

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7439

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR REPTACIÓN DE SUELOS EN LA LOCALIDAD DE SAN FELIPE

Departamento Cajamarca
Provincia Jaén
Distrito San Felipe



OCTUBRE
2023

***EVALUACIÓN DEL PELIGROS GEOLÓGICOS POR REPTACIÓN DE SUELOS EN
LA LOCALIDAD DE SAN FELIPE***

Distrito San Felipe, 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
Cristhian Anderson Chiroque Herrera*

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2023). *Evaluación de peligros geológicos por reptación de suelos en la localidad de San Felipe, distrito San Felipe, provincia Jaén, departamento Cajamarca*. Lima: Ingemmet, Informe Técnico A7439, 32 p.

ÍNDICE

RESUMEN.....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	2
1.1. Objetivos del estudio.....	2
1.2. Antecedentes.....	3
1.3. Aspectos generales.....	3
1.3.1. Ubicación.....	3
1.3.2. Población.....	3
1.3.3. Accesibilidad.....	4
1.3.4. Clima.....	4
2. DEFINICIONES.....	5
3. ASPECTO GEOLÓGICO.....	7
3.1. Unidades litoestratigráficas.....	7
3.1.1. Formación Chúlec (Ki-chu).....	7
3.1.2. Depósitos cuaternarios.....	8
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS.....	9
4.1. Modelo digital de elevaciones (MDE).....	9
4.2. Pendiente del terreno.....	10
4.3. Unidades Geomorfológicas.....	11
4.3.1. Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional.....	11
4.3.2. Geoformas de carácter depositacional y agradacional.....	12
5. PELIGROS GEOLÓGICOS.....	13
5.1. Zona de reptación en la localidad de San Felipe.....	14
5.1.1. Descripción.....	14
5.1.2. Análisis longitudinal.....	15
5.1.3. Características visuales y morfométricas.....	23
6. CONCLUSIONES.....	24
7. RECOMENDACIONES.....	25
8. BIBLIOGRAFÍA.....	26
ANEXO 1. MAPAS.....	27
ANEXO 2. MEDIDAS CORRECTIVAS.....	31

RESUMEN

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

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por reptación de suelos en la localidad de San Felipe, distrito San Felipe, provincia Jaén, departamento Cajamarca.

El substrato está conformado por calizas muy fracturadas y moderadamente meteorizadas de la Formación Chúlec, cubiertos por depósitos coluvio deluviales conformado por limos de baja plasticidad. Esta última es afectada por proceso de reptación en suelos.

Las geformas que se tienen son vertiente coluvio deluvial, con pendiente moderada (5° a 15°) a fuerte (15° a 25°) y subunidad de montaña en roca sedimentaria con pendiente moderada (5° a 15°) a muy fuerte o escarpada (25° a 45°).

El factor detonante fueron las precipitaciones intensas en la localidad de San Felipe, como las registradas el 2 de marzo del 2022 de hasta 60.6 mm/día, sumado a infiltraciones por inadecuado regadío de los terrenos de cultivo.

El proceso de reptación ha generado agrietamientos de hasta 30 m de longitud y desniveles de 20 cm, afectando principalmente el sector urbano de la localidad de San Felipe.

La reptación ha afectado un área de 16 114 m², donde se tienen diez viviendas, una institución educativa.

Por todo lo expuesto, y las condiciones litológicas y geomorfológicas se consideran con **Peligro Alto**.

Finalmente, se brindan las recomendaciones las cuales deben ser tomadas en cuenta, por las autoridades competentes y tomadores de decisiones; resaltando principalmente construir drenes impermeabilizados de coronación, reforestar las laderas de montaña, prohibir el riego por inundación de los terrenos de cultivo. Además, se recomienda la elaboración de un informe EVAR para determinar medidas de control a largo plazo.

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 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, según Oficio N° D000765-2021-GRC-ODN, es en el marco de nuestras competencias que se realiza una evaluación de peligros geológicos por movimientos en la localidad de San Felipe.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designó a los Ingenieros Luis Miguel León Ordáz, Elvis Rubén Alcántara Quispe y Cristhian Anderson Chiroque Herrera para realizar la evaluación de peligros geológicos en la localidad San Felipe; llevado a cabo el día 26 de marzo del 2023.

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

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

1.1. Objetivos del estudio

El presente trabajo tiene como objetivos:

- a) Evaluar y caracterizar los peligros geológicos en la localidad de San Felipe, distrito San Felipe, provincia Jaén, departamento de Cajamarca.
- b) Determinar los factores condicionantes y desencadenantes que influyen en la ocurrencia de los peligros geológicos.
- c) Proponer medidas de prevención, reducción y mitigación ante peligros geológicos identificados en los trabajos de campo.

1.2. Antecedentes

Se han recopilado todos los informes y reportes que abarquen los aspectos geológicos y geodinámicos 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) y Pomahuaca (12-e), (Reyes, L. & Caldas, J. 1987)
- En Boletín N° 39, Serie C, Estudio de Riesgo Geológico en la Región Cajamarca (Zavala & Rosado, 2011), se elabora un mapa de susceptibilidad a movimientos en masa, a escala 1:250 000; donde la zona evaluada se sitúa sobre áreas con susceptibilidad media y alta ante la ocurrencia de movimientos en masa.

1.3. Aspectos generales

1.3.1. Ubicación

El área de evaluación corresponde a la localidad de San Felipe, en el distrito San Felipe, provincia Jaén, departamento Cajamarca (Figura). En el Cuadro se consigna las coordenadas UTM WGS 84 del sector; además las coordenadas centrales referenciales del evento identificado.

Cuadro 1. Coordenadas de las áreas de estudio.

N°	UTM – WGS 84 - ZONA 17S		Coordenadas Decimales (°)	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	686846	9362322	-5.766576	-79.312619
2	687149	9361862	-5.770728	-79.309871
3	686673	9361546	-5.773598	-79.314160
4	686362	9362033	-5.769202	-79.316981
Coordenada central del movimiento en masa identificado				
Reptación de suelos	686738	9361953	-5.769916	-79.313585

1.3.2. Población

De acuerdo a la información del XII Censo de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas o Censo peruano de 2017 (INEI, 2018), la localidad de San Felipe, tiene una población de 800 habitantes (Cuadro 2), distribuidos en 400 viviendas, con acceso a red pública de agua, desagüe y energía eléctrica.

Cuadro 2. Datos de la localidad San Felipe.

Descripción	San Felipe – INEI
Código de Ubigeo y Centro Poblado	0608100001
Longitud	-79.3138733485
Latitud	-5.77032693272
Altitud	1860.9
Población	800

Descripción	San Felipe – INEI
Viviendas	400
Agua Por Red Publica	si
Energía eléctrica en la vivienda	si
Desagüe por red publica	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

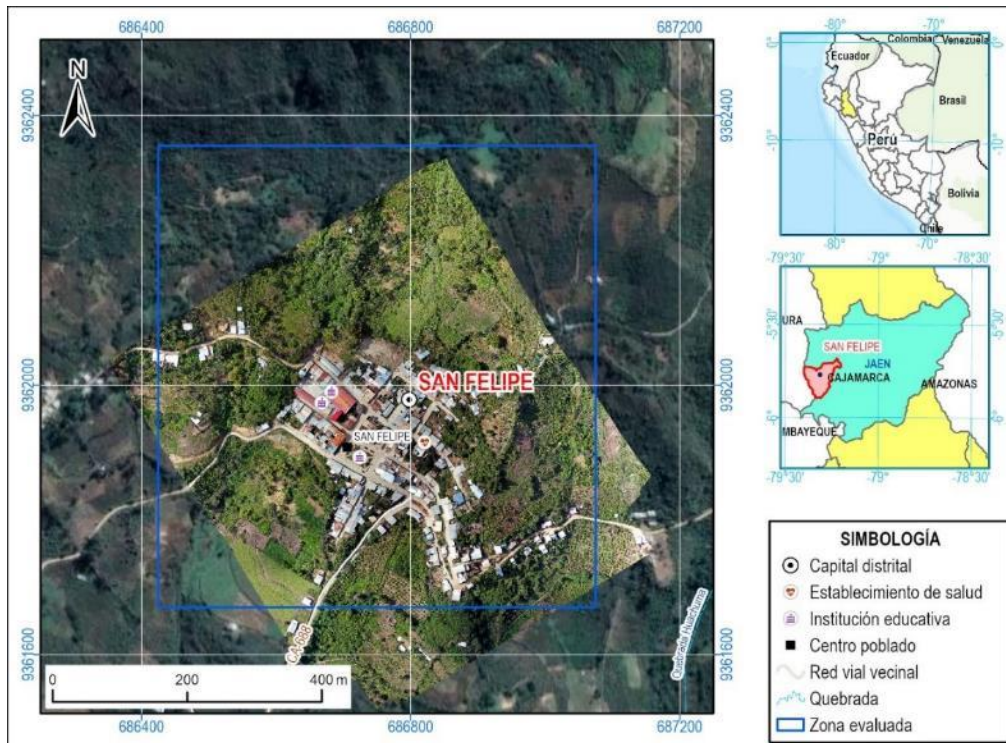


Figura 1. Ubicación del área evaluada.

