

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

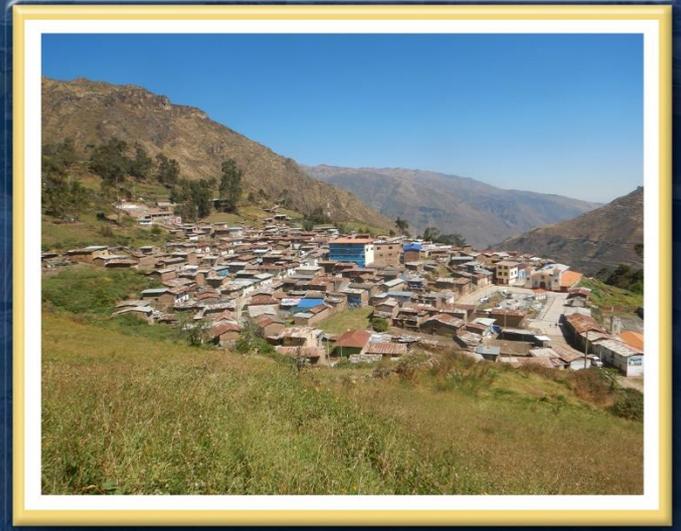
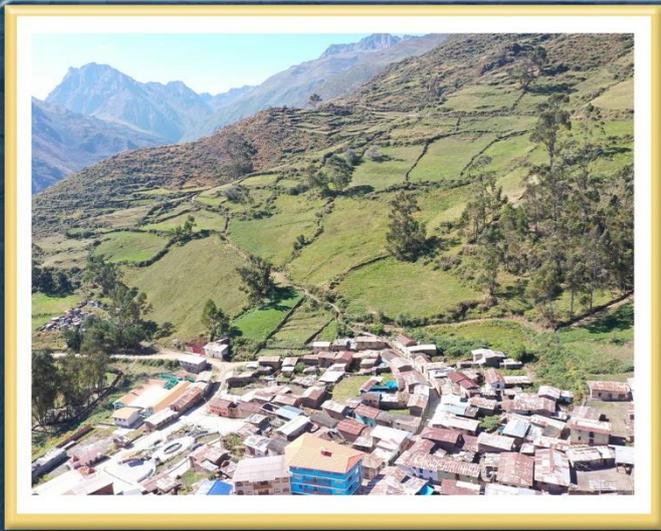
Informe Técnico N° A7588

EVALUACIÓN DE PELIGRO GEOLÓGICO POR DESLIZAMIENTO EN EL POBLADO DE SANTA CRUZ DE ANDAMARCA

Departamento: Lima

Provincia: Huaral

Distrito: Santa Cruz de Andamarca



DICIEMBRE
2024

EVALUACIÓN DE PELIGRO GEOLOGICO POR DESLIZAMIENTO EN EL POBLADO DE SANTA CRUZ DE ANDAMARCA

Distrito de 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

Mauricio Nuñez Peredo

Norma sosa Senticala

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2024). *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*. Lima: Ingemmet, Informe Técnico A7588, 33p..

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	8
1.3.4. Clima	8
2. DEFINICIONES	9
3. ASPECTOS GEOLÓGICOS	10
3.1. Unidades Litoestratigráficas	10
3.2. Depósitos superficiales	12
3.2.1. Depósito coluvio deluvial (Qh-cd).....	12
3.2.2. Depósito coluvial (Qh-co)	13
3.2.3. Depósito aluvial (Qh-al).....	13
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	14
4.1. Pendientes del terreno	14
4.2. Modelo digital de elevaciones (MDE)	14
4.3. Unidades geomorfológicas	16
4.3.1. Unidad de montaña	16
4.3.2. Unidad de piedemonte	17
4.3.3. Unidad de valle.....	17
5. PELIGROS GEOLÓGICOS	18
5.1. Movimientos en masa	18
5.2. Factores desencadenantes	23
5.3. Factores Antrópicos	23
6. CONCLUSIONES	24
7. RECOMENDACIONES	25
8. BIBLIOGRAFÍA:	26
ANEXO 1	27

RESUMEN

El presente informe es el resultado de la evaluación de peligros geológicos, realizado en el poblado de Santa Cruz de Andamarca, perteneciente a la jurisdicción distrital de Santa Cruz de Andamarca, provincia de Huaral, departamento de 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.

