SECTOR ENERGÍA Y MINAS

INGEMMET

INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico Nº A7327

EVALUACIÓN DEL PELIGRO GEOLÓGICO POR DESLIZAMIENTO EN EL CASERÍO CHAFÁN

Departamento Cajamarca

Provincia Jaén

Distrito San Felipe

DICIEMBRE

2022

VERSIÓN N° 001 CARÁTULA DE INFORME TÉCNICO - INGEMMET / 04.01.19

EVALUACIÓN DEL PELIGRO GEOLÓGICO POR DESLIZAMIENTO EN EL CASERÍO CHAFÁN

(Distrito San Felipe, provincia Jaén, departamento Cajamarca)

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

Equipo de investigación:

Elvis Rubén Alcántara Quispe
Luis Miguel León Ordáz

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2022). Evaluación del peligro geológico por deslizamiento en el Caserío Chafán, distrito San Felipe, provincia Jaén, departamento Cajamarca. Lima: Ingemmet, Informe Técnico N° A7327, 30p.

ÍNDICE

RESUMEN **3**
1. INTRODUCCIÓN **4**
1.1. Objetivos del estudio 4
1.2. Antecedentes 4
1.3. Aspectos generales 5
1.3.1. Ubicación 5
1.3.2. Población 5
1.3.3. Accesibilidad 6
1.3.4. Clima 7
2. DEFINICIONES **8**
3. ASPECTO GEOLÓGICO **10**
3.1. Unidades litoestratigráficas 10
3.1.1. Formación Chúlec (Ki-chu) 10
3.1.2. Depósitos cuaternarios 10
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS **12**
4.1. Modelo digital de elevaciones (MDE) 12
4.2. Pendiente del terreno 13
4.3. Unidades Geomorfológicas 13
4.3.1. Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional 14
4.3.2. Geoformas de carácter depositacional y agradacional 14
5. PELIGROS GEOLÓGICOS **15**
5.1. Zona de deslizamientos Chafán 16
5.1.1. Descripción de los deslizamientos 16
5.1.2. Análisis longitudinal del deslizamiento principal 16
5.1.3. Características visuales y morfométricas 19
6. CONCLUSIONES **21**
7. RECOMENDACIONES **22**
8. BIBLIOGRAFÍA **23**
ANEXO 1. MAPAS **24**
ANEXO 2. MEDIDAS CORRECTIVAS **28**

RESUMEN

Con este trabajo el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – Ingemmet, por intermedio de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR), realiza la "Evaluación de peligros geológicos a nivel nacional (Actividad 11)". Con este informe técnico, 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.

El presente documento es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa en el caserío Chafán, distrito San Felipe, provincia Jaén, departamento Cajamarca.

En el sector se tienen afloramientos de calizas y lutitas muy fracturadas y altamente meteorizadas de la Formación Chúlec, sobre ella se tienen depósitos coluviodeluviales (provenientes de deslizamientos).

Las geoformas de vertientes con depósitos de deslizamiento, presentan terrenos con pendiente moderada a fuerte (5° a 25°).

Los deslizamientos que se han presentado en el caserío Chafán han afectado a 2 viviendas y 8 hectáreas de terrenos de cultivos.

El deslizamiento principal abarca un área de 73 697 m^2, su escarpa tiene una longitud de 400 m y un salto de 10m; el otro deslizamiento se ubica al noreste y cubre un área de 3 981 m^2, tiene un escarpe de 162 m con salto de 4 m; mientras el deslizamiento del este abarca 14 757 m^2, tiene una escarpa de 350 m con salto de 6 m.

El factor detonante corresponde a las precipitaciones pluviales excepcionales, como la que se presentó en marzo del 2022, precipitación máxima de 36.8 mm/día. Otro factor es la irrigación inadecuada de los terrenos de cultivo.

Por las condiciones litológicas, geomorfológicas y geodinámicas, que presenta el terreno, se considera como de **Peligro Muy Alto.**

Finalmente, se brindan las recomendaciones que se consideran importantes, sean tomadas en cuenta, tanto por las autoridades competentes y tomadores de decisiones, donde se recomienda construir drenes de coronación, reforestar las laderas de montaña, reubicar las dos viviendas afectadas y prohibir el riego por inundación de los terrenos de cultivo en el cuerpo del deslizamiento y en las áreas próximas al mismo. Como también prohibir el asentamiento de futuras viviendas.

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 la Municipalidad Distrital de San Felipe, según Oficio N°001-2022-MDSF/FTOG-E, es en el marco de nuestras competencias que se realiza una evaluación de peligros geológicos por movimientos en el caserío Chafán.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designó a los Ingenieros Luis Miguel León Ordáz y Elvis Rubén Alcántara Quispe, para realizar la evaluación de peligros geológicos en el caserío Chafán; llevado a cabo el día 25 de agosto del 2022.

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

Este informe se pone en consideración del Gobierno Regional de Cajamarca, Municipalidad Provincial de Jaén, Municipalidad Distrital de San Felipe y sectores involucrados; donde se proporcionan los resultados de la inspección y recomendaciones para la reducción del riesgo, a fin de que sea un instrumento técnico para la toma de decisiones.

1.1. Objetivos del estudio

El presente trabajo tiene como objetivos:

a) Evaluar y caracterizar los peligros geológicos en el caserío Chafán, 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, La Tina, Las Lomas, Ayabaca, San Antonio, Chulucanas, Morropón, Huancabamba, Olmos, Pomahuanca (Reyes Rivera & Caldas Vidal, 1987), describen la geología a una escala 1:100 000; se señala que, en la zona de estudio, se tienen afloramientos de calizas y lutitas de la Formación Chúlec (Ki-chu). En el cartografiado geológico integrado a escala 1:50 000, versión 2021 (Ingemmet, 2021); por escala y detalle, se reafirma la presencia de la Formación Chúlec.
- En Boletín N° 39, 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 zona evaluada se sitúa sobre susceptibilidad moderada y alta ante la ocurrencia de movimientos en masa.

1.3. Aspectos generales

1.3.1. Ubicación

El área de evaluación corresponde al caserío Chafán, distrito San Felipe, provincia Jaén, departamento Cajamarca (Figura 1), ubicada en las coordenadas UTM WGS 84 – Zona: 17S descritas en el Cuadro 1; además de 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	687400	9361550	-5.773542	-79.307594
2	687400	9360450	-5.783489	-79.307564
3	686400	9360450	-5.783516	-79.316597
4	686400	9361550	-5.773569	-79.316628
Coordenada central de los movimientos en masa identificados				
Deslizamiento rotacional	686868	9361024	-5.778310	-79.312386

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 Chafán, tiene una población de 154 habitantes, distribuidos en 52 viviendas, con acceso a red pública de agua y energía eléctrica pero no desagüe.

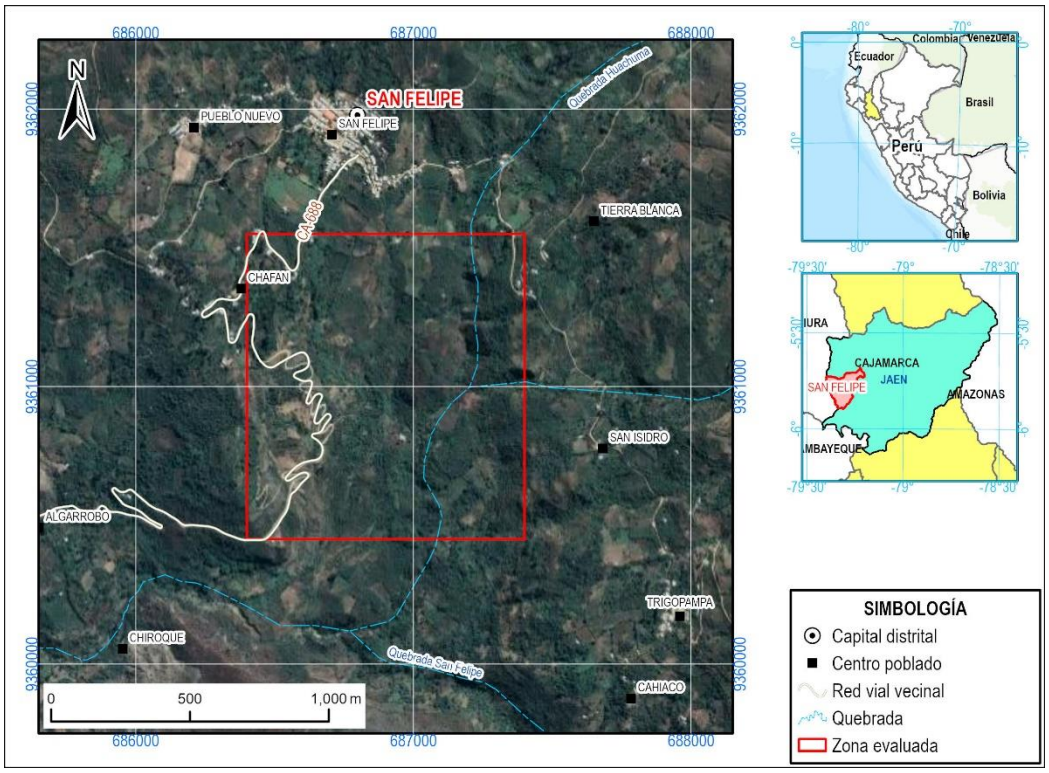


Figura 1. Ubicación de las áreas evaluadas.