1.3.3. Accesibilidad

El acceso se realiza por vía terrestre desde la ciudad de Cajamarca, a través de una vía asfaltada, pasando por la ciudad de Jaén, luego por la vía afirmada y asfaltada, hasta la localidad de San Felipe (Cuadro3):

Cuadro 3. Rutas y acceso a la zona evaluada.

Ruta	Tipo de Vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Cajamarca – Jaén	Asfaltada	324	7 horas 46 minutos
Jaén – San Felipe	Asfaltada y afirmada	137	2 horas 39 minutos

1.3.4. Clima

Según el método de Clasificación Climática de Warren Thornthwaite - (Senamhi, 2020), la zona de estudio posee un clima Semiseco con invierno seco. Templado. (C (i) B').

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.

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.

Entre los años 2020-2023, en el mes de marzo (mes más lluvioso), el sector evaluado percibió precipitaciones de hasta 60.6 mm/día (figura 2) considerados por el Senamhi, en su consolidado de umbrales de precipitación del 2014, como Extremadamente Lluvioso (Senamhi, 2014); durante el 2023, el día 7 de marzo se percibió 39.4 mm de lluvia.

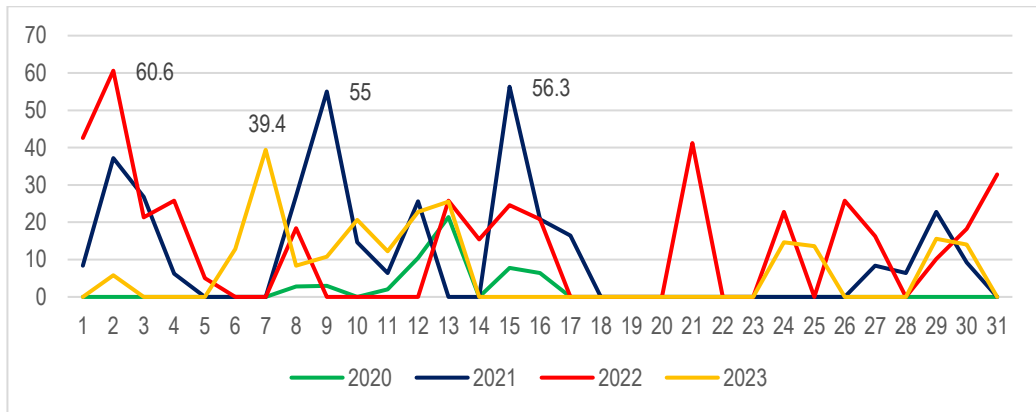


Figura 2. Precipitación diaria del mes de marzo entre los años 2020-2023, en la Estación Sallique, Jaén (Cajamarca). **Fuente:** Senamhi.

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 (PMA, 2007), los términos y definiciones se detallan a continuación:

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

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

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.

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.

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.

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

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

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

3. ASPECTO GEOLÓGICO

La descripción geológica se desarrolló en base al 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) y Pomahuaca (12-e), (Reyes, L. & Caldas, J. 1987), complementados y validados con trabajos en campo, análisis de imágenes satelitales, y fotogrametría con dron para caracterizar y delimitar las diferentes unidades litológicas considerando su grado de resistencia y susceptibilidad a procesos de remoción en masa (Mapa 1).

3.1. Unidades litoestratigráficas

Solo se ha determinado la presencia de la Formación Chúlec.

3.1.1. Formación Chúlec (Ki-chu)

Esta unidad está conformada por calizas nodulares con oxidaciones ferruginosas en la matriz y alto contenido de ostreas, intercaladas con lutitas; en la zona evaluada se considera como el único sustrato rocoso encontrado y se presenta muy fracturada y moderadamente meteorizada (Fotografía 1).



Fotografía 1. Vista de un talud donde se deja al descubierto al macizo rocoso compuesto por calizas ferruginosas muy fracturadas y moderadamente meteorizadas.

Ubicación: E: 686790; N: 9362041.

3.1.2. Depósitos cuaternarios

Depósito coluvio-deluvial (Q-cd)

Son depósitos de suelos acumulados por diversos movimientos en masa, donde el principal agente de transporte ha sido la gravedad y la sobresaturación de los materiales.

Se ubican a lo largo de toda la localidad de San Felipe, son los materiales transportados por diversos movimientos en masa que han cubierto al macizo rocoso; su granulometría es de limo arcilloso de baja plasticidad con abundantes bloques y gravas angulosas y sub angulosas (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.4**); su grosor va de pocos metros en la parte alta y media de la zona (Fotografía 2), hasta de varios de metros en la parte baja (área urbana).



Fotografía 2. Muestra de los suelos coluvio deluviales de la zona.

Cuadro 4. 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 %	FORMA	REDONDES	PLASTICIDAD
<input type="text" value="7"/> Bolos	<input checked="" type="checkbox"/> Esférica	<input type="checkbox"/> Redondeado	<input type="checkbox"/> Alta plasticidad
<input type="text" value="8"/> Cantos	<input type="checkbox"/> Discoidal	<input type="checkbox"/> Subredondeado	<input checked="" type="checkbox"/> Med. Plástico
<input type="text" value="15"/> Gravas	<input type="checkbox"/> Laminar	<input checked="" type="checkbox"/> Anguloso	<input type="checkbox"/> Baja Plasticidad

<input type="text" value="10"/>	Gránulos	<input type="checkbox"/>	Cilíndrica	<input checked="" type="checkbox"/>	Subanguloso	<input type="checkbox"/>	No plástico
<input type="text" value="5"/>	Arenas						
<input type="text" value="40"/>	Limos						
<input type="text" value="15"/>	Arcillas						

ESTRUCTURA	TEXTURA	CONTENIDO DE	%	LITOLOGÍA
<input type="checkbox"/> Masiva	<input checked="" type="checkbox"/> Harinoso	<input type="checkbox"/> Materia Orgánica	<input type="checkbox"/> Intrusivos	
<input checked="" type="checkbox"/> Estractificada	<input type="checkbox"/> Arenoso	<input checked="" type="checkbox"/> Carbonatos	<input type="checkbox"/> Volcánicos	
<input type="checkbox"/> Lenticular	<input type="checkbox"/> Aspero	<input type="checkbox"/> Sulfatos	<input type="checkbox"/> Matamórficos	
			<input checked="" type="checkbox"/> 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 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 type="checkbox"/>	GM	<input type="checkbox"/>	SP
<input checked="" type="checkbox"/>	SM	<input type="checkbox"/>	SC

SUELOS FINOS

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

4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

Además de la cartografía regional de geomorfología, a escala 1:250 000 del boletín de riesgos geológicos de la región Cajamarca, se utiliza imágenes y modelos digitales de elevación detallados obtenidos de levantamientos fotogramétricos con dron, desarrollados en marzo del 2023, lo cual permitirá estudiar el relieve, pendientes y demás características; con el fin de describir subunidades a detalle (escala 1:/ 4 000).

4.1. Modelo digital de elevaciones (MDE)

La zona evaluada presenta altitudes que van desde los 1 823 m hasta los 1 978 m, en los cuales se distinguen seis niveles altitudinales (Figura 3), con la finalidad de visualizar la extensión con respecto a la diferencia de alturas; el área con mayor pendiente corresponde a terrenos entre altitudes 1 900 y 1 950 m, con pendiente promedio de fuerte (15° a 25°), a muy fuerte (25° a 45°), correspondiendo a la geoforma montaña en roca sedimentaria.

