

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7728

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN LA COMUNIDAD CAMPESINA SANTA CATALINA

Departamento: Lima

Provincia: Huaral

Distrito: Santa Cruz de Andamarca



**FEBRERO
2026**

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLOGICOS EN LA COMUNIDAD CAMPESINA SANTA CATALINA

Distrito Santa Cruz de Andamarca, provincia Huaral, departamento Lima

Elaborado por la Dirección
de Geología Ambiental y
Riesgo Geológico del
Ingemmet

Equipo de técnico:

Guisela Choquenaira Garate

Ely Ccorimanya Challco

Richard Murillo Asencio

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2026). *Evaluación de peligros geológicos en la comunidad campesina Santa Catalina. Distrito Santa Cruz de Andamarca, provincia Huaral, departamento Lima: Ingemmet, Informe Técnico A7728, 44p.*

INDICE

RESUMEN	4
1. INTRODUCCIÓN.....	5
1.1. Objetivos del estudio	5
1.2. Antecedentes y trabajos anteriores	5
1.3. Aspectos generales.....	6
1.3.1. Ubicación	6
1.3.2. Accesibilidad	7
1.3.3. Población	7
1.3.4. Clima	7
2. DEFINICIONES	9
3. ASPECTOS GEOLÓGICOS.....	11
3.1. Unidades Litoestratigráficas	11
3.2. Depósitos superficiales	15
3.2.1. Depósito coluvio deluvial (Q-cd).....	15
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS.....	16
4.1. Pendientes del terreno	16
4.2. Índice topográfico de Humedad (TWI)	18
4.3. Unidades geomorfológicas.....	19
4.3.1. Unidad de montaña	20
4.3.2. Unidad de piedemonte	21
5. PELIGROS GEOLÓGICOS.....	22
5.1. Deslizamiento.....	22
5.2. Movimiento complejo (deslizamiento - flujo)	25
5.3. Caída - derrumbes	30
5.4. Factores condicionantes	32
5.5. Factores desencadenantes	34
5.6. Factores antrópicos.....	34
6. CONCLUSIONES.....	35
7. RECOMENDACIONES.....	37
8. BIBLIOGRAFÍA:.....	39
ANEXO 1	40

RESUMEN

El presente informe detalla la evaluación de peligros geológicos realizada en la comunidad campesina Santa Catalina, distrito Santa Cruz Andamarca, provincia Huaral, departamento Lima. 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.

La comunidad campesina Santa Catalina presenta condiciones geológicas desfavorables que condicionan la ocurrencia y reactivación de movimientos en masa. Desde el punto de vista litológico, el área está conformada por unidades de diferente competencia, caracterizadas por un alto grado de fracturamiento y meteorización, destacando las formaciones Oyón, Carhuaz y el Grupo Calipuy, que presentan condiciones geomecánicas desfavorables, así como la Formación Santa, que favorece la infiltración de agua debido a su fracturamiento y carstificación. Estas características generan múltiples planos de debilidad que reducen la estabilidad de las laderas.

Los depósitos no consolidados, originados por la acumulación de fragmentos heterométricos transportados mediante procesos gravitacionales, como deslizamientos y derrumbes, combinados con dinámica deluvial asociada a la escorrentía pluvial, presentan una estructura masiva, alta porosidad y condiciones de humedad permanente debido a la circulación de agua ladera abajo, lo que les confiere un comportamiento geotécnico poco competente, con baja cohesión y resistencia al corte. Estas características, sumadas al incremento del peso volumétrico y la reducción de la fricción interna por la presencia de agua, los convierten en materiales altamente susceptibles a la ocurrencia y reactivación de movimientos en masa.

Geomorfológicamente, el área se caracteriza por un relieve fuertemente disectado, con predominio de pendientes que varían de moderadas a abruptas, especialmente en el flanco oeste y en zonas próximas del río Chancay, lo que incrementa la susceptibilidad a deslizamientos y derrumbes.

Las surgencias de agua identificadas en diversos sectores de la ladera actuaron como factor desencadenante, al incrementar el contenido de humedad y las presiones intersticiales, reduciendo la resistencia al corte y favoreciendo procesos de erosión interna y socavación basal.

Los peligros geológicos identificados corresponden principalmente a deslizamientos, movimientos complejos (deslizamiento–flujo) y derrumbes, que en conjunto afectan un área aproximada de 144 ha. Se reconocieron zonas de desplazamiento activo con saltos de hasta 60 cm, localizadas al suroeste del movimiento complejo y al oeste del poblado de Santa Catalina, cuya proximidad a las viviendas y a la trocha carrozable evidencia un escenario de alto peligro para la población y la infraestructura.

Debido a las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas, se considera que la comunidad campesina Santa Catalina es considerado como **Peligro Alto** ante la ocurrencia de movimientos en masa.

En ese contexto, se recomienda efectuar un monitoreo geodésico y visual continuo, complementado con otras metodologías de control de deformación del terreno. Asimismo, se sugiere realizar sistemas de drenaje que contribuyan a controlar la infiltración de agua en la masa inestable.

1. INTRODUCCIÓN

El Ingemmet, ente técnico-científico desarrolla a través de los proyectos de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR) el “Servicio de asistencia técnica en la evaluación de peligros geológicos a nivel nacional (ACT. 16)”, 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 de la municipalidad provincial de Ambo, con Oficio N° 084-2025-MDSCA/A, según nuestras competencias se realizó la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa en la comunidad campesina Santa Catalina. La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designó a los Ingenieros Guisela Choquenaira, Ely Ccorimanya y Richard Murillo; para realizar la evaluación de peligros geológicos, el día 7 de setiembre del 2025.

La evaluación técnica se realizó en tres etapas: i) Gabinete I, consiste con recopilación de antecedentes e información geológica y geomorfológica del Ingemmet; ii) Campo, consiste en toma de datos (sobrevuelos dron, puntos GPS, tomas fotográficas), cartografía, recopilación de información y testimonios de población local afectada; iii) Gabinete II, se realizó el procesamiento de toda la información terrestre y aérea adquirida en campo, fotointerpretación de imágenes satelitales, cartografiado e interpretación final, elaboración de mapas, figuras temáticas y redacción del presente informe.

Este informe se pone a consideración de la municipalidad distrital Santa Cruz de Andamarca 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. A fin de que sea un instrumento técnico para la toma de decisiones.

1.1. Objetivos del estudio

- a) Evaluar y caracterizar los peligros geológicos por movimientos en masa en la comunidad campesina Santa Catalina.
- b) Determinar los factores condicionantes que influyen en la ocurrencia de los peligros geológicos.
- c) Proponer medidas de mitigación ante peligros geológicos evaluados en la etapa de campo.

1.2. Antecedentes y trabajos anteriores

Entre los principales estudios realizados a nivel local en el distrito de Santa Cruz de Andamarca, se pueden mencionar:

- 1.1. Informe Técnico N° A7588 “Evaluación de peligro geológico por deslizamiento en el poblado de Santa Cruz de Andamarca. Distrito de Santa Cruz de Andamarca, provincia de Huaral, departamento de Lima” (Choquenaira, 2024), describe la geodinámica de la zona de estudio. Se ha identificado deslizamientos reactivados, que cubren un área de 10 ha, con dos escarpas principales y superficie de falla

rotacional. Presentan desplazamientos de hasta 60 cm y agrietamientos del terreno de forma longitudinal. El incremento en tamaño y profundidad de estas grietas podría afectar a viviendas, Institución Educativa y terrenos de cultivo.

- 1.2. Boletín N° 76 de la Serie C, “Peligro geológico en la región Lima”, elaborado por Luque, et al., (2020). El estudio contiene información sobre los peligros geológicos presentes en el departamento de Lima y los factores que condicionan su ocurrencia. El área de evaluación es considerada de alta a muy alta susceptibilidad a la ocurrencia de movimientos en masa (figura 1).

Entendiéndose, la susceptibilidad a movimientos en masa como la propensión que tiene una determinada zona a ser afectada por un peligro geológico, expresado en grados cualitativos y relativos.

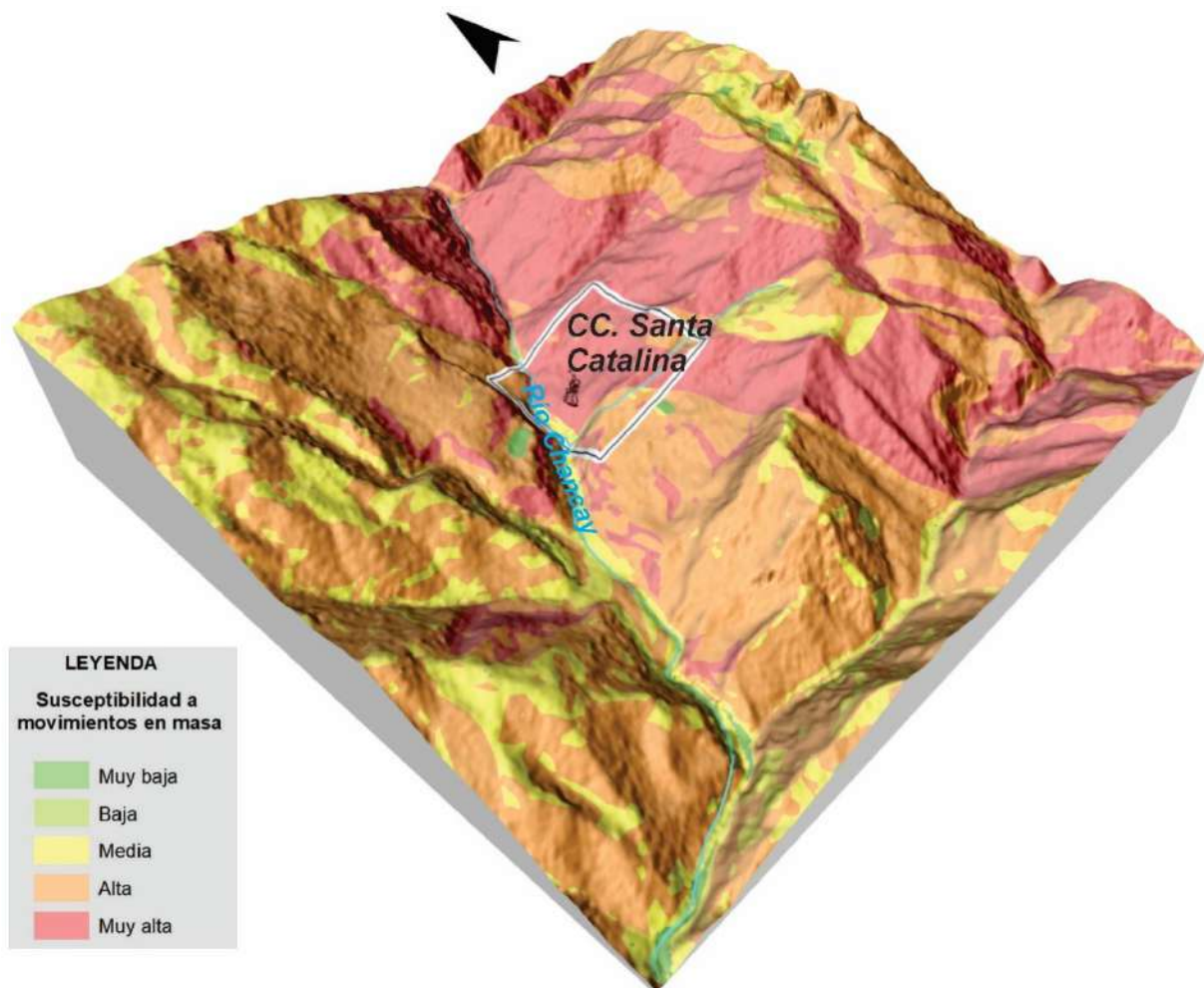


Figura 1. Block diagrama de la susceptibilidad a movimientos en masa regional de la comunidad campesina Santa Catalina. Fuente: Luque, 2020.

1.3. Aspectos generales

1.3.1. Ubicación

La comunidad campesina Santa Catalina se encuentra en la margen izquierda del río Chancay, a 4.6 km al noroeste de Pacaraos. Políticamente pertenece al distrito Santa Cruz

de Andamarca, provincia Huaral, departamento Lima (figura 2); en las siguientes coordenadas UTM (WGS84 – Zona 18s) (tabla 1):

Tabla 1. Coordenadas del área evaluada.

N°	UTM - WGS84 - Zona 18L		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	321149	8764133	11°10'31.37"	76°38'16.59"
2	322524	8762877	11°11'12.49"	76°37'31.49"
3	322193	8762190	11°11'34.79"	76°37'42.53"
4	320651	8762695	11°11'18.08"	76°38'33.26"
<i>COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL</i>				
C	321279	8763246	11°11'0.26"	76°38'12.4"

1.3.2. Accesibilidad

Se accede por vía terrestre desde la ciudad de Lima (Ingemmet-sede central), a través de la siguiente ruta (cuadro 1):

Cuadro 1. Rutas y accesos al área evaluada.

Ruta	Tipo de vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Lima – Huaral	Carretera asfaltada	74.8	1h 45 minutos
Huaral – Santa Cruz de Andamarca	Trocha carrozable	83	4h 15 minutos
Santa Cruz de Andamarca – Santa Catalina	Trocha carrozable	3.5	10 minutos

1.3.3. Población

A partir de la data disponible del sistema de Información geográfica del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI, 2017), la distribución poblacional de la comunidad campesina Santa Catalina asciende alrededor de 150 habitantes y 98 viviendas. Las viviendas en su mayoría están construidas de material rustico (adobe). La comunidad cuenta con una posta de salud y un local comunal. <http://sige.inei.gob.pe/test/atlas/>.