1.3.3. Accesibilidad

El acceso hasta la localidad evaluada, se realiza por vía terrestre desde la ciudad de Cajamarca, a través de la vía nacional PE-3N y la vía afirmada CA-527 (principal acceso al distrito San Felipe), tal como se detalla en la siguiente ruta (Cuadro 2, Figura 2):

Cuadro 2. Rutas y acceso a la zona evaluada.

Ruta	Tipo de Vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Cajamarca – San Felipe	Asfaltada	355	8 horas 36 minutos

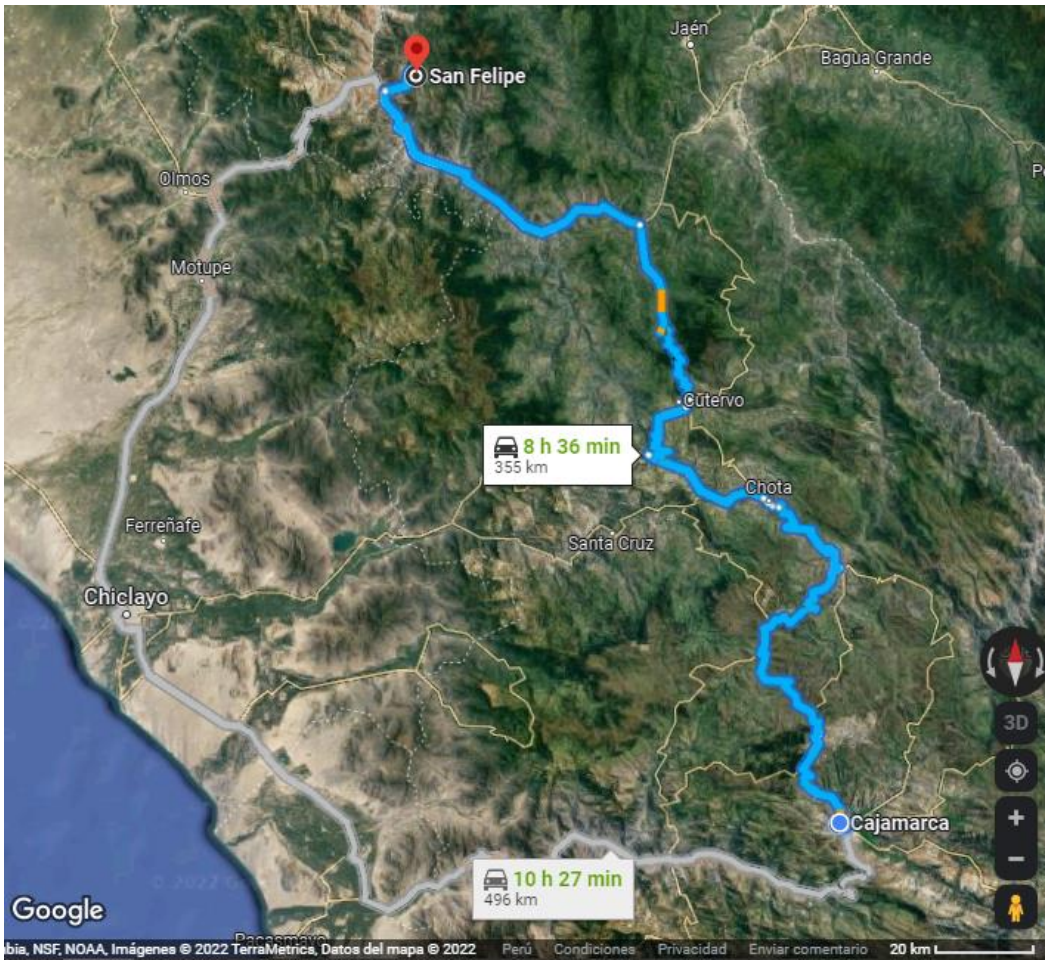


Figura 2. Ruta de acceso desde la Cajamarca hasta la localidad de San Felipe. **Fuente:** Google Maps.

1.3.4. Clima

Según el método de Clasificación Climática de Warren Thornthwaite - (Senamhi, 2020), la zona de estudio posee un clima Semiseco con invierno seco templado (C (i) B'), con una temperatura máxima promedio entre 21°C a 25°C, una temperatura mínima promedio entre 7°C y 11°C y una precipitación anual entre 300 mm a 700 mm.

Durante el mes de marzo del 2022, el sector evaluado percibió precipitaciones de hasta 36.8 mm/día (Gráfico 1) considerados por el Senamhi como de Muy Lluvioso, para la provincia de Jaén (Senamhi, 2014).

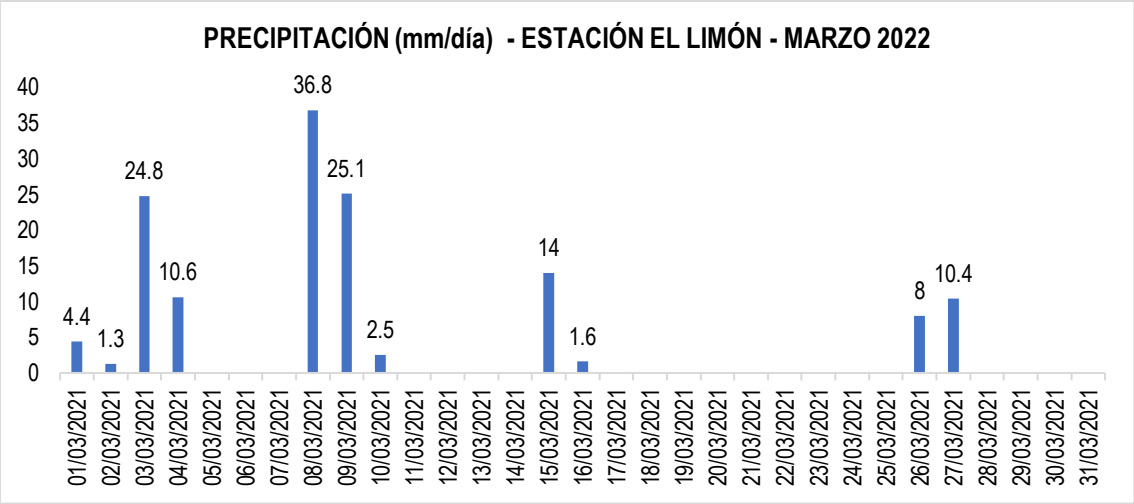


Gráfico 1. Precipitación diaria durante marzo del 2022 en la Estación El Limón (Pomahuaca-Jaén)**.**
Fuente: Senamhi.

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 influenciables 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.

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 de tensión o de 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 & 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.

3. ASPECTO GEOLÓGICO

La descripción geológica se desarrolló en base al Boletín N° 39 Serie A, Geología de los Cuadrángulos de Las Playas, La Tina, Las Lomas, Ayabaca, San Antonio, Chulucanas, Morropón, Huancabamba, Olmos, Pomahuanca (Reyes Rivera & Caldas Vidal, 1987); y el reciente cartografiado geológico integrado a escala 1:50 000, versión 2021 (Ingemmet, 2021); 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

Corresponden a la secuencia carbonatada (calizas y lutitas calcáreas) de la Formación Chúlec; coberturadas por depósitos cuaternarios originados por eventos de remoción en masa (coluvio-deluvial).

3.1.1. Formación Chúlec (Ki-chu)

Esta unidad constituida por calizas intercaladas con lutitas calcáreas de baja resistencia (Reyes Rivera & Caldas Vidal, 1987), solo es apreciable en bloques removidos dentro de la zona evaluada, los cuales se aprecia muy fracturados y altamente meteorizados (Fotografía 1).

Fotografía 1. Vista a unos bloques removidos de la Formación Chúlec en una matriz de suelos coluvio-deluviales. **Ubicación:** E: 686634; N: 9361036; Z: 1710.

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; su composición va de bloques angulosos a sub redondeados de poco transporte, en una matriz de arcillas y limos.

En la zona evaluada se ubican en el centro del valle del caserío Chafán, donde continuos movimientos en masa han ido acumulando suelos de variada granulometría (Cuadro 3) y que actualmente mantienen un grosor superior a 10 m de materiales, tal como se evidencia en la escarpa más reciente de deslizamiento (Figura 3).

