo, el 09 de abril del 2023, el movimiento afectó 16 viviendas.

El movimiento tiene una dirección hacia la zona urbana de Sallique (de sur a norte), obstruye de manera temporal el cauce de la quebrada Sana y origina que su cauce migre hacia la margen derecha; así mismo afecta las viviendas ubicadas en la parte baja.

Las características del deslizamiento son:

- Estado de actividad: activo.
- Forma de la escarpa: semicircular (Figura 13).
- Salto principal o desplazamiento vertical: 30 a 40 m (figura 14).
- Longitud de la escarpa: 440 m.
- Desnivel entre la escarpa principal y el pie del deslizamiento: 148 m.
- Superficie de rotura inferida: rotacional.
- Longitud del eje principal del evento: 365 m.
- Ancho del evento: 115 m.
- Área del deslizamiento: 47970 m².
- Avance del deslizamiento: retrogresivo.

En el cuerpo de deslizamiento se presentan dos escarpas secundarias con longitudes de 67 y 95 m, saltos entre 10 a 14 m. También se apreció en el terreno, agrietamientos transversales y longitudinales con longitudes entre 20 a 30 m, grietas con aperturas entre 20 a 40 cm, de profundidad variable.



Figura 13. Escarpe principal de forma semicircular.

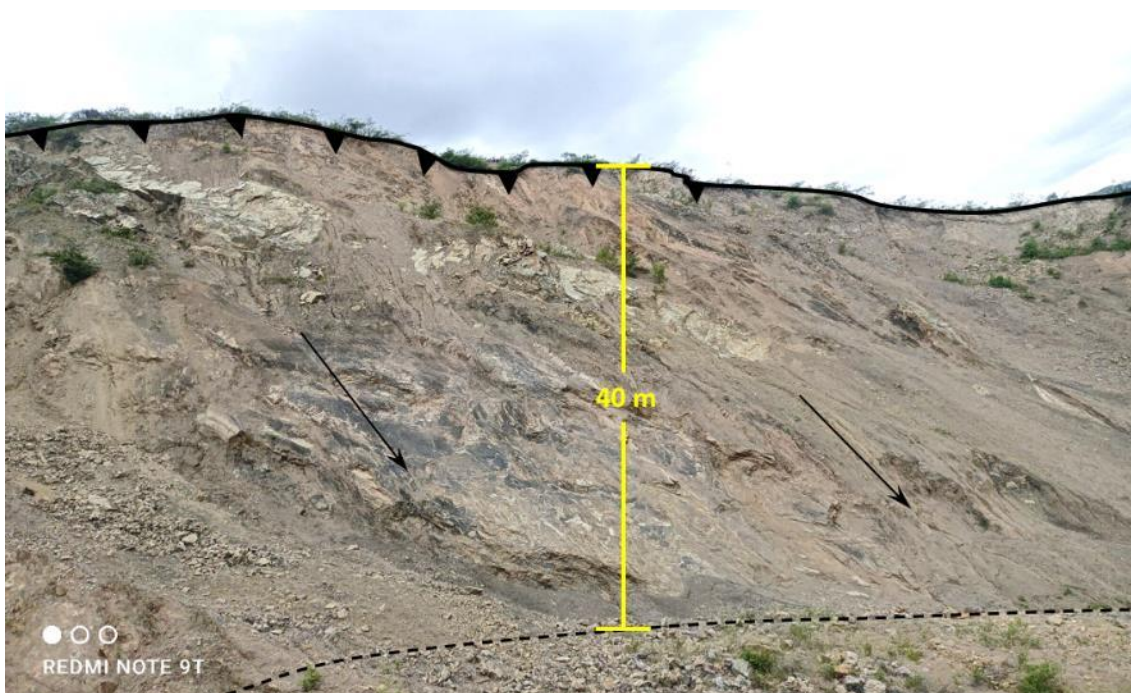


Figura 14. Vista del escarpe principal de deslizamiento, con un desplazamiento vertical de 40 m.

Se puede apreciar grietas de 5 m a 20 m de longitud (originadas en abril del 2023), en la trocha de ingreso a la localidad de Sallique (Figuras 15 y 16 y Fotografía 4), la cual se ubica en la parte baja del cuerpo del deslizamiento, lo que indica que el deslizamiento se mantiene activo.



Figura 15. Grietas afectan trocha carrozable de ingreso a la localidad de Sallique.
Coordenadas UTM WS-84 -17S, **Norte:** 9374221 – **Este:** 686490.



Fotografía 4. Plataforma de la trocha carrozable de ingreso a la localidad de Sallique, totalmente destruida e intransitable, 09 de abril del 2023.
Coordenadas UTM WS-84 -17S, Norte: 9374265 – **Este:** 686459.
Fuente: Defensa Civil Municipalidad Distrital de Sallique