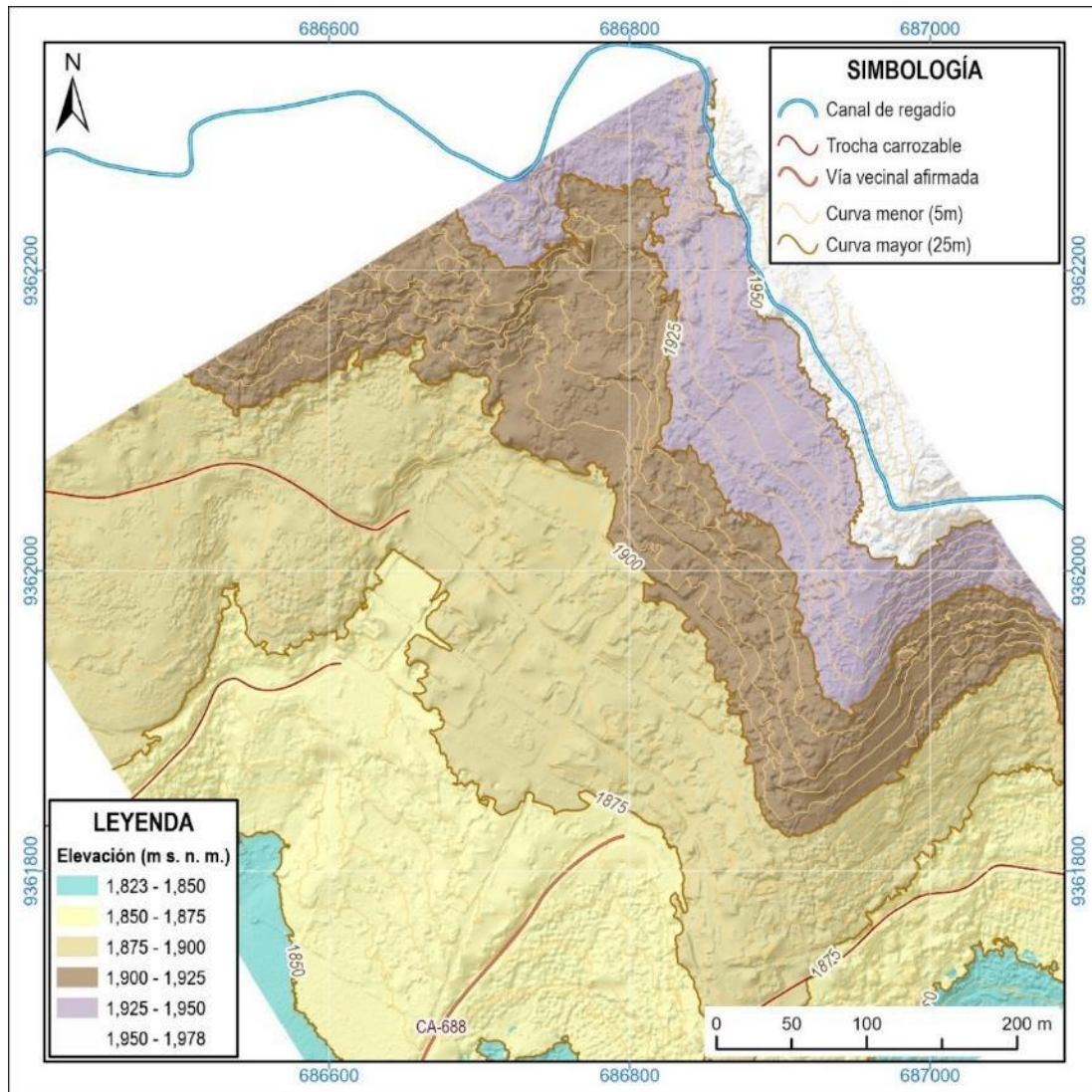


Figura 3. Modelo digital de elevaciones de la zona evaluada.

4.2. Pendiente del terreno

En la localidad de San Felipe la reptación se viene produciendo en terrenos con pendiente moderada (5° a 15°), donde se han construido las viviendas; también se identificó un deslizamiento inactivo en terrenos con pendiente moderada a muy fuerte o escarpada (25° a 45°), ubicados al norte del área urbana (Figura4, Mapa 2).

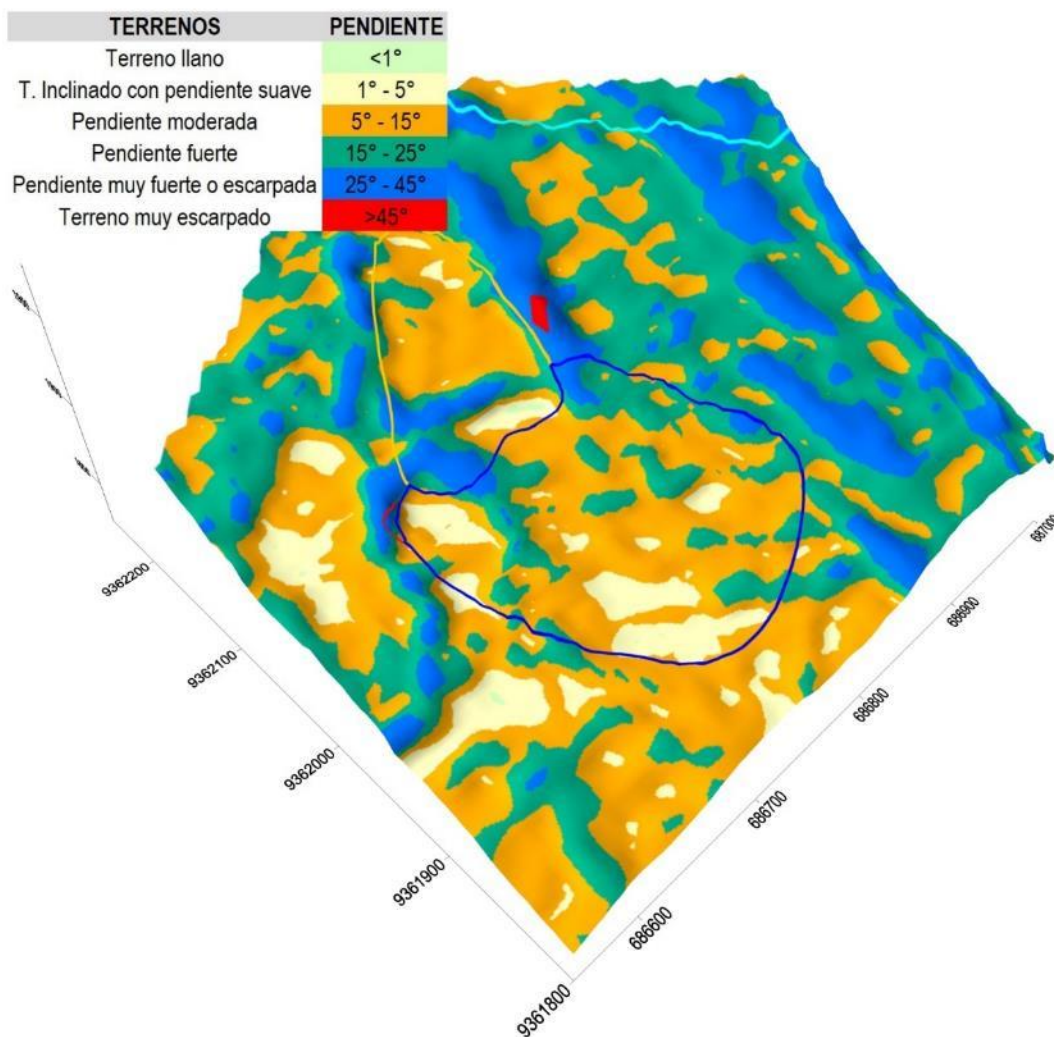


Figura 4. Modelo 3D de las pendientes del terreno afectado por reptación (en línea azul) y deslizamiento suspendido latente (en línea amarilla) en la localidad de San Felipe, utilizando el MDE obtenido con el levantamiento fotogramétrico.