Figura 3. Vista de los suelos acumulados en el **e**scarpe principal del deslizamiento evaluado.

En la fotografía 2 se muestra el detalle de la capa superficial de suelos, donde se existe un alto contenido de material orgánico producto de la acumulación de restos vegetales naturales y de cultivos; esta capa superficial es poco cohesiva y fácilmente erosionable; su granulometría corresponde a bloques (5%), cantos (15%), gravas (10%), gránulos (15%), arenas (5%), limos (20%) y arcillas (30%).

Fotografía 2. Detalle de la capa superficial de los suelos con alto contenido orgánico. **Ubicación:** E: 686634; N: 9361036; Z: 1710

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 agosto del 2022, lo cual permitirá estudiar el relieve, pendientes y demás características; con el fin de describir subunidades a detalle (escala 1:/ 5 000).

4.1. Modelo digital de elevaciones (MDE)

La zona evaluada presenta altitudes que van desde los 1 541 m hasta los 1 844 m, en los cuales de distinguen seis niveles altitudinales (Figura 4), con la finalidad de visualizar la extensión con respecto a la diferencia de alturas; el área con mayor pendiente corresponde a terrenos entre altitudes 1 700 y 1 800 m, con pendiente promedio de entre moderada y fuerte (5° a 25°), correspondiendo los depósitos coluvio deluviales y a una geoforma de vertiente con depósito de deslizamiento.

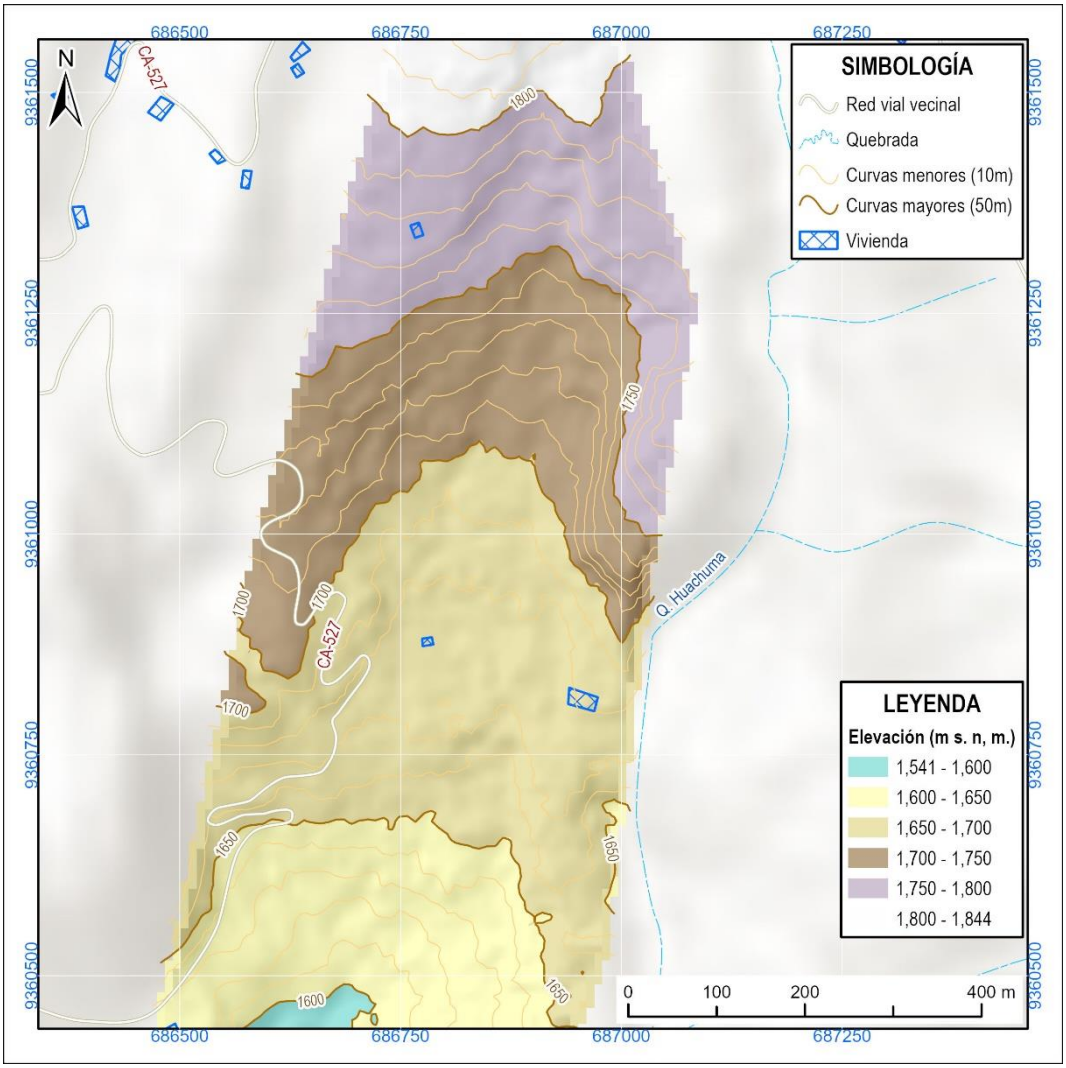


Figura 4. Modelo digital de elevaciones de la zona evaluada.

4.2. Pendiente del terreno

En la localidad de Chafán el deslizamiento se ha desencadenado en terrenos con pendiente fuerte (15° a 25°), mientras que el cuerpo del deslizamiento ha mantenido una pendiente moderada (5° a 15°), factor que ha influenciado en el lento movimiento de los suelos (Figura 5, Mapa 2).

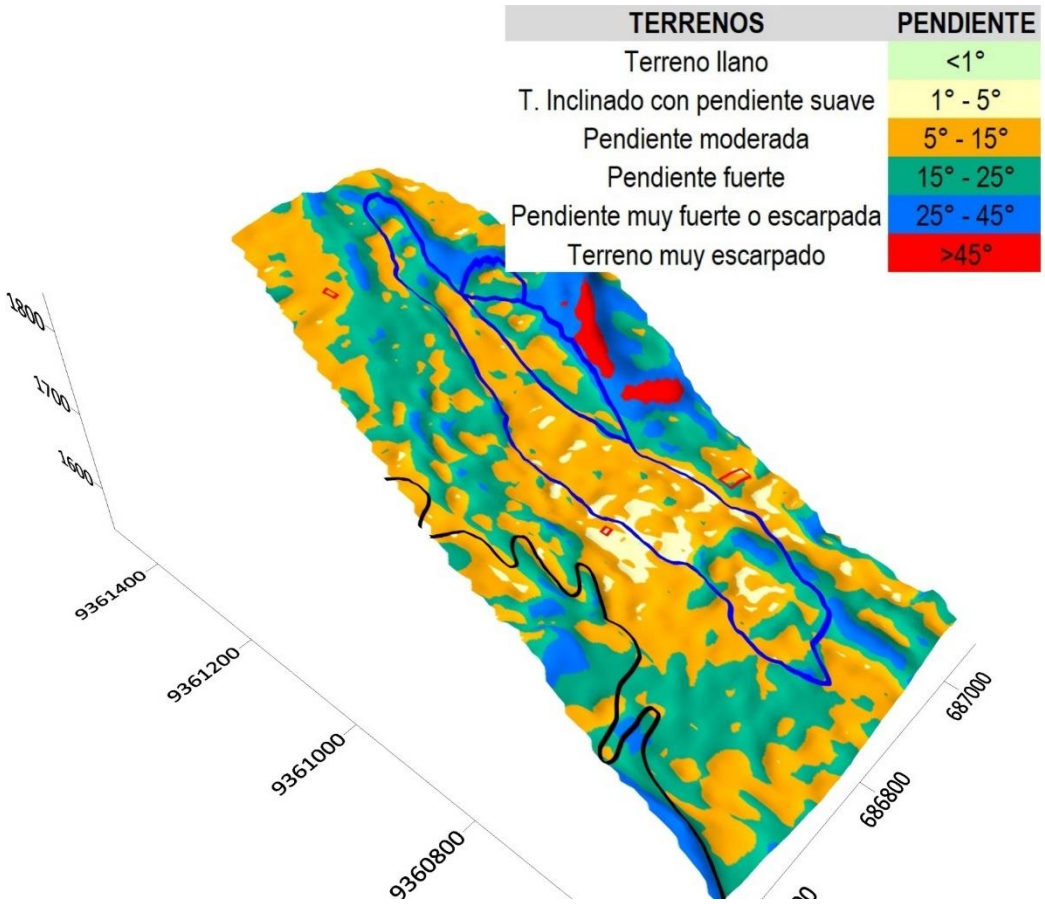


Figura 5. Modelo 3D de las pendientes del terreno afectado por los movimientos en masa (en línea azul) en la localidad de Chafán utilizando el MDE obtenido con el levantamiento fotogramétrico, la vía CA-527 se muestra en trazo negro y las viviendas en trazo rojo.