1.3.4. Clima

El departamento de Lima presenta climas variados a consecuencia de su heterogeneidad fisiográfica. Las precipitaciones también muestran una marcada diferencia en función de la vertiente en la que se registran las mediciones; el promedio general de precipitaciones en la zona suroeste de la región, en la vertiente occidental se encuentra por debajo de los 300 mm al año; mientras que, en la vertiente oriental andina, en la zona noreste, el promedio de precipitación es de 600 mm al año (Luque et al.,2020).

En la estación meteorológica de Santa Cruz de Andamarca, las lluvias más intensas se concentraron en verano, con picos como 210.6 mm en marzo (uno de los meses más lluviosos). Esto representa la tendencia típica de cinco meses secos (junio-octubre) con casi nada de lluvia y seis meses húmedos (noviembre-abril) con la mayoría de precipitación.

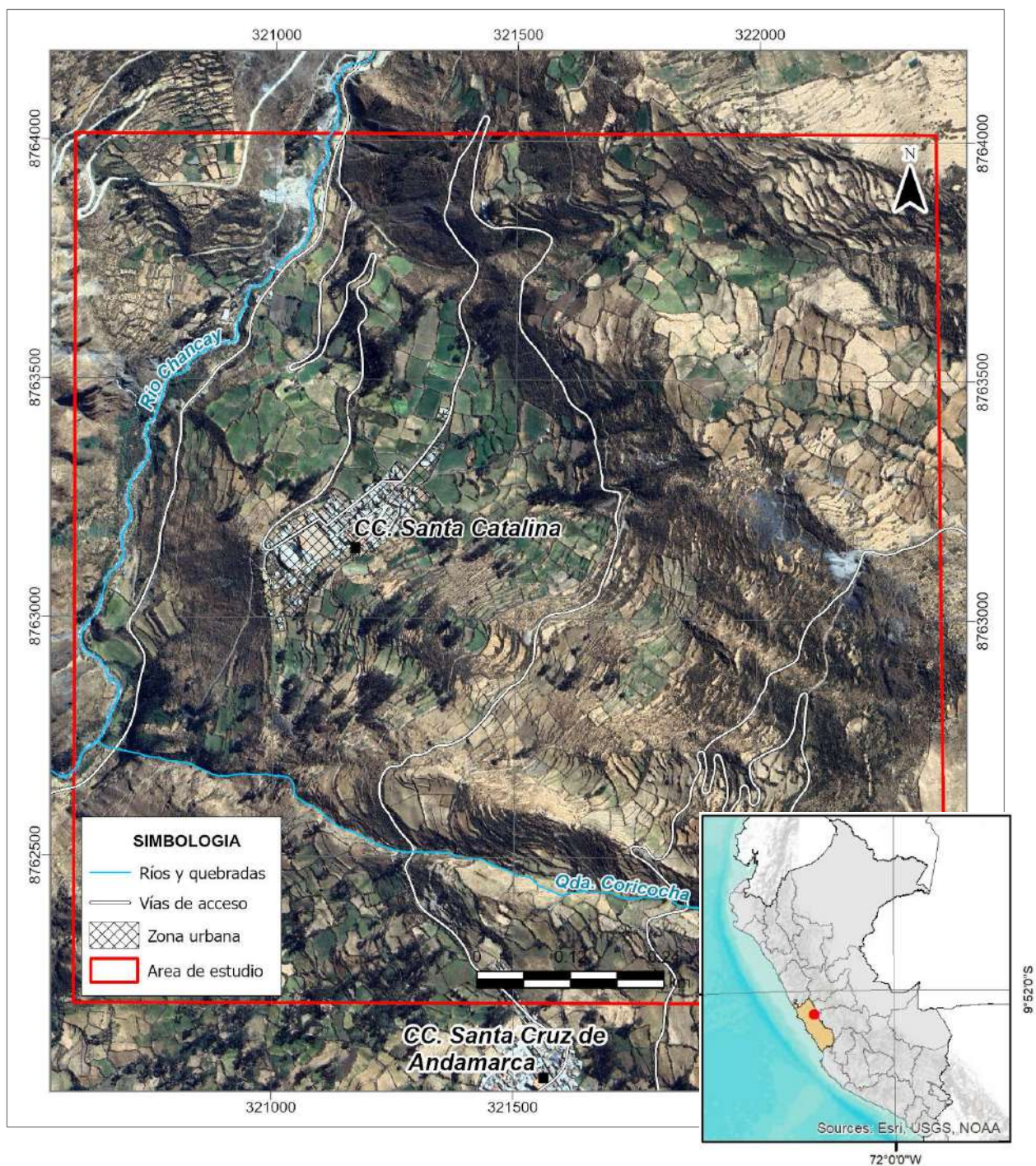


Figura 2. Ubicación de la comunidad campesina Santa Catalina, perteneciente al distrito Santa Cruz de Andamarca, provincia de Huaral, departamento Lima.

2. DEFINICIONES

El presente glosario se describe según los términos establecidos en el Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007):

Actividad: La actividad de un movimiento en masa se refiere a tres aspectos generales del desplazamiento en el tiempo de la masa de material involucrado: el estado, la distribución y el estilo de la actividad. El primero describe la regularidad o irregularidad temporal del desplazamiento; el segundo describe las partes o sectores de la masa que se encuentran en movimiento; y el tercero indica la manera como los diferentes movimientos dentro de la masa contribuyen al movimiento total. El estado de actividad de un movimiento en masa puede ser: activo, reactivado, suspendido, inactivo latente, inactivo abandonado, inactivo estabilizado e inactivo relicto (WP/WLI, 1993).

Activo: Movimiento en masa que actualmente se está moviendo, bien sea de manera continua o intermitente.

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

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

Erosión de laderas: Se manifiesta a manera de láminas, surcos y cárcavas en los terrenos. Un intenso patrón de estos tipos de erosiones se denomina tierras malas o bad lands. Este proceso comienza con canales muy delgados cuyas dimensiones, a medida que persiste la erosión, pueden variar y aumentar desde estrechas y poco profundas (< 1 m) hasta amplias y de varios metros de profundidad.

Erosión fluvial: Proceso natural por el cual las corrientes de agua desgastan y transportan materiales de las orillas y el lecho de los ríos, modificando el relieve terrestre. Este fenómeno se produce cuando la energía del agua supera la resistencia del material del cauce, lo que puede causar el desprendimiento de partículas y su transporte aguas abajo.

Escarpe: 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 derrumbes se refiere a un rasgo morfométrico de ellos.

Factor condicionante: Se refiere al factor natural o antrópico que condiciona o contribuye a la inestabilidad de una ladera o talud, pero que no constituye el evento detonante del movimiento.

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

Fractura (crack). Corresponde a una estructura de discontinuidad menor en la cual hay separación por tensión, pero sin movimiento tangencial entre los cuerpos que se separan.

Inactivo: Estado de actividad de un movimiento en masa en el cual la masa de suelo o roca actualmente no presenta movimiento, o que no presenta evidencias de movimientos en el último ciclo estacional (WP/WLI, 1993).

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

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 complejo: Tipo de movimiento en masa que involucra una combinación de uno o más de los tipos principales de movimientos, ya sea dentro de las diferentes partes que componen la masa en movimiento, o en los diferentes estados de desarrollo del movimiento (Varnes, 1978). Los más comunes son: deslizamiento-flujo, derrumbe-flujo, deslizamiento-caída de rocas, deslizamiento-flujo, deslizamiento-reptación, entre otros.

Movimiento en masa Fenómeno de remoción en masa (Co, Ar), proceso de remoción en masa (Ar), remoción en masa (Ch), fenómeno de movimiento en masa, movimientos de ladera, movimientos de vertiente. Movimiento ladera abajo de una masa de roca, detritos o de tierras (Cruden, 1991).

Peligros geológicos: Son procesos o fenómenos geológicos que podrían ocasionar la muerte, lesiones u otros impactos a la salud. Daños a la propiedad, pérdida de medios de sustento y servicios, trastornos sociales y económicos o daños materiales. Pueden originarse al interior (endógenos) o en la superficie de la tierra (exógenos). Al grupo de endógenos pertenecen los terremotos, tsunamis, actividad y emisiones volcánicas; en los exógenos se agrupan los movimientos en masa (deslizamientos, aludes

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.

Zona crítica: Las zonas o áreas consideradas como críticas (Fidel et al., 2006), presentan recurrencia en algunos casos periódica a excepcional de peligros geológicos y geohidrológicos; alta susceptibilidad a procesos geológicos que puede causar desastres y alto grado de vulnerabilidad.

3. ASPECTOS GEOLÓGICOS

Este informe describe la geología de la zona de estudio, elaborada a partir de datos recolectados en campo y complementada con la información de la Carta Geológica del cuadrángulo de Ambo, hoja 21-k elaborado por De La Cuz y Jaimes (2003), a escala 1:50 000; donde se identificaron rocas sedimentarias, volcánicas y depósitos cuaternarios.

Mediante la cartografía geológica en campo, el análisis de imágenes satelitales y fotografías aéreas, se integró la información en el mapa geológico que se muestra en Mapa 1: Anexo 1.

3.1. Unidades Litoestratigráficas

En la zona de estudio afloran rocas del Cretácico, correspondiente al Grupo Goyllarisquizga, con sus formaciones Oyón, Chimú, Santa y Carhuaz; y rocas volcánicas del Cenozoico del Grupo Calipuy. Se identifican también depósitos cuaternarios de origen coluvio-deluvial (figura 3).

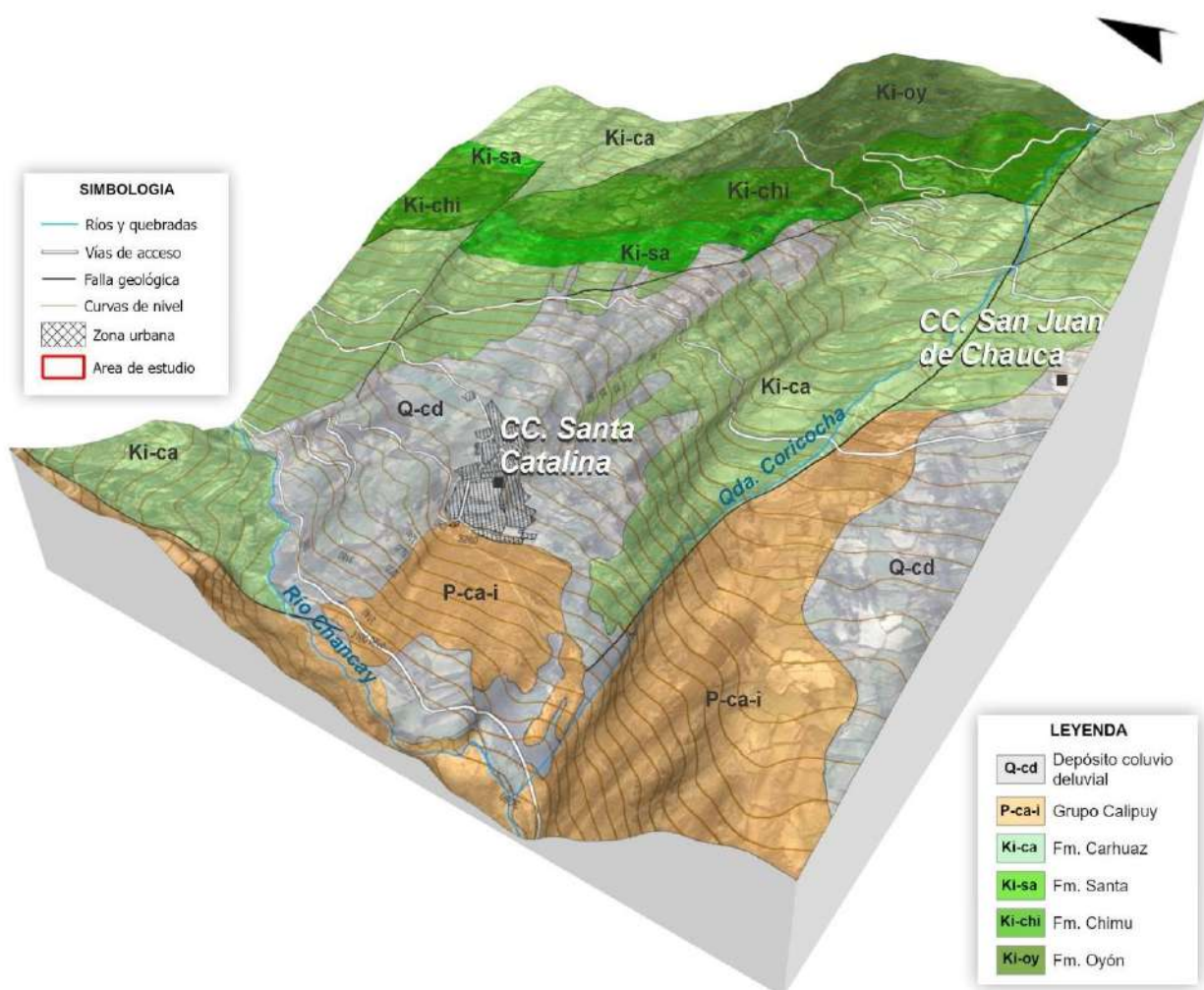


Figura 3. Block diagrama de la geología de la comunidad campesina Santa Catalina.

3.1.1. Formación Oyón (Ki-oy)

Aflora al sureste del área de estudio y forma parte del núcleo del eje de los anticlinales de la Formación Chimú, también parece por fallamiento al norte de Santa Cruz de Andamarca.

Está constituida por intercalación de estratos de cuarcitas y limoarenitas negras. Los estratos de cuarcitas son de color gris a gris blanquecino de grano medio a fino, de 10 a 30 cm de grosor, ocasionalmente sobrepasa el metro de grosor. Los estratos de limoarenitas generalmente son inferiores a un metro de grosor, el carbón que contienen es casi siempre impuro, el carbón antracítico se encuentra lenticularmente.