Desde el punto de vista litológico, Santa Cruz de Andamarca se encuentra asentado sobre depósitos inconsolidados, de estructura masiva, porosos y húmedos; constituido por bloques con diámetro de hasta 1 m, gravas, arenas, limos y arcillas. Son considerados suelos inestables, de malas características geotécnicas, no competentes y susceptibles a la generación de movimientos en masa, en particular deslizamientos.

En el contexto geomorfológico, se tiene laderas con pendiente que varía de media (5°-15°) a abrupta (>45°), esta variación del relieve se debe a la ocurrencia de deslizamientos antiguos, donde actualmente se encuentra asentado el poblado de Santa Cruz de Andamarca.

En 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.

En la zona de estudio se han identificado canales de drenaje sin revestir, ello facilita mayor infiltración de agua en el terreno, lo que conlleva al sobresaturamiento del suelo. Este último evidenciado por los manantiales identificados en la zona de estudio. Además, el uso de riego por aspersión de cultivos por varias horas al día, juega un papel importante en la ocurrencia de deslizamientos en el poblado de Santa Cruz de Andamarca (considerado factor antrópico).

Debido a las condiciones geológicas, geomorfológicas y de geodinámica externa, se determina que el poblado de Santa Cruz de Andamarca presenta **Peligro Alto** por movimientos en masa, principalmente de tipo deslizamientos.

Por todo lo expuesto anteriormente, se recomienda revestir los canales de drenaje. Además, implementar sistemas de drenaje que capten las aguas de escorrentía pluvial y manantiales, el tipo y diseño se determinará previo estudio geotécnico. Estas medidas servirán para atenuar y/o reducir los peligros geológicos identificados en el área de estudio.

1. INTRODUCCIÓN

El Ingemmet, ente técnico-científico desarrolla a través de los proyectos de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR) la “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 distrital de Santa Cruz de Andamarca, según Oficio N°0202-2023-MDSCA/A, en el marco de nuestras competencias se realizó una evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa en el poblado de Santa Cruz de Andamarca.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designó a los Ingenieros Norma Sosa y Mauricio Nuñez, realizar la evaluación de peligros geológicos, el día 06 de junio del 2024.

La evaluación técnica se realizó en tres etapas: etapa de pre-campo con la recopilación de antecedentes e información geológica y geomorfológica del INGEMMET; etapa de campo a través de la observación, toma de datos (sobrevuelos dron, puntos GPS, tomas fotográficas), cartografía, recopilación de información y testimonios de población local afectada; etapa final de gabinete, donde 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 de 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 el poblado de Santa Cruz de Andamarca, que compromete viviendas e infraestructura.
- b) Determinar los factores condicionantes que influyen en la ocurrencia de los peligros geológicos por movimientos en masa.
- 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 regional, en la zona de estudio se tiene la siguiente información:

- A. 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 determinado proceso geológico (movimiento en masa), expresado en grados cualitativos y relativos.