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 con depósito de deslizamiento); las geoformas se grafican en la Figura 6 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 a lo largo de las partes altas del valle del caserío Chafán, donde los terrenos conforman salientes suaves sin presencia de afloramientos rocosos debido a la baja resistencia geológica de las unidades sedimentarias que se presentan; la vegetación es abundante.

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 con depósito de deslizamiento (V-dd)**

  Conforma el eje central del valle del caserío Chafán, lugar de acumulación continua de materiales removidos por movimientos en masa, resultando en terrenos cóncavos y con abundante vegetación.

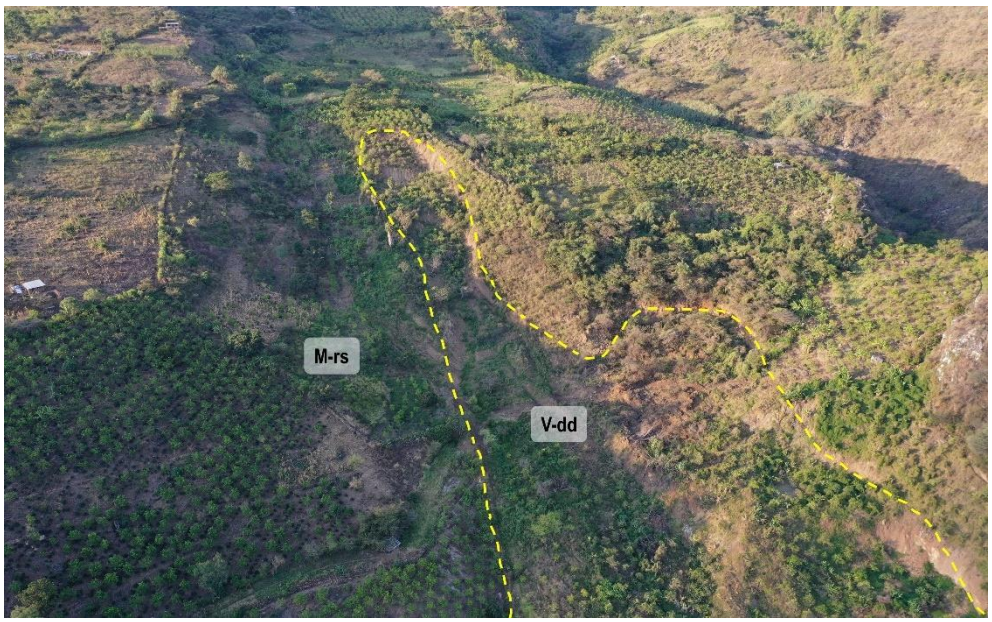


Figura 6. Vista de las geoformas del valle de Chafán: Montaña estructural en rocas sedimentarias (M-rs) y vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd).

5. PELIGROS GEOLÓGICOS

Se ha cartografiado una zona de deslizamientos activos que vienen afectando a varias hectáreas de terrenos de cultivo y dos viviendas del caserío Chafán; que, debido a la proximidad al casco urbano de la localidad de San Felipe (250 m), podría afectar a la población en caso no se implementasen medidas de control.

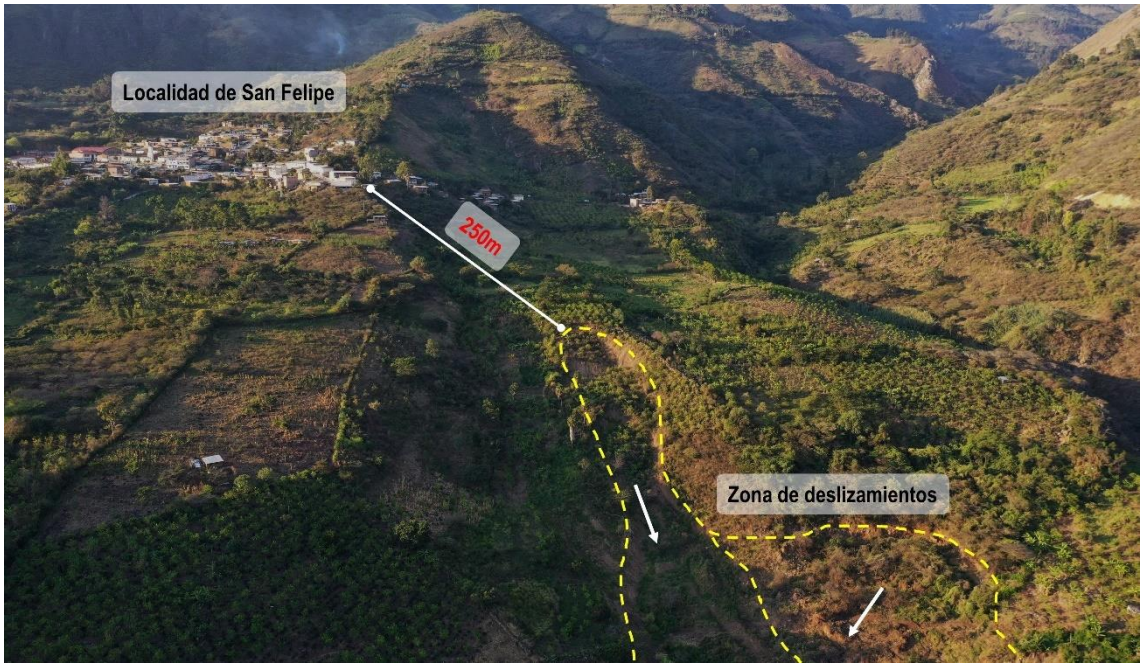


Figura 7. Ubicación de la localidad de San Felipe en relación a la zona de deslizamientos de Chafán.

En la figura 8 se muestra la parte alta de las montañas de la localidad de San Felipe, capital del distrito del mismo nombre y sector norte del caserío Chafán, donde se aprecia la forma cóncava de las montañas, debido a movimientos en masa antiguos, lo que refleja la alta susceptibilidad de la zona ante estos procesos geodinámicos.

Figura 8. Vista de la parte alta de la zona evaluada, donde se aprecian las viviendas de la localidad de San Felipe y montañas cóncavas debido a los continuos movimientos en masa que las han labrado.

5.1. Zona de deslizamientos Chafán

5.1.1. Descripción de los deslizamientos

Corresponde a un deslizamiento rotacional principal que discurre de norte a sur en el centro del valle del caserío Chafán; hacia el cual convergen otros 2 deslizamientos rotacionales que se movilizan de noreste a suroeste. No se ha identificado macizos rocosos aflorantes por lo que solo afectarían a los suelos acumulados en este valle; se evidencian canales de irrigación en la parte alta del terreno además de manantiales naturales a lo largo del cuerpo del deslizamiento.

Los cultivos frutales locales han sido los más afectados por el deslizamiento de suelos; mientras que la afectación a las dos viviendas del caserío Chafán ha sido provocada por agrietamientos secundarios fuera del cuerpo de los deslizamientos, por el carácter retrogresivo del mismo; sin embargo, el área afectada podría incrementarse tanto en la parte superior (escarpes retrogresivos), los costados y el pie del deslizamiento; en caso no se tomasen medidas de control.

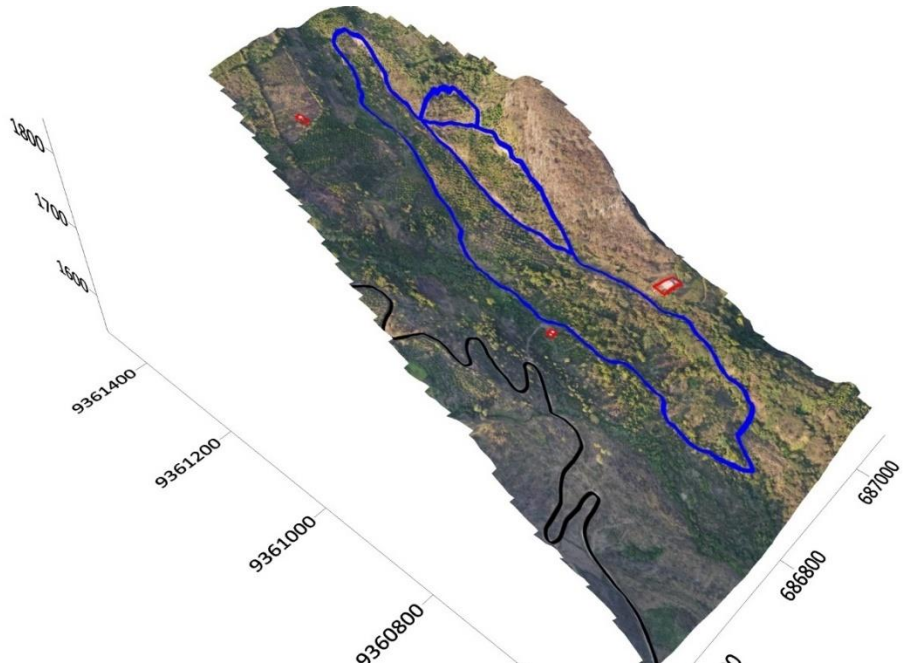


Figura 9. Modelo 3D de los deslizamientos (línea azul) en la localidad de Chafán; en línea roja se resaltan las viviendas afectadas y en línea negra a la vía-527.