4.3. Unidades Geomorfológicas

De acuerdo a su origen, se distinguen geoformas tanto de carácter tectónico degradacional y erosional (montaña en rocas sedimentarias), como de carácter deposicional y agradacional (Vertiente coluvio deluvial); las geoformas se grafican en la Figura y en el Mapa 3.

4.3.1. Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional

Unidad de Montaña

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

- **Sub unidad de montaña en rocas sedimentarias (M-rs)**

Se presentan en las partes altas de la localidad de San Felipe, donde los terrenos conforman salientes fuertes con una menor presencia de arbustos y árboles, debido a la menor cantidad de suelos superficiales.

4.3.2. Geoformas de carácter depositacional y agradacional

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

Unidad de Piedemonte

- **Subunidad de vertiente o piedemonte coluviodeluvial (V-cd)**

Ocupada por el área urbana y la parte baja en la localidad de San Felipe (Figura 5), lugar de acumulación continua de materiales removidos por movimientos en masa, tienen formas cóncavas, ocupadas por cultivos antrópicos.

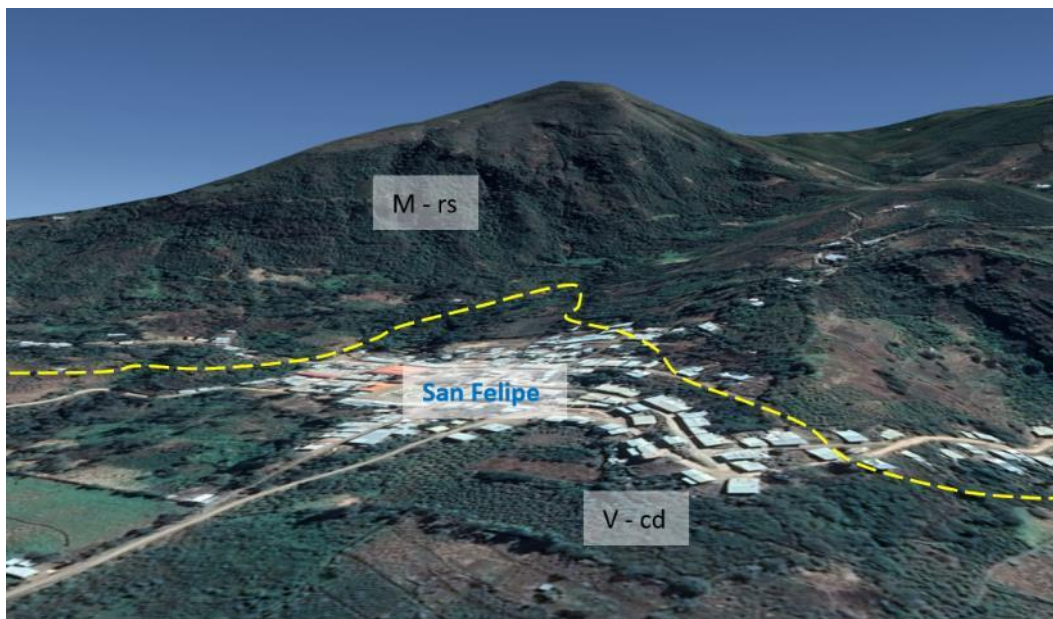


Figura 5. Vista de las geoformas de Montaña en rocas sedimentarias (M-rvs) y vertiente o piedemonte coluviodeluvial (V-cd), en la localidad de San Felipe.

5. PELIGROS GEOLÓGICOS

Se identificó y evaluó un proceso de reptación (Figura 6), que viene afectando terrenos de cultivos y viviendas, e institución educativa de la localidad de San Felipe. Al norte se identificó un deslizamiento inactivo (Figura 7).



Figura 6. Vista de la localidad de San Felipe y la zona afectada por la reptación de suelos (delimitada por la línea discontinua negra).



Figura 7. Vista del de deslizamiento inactivo latente en la localidad de San Felipe (delimitada por la línea discontinua amarilla).

5.1. Zona de reptación en la localidad de San Felipe

5.1.1. Descripción

El proceso de reptación, se origina en el terreno de forma cóncava en la localidad de San Felipe (Figura 8), a consecuencia de la pendiente moderada del terreno, sobresaturación por lluvias intensas e inadecuado manejo de las escorrentías superficiales y antrópicas (riego de terrenos para cultivos agrícolas).

El movimiento lento y superficial de los suelos ha ido generando agrietamientos en veredas, vías encementadas y la Institución Educativa San Felipe Santiago.

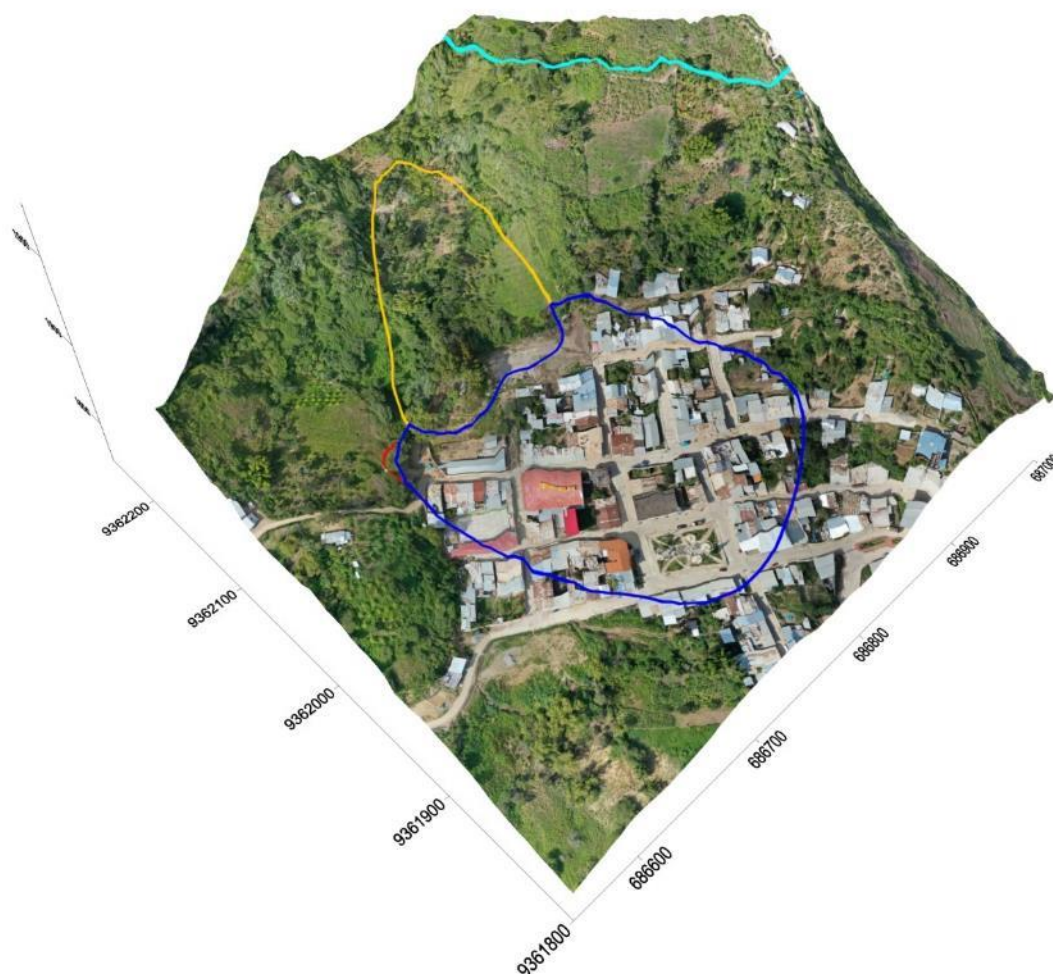


Figura 8. Modelo 3D de la zona de reptación (línea azul) en la localidad de San Felipe, el movimiento abarca el área urbana de la zona evaluada.

El proceso de reptación ha generado agrietamientos de hasta 30 m de longitud y desniveles de 20 cm, afectando a viviendas y las calles de concreto del sector urbano.