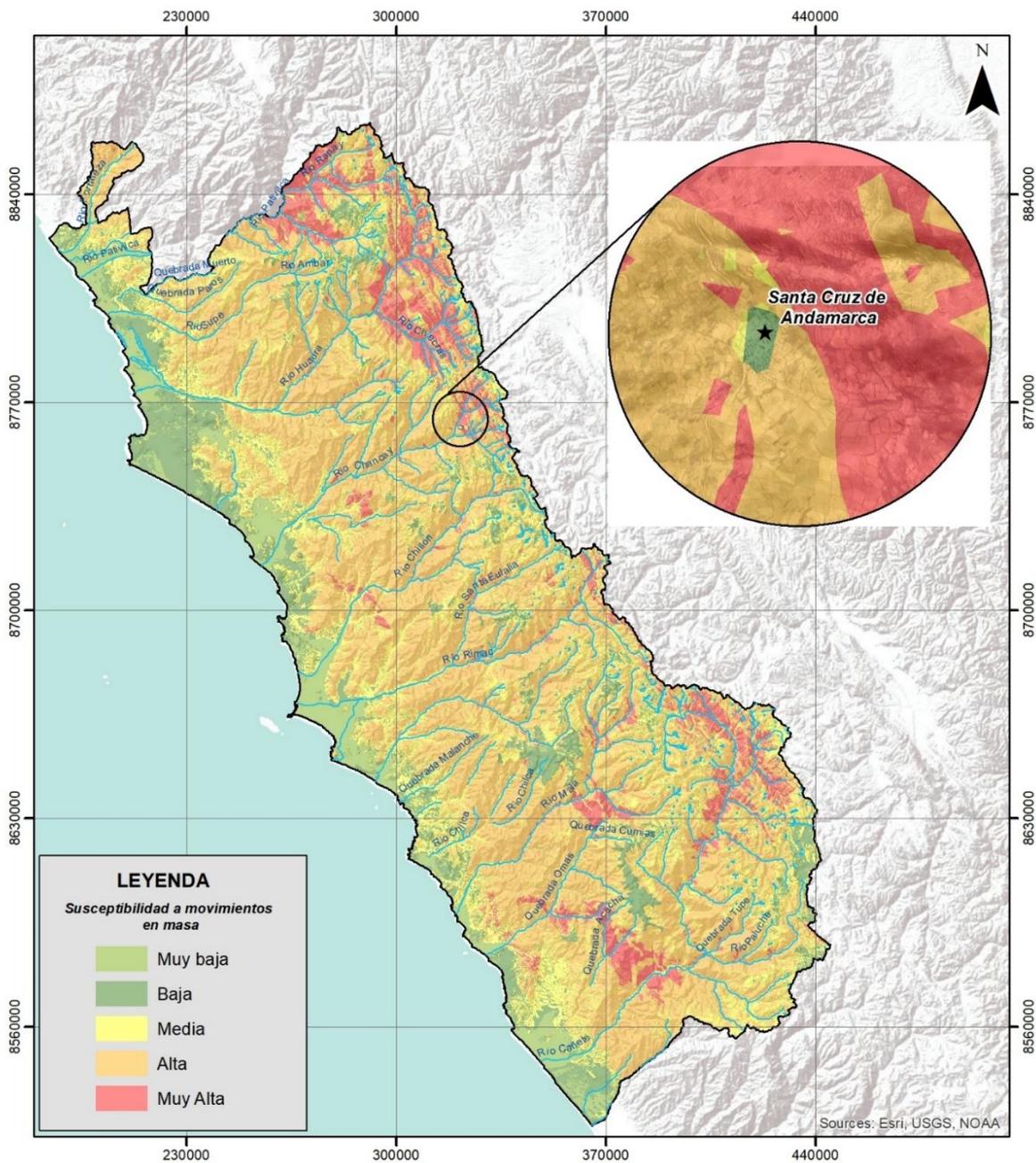


Figura 1. Susceptibilidad a movimientos en masa en el departamento de Lima. Fuente Luque, et al 2020.

1.3. Aspectos generales

1.3.1. Ubicación

El poblado de Santa Cruz de Andamarca se encuentra en la margen izquierda del río Chancay, a 8.8 km al suroeste del Pacaraos. Políticamente, pertenece al distrito de Santa Cruz de Andamarca, provincia Huaral, departamento Lima (figura 2); en las siguientes coordenadas UTM (WGS84 – Zona 18 s) (tabla 1):

Tabla 1. Coordenadas del área evaluada

N°	UTM - WGS84 - Zona 18L		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	321198	8762496	11°11'24.65"	76°38'15.27"
2	322127	8762144	11°11'36.28"	76°37'44.71"
3	322219	8761378	11°12'1.22"	76°37'41.82"
4	320789	8761617	11°11'53.19"	76°38'28.91"
COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL				
C	321706	8762056	11°11'39.06"	76°37'58.61"