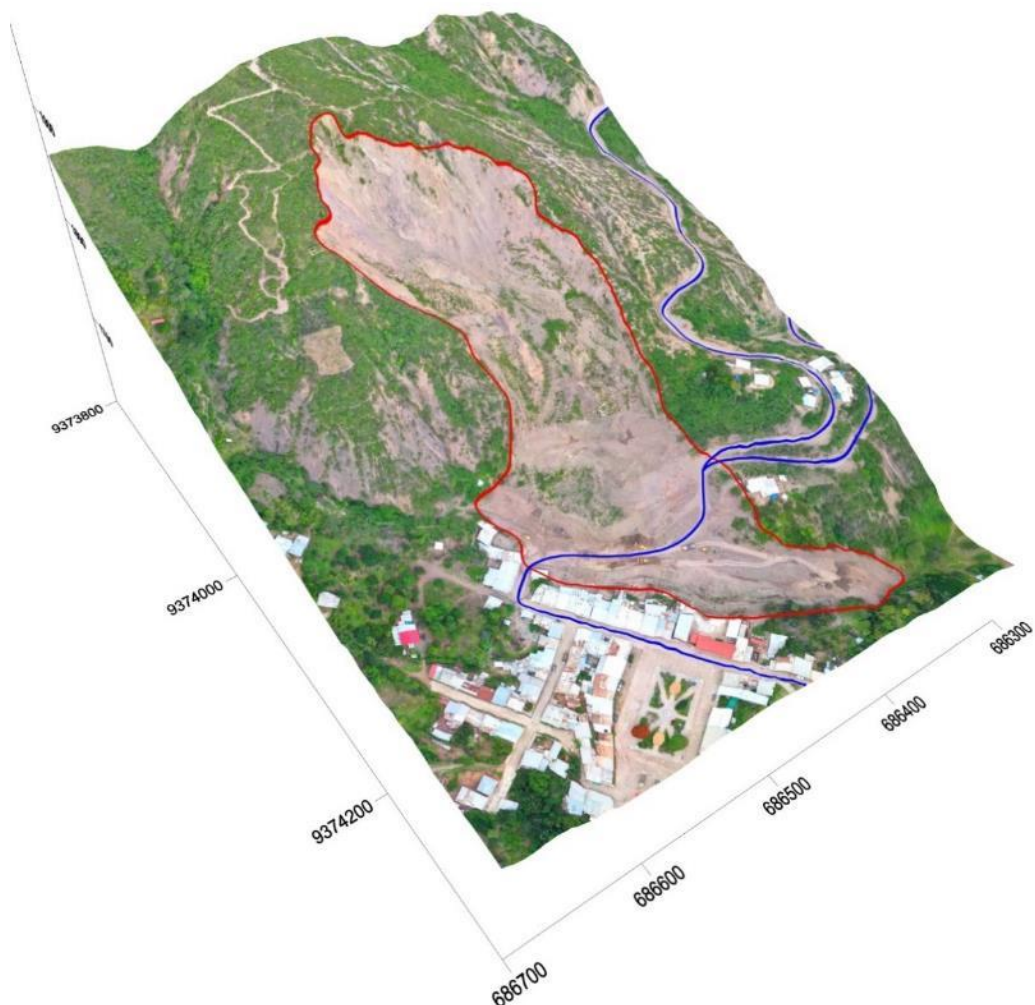


Figura 16. Modelo 3D de la zona de deslizamiento (línea roja) y trocha carrozable afectada, ubicada dentro del cuerpo del movimiento (línea morada), en la localidad de Sallique; así mismo se puede apreciar en la parte baja, las viviendas expuestas.

5.1.2 Análisis longitudinal del deslizamiento

Se ha tomado el Perfil A'-A'' del (Mapa 4) para poder analizar la cinemática del deslizamiento (FFigura 17), sobre el que se observa un basamento de rocoso de origen sedimentario, cubierto por un depósito coluvio - deluvial.

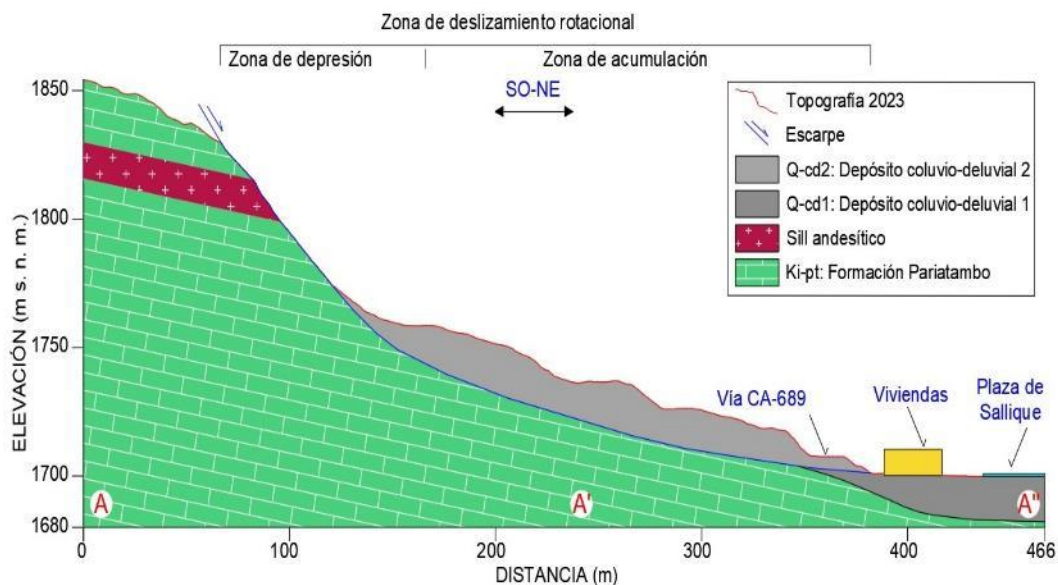


Figura 17. Perfil longitudinal A-A'-A'' del deslizamiento de Sallique.