5.1.2. Análisis longitudinal del deslizamiento principal

En el perfil longitudinal A-A' (Figura 10), se aprecia la extensión del deslizamiento principal y la distribución de los materiales geológicos; el material removido conforma un depósito coluvio-deluvial que cobertura a las calizas de la Formación Chúlec, hacia la parte superior se ubican los escarpes recientes del deslizamiento, mientras en la parte baja se aprecia la zona de acumulación de los materiales removidos; durante todo el trayecto el movimiento en masa ha afectado a los terrenos de cultivos de la localidad de Chafán.

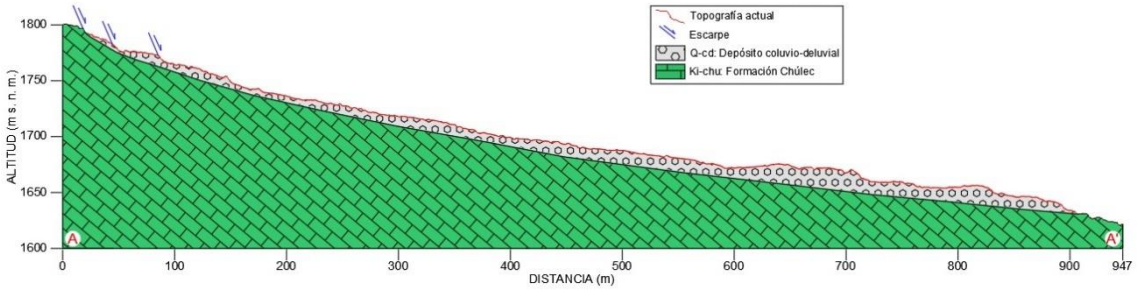


Figura 10. Perfil longitudinal A-A'-A''-A''' en la Localidad de Chafán.

La parte alta del deslizamiento (Figura 11) presenta varios escarpes secundarios, además de un canal de irrigación a 90 m, el mismo que es utilizado por los pobladores para el riego de sus parcelas frutales, mediante el método de riego por inundación; este canal se encuentra en un estado regular.

Figura 11. Vista de la parte alta del cuerpo del deslizamiento (en línea amarilla) donde se aprecia la cercanía a un canal de irrigación y algunos escarpes secundarios (en línea naranjada).

En la parte central (Figura 12) convergen los deslizamientos secundarios que aportan materiales sueltos al cuerpo del deslizamiento principal.

Figura 12. Vista del cuerpo central del deslizamiento (en línea amarilla), donde se aprecian los dos deslizamientos contiguos (en línea roja) y otro escarpe secundario (en línea naranjada).

En la parte baja (Figura 13) se aprecian viviendas afectadas y la menor cercanía a la vía CA-527, principal acceso al distrito San Felipe, a solo 80 m del cuerpo del deslizamiento.

Figura 13. Vista de la parte baja del deslizamiento (en línea amarilla) donde se aprecia la parte final de uno de los deslizamientos secundarios (en línea roja), las viviendas afectadas y la vía CA-527.

5.1.3. Características visuales y morfométricas

- Tipo de movimiento: deslizamiento rotacional
- Estado: Activo
- Estilo: Múltiple (El deslizamiento principal abarca un área de 73 697 m2, su escarpa tiene una longitud de 400 m y un saldo de 10m; el deslizamiento al noreste cubre un área de 3 981 m2, tiene una escarpa de 162 m y un salto de 4 m; mientras el deslizamiento al este abarca 14 757 m2, tiene una escarpa de 350 m y un salto de 6 m.)
- Distribución: Retrogresivo-avanzando
- Velocidad: Moderada (algunos metros al mes, según comentario de los pobladores locales)
- Composición: Suelos coluvio-deluviales arcillosos de baja plasticidad (CL) con alto contenido de carbonatos y materia orgánica; compuestos por bloques (5%), cantos (15%), gravas (10%), gránulos (15%), arenas (5%), limos (20%) y arcillas (30%); teniendo sus clastos gruesos forma discoidal, sub redondeados y sub angulosos (Cuadro 3 y Fotografía 3).
- Deformación del terreno: Escalonado

Morfometría:

- Área: 92 437 m^2
- Perímetro: 2 848 m
- Diferencia de alturas corona a la punta: 164 m
- Longitud horizontal corona a punta: 895 m
- Ángulo de corona a punta: 10.4°
- Dirección del movimiento: N193°
- Ancho de la superficie de falla: 125 m
- Salto principal: 9m

Cuadro 3. Descripción de formaciones superficiales. **Ubicación:** E: 686634; N: 9361036; Z: 1710

TIPO DE FORMACIÓN SUPERFICIAL			
	Eluvial		Lacustre
X	Deluvial		Marino
X	Coluvial		Eólico
	Aluvial		Orgánico
	Fluvial		Artificial
	Proluvial		Litoral
	Glaciar		Fluvio glaciar

GRANULOMETRÍA (%)	
5	Bolos
15	Cantos
10	Gravas
15	Gránulos
5	Arenas
20	Limos
30	Arcillas

FORMA	
	Esférica
X	Discoidal
	Laminar
	Cilíndrica

REDONDES	
	Redondeado
X	Sub redondeado
	Anguloso
X	Sub anguloso

PLASTICIDAD	
	Alta plasticidad
	Med. plasticidad
X	Baja plasticidad
	No plástico

ESTRUCTURA	
X	Masiva
	Estratificada
	Lenticular

TEXTURA	
X	Harinoso
	Arenoso
	Áspero

CONTENIDO DE	
X	Materia orgánica
X	Carbonatos
	Sulfatos

% LITOLOGÍA	
	Intrusivos
	Volcánicos
	Metamórficos
X	Sedimentarios

COMPACIDAD			
SUELOS FINOS	SUELOS GRUESOS		
Limos y Arcillas	Arena		Gravas
Blanda	Suelta		Suelta
Compacta	Densa		Med. consolidada
Dura	Muy Densa		Consolidada
			Muy consolidada

CLASIFICACIÓN TENTATIVA S.U.C.S.											
SUELOS GRUESOS						SUELOS FINOS					
	GW			SW			ML			MH	
	GP			SP		X	CL			CH	
	GM			SM			OL			OH	
	GC			SC			PT				

Fotografía 3. Detalle del escarpe principal del deslizamiento en marzo del 2022. **Fuente:** Municipalidad Distrital de San Felipe. **Ubicación:** E: 686919; N: 9361298; Z: 1742.

Factores condicionantes

- Litología y naturaleza incompetente de materiales, compuesto por arcillas de baja plasticidad de un depósito coluvio-deluvial, sobre calizas y lutitas muy fracturadas y altamente meteorizadas de la Formación Chúlec (Ki-chu).
- Ladera de pendiente fuerte (15° a 25°), que conforman geoformas de vertientes con depósito de deslizamientos, muy susceptibles a erosionarse.
- Ausencia de drenajes adecuados.

Factor detonante

- Precipitaciones pluviales de intensidad extrema (La estación Limón, Pomahuaca, registró 36.8 mm/día el día 8 de marzo del 2022 – Gráfico 1)
- Antrópico: irrigación por inundación de los terrenos de cultivo, el canal principal tiene un estado regular y se ubica a 90m del escarpe principal.

Daños ocasionados por el movimiento en masa

- 2 viviendas del caserío Chafán afectadas.
- 8 hectáreas de terrenos de cultivos afectados.

6. CONCLUSIONES

a. En el valle del caserío Chafán, se han cartografiado tres deslizamientos rotacionales próximos a la localidad de San Felipe, que han afectado a 2 viviendas y 8 hectáreas de terrenos de cultivo.

b. Los deslizamientos se han desarrollado sobre suelos arcillo-limosos de baja plasticidad, provenientes de antiguos depósitos coluvio-deluviales, producto de continuos fenómenos de geodinámica externa en el valle; la roca madre corresponde a calizas y lutitas muy fracturadas y altamente meteorizadas de la Formación Chúlec.

c. El deslizamiento principal abarca un área de 73 697 m2, su escarpa tiene una longitud de 400 m y un saldo de 10m; el deslizamiento al noreste cubre un área de 3 981 m2, tiene una escarpa de 162 m y un salto de 4 m; mientras el deslizamiento al este abarca 14 757 m2, tiene una escarpa de 350 m y un salto de 6 m.

d. Las geoformas corresponden a vertientes con depósitos de deslizamientos ubicados en el centro del valle, estos terrenos tienen pendiente moderada a fuerte (5° a 25°).

e. El factor detonante fueron las precipitaciones pluviales intensas (de hasta 36.8 mm/día en marzo del 2022) y la irrigación inadecuada de los terrenos de cultivos.

f. El material que conforman los depósitos coluvio-deluviales corresponden a suelos arcillo-limosos de baja plasticidad (CL) con alto contenido de carbonatos y materia orgánica; compuestos por bloques (5%), cantos (15%), gravas (10%), gránulos (15%), arenas (5%), limos (20%) y arcillas (30%); teniendo sus clastos gruesos forma discoidal, sub redondeados y sub angulosos.

g. Las áreas de impacto por deslizamiento, cartografiados en el caserío Chafán, por las condiciones litológicas, geomorfológicas y geodinámicas, se consideran como de **Peligro Muy Alto**.