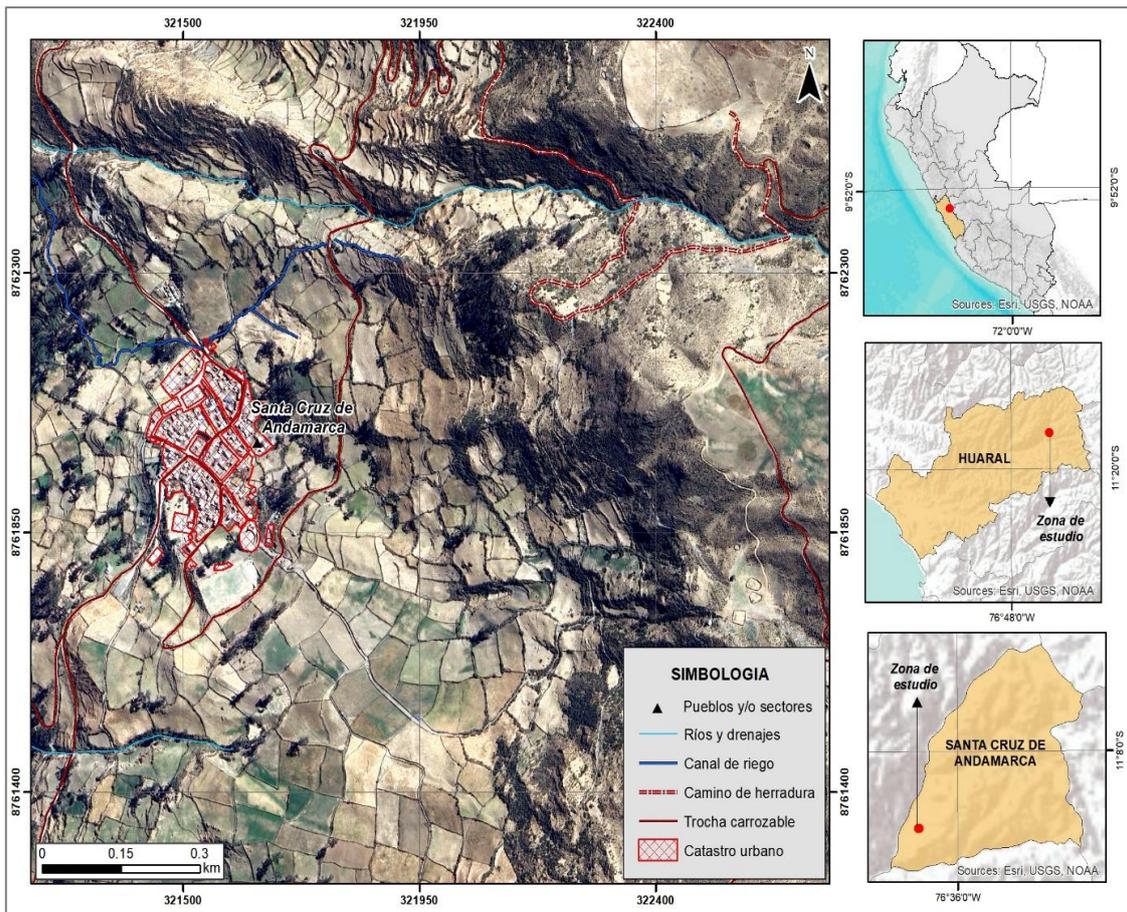


Figura 2. Ubicación del área evaluada

1.3.2. Accesibilidad

Se accede por vía terrestre desde la ciudad de Lima (Ingemmet-sede central), mediante 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 44 minutos
Huaral – Santa Cruz de Andamarca	Trocha carrozable	83	4h 14 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 del poblado de Santa Cruz de Andamarca asciende a 249 Habitantes (varones, mujeres y niños), y 40 viviendas censadas. <http://sige.inei.gob.pe/test/atlas/>

Con apoyo de los trabajos de campo se evidencia que las viviendas del centro poblado están construidas en su mayoría de material rústico (adobe).