Factores condicionantes

- Litología y naturaleza incompetente de materiales, macizo de origen sedimentario muy fracturado, altamente meteorizado (lutitas con fracturamiento abierto).
- Ladera con pendiente escarpada a muy escarpada (25° a $>45^\circ$), muy susceptibles a erosionarse.
- Material removido (corte de talud en la parte baja), no cuenta con un sistema de drenaje lo que permitió la filtración y saturación del terreno.
- Estratificación a favor de la pendiente.

Factor detonante

- Lluvias intensas

Daños por deslizamiento

- El 09 de abril del 2023 fueron afectadas dieciséis viviendas (Figura 18), ubicadas en el pie del deslizamiento y 168 m de la trocha carrozable de la ruta Sallique – La Unión desde la progresiva 0+050 hasta la progresiva 0+218, es necesario reubicar las viviendas ubicadas en la parte baja, las cuales se verían seriamente afectadas si el deslizamiento avanza.



Figura 18. Vivienda muy afectada (inhabitable), ubicada en el cuerpo de deslizamiento. Coordenadas UTM WS-84 -17S, **Norte:** 9309119 – **Este:** 737411.

Causas de las reactivaciones recientes

- A pesar de los trabajos de banquetado del talud, aún no se ha implementado medidas de drenaje para captar el agua de escorrentía y evacuarla fuera del cuerpo del deslizamiento (tales como canales de derivación y zanjas de coronación), por lo que se mantiene la filtración de agua y saturación de los terrenos dentro del cuerpo deslizado.
- En la parte baja y media del deslizamiento se aprecia surgencia de agua, que carecen de drenaje (Fotografía 5 y Figura 19).
- Lluvias intensas en los meses de marzo y abril del 2023.



Fotografía 5. Surgencia de agua (sin drenar), dentro del cuerpo del deslizamiento, 27 de marzo del 2023
Coordenadas UTM WS-84 -17S, **Norte:** 9374090 – **Este:** 686469.



Figura 18. Surgencia de agua en la parte baja del cuerpo del deslizamiento.
Coordenadas UTM WS-84 -17S, **Norte:** 9374132 – **Este:** 686467.

6. CONCLUSIONES

- a. En la localidad Sallique se ha cartografiado un deslizamiento de tipo rotacional que se originó en enero del 2011, a consecuencia de lluvias intensas en el mes de enero, presentó actividad en el año 2014, julio del 2019 y abril del 2023, afectando 16 viviendas, trocha carrozable y obtuvo el cauce de la quebrada Sana.
- b. En la zona evaluada se identificaron depósitos de origen coluvio-deluvial conformado por gravas (30%) y bloques (20%) inconsolidado, heterométricos, y de formas angulosos, (de origen sedimentario), en matriz arcillo limosa (50%). Dicho material facilita la infiltración de agua y aumenta la saturación del terreno, facilitando su inestabilidad. Además, el basamento está conformado por rocas sedimentarias de la Formación Pariatambo, muy fracturadas y altamente meteorizadas.
- c. Las geoformas identificadas, corresponden a montaña en roca sedimentaria (M-rs), vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd) ambos con relieve terrenos de pendiente fuerte (15°- 25°), pendiente muy fuerte (25° - 45°) y terrenos muy escarpados (>45°), favorables para la ocurrencia de movimientos en masa; así mismo tenemos vertiente o piedemonte coluvio - deluvial (V -cd), depósito antrópico (Q-an) y terraza aluvial (T-al), estas tres subunidades con pendiente moderada (5°-15°) y terrenos inclinados con pendiente suave (1°-5°)
- d. El deslizamiento es de tipo rotacional, cuenta con longitud del escarpe de 440 m y un salto vertical de 30 m a 40 m; el deslizamiento tiene una longitud de 365 m y un ancho de 115 m, en el cuerpo del deslizamiento se presentan grietas de 5 m a 20 m de largo con un ancho de 0.10 a 0.25 m.
- e. Los factores condicionantes de los movimientos en masa son:
 - Litología y naturaleza incompetente de materiales, macizo de origen sedimentario muy fracturado, altamente meteorizado (lutitas con fracturamiento abierto).
 - Ladera con pendiente escarpada a muy escarpada (25° a >45°), muy susceptibles a erosionarse.
 - Material removido (corte de talud en la parte baja), no cuenta con un sistema de drenaje lo que permitió la filtración y saturación del terreno.
 - Estratificación a favor de la pendiente.
 - Factor detonante: lluvias intensas.
- f. Por las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas de la localidad de Sallique, se considera como **Zona Crítica y de Peligro Muy Alto**, a la ocurrencia de deslizamiento, ante la presencia de lluvias intensas.