Estructuralmente las cuarcitas están muy craqueladas, los plegamientos disturbados, consecuentemente los estratos de limoarenitas carbonosas también. Estas características geológicas han condicionado la ocurrencia del deslizamiento en Santa Catalina.

3.1.1. Formación Chimú (Ki-chi)

Suprayace a la Formación Oyón. Litológicamente está compuesta por estratos gruesos de cuarciarenitas blanquecinas de grano medio, donde se observan estructuras sedimentarias con laminaciones oblicuas. Estas rocas están fuertemente recrystalizadas con granos deformados y poca matriz silíceas. El grosor de estos estratos es relativo debido al estado de masividad, logrando alcanzar grosores de 1 000 m por replegamiento (fotografía 1).

3.1.2. Formación Santa (Ki-sa)

Aflora al suroeste de Santa Catalina en secuencias continuas delgadas. Se encuentra sobreyaciendo concordantemente a la Formación Chimú e infrayaciendo a la Formación Carhuaz. Su litología está caracterizada por presentar afloramientos de calizas azulas a grises intercaladas con algunos horizontes de calizas arcillosas, en estratos medianos, superficialmente presentan una coloración marrón debido a la meteorización. Además, se presentan algo carstificadas con presencia de nódulos de tamaños variados y medianamente a muy fracturados.

3.1.1. Formación Carhuaz (Ki-ca)

Sobreyace progresivamente a la Formación Santa del Valanginiano e infrayace a la Formación Farrat; en esta parte la Formación Carhuaz se encuentra alterada y recrystalizada por hidrotermalismo con presencia de óxidos tornándose una coloración rojiza. Litológicamente está constituida por una intercalación de cuarciarenitas gris blanquecinas, lutitas pardas a rojizas, lutitas grises, con estructuras de ripple marks, en estratos delgados a medianos, que en conjunto no sobrepasan los 630 m de grosor.

La parte media-alta del deslizamiento de la comunidad campesina Santa Catalina se desarrolla sobre esta litología, cuya inestabilidad está favorecida por un grado de fracturamiento (muy fracturado) y una alta meteorización, condiciones que se manifiestan claramente en superficie.



Fotografía 1. Formación Chimú, localizado al noroeste de la comunidad campesina Santa Catalina. Está compuesto por areniscas de grano medio.



Fotografía 2. Vista de la Formación Carhuaz, ubicado al sureste de Santa Catalina. Está conformado por una intercalación de areniscas cuarzosas gris blanquecinas, lutitas pardas a rojizas, lutitas grises.



Fotografía 3. Vista macroscópica de una muestra de arenisca cuarzosa, color gris blanquecina.

3.1.1. Grupo Calipuy (P-ca-i)

Aflora en la parte media – baja del deslizamiento Santa Catalina. Esta constituido predominantemente por rocas volcánicas y volcanoclásticas de composición intermedia, correspondientes a un magmatismo calco-alcalino andesítico, ampliamente distribuido en la Cordillera Occidental. Asimismo, se incluyen como parte inferior del grupo a los volcánicos sedimentarios gris verdosos, rojizo violáceos que afloran en las inmediaciones de Pacaraos se incluye a las secuencias de tobas de cristales que afloran en la esquina SO.

Estructuralmente, las rocas del Grupo Calipuy se encuentran muy fracturadas, con presencia de diaclasas, fallas y planos de debilidad, lo que, sumado a la alta meteorización, favorecen el desarrollo de movimientos en masa, especialmente en zonas de pendiente pronunciada.



Figura 4. Vista macroscópica de rocas volcánicas tipo brechas andesíticas del Grupo Calipuy.

3.2. Depósitos superficiales

3.2.1. Depósito coluvio deluvial (Q-cd)

Son depósitos no consolidados, corresponden a acumulaciones de fragmentos heterométricos transportados por procesos gravitacionales tales como deslizamientos y derrumbes, combinados con la dinámica deluvial, por erosión asociada a la escorrentía pluvial.

Se encuentran dispuestos desde el río Chancay hasta la parte alta de la ladera oeste de la comunidad campesina Santa Catalina. Están compuestos por bloques, gravas, inmersos en una matriz areno limosa (figura 5), color marrón rojizo, en algunas zonas algo amarillentas. Presenta una estructura masiva, porosa y húmeda debido a la presencia de agua, que discurre ladera abajo. Estas condiciones lo convierten en zonas inestables, poco competentes y susceptible a la ocurrencia de movimientos en masa.

Desde el punto de vista geotécnico, estos depósitos son poco competentes y altamente deformables, presentando baja cohesión y resistencia al corte, lo que los hace muy susceptibles a procesos de remoción en masa. La presencia de agua incrementa su peso volumétrico, reduce la fricción interna y favorece la licuefacción parcial o reactivación de deslizamientos antiguos.



Figura 5. Depósito coluvio deluvial conformado por bloques, gravas, arenas, limos y contenido de arcillas, que se formó producto de la ocurrencia del deslizamiento en la comunidad campesina Santa Catalina.

4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

4.1. Pendientes del terreno

La pendiente del terreno es un parámetro fundamental en la evaluación de procesos de movimientos en masa, ya que actúa como un factor tanto condicionante como dinámico en su generación. Su análisis permite identificar zonas potencialmente inestables, especialmente en terrenos montañosos y con antecedentes de remociones en masa.

El mapa de pendientes de la Comunidad Campesina de Santa Catalina muestra una marcada variabilidad topográfica, controlada principalmente por la dinámica fluvial del río Chancay, la morfología de laderas y la configuración estructural del terreno. Se han identificado 5 rangos de pendiente que van de 1° a 5°, considerados como terrenos de pendiente baja; 5° a 15° pendiente moderada; 15° a 25° pendiente fuerte; 25° a 45° pendiente muy fuerte a escarpado; finalmente, mayor a 45° terreno con pendiente muy escarpado o abrupto (Anexo 1: mapa 3).

La Figura 6, muestra el mapa de pendientes de la zona de estudio, elaborado a partir de un modelo digital de elevación (MDE) con resolución espacial de 0.6 m/px, generado mediante fotogrametría con dron de la parte baja de la comunidad campesina Santa Catalina. Las pendientes muy altas (25°–45°) y abruptas (>45°) se concentran principalmente en el flanco oeste de Santa Catalina, asociados a escarpes naturales, laderas fuertemente disectadas y sectores próximos al encajonamiento del río Chancay. Estas áreas representan condiciones geomorfológicas desfavorables, con alta susceptibilidad a deslizamientos, caídas de rocas y procesos de erosión de ladera.

Predominan pendientes medias (5°–15°) a altas (15°–25°) en gran parte del área, especialmente en las laderas intermedias que circunscriben el río Chancay. Estas zonas corresponden a relieves disectados, con formas de ladera alargadas y drenaje superficial bien definido, donde los procesos de erosión y remoción en masa pueden activarse bajo condiciones de saturación o sismicidad.

Los rangos de pendiente presentes en el área de estudio se detallan en el Cuadro 2, en función de lo representado en el mapa de pendientes local.

Cuadro 2. Rangos de pendiente identificados en el área evaluada.

RANGO	DESCRIPCIÓN	SECTOR	UNIDAD GEOMORFOLÓGICA
5°-15°	Pendiente moderada	La comunidad campesina de Santa Catalina se encuentra sobre este rango de pendiente. También se observa en el fondo de valle del río Chancay.	Vertiente coluvio deluvial
15°-25°	Pendiente fuerte	Se observa en la parte oeste de Santa Catalina, circundando el río Chancay.	Vertiente coluvio deluvial
25°-45°	Pendiente muy fuerte o escarpada	Se observa en mayor proporción en la parte oeste de Santa Catalina, circundando el río Chancay.	Ladera en roca volcánica. Vertiente coluvio deluvial
>45°	Pendiente muy abrupta	Se observa en la parte oeste de Santa Catalina, circundando el río Chancay.	Ladera en roca volcánica. Vertiente coluvio deluvial

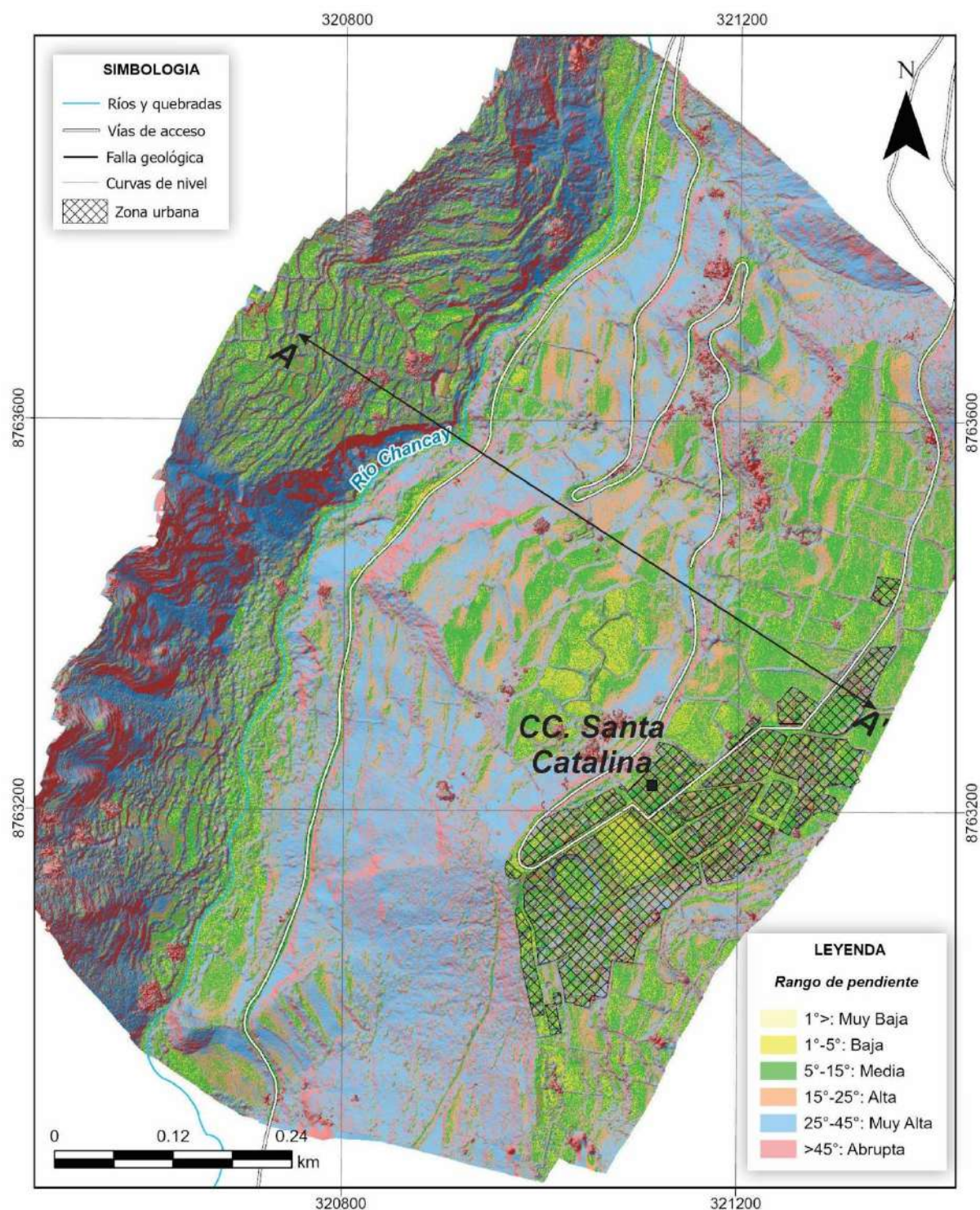


Figura 6. A) Rangos de pendiente de la zona de estudio.

El perfil A–A' (figura 7) representa un corte transversal al valle del río Chancay y la ladera donde se emplaza la comunidad campesina Santa Catalina, mostrando la relación entre la topografía, la litología y los procesos de inestabilidad de laderas.

El perfil muestra un plano de falla inferido, asociado a un deslizamiento reactivado, que presenta una geometría suavemente inclinada hacia el valle. Este plano condiciona el comportamiento del movimiento en masa, actuando como superficie preferencial de

deslizamiento, probablemente favorecida por la meteorización de la roca, el fracturamiento y la infiltración de agua.

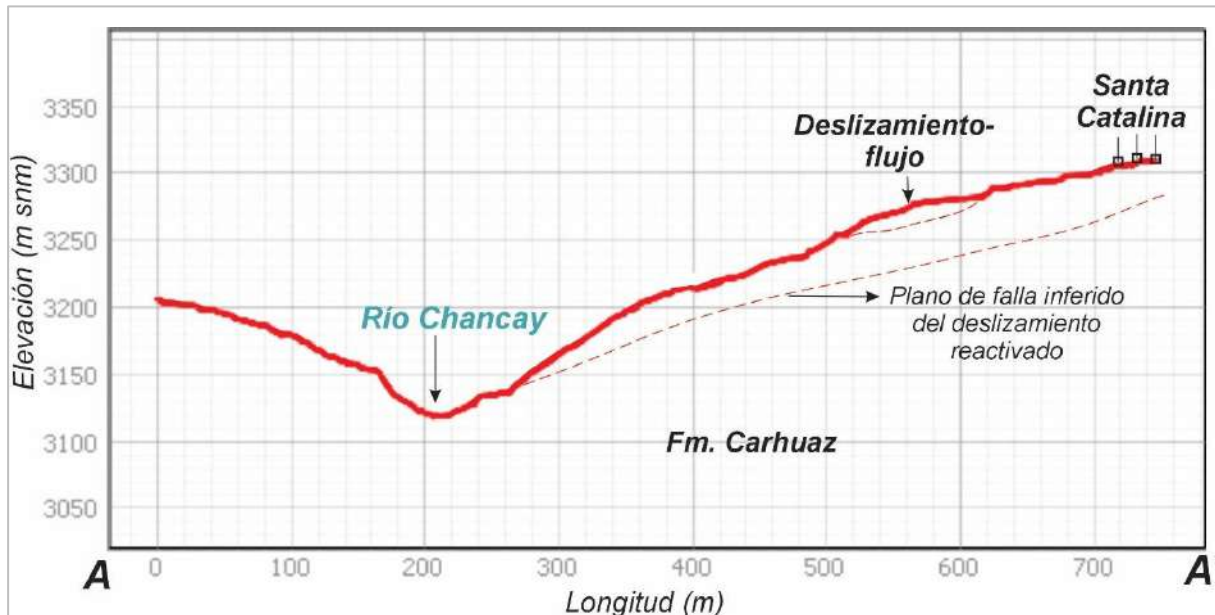


Figura 7. Perfil topográfico A-A' interpretado, se trazó de manera transversal al río Chancay, hasta la comunidad campesina Santa Catalina.