5.1.2. Análisis longitudinal

En el perfil longitudinal A-A' (¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.9), se muestra una longitud de 250 m de la zona con reptación de suelos, así como la distribución de los materiales geológicos (Formación Chúlec).

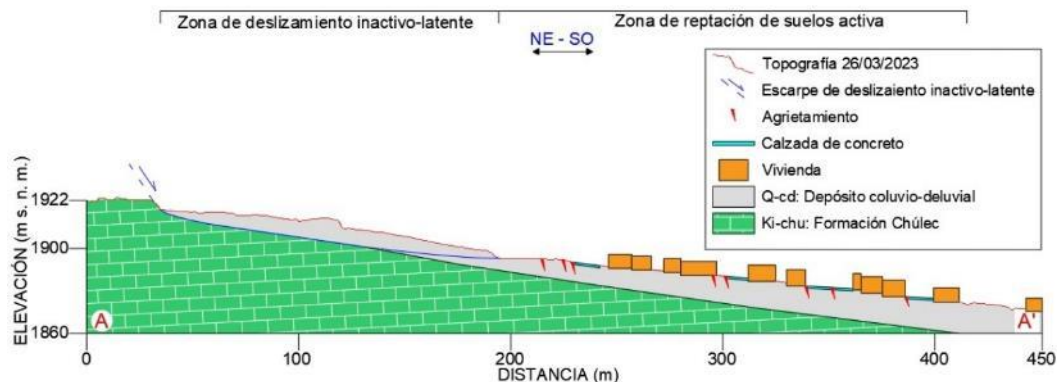


Figura 9. Perfil longitudinal A-A' que representa la distribución de los materiales geológicos y elementos expuestos a daños.

En la parte alta de la reptación, se observa remoción de la cobertura vegetal para actividades agrícolas, suelos sin cohesión susceptibles a movimientos en masa.

El proceso de reptación abarca el área urbana de la localidad de San Felipe (Figura 10), donde se han producido afectaciones a vías encementadas, viviendas y la Institución Educativa (Figuras 11 al 22).



Figura 10. Vista del cuerpo de reptación, donde se aprecia el área urbana afectada por el movimiento.



Figura 11. Agrietamiento en vía encementada y separación pronunciada de junta de dilatación.
Ubicación: E: 686755; N: 9361900.



Figura 12. Separación pronunciada de junta de dilatación.
Ubicación: E: 686766; N: 9361934.



Figura 13. Afectación en viviendas Localidad San Felipe.

Ubicación: E: 686736; N: 9361963.

Figura 14. Separación de juntas de dilatación en veredas.

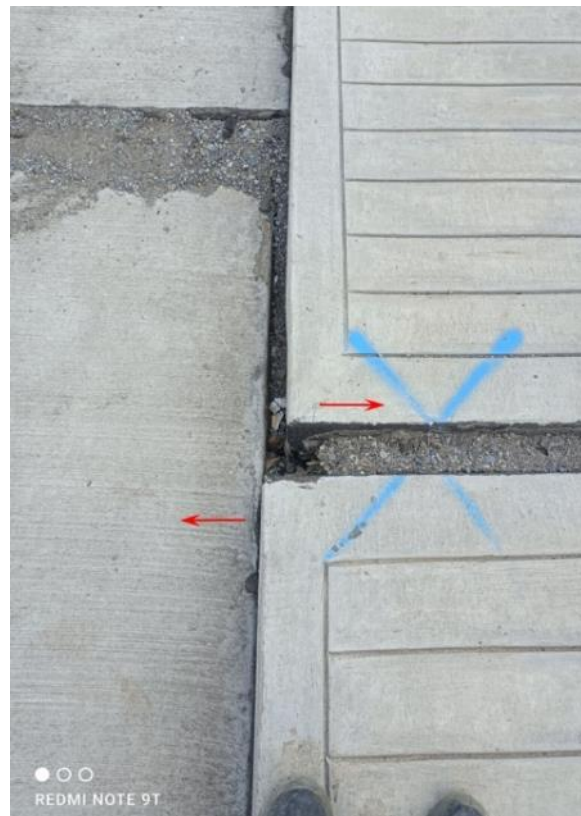




Figura 15. Afectación en veredas Localidad San Felipe.

Ubicación: E: 686777; N: 9362014.

Figura 16. Afectación en veredas Localidad San Felipe.

Ubicación: E: 686769; N: 9361913.





Figura 17. Agrietamiento y movimiento horizontal en vereda.
Ubicación: E: 686725; N: 9361892.



Figura 18. Agrietamiento en tribuna deportiva de Institución Educativa.
Ubicación: E: 686654; N: 9361974.



Figura 19. Agrietamiento en paredes y tribuna deportiva de Institución Educativa.
Ubicación: E: 686654; N: 9361974.



Figura 20. Presencia de humedad en muro de contención con agrietamientos en pared y separación de muro de contención de pared de ladrillo debido al movimiento horizontal, de Institución Educativa.



Figura 21. Desplazamiento horizontal de vereda y muro perimétrico posterior de Institución Educativa.



Figura 22. Desplazamiento horizontal en piso de salón de clases de Institución Educativa.

5.1.3. Características visuales y morfométricas

- Tipo de movimiento: reptación.
- Estado: activo.
- Velocidad: lenta (pocos centímetros al año, según comentario de los pobladores).
- Composición: suelos coluvio-deluviales limo arcillosos de baja plasticidad (ML) con moderado contenido orgánico; compuestos por bloques (7%), cantos (8%), gravas (15%), gránulos (10%), en una matriz limo arcillosa. Los fragmentos de roca son de forma esférica y angulosos a sub angulosos.
- Deformación del terreno: ondulado

Morfometría:

- Área: 16 114 m²
- Perímetro: 510 m
- Diferencia de alturas corona a la punta: 40 m
- Longitud horizontal corona a punta: 198 m
- Ángulo de corona a punta: 11°

Factores condicionantes

- Substrato de calizas muy fracturadas, moderadamente meteorizadas de la Formación Chúlec (Ki-chu), que generan suelos limosos. Materiales, compuesto por limos de baja plasticidad de un depósito coluvio-deluvial, que permite la infiltración y retención del agua.
- Ladera de pendiente moderada (5° a 15°) a fuerte (15° a 25°), que conforman geformas de vertientes coluvio deluvial, muy susceptibles a removerse. Esto permite que el material inestable que se dispone sobre la ladera se desplace cuesta abajo.
- Ausencia de drenajes adecuados, permite la saturación del terreno.

Factor detonante

- Precipitaciones pluviales de intensidad extrema, como las registradas el 2 de marzo del 2022 de hasta 60.6 mm/día.
- Uso de riesgo por inundación de los terrenos agrícolas en la parte alta de la zona urbana. Esto ayuda con la saturación del terreno y por ende de un aumento de peso de la masa inestable.

Daños ocasionados por el movimiento en masa

- 1 institución educativa.
- 10 viviendas dentro de la zona en reptación con peligro a daños estructurales.
- 120 m de veredas y calles de acceso.

6. CONCLUSIONES

- a. En la localidad de San Felipe se ha cartografiado un proceso de reptación que ha afectado 10 viviendas, una institución educativa. Dicho proceso se ha desarrollado sobre suelos limo arcillosos de baja plasticidad, que cobertura un macizo rocoso de calizas muy fracturadas y moderadamente meteorizadas de la Formación Chúlec.
- b. El material que conforman los depósitos coluvio deluviales son limo arcillosos de baja plasticidad (ML) con moderado contenido orgánico; compuestos por bloques (7%), cantos (8%), gravas (15%), gránulos (10%).
- c. Se identificó dos geoformas que corresponden a una vertiente coluvio deluvial ubicado, donde los terrenos presentan pendientes moderada (5° a 15°) a fuerte (15° a 25°), sobre ella se encuentra asentada la población; así mismo tenemos la subunidad de montaña en roca sedimentaria, con pendientes de moderada (5° a 15°) a muy fuerte o escarpada (25° a 45°), ocupada por cultivos agrícolas y presencia de filtraciones de riego por inundación, condicionan la erosión y generación de asentamientos y reptaciones en los terrenos en la parte baja.
- d. El factor detonante fueron las precipitaciones intensas en la localidad de San Felipe, como las registradas el 2 de marzo del 2022 de hasta 60.6 mm/día.
- e. Las áreas de impacto por reptación de suelos, cartografiados en la localidad de San Felipe, por las condiciones litológicas, geomorfológicas y geodinámicas, se consideran como de **Peligro Alto**.