7. RECOMENDACIONES

- a. Elaborar estudio de Evaluación de Riesgos – EVAR, para zonificar el área urbana que podría ser afectada por el movimiento en masa e implementar las medidas de control del riesgo correspondientes.
- b. Reubicar las viviendas que se encuentran en la parte baja del deslizamiento.
- c. Realiza un monitoreo constante del avance del movimiento, mediante la instalación de hitos que sirvan como puntos de control, esta actividad debe ser realizada y supervisada por un especialista.
- d. Limpiar constantemente el cauce de la quebrada Sana, obstruido por el material deslizado en la parte baja, aumentando su inestabilidad.
- e. Continuar con los trabajos de banquetería a modo de andenería en el cuerpo del deslizamiento, implementando un sistema de drenaje
- f. Controlar y prohibir el asentamiento urbano u otro tipo de instalación dentro y en el entorno del deslizamiento.
- g. Evitar la deforestación con la finalidad de no dejar los terrenos denudados, expuestos a erosión. Reforestar las laderas de montaña con especies nativas.
- h. Construir zanjas de coronación en la parte posterior de la cabecera del deslizamiento, con una sección de concreto armado u otro material impermeable (como geomembranas), a fin de evitar filtraciones (Anexo 2A – Figura 12), además de programar continuos trabajos de mantenimiento en estos.
- i. No ocupar las laderas con pendiente escarpada a muy escarpada con cultivos agrícolas, en el entorno del área deslizada, para evitar la sobre saturación de los terrenos.
- j. Realizar charlas de sensibilización y concientización sobre peligro y riesgo a las se encuentran expuestos los pobladores de la localidad de Sallique.


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

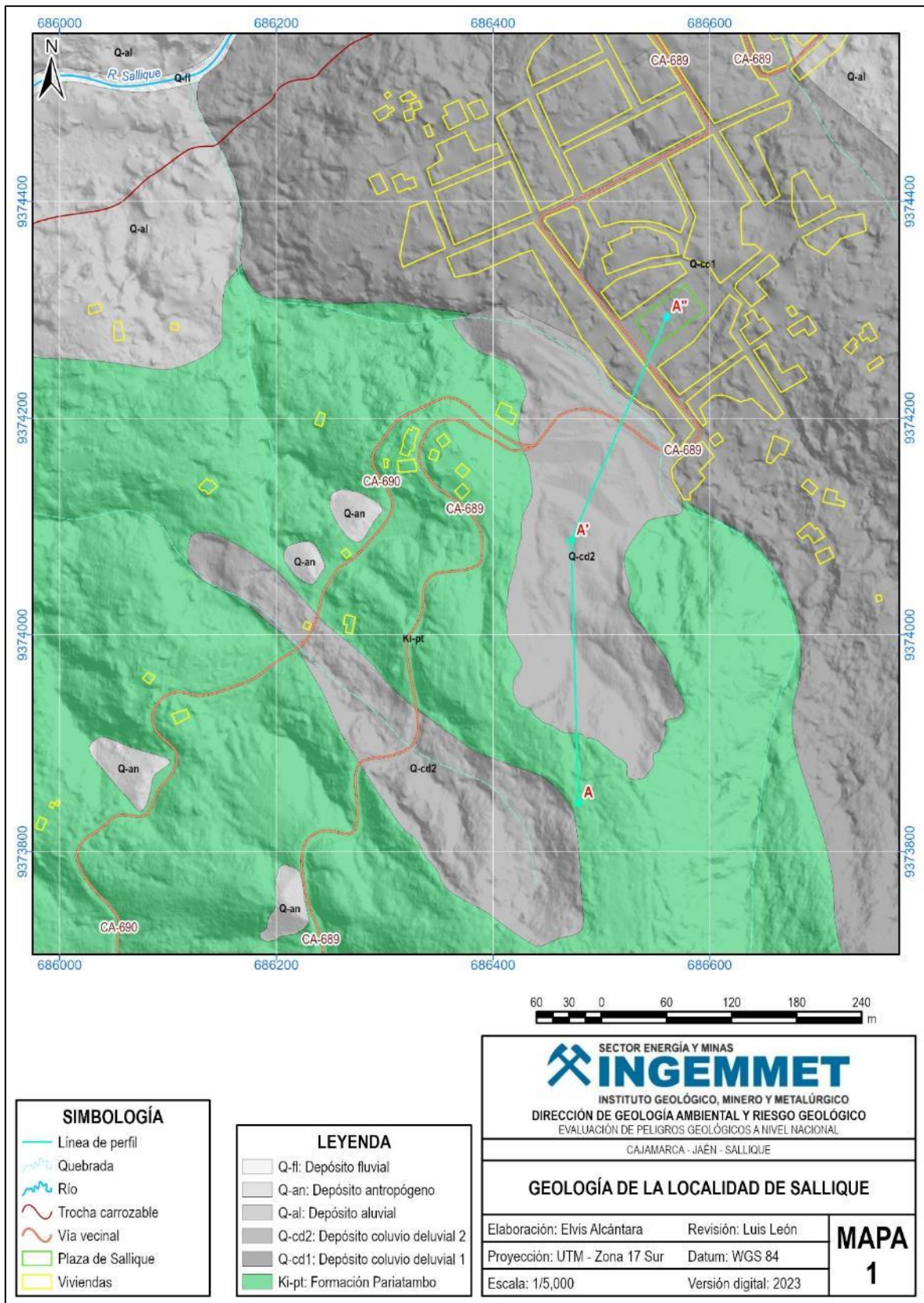

.....
Ing. LIONEL V. FIDEL SMOLL
Director
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico
INGEMMET