7. RECOMENDACIONES

a. Construir drenes de coronación sobre los deslizamientos evaluados, con una sección de concreto armado u otro material impermeable (como geomembranas o arcillas), a fin de evitar filtraciones (Anexo 2A – Figura 14), además de programar continuos trabajos de mantenimiento en estos.

b. Reforestar las laderas de montaña con especies nativas y de raíces densas (Anexo 2b – figura 15 y fotografía 4).

c. Reubicar las dos (02) viviendas afectadas del caserío Chafán.

d. Prohibir el riego por inundación en el cuerpo de deslizamiento y áreas contiguas.

e. Prohibir la construcción de futuras viviendas en el sector afectado por deslizamiento.

f. Monitorear la posible reactivación del deslizamiento.

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

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

8. BIBLIOGRAFÍA

AlosPalsar. (2011). *Modelo Digital de Elevaciones Alos Palsar 15098*. https://search.asf.alaska.edu/

Cruden, D. M., & Varnes, D. J. (1996). Landslides types and processes. *Landslides Investigation and Mitigation: Washington D.C, National Academy Press, Transportation Research Board Special Report*, *247*, 36–75.

INEI. (2018). *Centros Poblados*. Directorio Nacional de Centros Poblados Censos Nacionales 2017. https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1541/index.htm

Ingemmet. (2021). *Mapas geológicos integrados 50k ver 2021*. https://geocatmin.ingemmet.gob.pe/geocatmin/

PMA. (2007). *Movimientos en Masa en la Región Andina: Una Guía para la Evaluación de Amenazas* (1a ed.). Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas.

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. (2014). *Umbrales y precipitaciones absolutas*.

Senamhi. (2020). *Climas del Perú - Mapa de Clasificación Climática Nacional*. https://www.senamhi.gob.pe/?p=mapa-climatico-del-peru

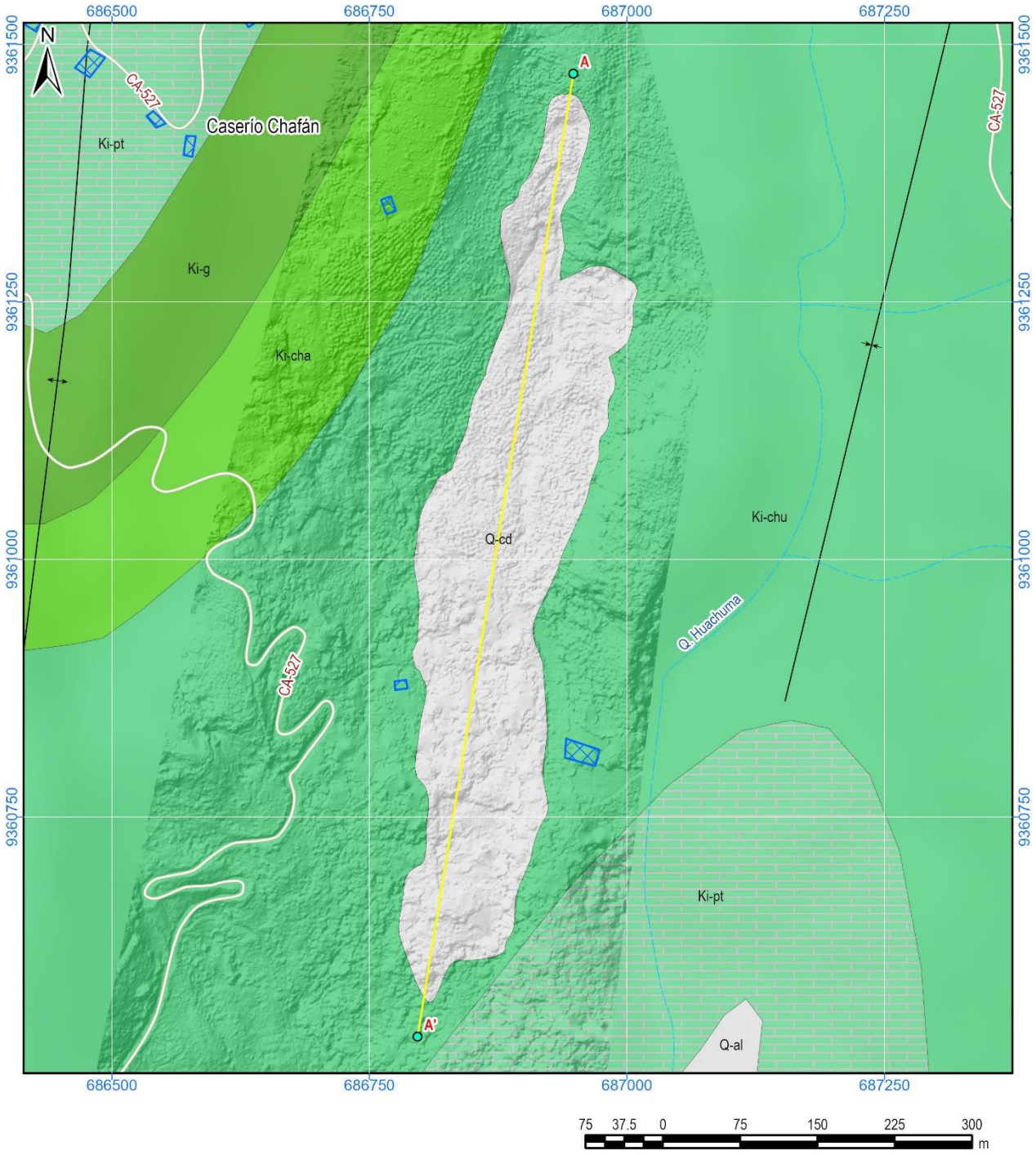
Suárez Díaz, J. (1998). *Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales* (Ltda, Ed.; 1a ed.). Publicaciones UIS.

Suárez Díaz, J. (2007). *Deslizamientos - Técnicas de Remediación* (1a ed.). Erosion.com.

Villota, H. (2005). *Geomorfología Aplicada a Levantamientos Edafológicos y Zonificación Física de Tierras* (2a ed.). Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

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

- Red vial vecinal
- Quebrada
- Vivienda
- Pliegue anticlinal
- Pliegue sinclinal
- Línea de perfil