Características de la población	Población total
Hombres	124
Mujeres	125
Total	249

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 cuanto a la cantidad de lluvia y temperatura local, según fuente de datos meteorológicos y pronóstico del tiempo del servicio de aWhere (que analiza los datos de 2 millones de estaciones meteorológicas virtuales en todo el mundo, combinándolos con datos rasters y de satélite), la precipitación acumulada registrada en los últimos años, fue de 245 mm en el mes de marzo (figura 3).

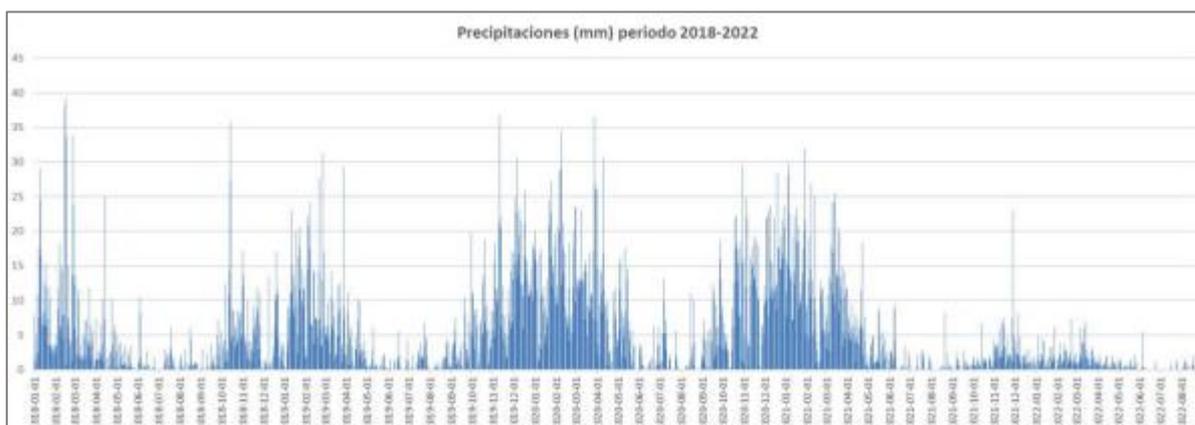


Figura 3. Precipitaciones diarias según registros satelitales awhere, en el poblado Santa Cruz de Andamarca.

2. DEFINICIONES

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

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

Derrumbe: Desplome de una masa de roca, suelo o ambos por gravedad, sin presentar una superficie o plano definido de ruptura, y más bien una zona irregular. Se producen por lluvias intensas, erosión fluvial; rocas muy meteorizadas y fracturadas.

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

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 deslizamientos se refiere a un rasgo morfométrico de ellos.

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

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

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.

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 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).

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

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

3. ASPECTOS GEOLÓGICOS

La geología que se describe en este informe, se desarrolló a partir de la información obtenida en campo, apoyada en la carta Geológica del cuadrángulo de Canta hoja 23-j (Cobbing & Garayar, 1971), a escala 1/100 000, donde se presentan rocas sedimentarias del Mesozoico y volcánicas del Cenozoico; además, se tiene depósitos Cuaternarios, estos materiales a través de la cartografía y en base a la interpretación de imágenes satelitales, fotografías aéreas se completa en el mapa geológico, presentado en el mapa 1: Anexo 1.

3.1. Unidades Litoestratigráficas

Las unidades litoestratigráficas que afloran en la zona de estudio, corresponden al Grupo Goyllarizquisga, con sus formaciones, Chimú, Santa y Carhuaz; a estas unidades suprayace el volcánico Calipuy. Los depósitos recientes de tipo coluvio-deluvial y coluvial, han sido acumulados desde el Pleistoceno hasta la actualidad (figura 4).