4.2. Índice topográfico de Humedad (TWI)

El Índice Topográfico de Humedad (TWI) es una herramienta que permite identificar zonas con potencial acumulación de humedad superficial, influenciada por las características topográficas del terreno. Este índice, derivado del análisis de Modelos Digitales de Elevación (DEM), combina la pendiente y la acumulación de flujo para delimitar áreas propensas a la saturación. El procesamiento se realizó utilizando el software SAGA GIS.

Las zonas con mayor concentración de TWI, observa predominantemente en los fondos de valle, quebradas y zonas adyacentes al río Chancay, así como en sectores con pendientes suaves a moderadas donde se favorece la convergencia del escurrimiento superficial. Estas áreas corresponden a ambientes de acumulación de humedad, con mayor probabilidad de saturación del suelo, incremento de la presión de poros y, por tanto, mayor susceptibilidad a deslizamientos y flujos de detritos, especialmente durante periodos de lluvias intensas.

Las zonas con menor concentración de TWI se distribuye principalmente en las partes altas de las laderas y divisorias, caracterizadas por pendientes pronunciadas y un drenaje eficiente. En estos sectores predomina la dispersión del flujo superficial, lo que limita la acumulación de humedad y reduce la posibilidad de saturación del material superficial.

Cabe destacar que el área urbana de Santa Catalina se emplaza parcialmente sobre zonas con ITW medio a alto, lo cual constituye un factor condicionante relevante para la ocurrencia de procesos de inestabilidad, particularmente cuando se combina con litologías meteorizadas, fracturamiento estructural y modificaciones antrópicas del terreno (figura 8).

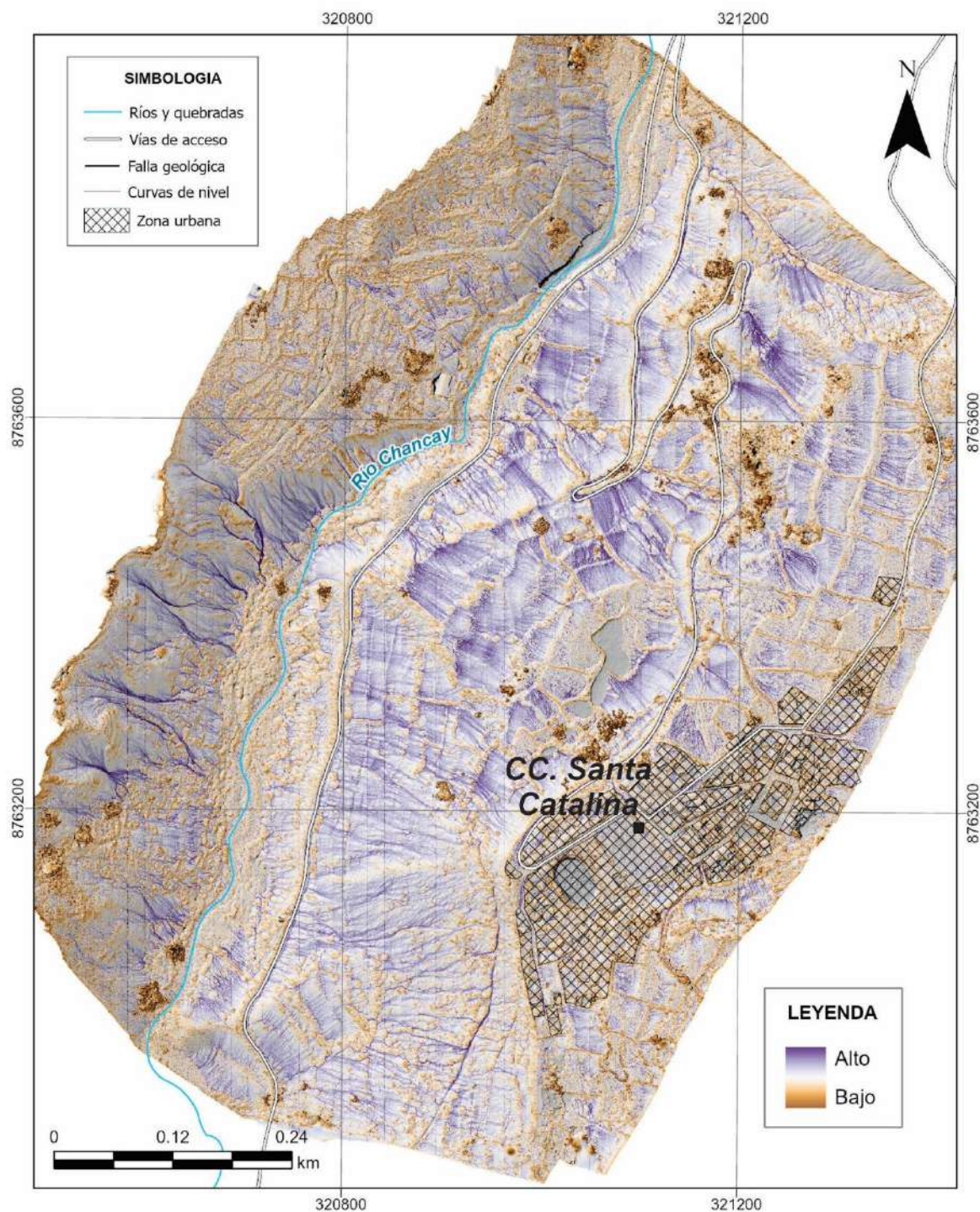


Figura 8 Mapa de Índice Topográfico de Humedad (TWI).

4.3. Unidades geomorfológicas

La identificación de unidades y subunidades geomorfológicas en el área de estudio, basada en criterios como la homogeneidad del terreno y el origen del relieve, es fundamental para comprender cómo se ha formado y cómo cambia el paisaje en esta zona. Este análisis permite clasificar y describir con mayor detalle las diferentes zonas según sus características del terreno y tipo de rocas, lo cual es muy útil para evaluar peligros geológicos y apoyar la planificación del uso del suelo.

En el Mapa 3 (Anexo 1) se pueden observar las subunidades geomorfológicas reconocidas en el área. Asimismo, en la Figura 9 se muestra la configuración del relieve actual de la comunidad campesina de Santa Catalina.

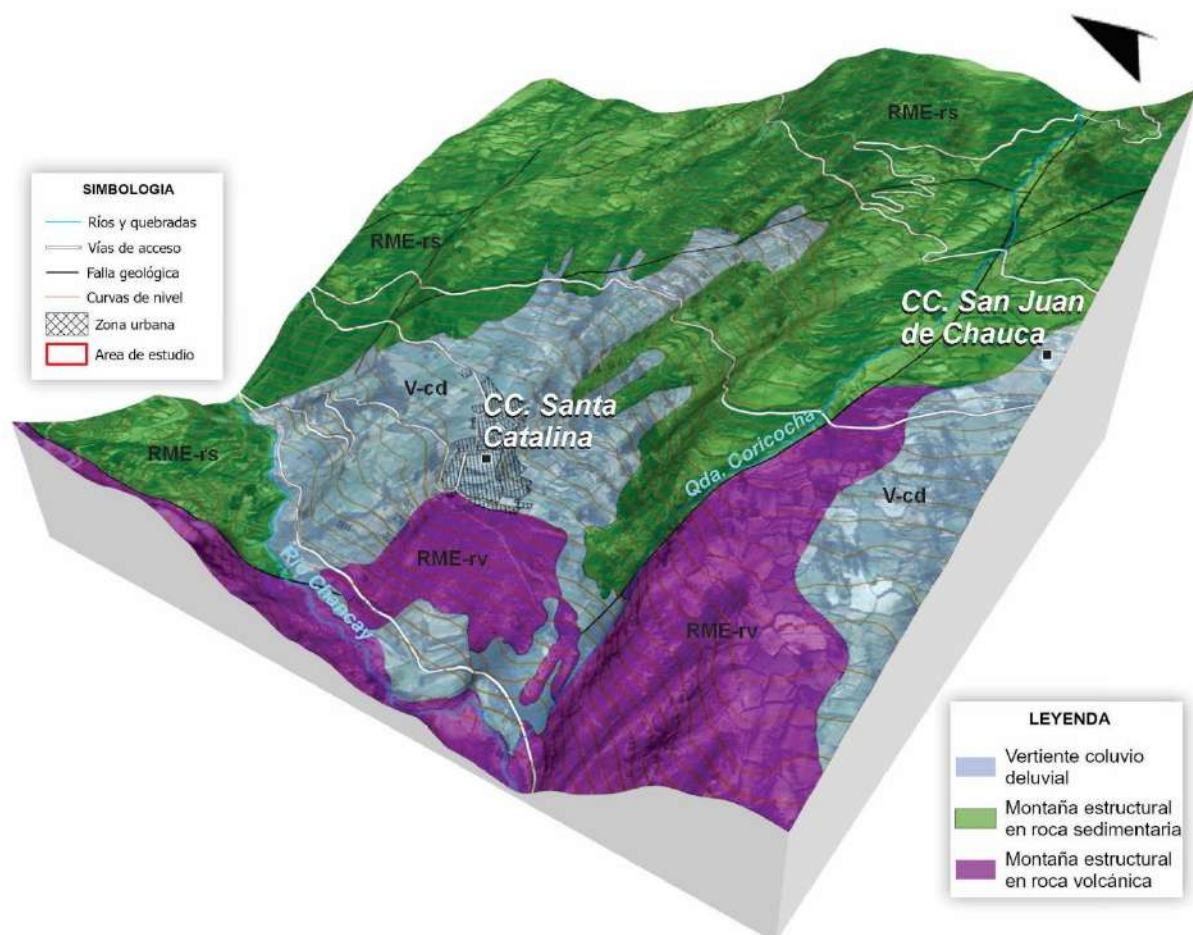


Figura 9. Unidades geomorfológicas expuestas en la comunidad campesina Santa Catalina. RME-rs. Montaña estructural en roca sedimentaria, RME-rv: Montaña estructural en roca volcánica, V-cd: Vertiente coluvio - deluvial.

4.3.1. Unidad de montaña

Esta es una de las unidades geomorfológicas más representativa. Presenta relieve abrupto o montañoso. Se caracteriza por presentar formaciones geológicas que superan los 300 m de altura en relación con el nivel del fondo de valle. Dentro de esta unidad se incluyen diversas geoformas típicas del paisaje montañoso, tales como crestas, cumbres, laderas empinadas y valles intermontanos. En el área de estudio, se han identificado las siguientes subunidades geomorfológicas:

Montaña estructural en roca sedimentaria (RME-rs): Esta unidad ocupa las partes altas del relieve de la comunidad campesina Santa Catalina. Está conformada por rocas sedimentarias de areniscas, limolitas y lutitas carbonosas, estas rocas tienen comportamiento variable frente a la erosión.

El relieve presenta cimas subredondeadas, resultado de la erosión diferencial y la meteorización física de las rocas, con pendientes empinadas a muy empinadas (mayores a 30°), lo que favorece la ocurrencia de procesos de remoción en masa como deslizamientos.

La disposición estructural de las capas sedimentarias, junto con la fracturamiento, condiciona la dirección de los drenajes y la orientación de las escarpas.

Montaña estructural en roca volcánica (RME-rv): Se encuentra en la parte media - baja del área de estudio, en contacto con las vertientes coluvio-deluviales; también se observa en la margen derecha del río Chancay. Presenta relieve escarpado, con pendientes fuertes a muy fuertes. Tiene superficies irregulares y laderas cortas, frecuentemente disectadas por quebradas. Está asociada a rocas volcánicas (lavas, brechas y piroclastos), con alto grado de fracturamiento.

Geodinámicamente, esta unidad está asociada a deslizamientos, derrumbes y caída de rocas.

4.3.2. Unidad de piedemonte

Vertiente coluvio deluvial (V-cd): Esta unidad corresponde a depósitos originados por acción combinada de procesos gravitacionales y escurrimiento superficial. Se asocian a movimientos en masa de diversa magnitud, que van desde deslizamientos menores hasta eventos de gran escala.

En el área de estudio, estos depósitos se localizan desde la ladera baja hasta la parte alta de Santa Catalina. Configuran un relieve suavemente ondulado a irregular, resultado de antiguos procesos de deslizamientos (figura 10). Las pendientes en esta unidad varían de moderadas a fuertes, llegando en algunos sectores a inclinación abrupta, lo que favorece la continuidad de procesos erosivos y de inestabilidad. Desde el punto de vista geodinámico, esta unidad está asociada a procesos como deslizamientos y derrumbes.