7. RECOMENDACIONES

- a. Construir drenes de coronación en las cabeceras de las zonas con reptaciones y sobre los terrenos donde se realizan actividades agrícolas, con una sección de material impermeable (como geomembranas o arcillas), a fin de evitar filtraciones (Anexo 2A – Figura23), además de programar continuos trabajos de mantenimiento en estos.
- b. Reforestar las laderas de montaña con especies nativas y de raíces densas (Anexo 2b – figura24 y fotografía).
- c. Prohibir el riego por inundación en la zona con reptación y en los terrenos ubicados en la parte alta (hacia el norte del área urbana).
- d. Elaborar un informe de evaluación de riesgos EVAR para determinar las medidas de control adecuadas a largo plazo.



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

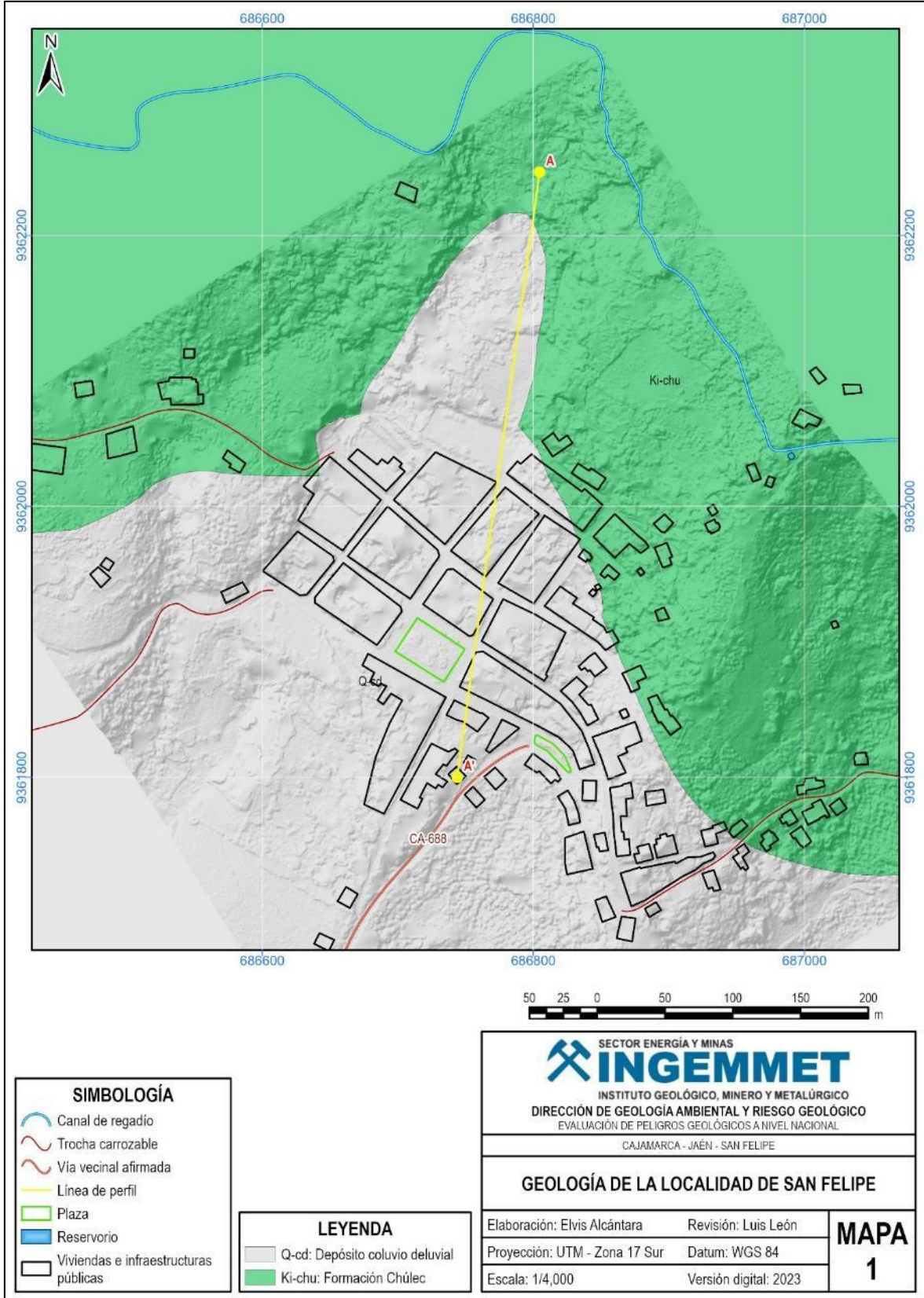


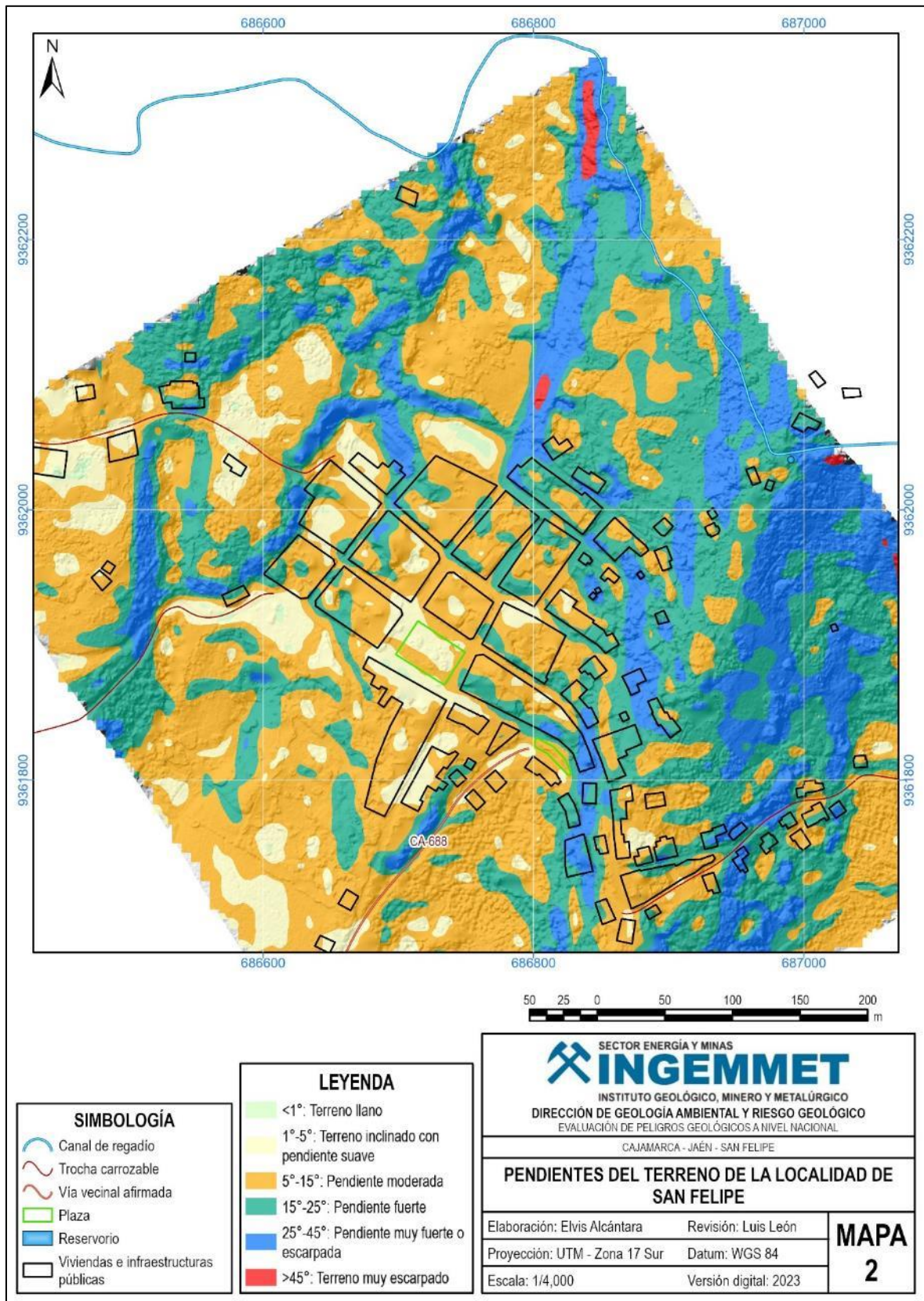
ING. JERSY MARIÑO SALAZAR
Director (e)
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico
INGEMMET