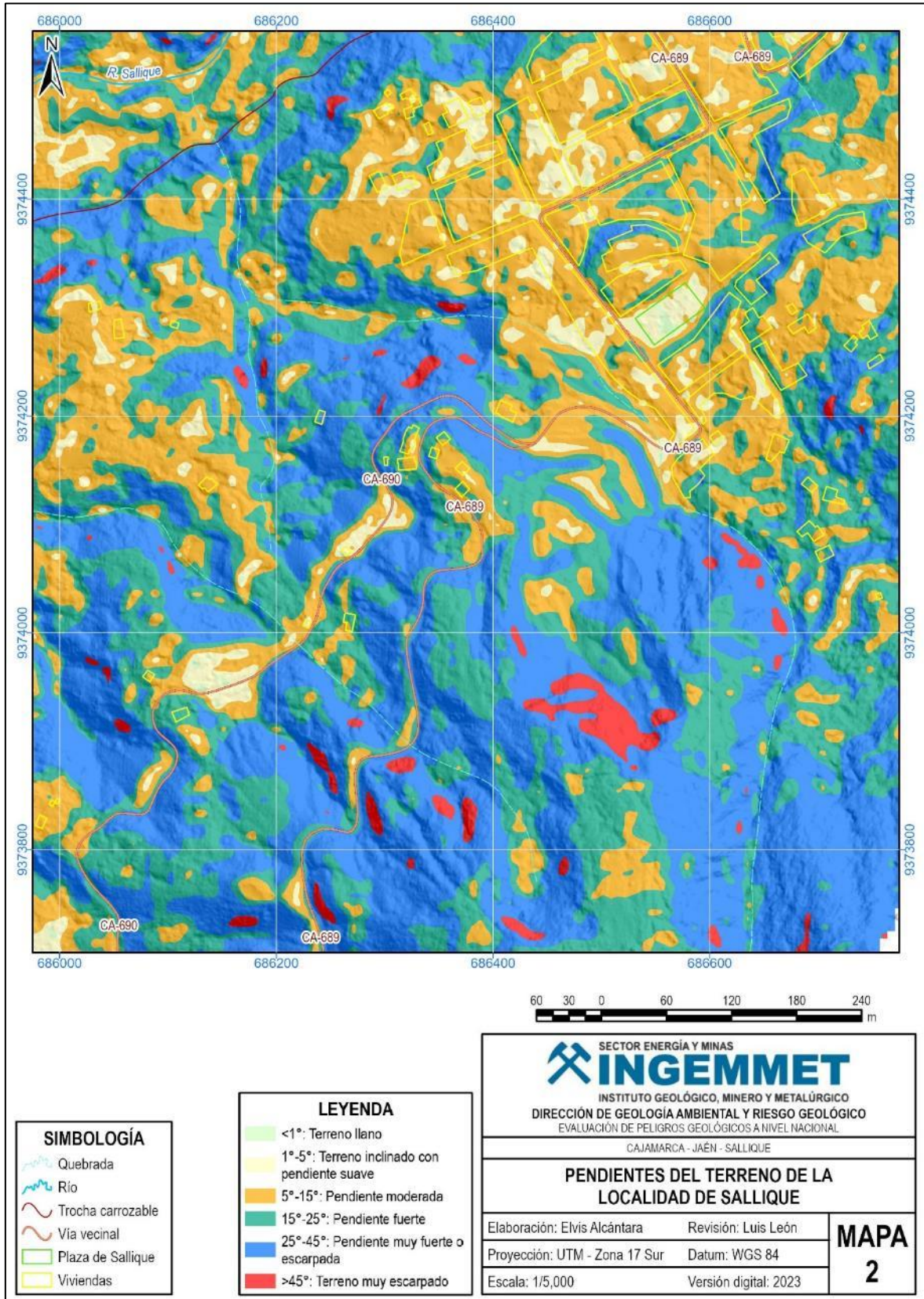
BIBLIOGRAFÍA

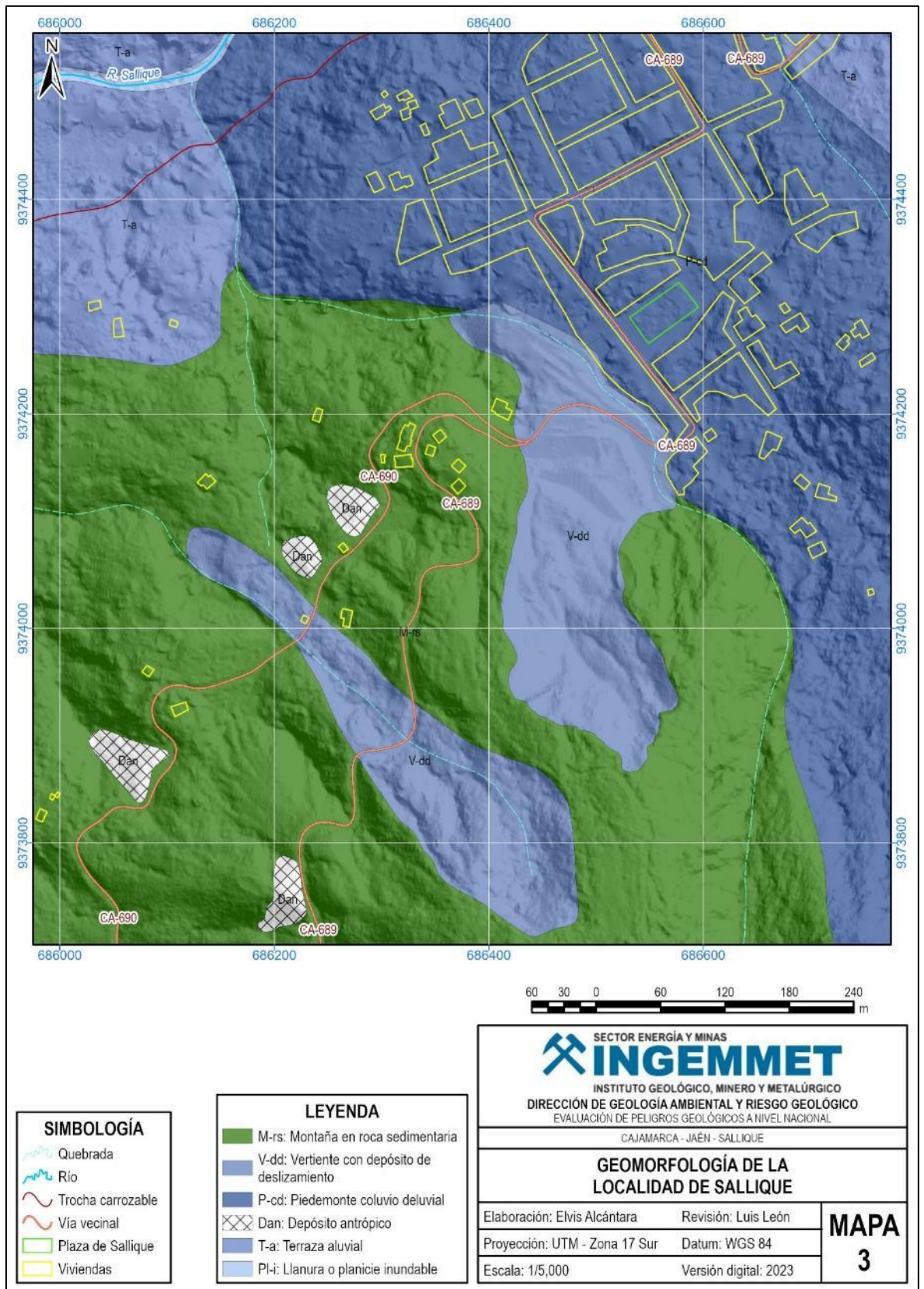
- Cruden, D.M., Varnes, D.J. (1996). Landslide types and processes, en Turner, K., y Schuster, R.L., ed., Landslides investigation and mitigation: Washington D. C, National Academy Press, Transportation Research Board Special Report 247.
- Hoek, E. (2007). Rock Mass Properties. En Practical Rock Engineering (2a ed., pp. 190–236). Rocscience.
- Julio de la Cruz W. (1995). Geología de los cuadrángulos de Río Santa Águeda, San Ignacio y Aramango. Boletín N° 57 Serie A: Carta Geológica Nacional.
- PALMQUIST, R. (1979) Geologic controls on doline characteristics in mantled karst. Z. Geomorph. N.F. Suppl. Bd. 32, pp.
- Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas. (2007) - Movimientos en Masa en la Región Andina: Una guía para la evaluación de amenazas. Santiago: Servicio Nacional de Geología y Minería, 432 p., Publicación Geológica Multinacional. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/2830>.
- Wilson, J. (1980). Geología de los cuadrángulos de Jayanca (13-d), Incahuasi (13-e), Cutervo (13-f), Chiclayo (14-d), Chongoyape (14-e), Chota (14-f), Celendín (14-g), Pacasmayo (15-d), Chepén (15-e), Boletín 38 Serie A. Ingemmet (1a ed.). Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico - Ingemmet.
- Senamhi. (2014). *Umbral y precipitaciones absolutas*.
- Senamhi. (2020). *Climas del Perú - Mapa de Clasificación Climática Nacional*. <https://www.senamhi.gob.pe/?p=mapa-climatico-del-peru>.
- Nuñez, S. & Araujo, G. (2016). Informe Técnico N°A6689, Peligros geológicos en el sector Sallique, distrito de Sallique, provincia Jaén, región Cajamarca. 29 pp.
- Suárez, J. (1996) - Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales. Bucaramanga: Instituto de Investigación sobre Erosión y Deslizamientos, 282 p
- Varnes, D. J. (1978). Slope movements types and processes, en Schuster R.L., y Krizek R.J., ed, Landslides analysis and control: Washington D. C, National Academy Press, Transportation Research Board Special Report 176.
- Villota, H. (2005). Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de tierras. España: Instituto Geográfico Agustín Codazzi-IGAC (Departamento Nacional de Estadística).
- YUAN, D. (1988) Environmental and engineering problems of karts geology in China Environ. Geol. Water Sci., vol. 12, pp. 79-87.