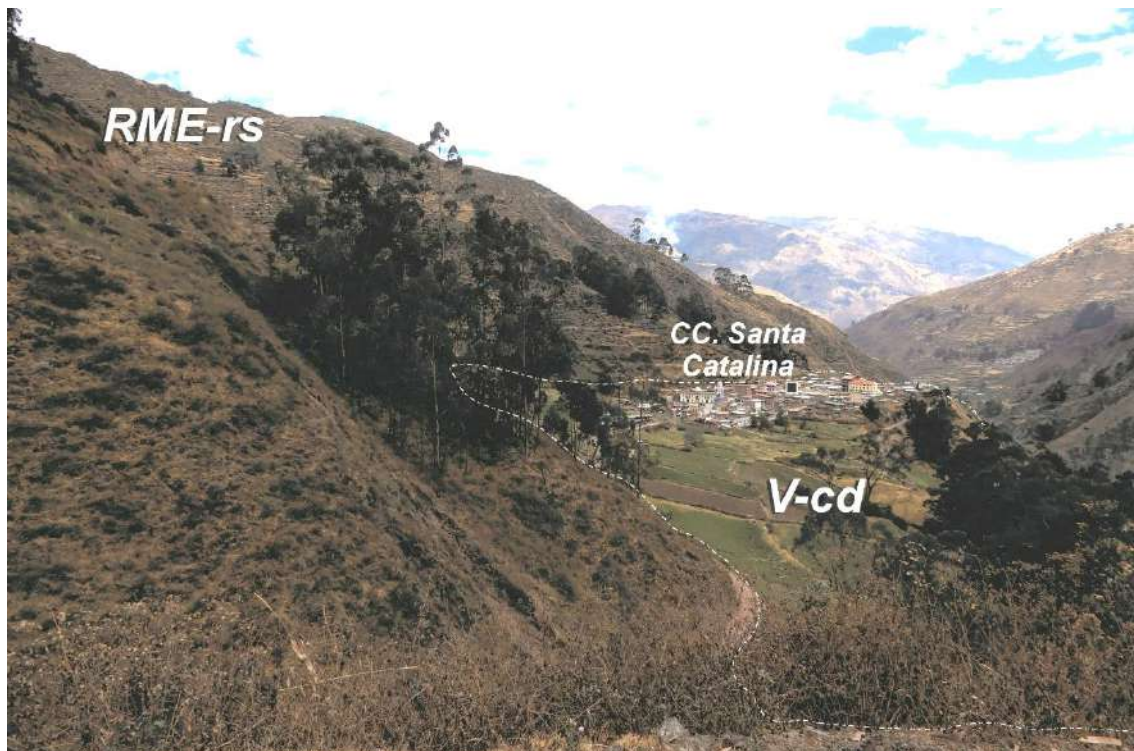


Figura 10. Vista del relieve que configura la ladera suroeste de la comunidad campesina Santa Catalina.

5. PELIGROS GEOLÓGICOS

Los peligros geológicos identificados en la comunidad campesina Santa Catalina, corresponden a movimientos en masa tipo deslizamientos, movimiento complejo (deslizamiento-flujo) y derrumbes (figura 11); en conjunto estos eventos abarcan un área de aproximada de 144 ha. El paisaje resultante de estos peligros es producto del proceso de modelamiento del terreno, influenciado por las características del macizo rocoso, los depósitos de eventos antiguos y la intervención antrópica (Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas, 2007) (Anexo 1: Mapa 4).

A continuación, se describirá los peligros geológicos identificados en la comunidad campesina Santa Catalina.

5.1. Deslizamiento

En este acápite se describirá únicamente el deslizamiento reactivado, debido a su actividad reciente.

Santa Catalina se encuentra asentada sobre el cuerpo de un deslizamiento antiguo, cuyo depósito ha generado una morfología convexa en la parte baja del área de estudio, específicamente en la margen izquierda del río Chancay. Sobre estos depósitos se desarrollan actualmente terrenos de uso agrícola, lo que evidencia la estabilidad relativa superficial, aunque condicionada por procesos de reactivación.

La zona de arranque del deslizamiento afectó principalmente rocas sedimentarias del Grupo Goyllarizquisga, mientras que en la parte media del movimiento se encuentran comprometidas rocas volcánicas del Grupo Calipuy, lo que evidencia la influencia litológica en la dinámica del proceso.

En la parte central del poblado se identifica un bloque rocoso con una longitud aproximada de 1.5 m y un ancho de 0.80 m (figura 12), sobre el cual se ha construido una vivienda. Se infiere que este bloque corresponde al material desplazado durante un evento de deslizamiento de gran magnitud, asociado al primer episodio de inestabilidad del área.

En la parte baja del deslizamiento se observó canales de drenaje sin revestimiento y zonas con surgencia de agua (fotografía 4), las cuales favorecen la saturación del terreno y el incremento de la presión de poros. Estas condiciones han propiciado la reactivación del deslizamiento, manifestándose actualmente como un movimiento complejo de tipo deslizamiento – flujo.

Características visuales:

A continuación, se detalla las características más relevantes del deslizamiento reactivado:

- Estado de actividad: Reactivado por sectores
- Superficie de rotura inferida: Rotacional
- Forma de la corona: Semicircular
- Estilo de la corona: Única
- Longitud de la corona: ~ 490 m.
- Desnivel entre la escarpa principal y el pie del deslizamiento: ~1.4 km
- Salto principal o desplazamiento vertical (DV): Erosionado
- Ancho promedio de evento: ~ 650 m.
- Área de deslizamiento reactivado: 76 ha
- El avance de la reactivación de deslizamiento: Progresivo

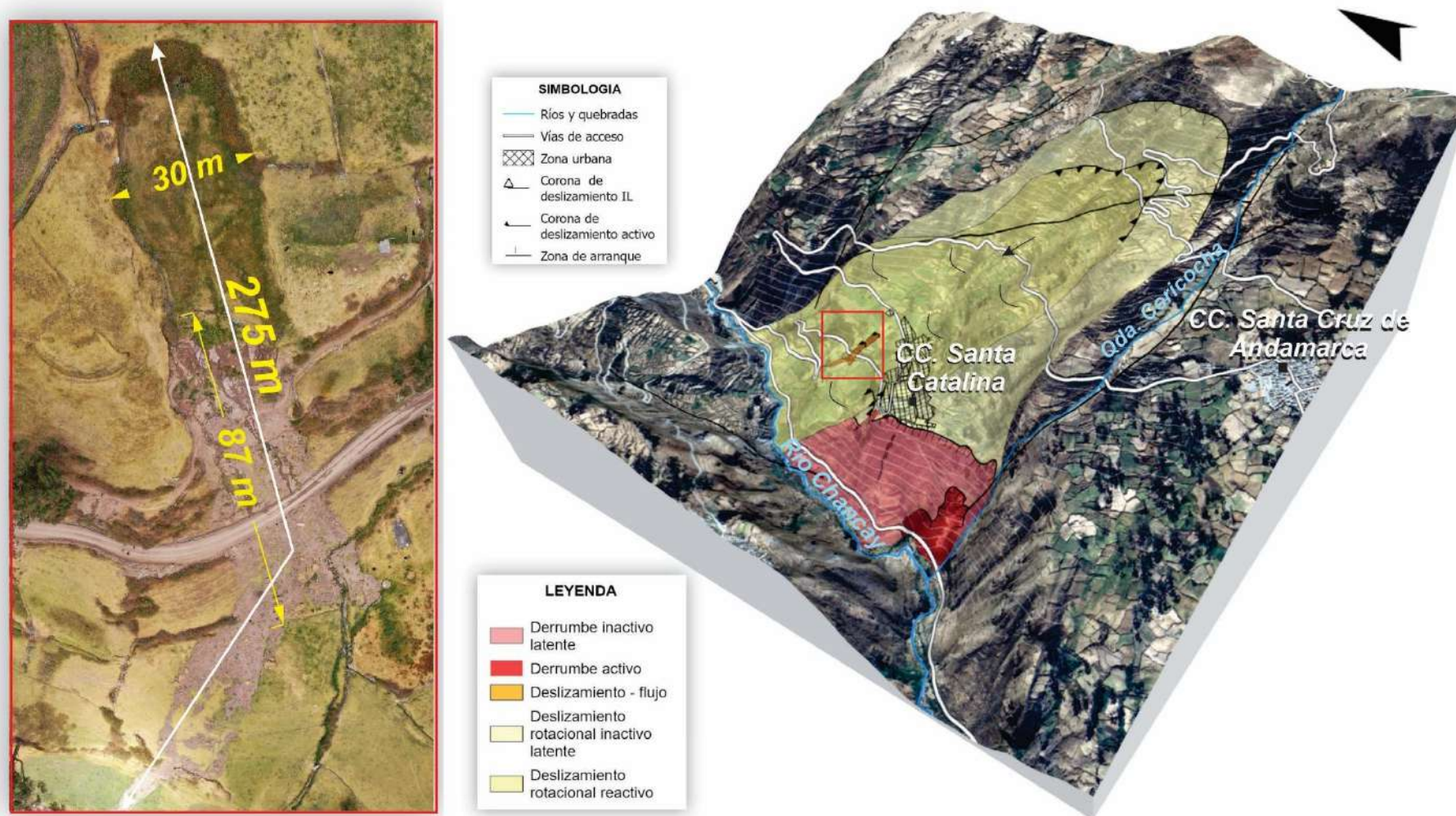


Figura 11. Block diagrama de la cartografía de movimientos en masa producidos en la comunidad campesina Santa Catalina.



Figura 12. Bloque de una longitud de 5 m y un ancho de 0.80 m transportado por el deslizamiento reactivado.



Fotografía 4. Canal de drenaje sin revestimiento que atraviesa la comunidad campesina Santa Catalina.

5.2. Movimiento complejo (deslizamiento - flujo)

En el año 2025, en la parte baja del deslizamiento reactivado, hacia el noroeste de Santa Catalina, se produjo un movimiento en masa de tipo complejo (deslizamiento–flujo), el cual afectó aproximadamente 20 m de la trocha carrozable (figura 13), que conduce a la comunidad campesina referida.

El evento inició como un deslizamiento rotacional, caracterizado por una corona principal de geometría semicircular (fotografía 5). En la Figura 13A se observa el plano de falla donde se desarrolló el deslizamiento, el cual está constituido por depósitos heterogéneos conformados por bloques, gravas, gránulos, arenas, limos y arcillas, correspondientes a materiales de deslizamientos antiguos.

Posteriormente, el deslizamiento evolucionó a un flujo, debido a la abundante presencia de agua que desciende desde la parte alta de Santa Catalina y se acumula en la parte posterior del deslizamiento activo, en forma de bofedal (figura 13C)

Durante la inspección de campo, se evidenció acumulación de agua tanto al pie de la escarpa como en la corona del deslizamiento (figura 13B, fotografía 6), así como filtración de agua a la altura de la trocha carrozable (fotografía7). Estas aguas discurrieron ladera abajo hasta infiltrarse en el terreno, generando condiciones de humedecimiento y saturación que incrementan la susceptibilidad a nuevos deslizamientos, los cuales podrían alcanzar dimensiones similares o mayores al evento ocurrido.

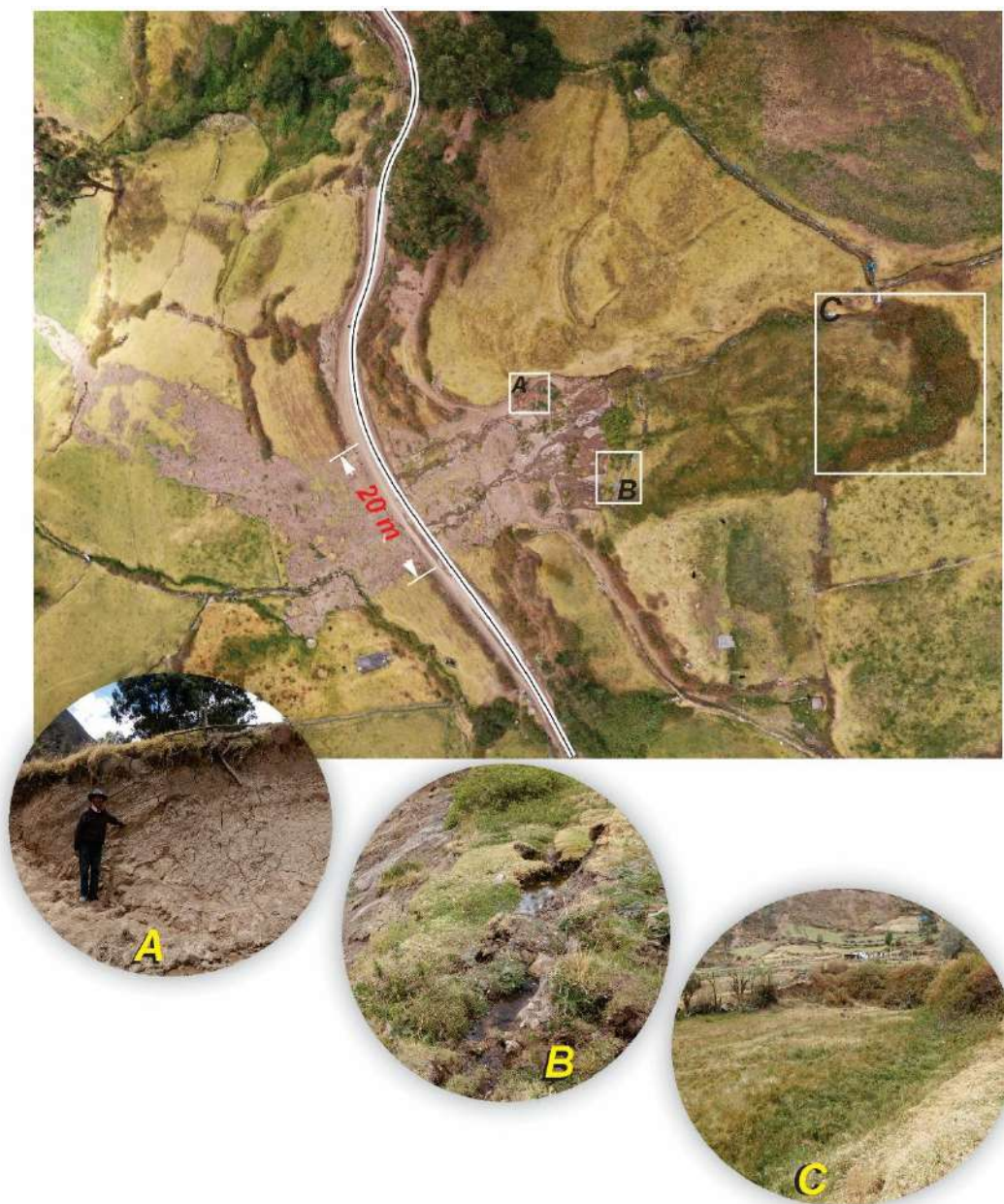


Figura 13. Canal de drenaje que atraviesa la comunidad campesina Santa Catalina.