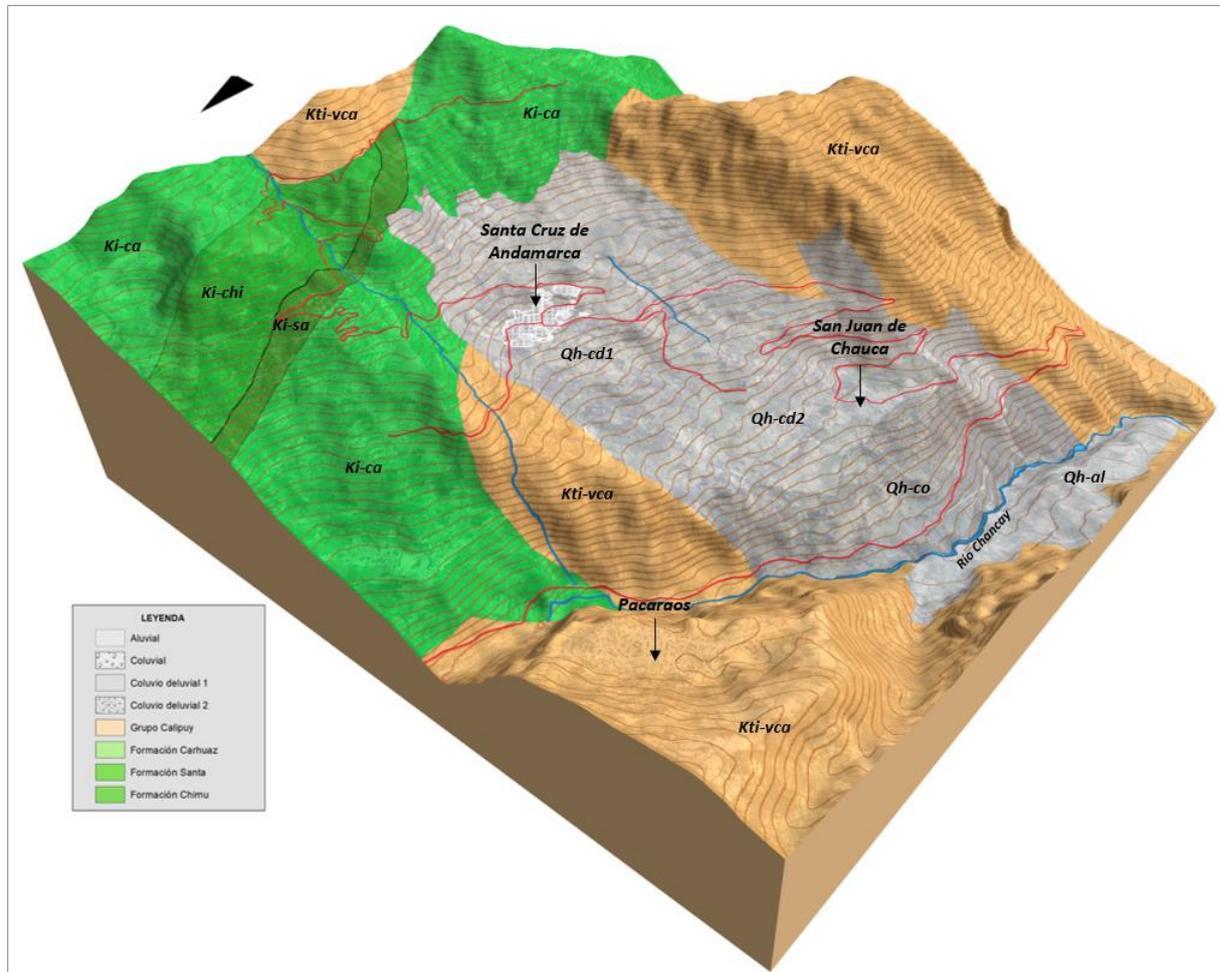


Figura 4. Unidades geológicas del poblado Santa Cruz de Andamarca.

3.1.1. Formación Chimú (Ki-chi)

Aflora ampliamente al noreste de Santa Cruz de Andamarca, con rumbo general NO-SE. Litológicamente, está compuesta por estratos gruesos de cuarciarenitas blanquecinas de grano medio, donde se observan estructuras sedimentarias con laminaciones oblicuas. Estas

rocas están fuertemente recristalizadas con granos deformados y poca matriz silíceo. El grosor de estos estratos es relativo debido al estado de masividad, logrando alcanzar grosores de 1 000 m por replegamiento.