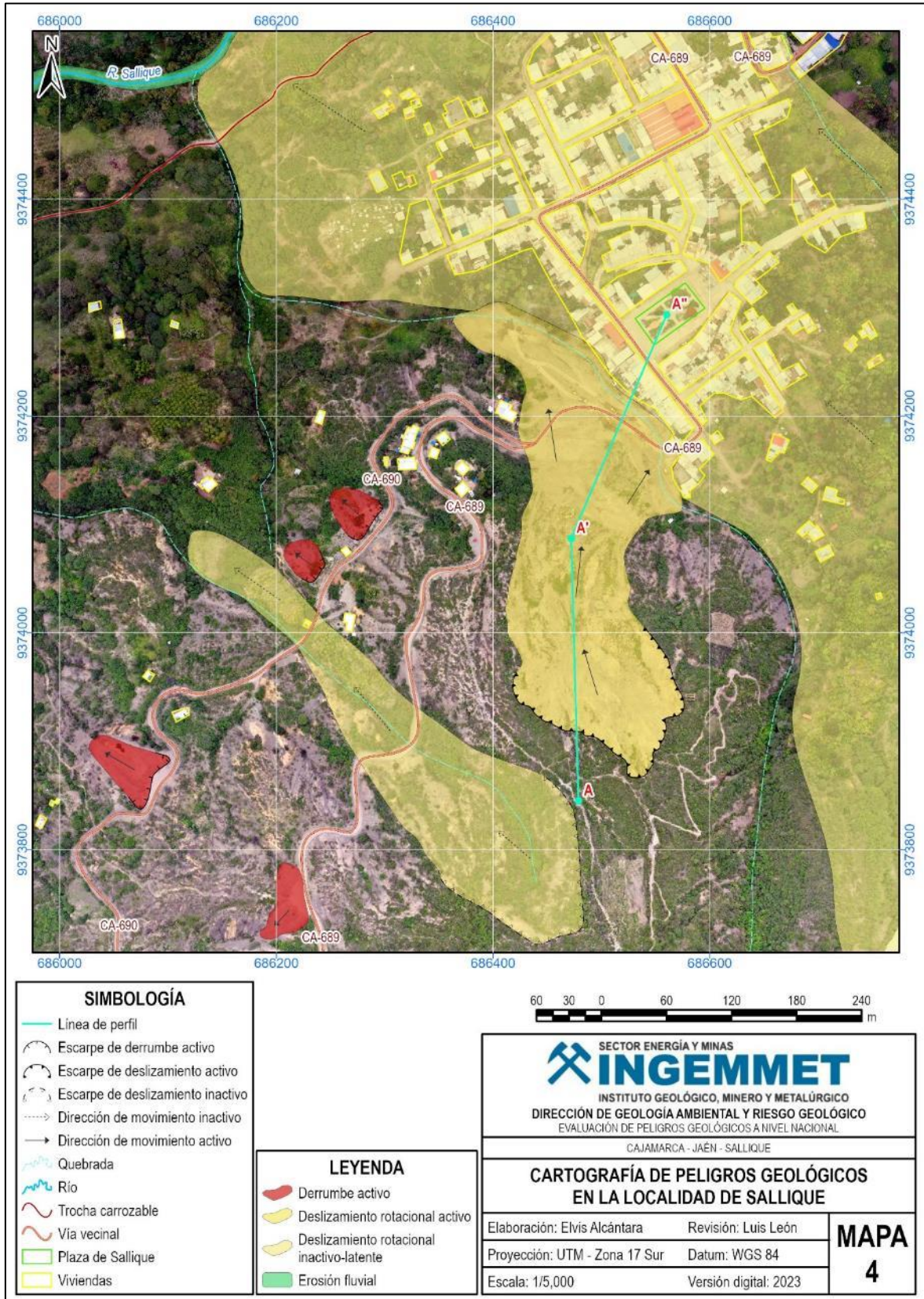
- Zavala, B. & Rosado, M. (2010). Riesgo geológico en la región Cajamarca. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica.

ANEXO 1. MAPAS









ANEXO 2. MEDIDAS CORRECTIVAS

En el sector evaluado para la mitigación de los peligros geológicos, se debe controlar la infiltración del agua hacia afuera del cuerpo de deslizamiento. Los métodos de estabilización de los deslizamientos, que contemplan el control del agua, tanto superficial como subterránea, son muy efectivos y generalmente más económicos que la construcción de grandes obras de contención, desactivan y disminuyen la presión de los poros, considerada el principal elemento desestabilizantes en laderas. El drenaje reduce el peso de la masa y al mismo tiempo aumenta la resistencia de la ladera (Suarez, 1998). Las medidas de drenaje recomendadas son:

a. Drenaje Superficial

Las zanjas construidas permiten la recolección de aguas superficiales, captan la escorrentía tanto de la ladera, como de la cuenca de drenaje arriba del talud y desvía el agua a las quebradas adyacentes al cuerpo de deslizamiento, evitando su infiltración, captando el agua de escorrentía, llevándola a un sitio lejos del deslizamiento. Éstas deben ser construidas en la parte superior al escarpe principal del deslizamiento (Figura A1). En las obras construidas - zanjas de drenaje es necesario impermeabilizar la caja hidráulica captando y evitando totalmente la infiltración de las aguas de escurrimiento la ladera, según las imágenes adjuntas.