En ambos flancos del deslizamiento reciente se observan agrietamientos paralelos a la escarpa, lo que indica que el evento presenta un potencial incremento en su extensión y magnitud (fotografía 8).



Fotografía 5. Corona del deslizamiento activo. Presenta forma semicircular.



Fotografía 6. Almacenamiento de agua al pie del escarpe del deslizamiento - flujo.



Fotografía 7. El agua proveniente de la parte alta, discurre ladera abajo por el cuerpo del deslizamiento - flujo.



Fotografía 8. Vista de agrietamiento en el flanco derecho del deslizamiento – flujo, altura de la trocha carrozable.

Por otro lado, hacia el suroeste del movimiento complejo (figura 14A) y al oeste del poblado de Santa Catalina, se identificaron dos zonas de desplazamiento con saltos de entre 30 y 60 cm. La primera presenta una longitud aproximada de 155 m, mientras que la segunda alcanza los 85 m. Estos movimientos en masa evidencian un proceso activo de inestabilidad del terreno.

La primera corona de deslizamiento se localiza a una distancia aproximada de 3.5 m de las viviendas más cercanas del poblado de Santa Catalina; de continuar el proceso de manera retrógrada, podría comprometer directamente a las viviendas asentadas en las inmediaciones de dicha corona (figura 14B).

Asimismo, se observaron agrietamientos longitudinales y transversales a lo largo de la trocha carrozable que conduce a Santa Catalina. Estas grietas presentan aperturas que varían entre 20 y 40 cm, con una profundidad visible de hasta 1 m (figura 14C).

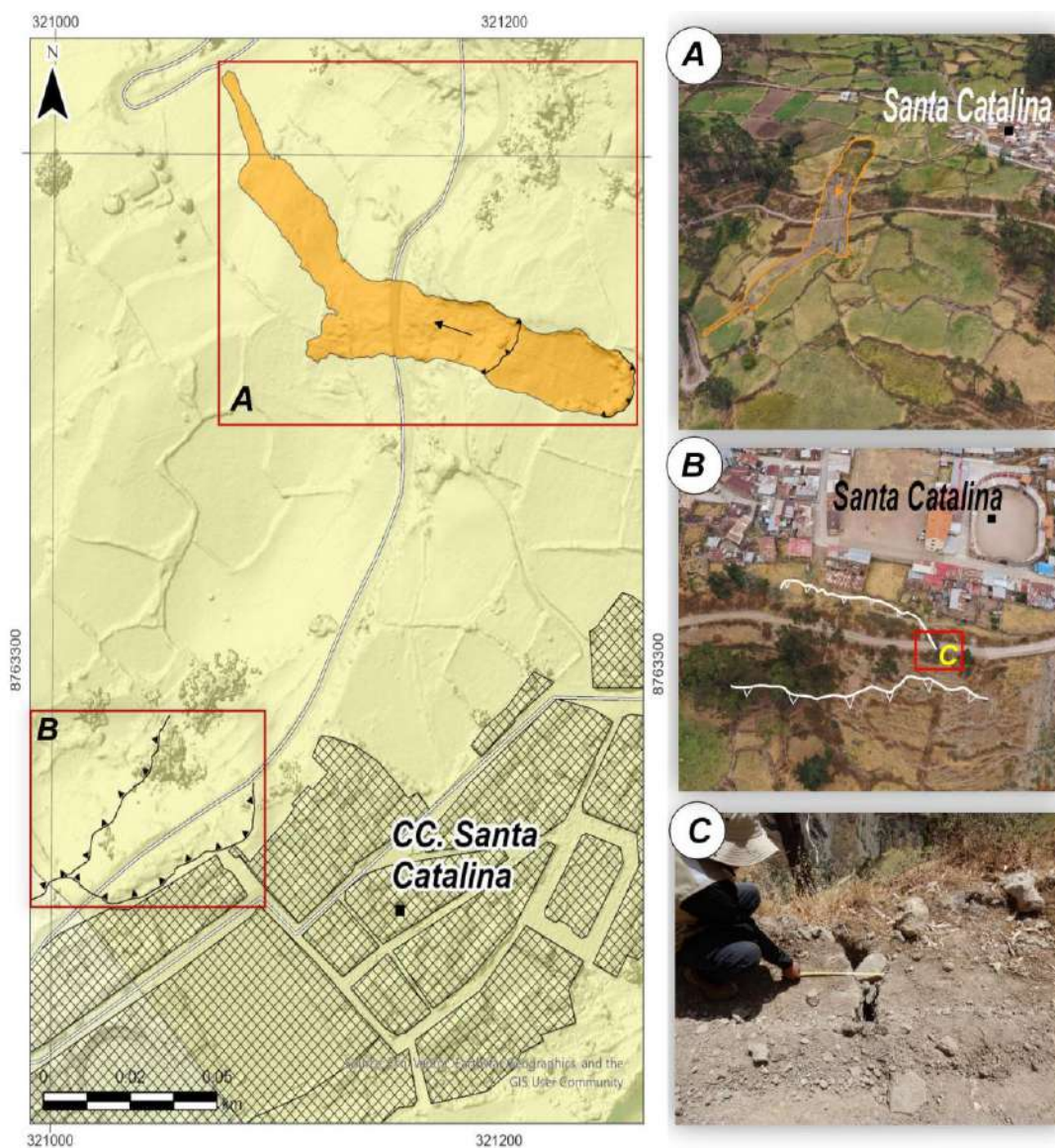


Figura 14. A) Vista del movimiento complejo, tipo deslizamiento – flujo. B) Desplazamientos que podría afectar viviendas de la comunidad campesina Santa Catalina. C) Agrietamiento transversal a la trocha carrozable que conduce a Santa Catalina.

5.3. Caída - derrumbes

En la zona de estudio se identificaron derrumbes. Están localizados en la parte baja de la comunidad campesina Sata Catalina, asociados al flanco izquierdo del deslizamiento reactivado.

Estos derrumbes movilizados presentan una alta pendiente y escasa vegetación, condiciones que favorecen la inestabilidad local. Uno de los derrumbes más representativos se produjo al suroeste de Santa Catalina, adyacente a la trocha carrozable que conduce al poblado referido. Este derrumbe está compuesto por bloques sueltos, gravas, arenas y limos. Tiene una longitud aproximada de 95 m (figura 15).



Figura 15. Vista de derrumbe producido en la ladera suroeste de Santa Catalina, debajo de la trocha que conduce a dicho poblado.

Asimismo, se identificaron derrumbes desencadenados por procesos de filtración de agua. En la Figura 16 se muestra un derrumbe con una extensión aproximada de 130 m, cuyo origen se localiza en una zona de surgencia de agua, la cual actuó como factor detonante del movimiento en masa. El material de este derrumbe llegó muy próximo al primer nivel de corte de la trocha carrozable, incrementando la condición de inestabilidad del talud.

En la parte baja de Santa Catalina se identificaron pequeños derrumbes que afectaron un tramo aproximado de 123 m de la trocha carrozable que conduce a dicho poblado (fotografía 9). En esta zona se observan surgencias de agua que, sumadas al corte del talud para la habilitación de la vía, coadyuvaban a la ocurrencia de estos eventos de inestabilidad.



Figura 16. Vista de derrumbes desencadenado por la presencia de surgencias de agua.



Fotografía 9. Derrumbes producidos en la parte baja de Santa Catalina.

5.4. Factores condicionantes

Los factores condicionantes (cuadro 3) en el desarrollo y expansión de movimientos en masa en la comunidad campesina Santa Catalina, son:

Cuadro 3. Factores condicionantes de los procesos por movimientos en masa.

Procesos o causas naturales	Características	Peligros geológicos inducidos
Factores geológicos - geotécnicos inherentes (factores de sitio)		
Litología del substrato-estructural	La ocurrencia del deslizamiento en la comunidad campesina Santa Catalina está condicionada por las características litológicas de las unidades geológicas aflorantes. La Formación Oyón, constituida por intercalaciones de cuarcitas y limoarenitas carbonosas, presenta estratos intensamente craquelados y deformados, generando planos de debilidad. La Formación Chimú está compuesta por cuarciarenitas masivas y recrystalizadas, de mayor competencia, aunque su fuerte replegamiento produce contrastes mecánicos con las unidades adyacentes. La Formación Santa, integrada por calizas fracturadas y parcialmente carstificadas, favorece la infiltración de agua y la pérdida de cohesión. La parte media–alta del deslizamiento se desarrolla principalmente sobre la Formación Carhuaz, formada por intercalaciones de cuarciarenitas y lutitas muy fracturadas y meteorizables, lo que reduce la resistencia del macizo rocoso y condiciona la inestabilidad del área. En la parte media–baja del deslizamiento aflora el Grupo Calipuy, constituido por rocas volcánicas y volcanoclásticas, incluyendo secuencias de volcanosedimentarios y tobas de cristales. Estas rocas presentan un alto grado de fracturamiento, con diaclasas, fallas y planos de debilidad, que, sumados a la intensa meteorización, favorecen el desarrollo de movimientos en masa, especialmente en zonas de pendiente pronunciada.	Deslizamientos y derrumbes.
Tipo de suelo (naturaleza del suelo)	La inestabilidad en la comunidad campesina Santa Catalina se encuentra condicionada por la presencia de depósitos no consolidados, originados por la acumulación de fragmentos heterométricos transportados mediante procesos gravitacionales, como deslizamientos y derrumbes, combinados con dinámica deluvial asociada a la escorrentía pluvial. Estos depósitos se distribuyen desde el río Chancay hasta la parte alta de la ladera oeste de la	Derrumbes y deslizamientos

	comunidad y están constituidos por bloques y gravas inmersos en una matriz areno-limosa de color marrón rojizo a amarillento. Presentan una estructura masiva, alta porosidad y condiciones de humedad permanente debido a la circulación de agua ladera abajo, lo que les confiere un comportamiento geotécnico poco competente, con baja cohesión y resistencia al corte. Estas características, sumadas al incremento del peso volumétrico y la reducción de la fricción interna por la presencia de agua, los convierten en materiales altamente susceptibles a la ocurrencia y reactivación de movimientos en masa.	
Morfología y pendiente del terreno	La morfología del terreno constituye un factor condicionante clave en la ocurrencia de movimientos en masa en la comunidad campesina Santa Catalina, debido a la marcada variabilidad topográfica controlada por la dinámica fluvial del río Chancay, la configuración de laderas y la estructura del terreno. Las pendientes muy fuertes (25°–45°) y abruptas ($>45^{\circ}$) se concentran principalmente en el flanco oeste de Santa Catalina, asociadas a escarpes naturales, laderas fuertemente disectadas y zonas próximas al encajonamiento del río Chancay, constituyendo sectores geomorfológicamente desfavorables y altamente susceptibles a deslizamientos. Asimismo, predominan pendientes moderadas a fuertes (5°–25°) en las laderas intermedias que circunscriben el río, caracterizadas por relieves disectados y drenaje superficial bien desarrollado, donde los procesos de remoción en masa pueden activarse bajo condiciones de saturación del terreno o eventos sísmicos.	Derrumbes
Hidrológico-Hidrogeológico	La ocurrencia de derrumbes y deslizamientos en la comunidad campesina Santa Catalina estuvo directamente asociada a la presencia de surgencias de agua en diferentes sectores de la ladera. Estas surgencias, vinculadas a la infiltración y circulación subterránea a través de materiales fracturados y no consolidados, generaron un aumento sostenido del contenido de humedad y de las presiones intersticiales en los taludes. Como consecuencia, se produjo la reducción de la resistencia al corte de los materiales, favoreciendo la pérdida de estabilidad y el desencadenamiento de movimientos en masa. Asimismo, el flujo permanente de agua contribuyó a procesos de erosión interna y socavación en la base de los taludes, acelerando la ocurrencia y reactivación de derrumbes y deslizamientos, especialmente en zonas intervenidas por cortes de ladera y pendientes pronunciadas.	

5.5. Factores desencadenantes

Son aquellos eventos que provocan o aceleran los peligros geológicos. A continuación, se detallan los principales factores desencadenantes que influyen en la zona (cuadro 4):

Cuadro 4. Factores desencadenantes de los peligros geológicos.

Factores naturales del entorno geográfico		
Climáticos e Hidrológicos		
Precipitaciones pluviales	La zona de estudio se encuentra ubicada en una zona de alta pluviosidad. La recurrencia de lluvias intensas y prolongadas provoca la saturación de los suelos y/o macizos rocosos, lo que incrementa las presiones intersticiales dentro del terreno. El agua infiltrada a través de grietas, fracturas o discontinuidades geológicas reduce la resistencia al corte de los materiales y genera una sobrecarga adicional debido a su peso, condiciones que favorecen significativamente la ocurrencia de movimientos en masa.	Derrumbes y deslizamiento

5.6. Factores antrópicos

A continuación, se detallan los principales factores antrópicos que influyen en la ocurrencia de movimientos en masa (cuadro 5):

Cuadro 5. Factores desencadenantes de los peligros geológicos.