8. BIBLIOGRAFÍA

- INEI. (2018). *Directorio Nacional de Centros Poblados Censos Nacionales 2017*. Instituto Nacional de Estadística e Informática. https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1541/index.htm
- PMA. (2007). *Movimientos en Masa en la Región Andina: Una Guía para la Evaluación de Amenazas* (1a ed.). Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas.
- Reyes Rivera, L., & Caldas Vidal, J. (1987). *Geología de los Cuadrángulos de Las Playas, La Tina, Las Lomas, Ayabaca, San Antonio, Chulucanas, Morropón, Huancabamba, Olmos y Pomahuaca Boletín N° 39 Serie A. Ingemmet.*
- Senamhi. (2020). *Climas del Perú - Mapa de Clasificación Climática Nacional*. <https://www.senamhi.gob.pe/?p=mapa-climatico-del-peru>
- Suárez Díaz, J. (1998). *Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales* (Ltda, Ed.; 1a ed.). Publicaciones UIS.
- Suárez Díaz, J. (2007). *Deslizamientos - Técnicas de Remediación* (1a ed.). Erosion.com.
- Villota, H. (2005). *Geomorfología Aplicada a Levantamientos Edafológicos y Zonificación Física de Tierras* (2a ed.). Instituto Geográfico Agustín Codazzi.
- Wilson, J. (1984). *Geología de los Cuadrángulos de Jayanca, Incahuasi, Cutervo, Chiclayo, Chongoyape, Chota, Celendín, Pacasmayo, Chepén. Ingemmet Boletín N° 38 Serie A* (1a ed.).
- Zavala, B., & Rosado, M. (2011). *Riesgo Geológico en la Región Cajamarca. Ingemmet Boletín N° 44, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica.*

ANEXO 1. MAPAS

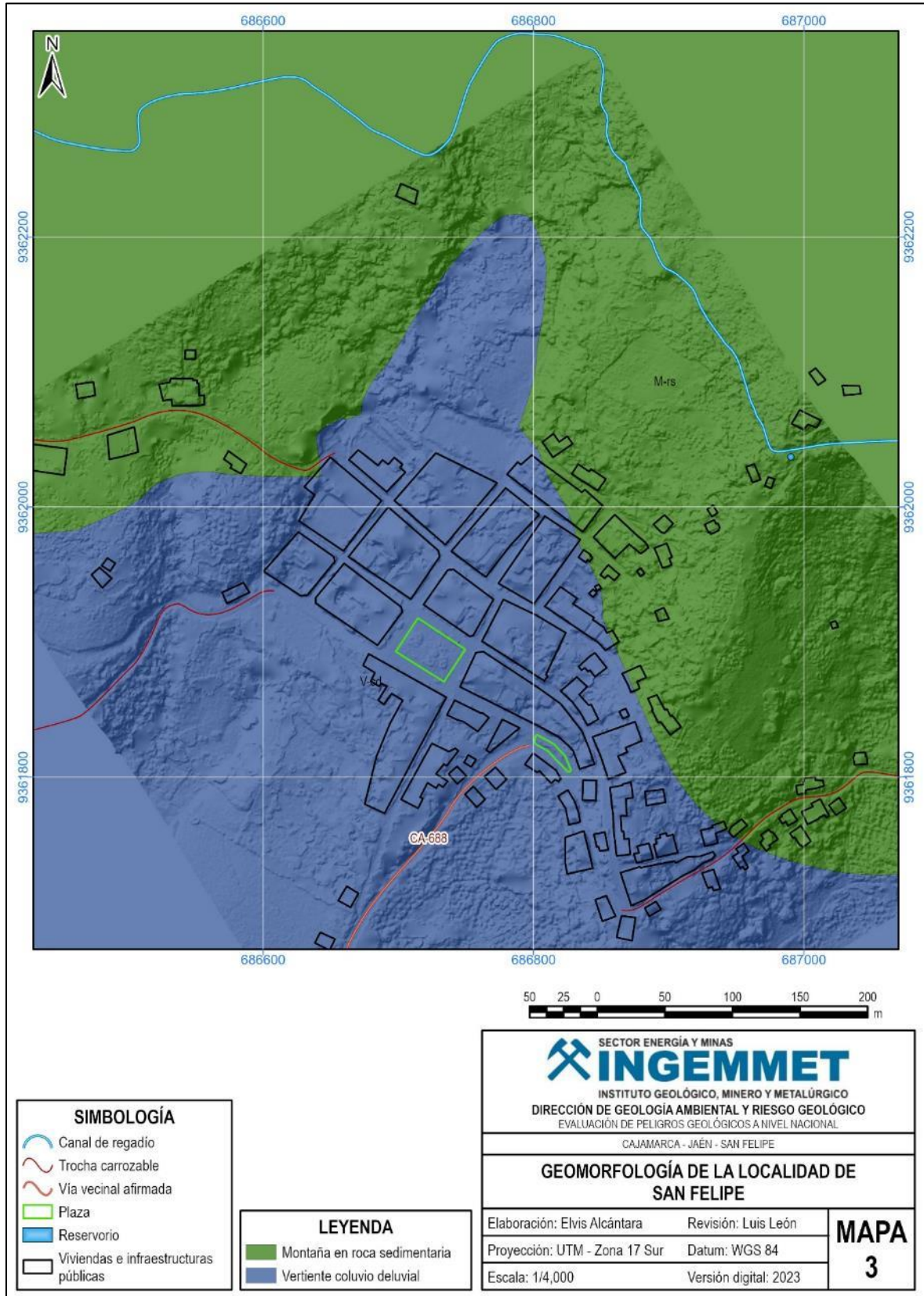




SIMBOLOGÍA	
	Canal de riego
	Trocha carrozable
	Vía vecinal afirmada
	Plaza
	Reservorio
	Viviendas e infraestructuras públicas