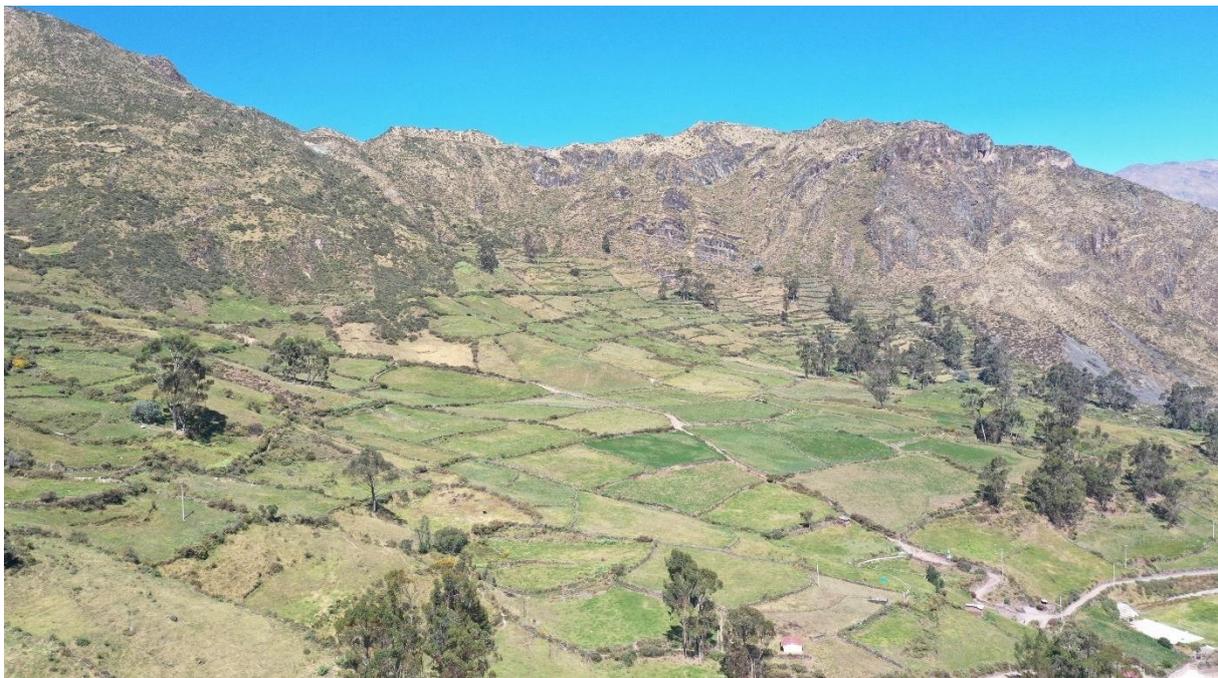
3.1.2. Formación Santa (Ki-sa)

Se encuentra sobreyaciendo concordantemente a la Formación Chimú e infrayaciendo a la Formación Carhuaz. Aflora ampliamente al noreste del poblado Santa Cruz de Andamarca, con un grosor promedio de 100 m, en algunas zonas alcanzan hasta 150 m de grosor. Su litología está caracterizada por presentar afloramientos de calizas azulinas a grises, intercaladas con algunos horizontes de calizas arcillosas en estratos medianos; superficialmente presentan una coloración marrón a pardo algo carstificadas con presencia de nódulos de tamaños variados.

3.1.3. Formación Carhuaz (Ki-ca)

Sobreyace progresivamente a la Formación Santa. Aflora ampliamente al noreste del poblado Santa Cruz de Andamarca, de forma alargada con dirección NO a SE, estos son fácilmente reconocibles y mapeables porque presentan superficies suaves muy erosionables. En algunas zonas esta formación se encuentra alterada y recristalizada 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, arenas finas, en estratos delgados a medianos, que en conjunto no sobrepasan los 630 m de grosor (fotografía 1).

Las rocas de esta Formación se presentan de mediana a muy fracturadas, y de moderada a alta meteorización; factores que han condicionado la ocurrencia de movimientos en masa en el poblado de Santa Cruz de Andamarca (figura 5).