Factores naturales del entorno geográfico		
Climáticos e Hidrológicos		
Corte de talud	La intervención antrópica mediante el corte de taludes para la habilitación de la trocha carrozable ha influido en la ocurrencia de movimientos en masa en la comunidad campesina Santa Catalina. Estos cortes modificaron la geometría natural de las laderas, incrementando la pendiente y reduciendo el soporte basal del material, lo que generó condiciones de inestabilidad en taludes conformados por rocas fracturadas y depósitos inconsolidados. Asimismo, la ausencia de medidas de drenaje y estabilización favoreció la concentración e infiltración de agua en los taludes, acelerando procesos de erosión y disminuyendo la resistencia al corte de los materiales.	Derrumbes y deslizamiento

6. CONCLUSIONES

En base al análisis de información geológica, geomorfológica de la zona de estudio, así como a los trabajos de campo, y la evaluación de peligros geológicos, emitimos las siguientes conclusiones:

1. La ocurrencia de deslizamientos en la comunidad campesina Santa Catalina está condicionada por la presencia de unidades geológicas de diferentes competencias, muy fracturadas y altamente meteorizadas. Las intercalaciones de cuarcitas, limoarenitas, lutitas, calizas y rocas volcánicas generan múltiples planos de debilidad que reducen la resistencia del macizo rocoso. En particular, las formaciones Oyón, Carhuaz y el Grupo Calipuy presentan condiciones geomecánicas desfavorables debido a su intenso craquelamiento, alteración y heterogeneidad litológica, mientras que la Formación Santa favorece la infiltración de agua por procesos de fracturamiento y carstificación. En conjunto, estas características litológicas disminuyen la estabilidad de las laderas y predisponen al área al desarrollo y reactivación de movimientos en masa, especialmente cuando interactúan con pendientes pronunciadas y la presencia de agua.
2. En el contexto geomorfológico, se tiene laderas con pendientes muy fuertes a abruptas, localizados en el flanco oeste y en áreas próximas al encajonamiento del río Chancay, presentan condiciones geomorfológicas desfavorables que incrementan la susceptibilidad a deslizamientos y derrumbes. Asimismo, las laderas con pendientes moderadas a fuertes, distribuidas en el área de estudio, constituyen zonas de inestabilidad potencial, donde los procesos de remoción en masa pueden activarse o reactivarse ante condiciones de saturación del terreno o eventos sísmicos.
3. Las surgencias de agua constituyeron un factor desencadenante de los movimientos en masa en la comunidad campesina Santa Catalina, al incrementar el contenido de humedad y las presiones intersticiales en materiales fracturados y no consolidados. Esta condición redujo la resistencia al corte de los taludes, favoreciendo la pérdida de estabilidad. Adicionalmente, el flujo continuo de agua generó procesos de erosión interna y socavación en la base de las laderas, acelerando la ocurrencia de derrumbes, especialmente en sectores con pendientes pronunciadas y taludes intervenidos.
4. Los peligros geológicos identificados en la comunidad campesina Santa Catalina, corresponden a movimientos en masa tipo deslizamientos, movimiento complejo (deslizamiento-flujo) y derrumbes; en conjunto estos eventos afectan un área de aproximada de 144 ha.
5. La identificación de dos zonas de desplazamiento activo al suroeste del movimiento complejo y al oeste del poblado de Santa Catalina, con saltos de hasta 60 cm y longitudes de hasta 155 m, evidencian un proceso activo de inestabilidad. La proximidad de la corona principal a las viviendas, a una distancia aproximada de 3.5 m, representa una condición de alto peligro, ya que el avance retrogresivo del deslizamiento podría comprometer directamente la seguridad de la población. Asimismo, la presencia de agrietamientos

longitudinales y transversales en la trocha carrozable, con aperturas y profundidades considerables, confirma la deformación activa del terreno y el deterioro progresivo de la infraestructura vial.

6. Se considera que la intervención antrópica, a través del corte de taludes para la habilitación de la trocha carrozable, ha contribuido a la inestabilidad de las laderas en la comunidad campesina Santa Catalina. Estas modificaciones alteraron la geometría natural del terreno y redujeron el soporte basal de los materiales, favoreciendo el desarrollo de movimientos en masa en zonas conformadas por rocas fracturadas y depósitos inconsolidados.
7. Debido a las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas, se considera que la comunidad campesina Santa Catalina, como **Peligro Alto** ante la ocurrencia de movimientos en masa.

7. RECOMENDACIONES

A continuación, se brindan recomendaciones con la finalidad de mitigar el impacto de peligros asociados a movimientos en masa. Así mismo, la implementación de dichas recomendaciones permitirá darle mayor seguridad a las viviendas e infraestructura expuesta a los peligros antes mencionados.

NO ESTRUCTURALES

1. Implementar un monitoreo periódico y sistemático del deslizamiento reactivado de Santa Catalina, con especial énfasis durante la temporada de lluvias. Este monitoreo debe enfocarse en el cuerpo del deslizamiento, así como en la detección temprana de nuevos agrietamientos y en la evolución de los asentamientos identificados en la Figura 12B. Para ello, se sugiere el uso combinado de puntos de control geodésico, inspecciones visuales de campo para la identificación de desplazamientos superficiales, y técnicas de teledetección como imágenes satelitales y fotogrametría mediante drones, que permitan evaluar la dinámica y evolución del movimiento en masa de manera continua y precisa.
2. Se recomienda el sellado de los agrietamientos identificados en el cuerpo del deslizamiento y en la trocha carrozable, con el objetivo de evitar la infiltración directa de agua de lluvia y riego. El sellado debe realizarse utilizando material impermeable y flexible (como mortero arcilloso compactado, geomembranas cubiertas con material granular fino o mezclas suelo-cemento de baja rigidez), asegurando una adecuada compactación y continuidad superficial.
3. Alertar y sensibilizar a la población Santa Catalina sobre la presencia de los agrietamientos y asentamientos muy cerca de las viviendas de Santa Catalina.
4. Reforestar con especies nativas y raíz profunda las zonas desprovistas de vegetación. Esta medida tiene como finalidad mejorar la estabilidad superficial del suelo, reducir la erosión y controlar la escorrentía superficial. La selección de especies debe priorizar plantas profundamente enraizadas y adaptadas a las condiciones locales.
5. Prohibir la ejecución de nuevos cortes de talud o la ampliación de los existentes sin la realización previa de estudios geotécnicos y de estabilidad que evalúen las condiciones del terreno y garanticen la seguridad de las laderas.
6. Prohibir el riego por inundación de cultivos en el cuerpo del deslizamiento, debido a que incrementa la infiltración de agua y favorece la inestabilidad del terreno. En caso de optarse por sistemas de riego por aspersión, se recomienda limitar el tiempo de riego a pocas horas al día, de manera controlada. Asimismo, para cultivos con altos requerimientos hídricos, se debe evaluar la sustitución por especies que demanden menor cantidad de agua, a fin de reducir la saturación del suelo y el riesgo de reactivación del deslizamiento.

7. Las autoridades deben difundir a la comunidad en general, sobre la identificación de las zonas de peligro alto en sus jurisdicciones, a fin de hacerles participe con planes de preparación, evacuación y acción ante la ocurrencia de estos eventos, potenciales en magnitud e intensidad de peligrosidad.

ESTRUCTURALES

8. Implementar sistemas de drenaje superficial y subterráneo en el cuerpo del deslizamiento reactivado, movimiento complejo y zonas de drumble, con la finalidad de reducir la infiltración y evacuar de manera controlada el agua que circula por el macizo inestable. El drenaje superficial debe incluir cunetas revestidas, canales de coronación y desvíos de escorrentía que impidan el ingreso de aguas pluviales hacia las zonas de agrietamiento y coronas de deslizamiento - flujo. Asimismo, se sugiere la instalación de drenajes subterráneos, tales como zanjas drenantes, drenes horizontales o subdrenes con material filtrante, orientados a disminuir las presiones intersticiales y el nivel de saturación del terreno.

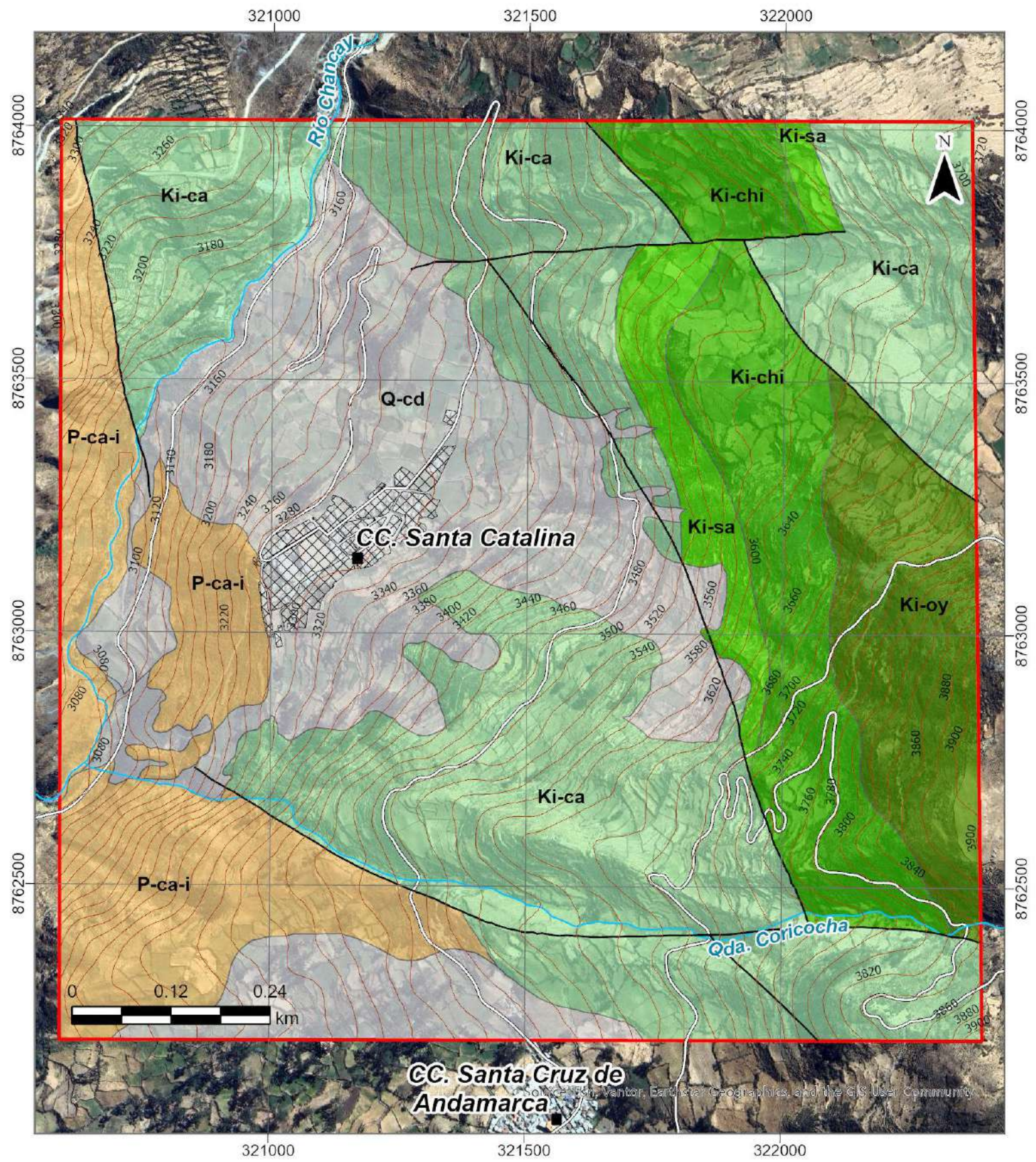
Nota: Estas obras deben ser diseñadas con base en estudios geotécnicos a detalle y topográficos, y complementarse con un programa de mantenimiento y monitoreo periódico para asegurar su funcionamiento y eficacia en el tiempo.

8. BIBLIOGRAFÍA:

- Cruden, D.M. & Varnes, D.J. (1996) - Landslides types and processes, en Turner, K., y Schuster, R.L., ed., *Landslide's investigation and mitigation: Washintong D. C, National Academy Press, Transportati3n researchs board Special Report 247*, p. 36-75.
- De La Cruz, J., & Jaimes, F. (2003). *Carta geol3gica del cuadr3ngulo de Ambo, Hoja 21-k*. Lima, Perú: Instituto Geol3gico, Minero y Metal3rgico (INGEMMET).
- Luque, G.; Rosado, M.; Pari, W.; Peña, F. & Huamán, M. (2020) - Peligro geol3gico en la regi3n Lima. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica, 76, 298 p., 9 mapas.
- Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007) - Movimientos en masa en la regi3n andina: una guía para la evaluaci3n de amenazas. Santiago: Servicio Nacional de Geología y Minería, 432 p., Publicaci3n Geol3gica <https://hdl.handle.net/20.500.12544/2830>.