LEYENDA

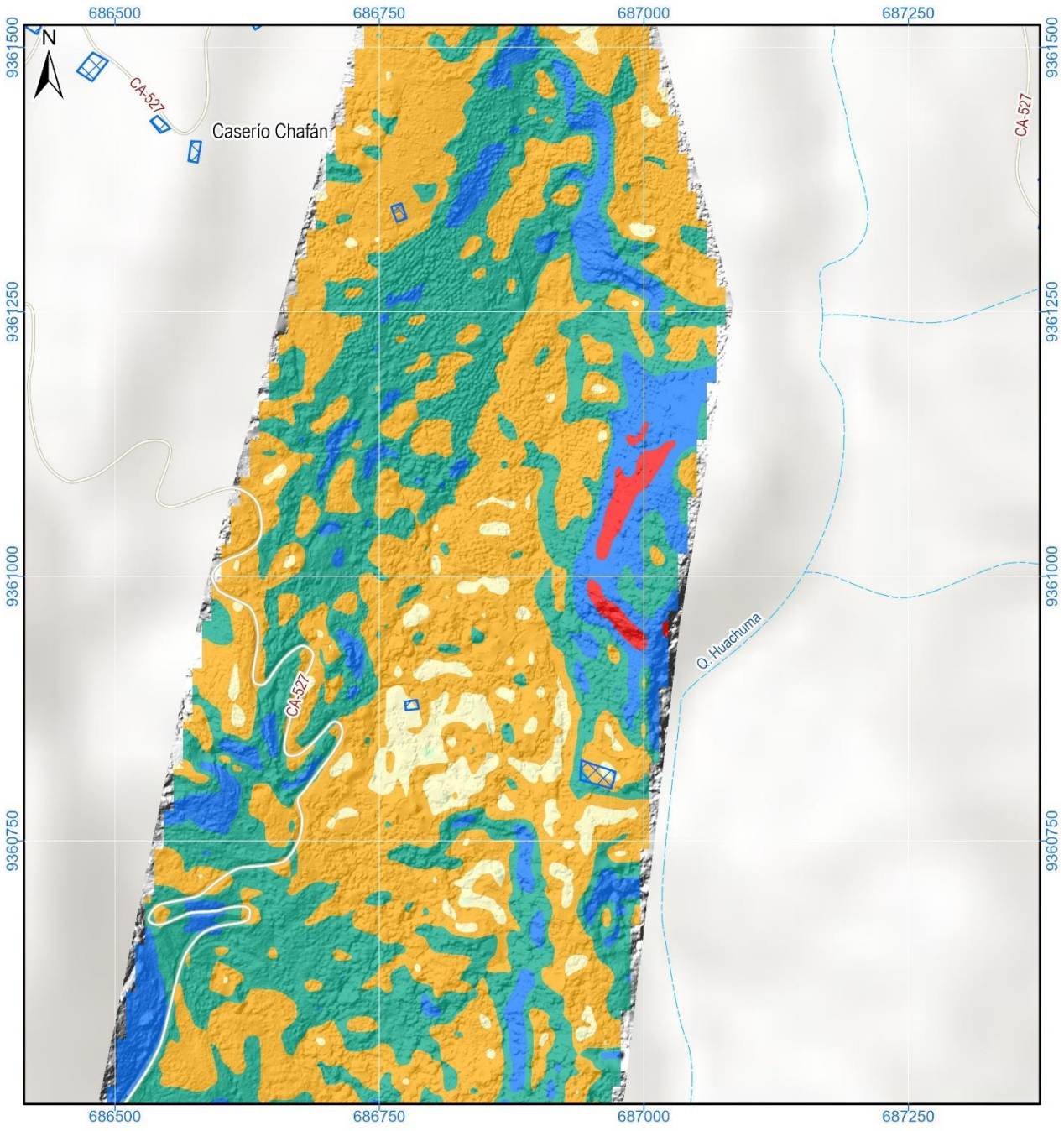
- Q-cd: Depósito coluvio-aluvial
- Q-al: Depósito aluvial
- Ki-pt: Formación Pariatambo
- Ki-chu: Formación Chúlec
- Ki-cha: Formación Challacatana
- Ki-g: Grupo Goyllarisquizga

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

MAPA GEOLÓGICO

Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León	**MAPA 1**
Proyección: UTM - Zona 17 Sur	Datum: WGS 84	
Escala: 1/6,000	Versión digital: 2022	



SIMBOLOGÍA

- Red vial vecinal
- Quebrada
- Vivienda

LEYENDA

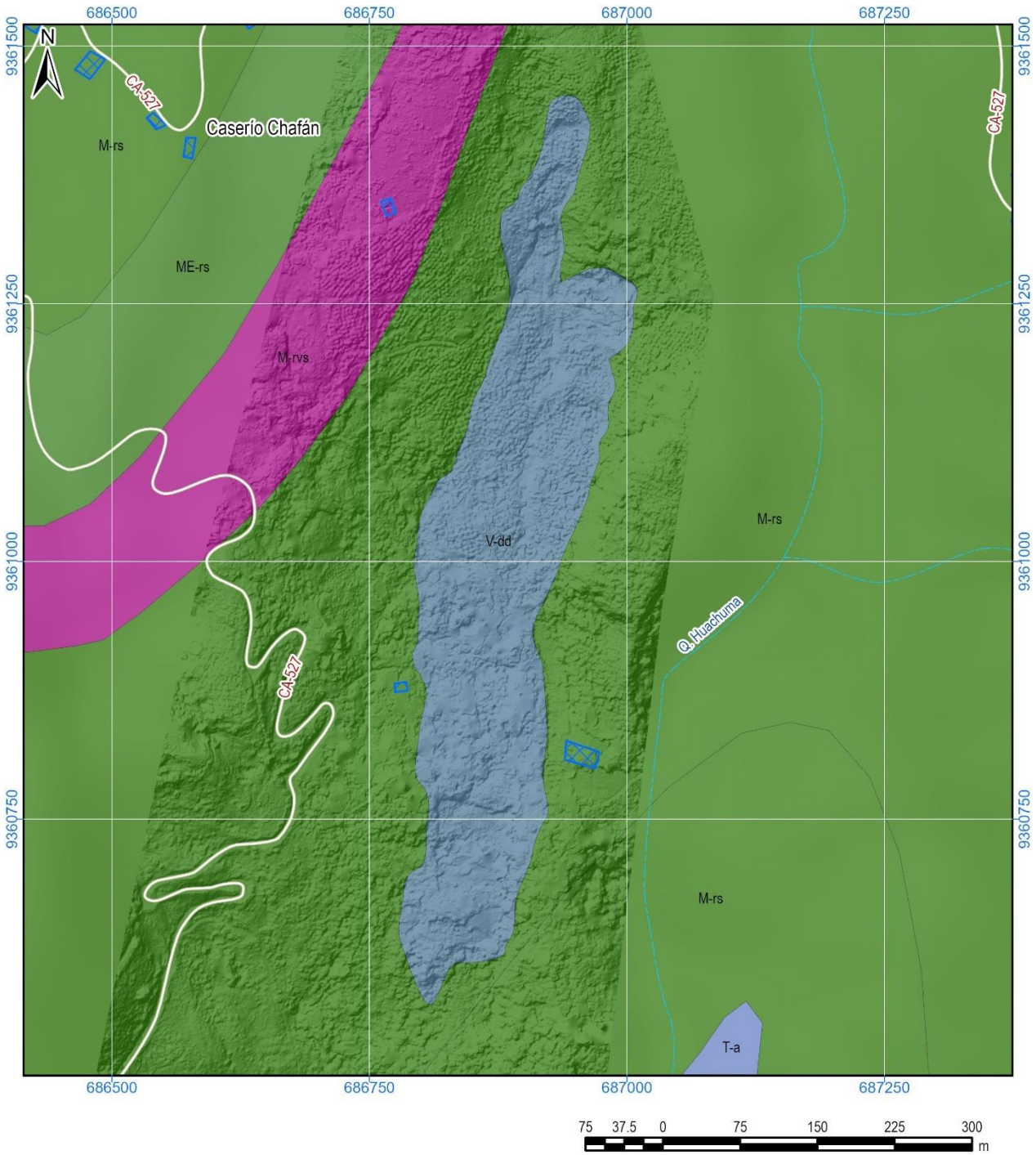
- <1°: Terreno llano
- 1°-5°: Terreno inclinado con pendiente suave
- 5°-15°: Pendiente moderada
- 15°-25°: Pendiente fuerte
- 25°-45°: Pendiente muy fuerte o escarpada
- >45°: Terreno muy escarpado

SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO
DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO
EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL

CAJAMARCA - JAÉN - SAN FELIPE

MAPA DE PENDIENTES

Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León	**MAPA 2**
Proyección: UTM - Zona 17 Sur	Datum: WGS 84	
Escala: 1/6,000	Versión digital: 2022	