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

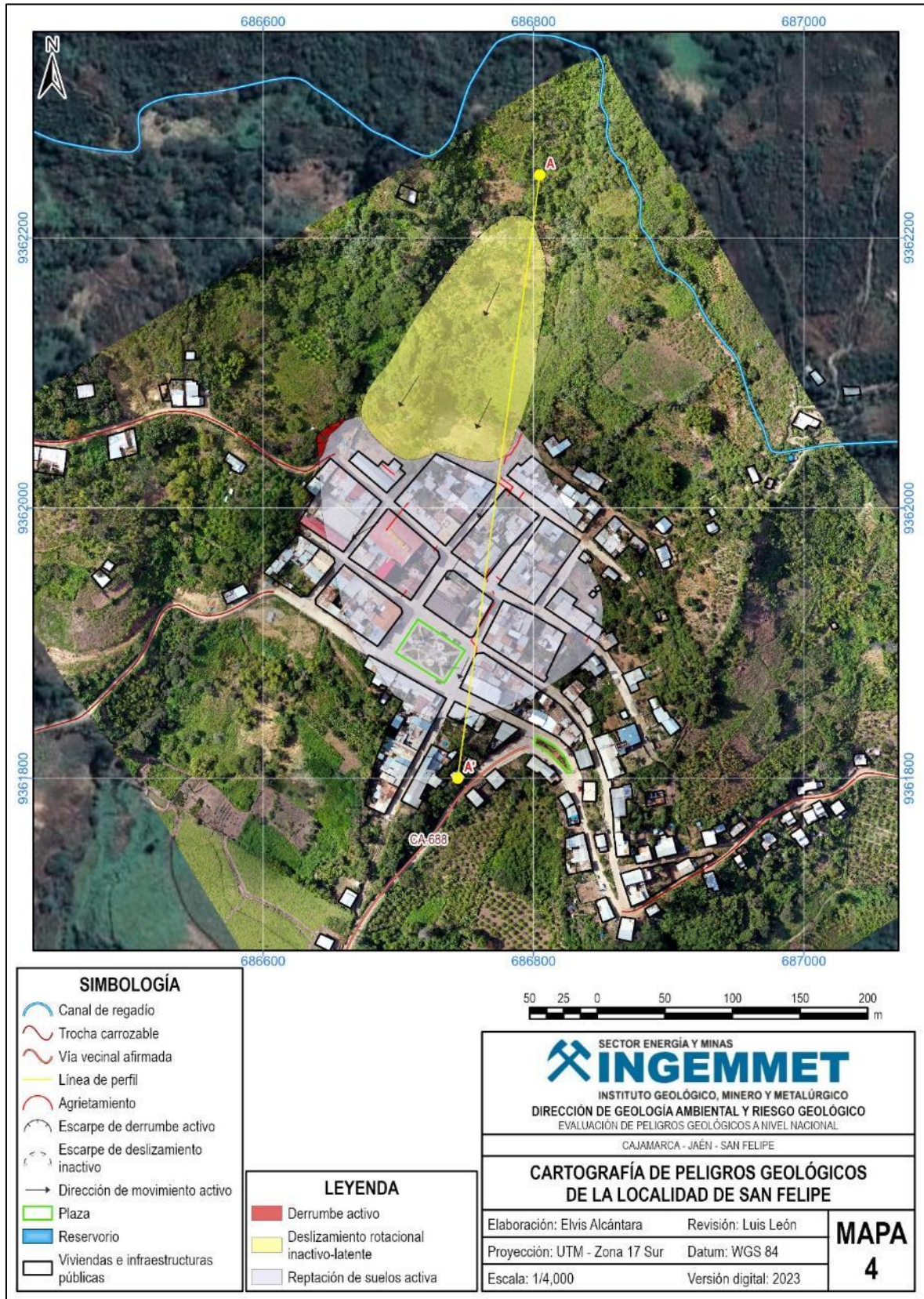
<p>SECTOR ENERGÍA Y MINAS INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL CAJAMARCA - JAÉN - SAN FELIPE</p>	
PENDIENTES DEL TERRENO DE LA LOCALIDAD DE SAN FELIPE	
Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León
Proyección: UTM - Zona 17 Sur	Datum: WGS 84
Escala: 1/4,000	Versión digital: 2023
MAPA 2	



SIMBOLOGÍA	
	Canal de riego
	Trocha carrozable
	Vía vecinal afirmada
	Plaza
	Reservorio
	Viviendas e infraestructuras públicas

LEYENDA	
	Montaña en roca sedimentaria
	Vertiente coluvio deluvial

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 - JAÉN - SAN FELIPE	
GEOMORFOLOGÍA DE LA LOCALIDAD DE SAN FELIPE	
Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León
Proyección: UTM - Zona 17 Sur	Datum: WGS 84
Escala: 1/4,000	Versión digital: 2023
MAPA 3	



ANEXO 2. MEDIDAS CORRECTIVAS

Para las reptaciones y derrumbes

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

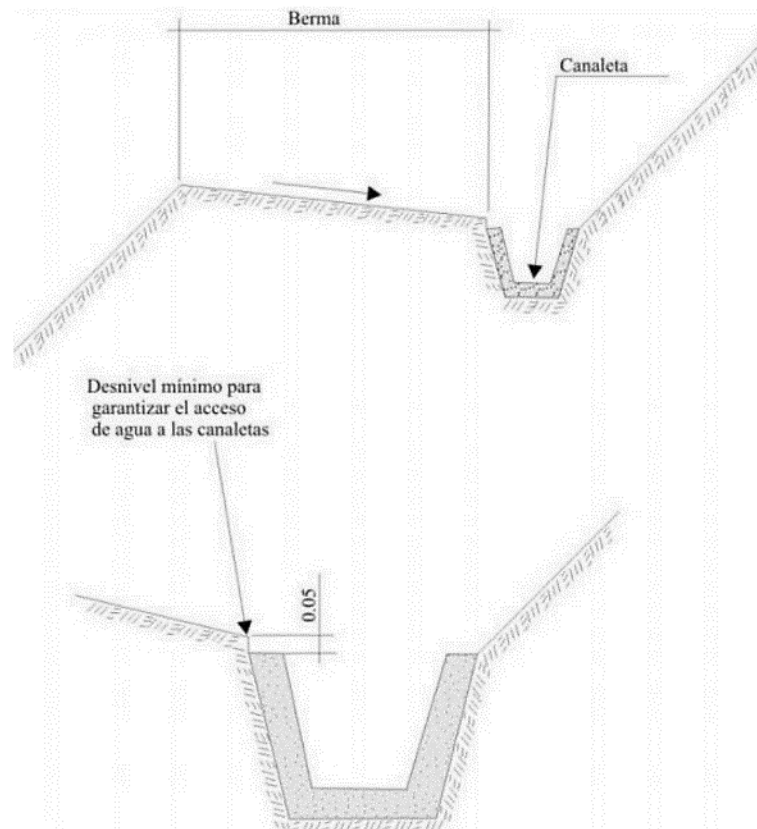


Figura 23. Detalle una canaleta de drenaje superficial (zanjas de coronación). Tomado de INGEMMET (2000).

b. Revegetación y bioingeniería

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

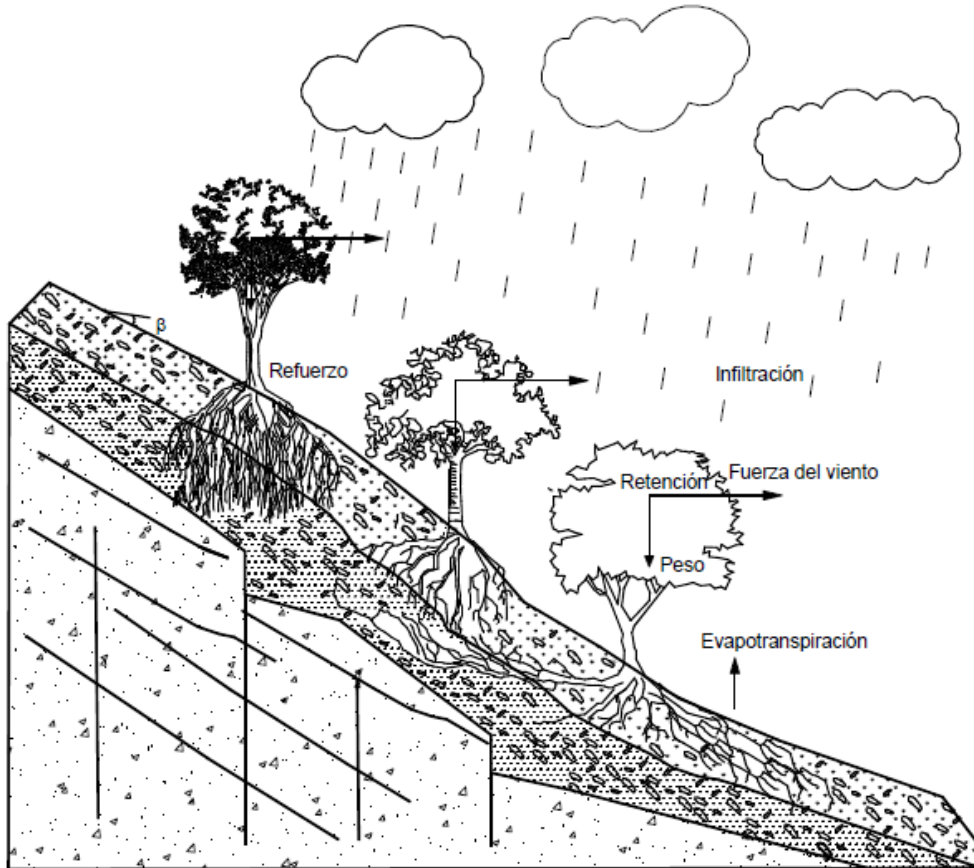


Figura 24. Estabilización de taludes utilizando vegetación. **Fuente:** Suarez, Díaz 2007.



Fotografía 3. Ejemplo de bioingeniería con arbusto (vetiver) en taludes de materiales sueltos.