ANEXO 1

MAPAS TEMATICOS DE LA COMUNIAD CAMPESINA SANTA CATALINA



SIMBOLOGIA

- Ríos y quebradas
- Vías de acceso
- Falla geológica
- Curvas de nivel
- Zona urbana
- Area de estudio

LEYENDA

- Q-cd Depósito coluvio deluvial
- P-ca-i Grupo Calipuy
- Ki-ca Fm. Carhuaz
- Ki-sa Fm. Santa
- Ki-chi Fm. Chimu
- Ki-oy Fm. Oyón

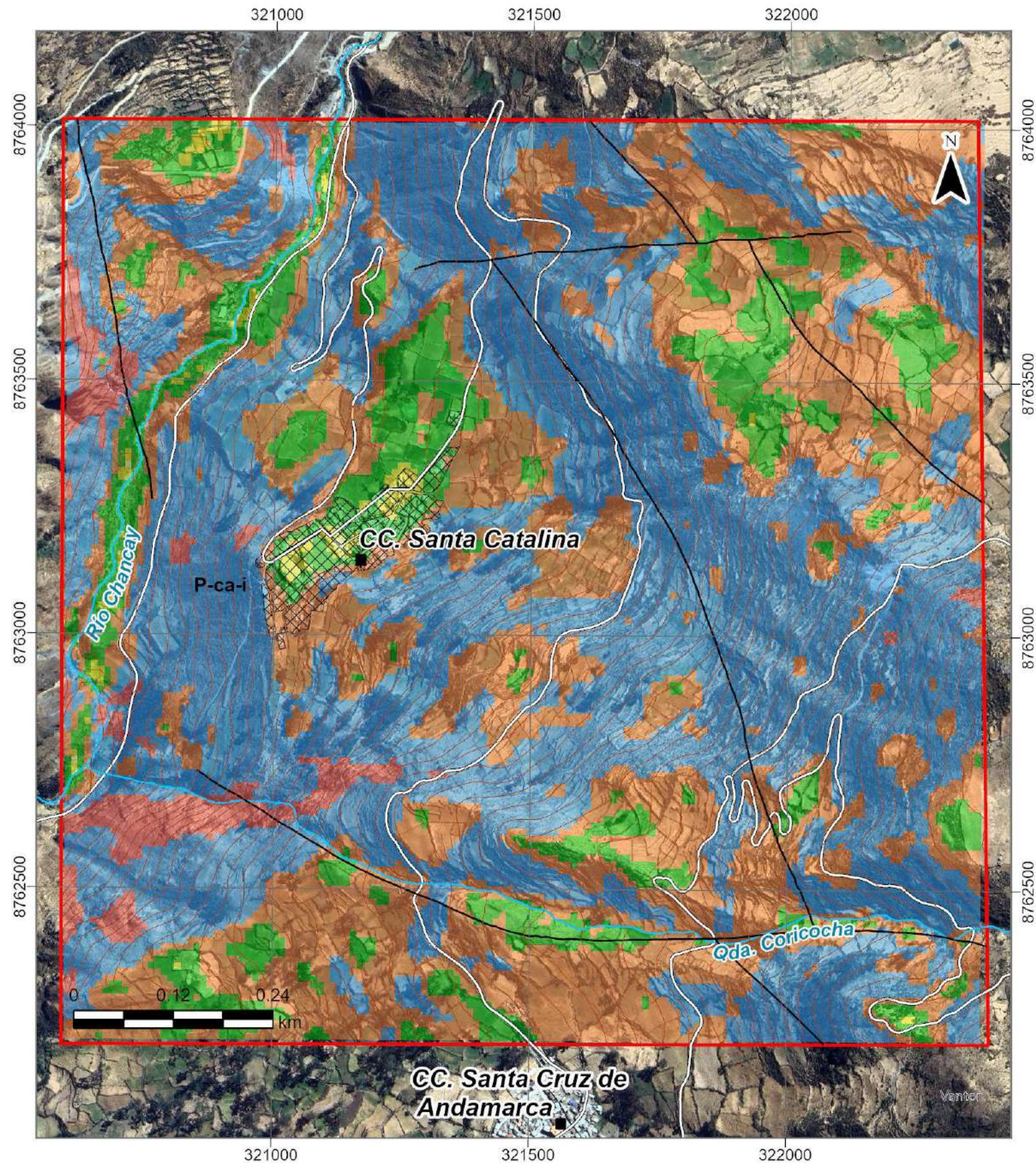
SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALURGICO

ACT. 16: SERVICIO DE ASISTENCIA TECNICA EN LA EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL

MAPA GEOLÓGICO DE LA COMUNIDAD CAMPESINA SANTA CATALINA

Escala 1:10 000 Datum UTM WGS 84 Zona 18s
Versión digital: año 2025 Impreso: Diciembre 2025

1



SIMBOLOGIA

- Ríos y quebradas
- Vías de acceso
- Falla geológica
- Curvas de nivel
- Zona urbana
- Area de estudio

LEYENDA

Rango de pendiente

- 1°>: Muy Baja
- 1°-5°: Baja
- 5°-15°: Media
- 15°-25°: Alta
- 25°-45°: Muy Alta
- >45°: Abrupta

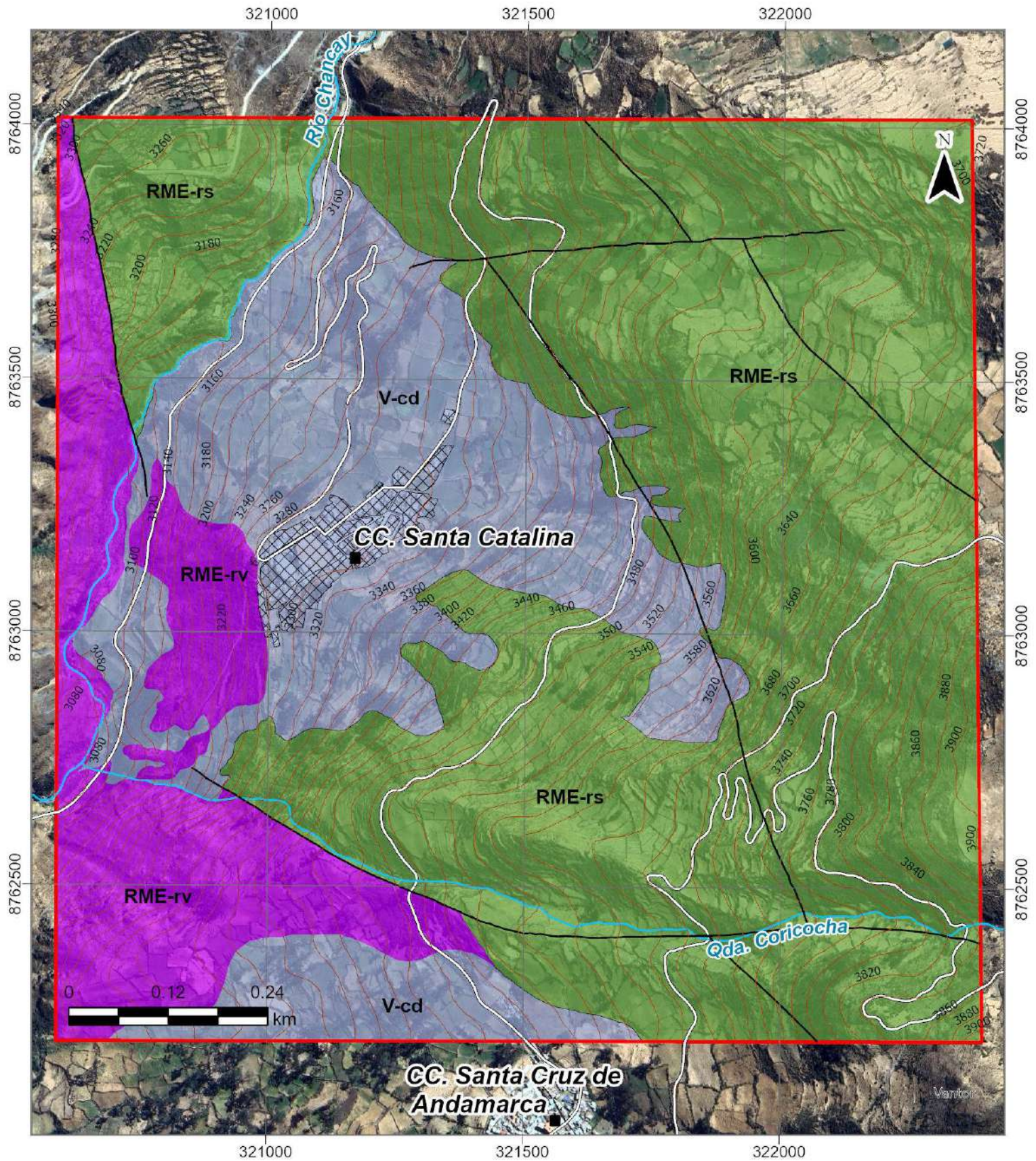
SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

ACT. 16: SERVICIO DE ASISTENCIA TÉCNICA EN LA EVALUACIÓN
 DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL

**MAPA DE PENDIENTE DE LA COMUNIDAD
 CAMPESINA SANTA CATALINA**

Escala 1:10 000 Datum UTM WGS 84 Zona 18s
 Versión digital: año 2025 Impreso: Diciembre 2025

2



SIMBOLOGIA

- Ríos y quebradas
- Vías de acceso
- Falla geológica
- Curvas de nivel
- Zona urbana
- Area de estudio

LEYENDA

- Vertiente coluvio deluvial
- Montaña estructural en roca sedimentaria
- Montaña estructural en roca volcánica

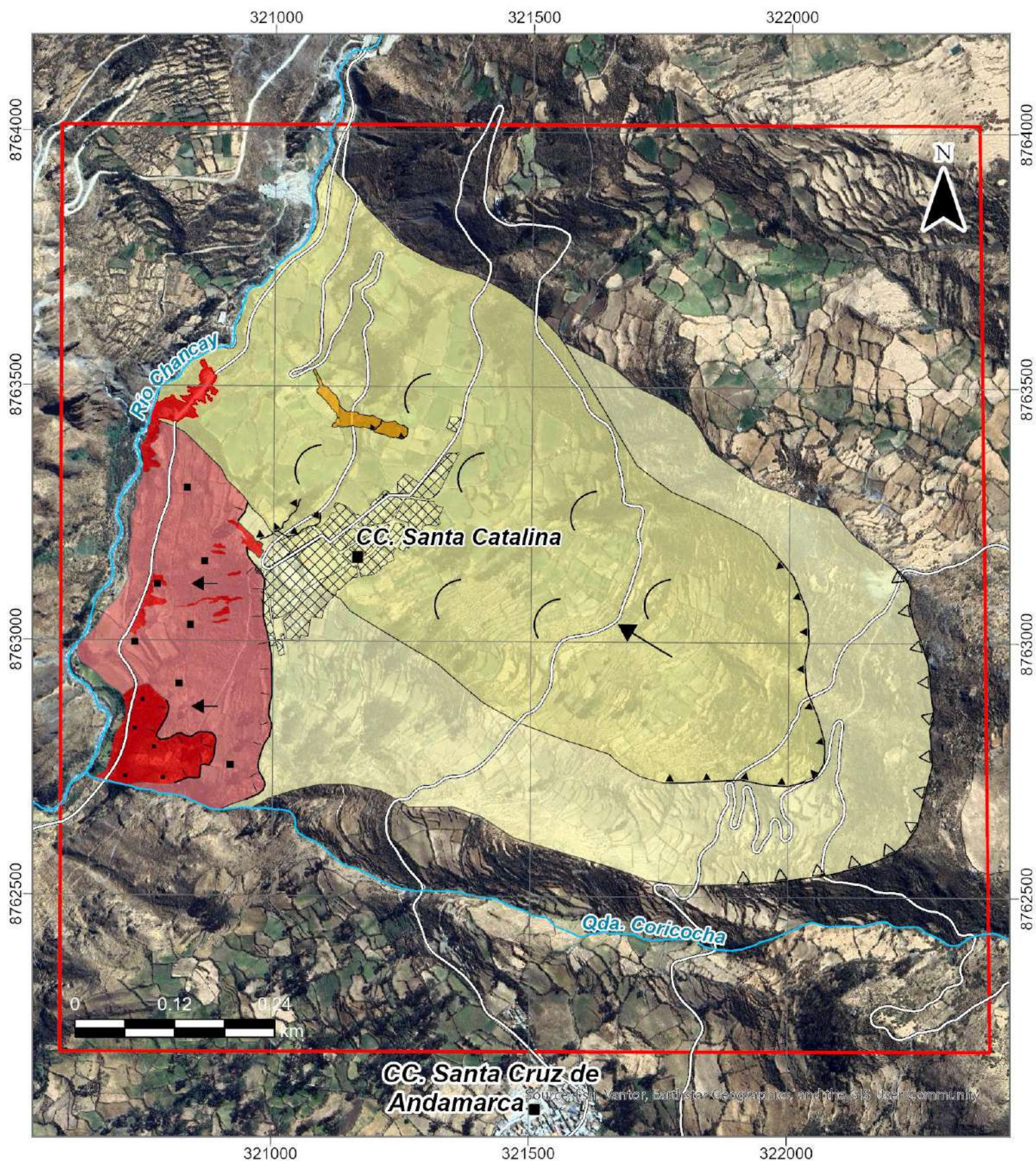


ACT. 16: SERVICIO DE ASISTENCIA TECNICA EN LA EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL

MAPA GEOMORFOLÓGICO DE LA COMUNIDAD CAMPESINA SANTA CATALINA

Escala 1:10 000 Datum UTM WGS 84 Zona 18s
Versión digital: año 2025 Impreso: Diciembre 2025

3



SIMBOLOGIA

- Ríos y quebradas
- Vías de acceso
- Zona urbana
- △ Corona de deslizamiento IL
- └─ Corona de deslizamiento activo
- └─ Zona de arranque

LEYENDA

- Derrumbe inactivo latente
- Derrumbe activo
- Deslizamiento - flujo
- Deslizamiento rotacional inactivo latente
- Deslizamiento rotacional reactivo



ACT. 16: SERVICIO DE ASISTENCIA TÉCNICA EN LA EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL

MAPA DE CARTOGRAFIA DE PELIGROS
GEOLÓGICOS DE LA COMUNIDAD CAMPESINA
SANTA CATALINA

Escala 1:10 000 Datum UTM WGS 84 Zona 18s
Versión digital: año 2025 Impreso: Diciembre 2025

4