SIMBOLOGÍA

- Red vial vecinal
- Quebrada
- Vivienda

LEYENDA

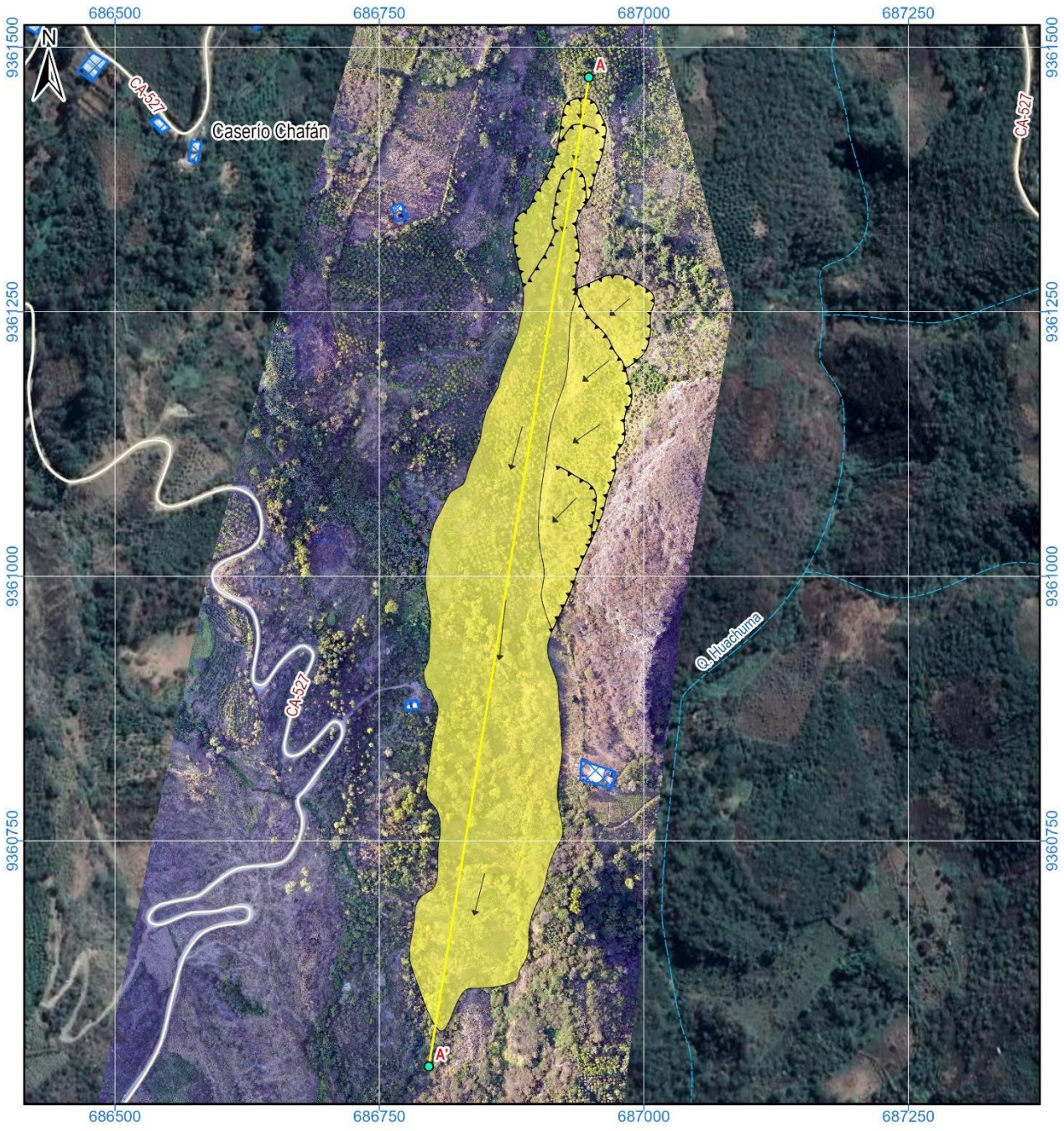
- Montaña en rocas sedimentarias
- Montaña en rocas volcano-sedimentarias
- Montaña estructural en rocas sedimentarias
- Terraza aluvial
- Vertiente con depósito de deslizamiento

SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO
DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO
EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL

CAJAMARCA - JAÉN - SAN FELIPE

MAPA GEOMORFOLÓGICO

Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León	**MAPA 3**
Proyección: UTM - Zona 17 Sur	Datum: WGS 84	
Escala: 1/6,000	Versión digital: 2022	



75 37.5 0 75 150 225 300
m

SIMBOLOGÍA

- Red vial vecinal
- Quebrada
- Dirección de movimiento activo
- Escarpe de deslizamiento activo
- Línea de perfil
- Vivienda

LEYENDA

- Deslizamiento rotacional activo

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

MAPA DE PELIGROS GEOLÓGICOS

Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León	**MAPA 4**
Proyección: UTM - Zona 17 Sur	Datum: WGS 84	
Escala: 1/6,000	Versión digital: 2022	

ANEXO 2. MEDIDAS CORRECTIVAS

Para los deslizamientos

En la zona evaluada 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 (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 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 14). En las obras construidas - zanjas de drenaje es necesario impermeabilizar la caja hidráulica captando y evitando totalmente la infiltración de las aguas de escurrimiento la ladera, según las imágenes adjuntas.

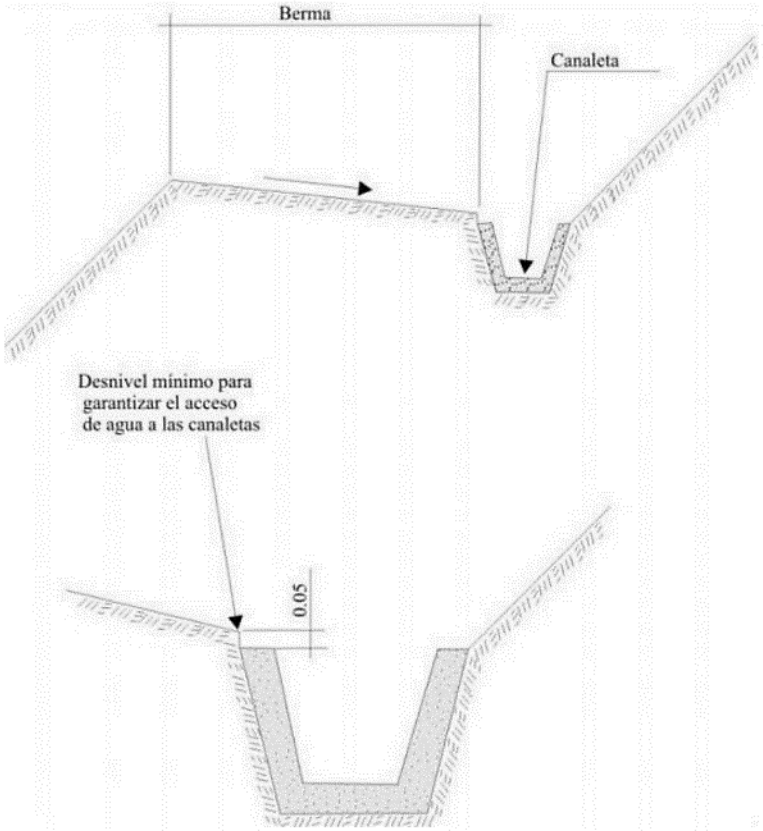


Figura 14. Detalle una canaleta de drenaje superficial (zanjas de coronación). Tomado de INGEMMET (2000).

b. Revegetación y bioingeniería

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

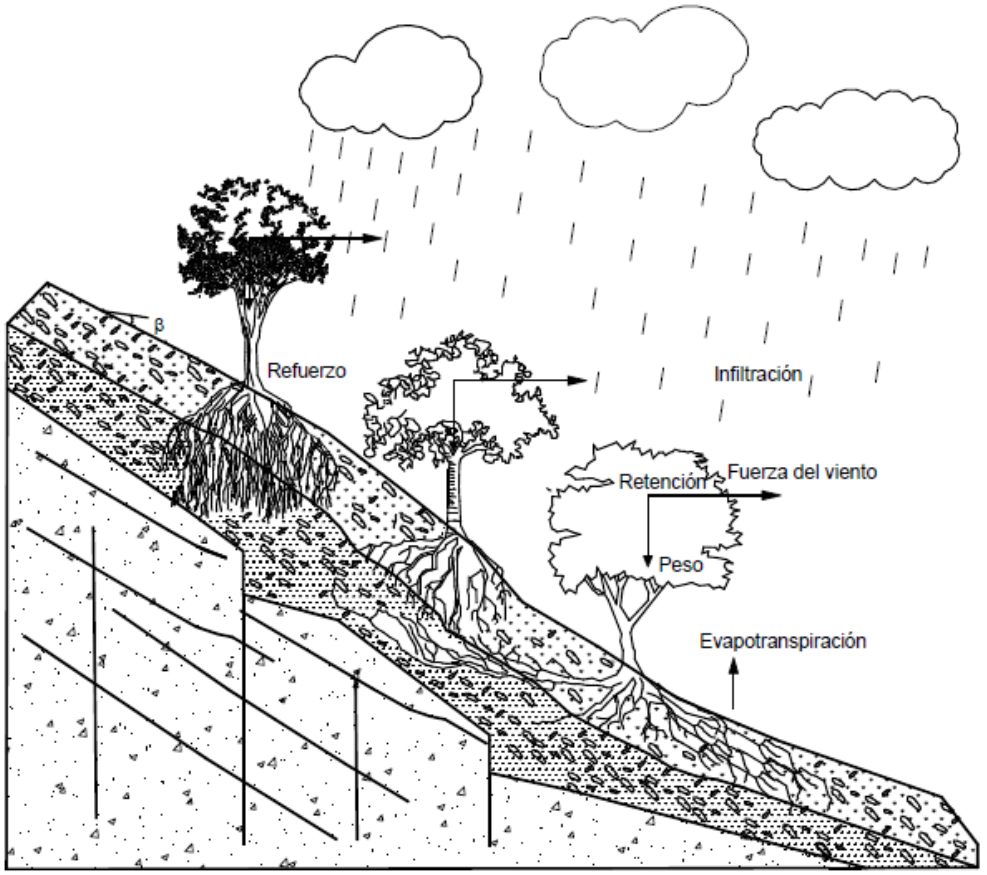


Figura 15. Estabilización de taludes utilizando vegetación. **Fuente:** Suarez, Díaz 2007.

Fotografía 4. Ejemplo de bioingeniería con arbusto (vetiver) en taludes de materiales sueltos.