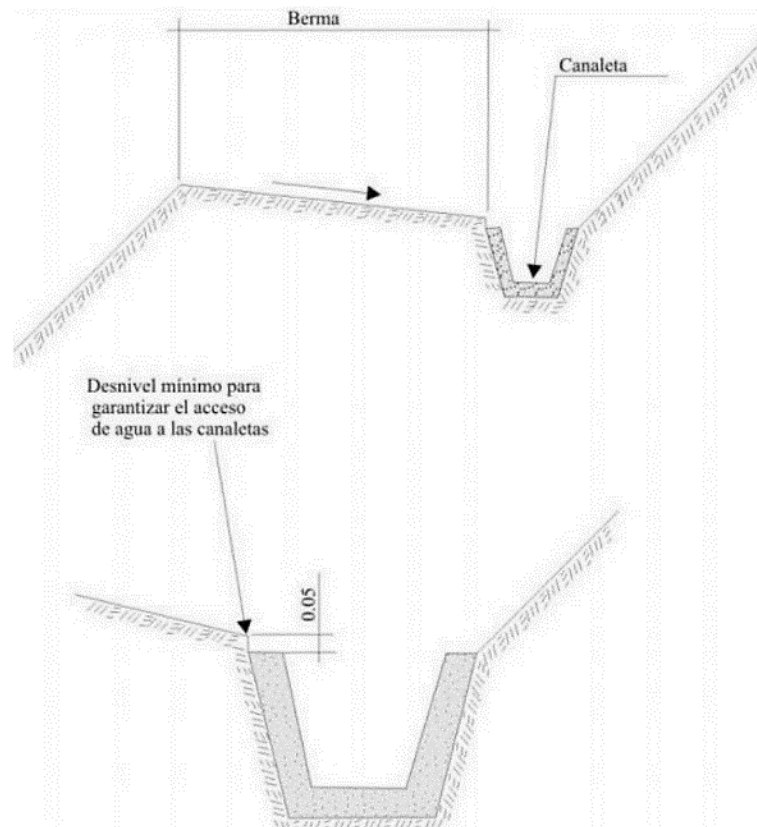


Figura A1. Detalle una canaleta de drenaje superficial (zanjas de coronación). Tomado de INGEMMET (2000).

b. Revegetación y bioingeniería

Los árboles y arbustos de raíz profunda aportan una resistencia cohesiva significativa a los mantos de suelo más superficiales y al mismo tiempo, facilitan el drenaje subterráneo (Figura A2). reduciendo en esta forma la probabilidad de deslizamientos poco profundos (Suárez Díaz, 2007).

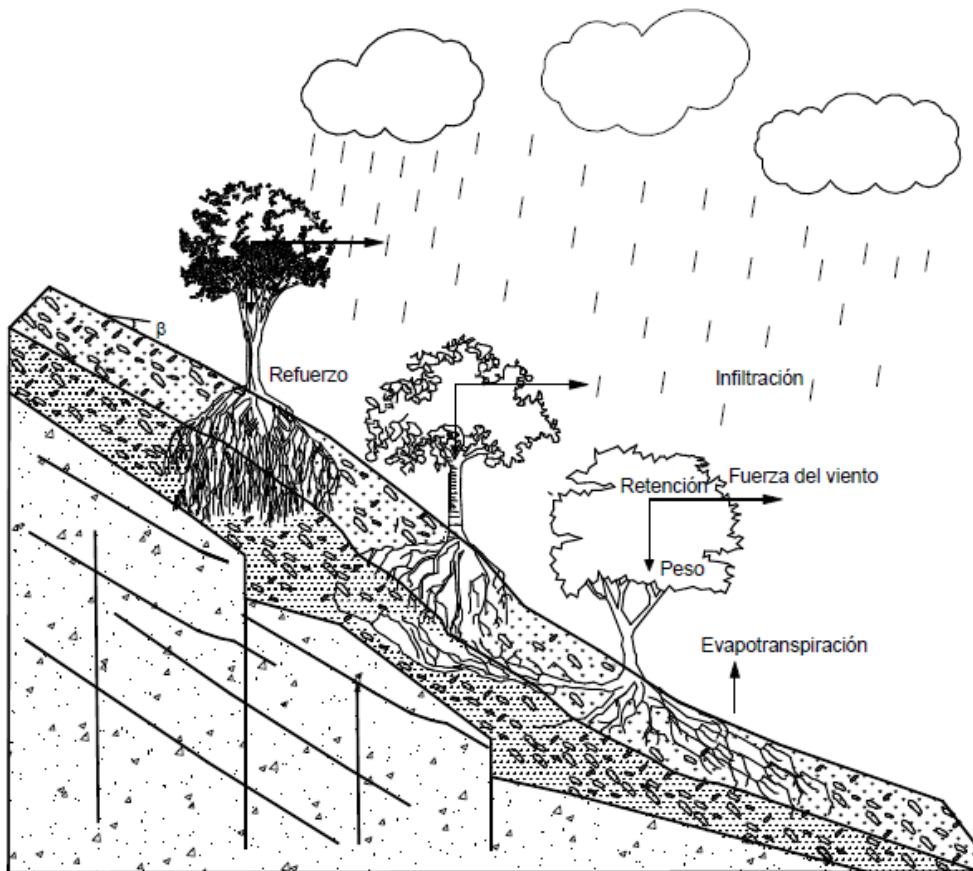


Figura 1. Estabilización de taludes utilizando vegetación. Fuente: Suarez, Díaz 2007.