Fotografía 1. Vista de la Formación Carhuaz al noroeste del poblado Santa Cruz de Andamarca, compuesta por cuarciarenitas gris blanquecinas.



Figura 5. Vista de la Formación Carhuaz que infrayace al Grupo Calipuy, compuesta por cuarciarenitas gris blanquecinas, lutitas pardas a rojizas, lutitas grises, arenas finas, las cuales se encuentran plegadas.

3.1.4. Grupo Calipuy (Ki-ca)

Se encuentra de norte a sur en el poblado de Santa Cruz de Andamarca, está constituido principalmente de granos piroclásticos y fragmentos líticos subangulosos a subredondeados, de textura porfírica y contenido de cristales de plagioclasas tabulares y maclados. Estos cuerpos están cerca de cuerpos subvolcánicos por lo que los cristales de plagioclasa están argilizados sericitizados y con abundante cuarzo de varias generaciones; además, contienen clorita, clorita-epídota, y la matriz está desvitrificada¹, adicionalmente se puede ver disseminaciones limitadas de pirita.

Este afloramiento se presenta muy fracturado y altamente meteorizado, lo que coadyuvó a la ocurrencia de movimientos en masa en el poblado de Santa Cruz de Andamarca.

3.2. Depósitos superficiales

3.2.1. Depósito coluvio deluvial (Qh-cd)

Suelos inconsolidados, catalogados como Qh-cd 1 y 2, de estructura masiva, poroso y húmedo, identificado en la ladera noroeste del poblado Santa Cruz de Andamarca, está compuesto por bloques con diámetro de hasta 1 m, gravas (20%), arenas (25%), limos (25%) y arcillas (20%) (fotografía 2). Los bloques de formas angulosas a subangulosas son de origen sedimentario y volcánico en su mayoría.

¹ Desvitrificación, es la acción que hace que el vidrio pierda su transparencia durante su formación.

Estos depósitos son inestables, presentan malas características geotécnicas y se consideran no competentes, susceptibles a la generación de movimientos en masa, en particular deslizamientos.

Actualmente, sobre este depósito de tienen cultivos, que vienen siendo regados por inundación. La infiltración de estas aguas sobre el terreno podría incrementar la saturación y por ende aumenta la probabilidad de reactivación del deslizamiento.



Fotografía 2 . Vista de un depósito coluvio-deluvial, conformado por bloques, hasta de 1 m, gravas, arenas, limos y arcillas.

3.2.2. Depósito coluvial (Qh-co)

Son suelos inconsolidados, producto de la ocurrencia de movimientos en masa. Estos suelos se observan en los depósitos de avalanchas y derrumbes de Santa Cruz de Andamarca. Están compuestos por bloques, gravas, arenas, no presentan matriz.

3.2.3. Depósito aluvial (Qh-al)

Se dispone en la margen derecha del río Chancay, está compuesto por bloques de formas subredondeados a subangulosos debido al transporte que sufren al ser acarreadas aguas abajo.

4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

4.1. Pendientes del terreno

La pendiente del terreno es un parámetro importante en la evaluación de procesos por movimientos en masa; ya que actúa como uno de los factores condicionantes y dinámicos en la generación de movimientos en masa.

Se analiza 5 rangos de pendientes que van de 0°-1° considerados terrenos de pendiente muy baja; 1° a 5° 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.

En la figura 4A se muestra el mapa de pendientes del poblado Santa Cruz de Andamarca, elaborado en base al modelo de elevación digital de 0.8 m de resolución, generado a través de fotogrametría con dron. La vertiente coluvio deluvial, donde se encuentra la población, tiene pendiente media (5°-15°), sin embargo, las laderas que lo delimitan por el lado noreste presentan pendiente fuerte (15°-25°) a muy fuerte (25°-45°); esta variación del relieve se debe a la ocurrencia de eventos antiguos, como deslizamientos, avalanchas y derrumbes, que ha marcado la morfología ondulada del terreno.

En el cuadro 2 se presenta de forma detallada, solo los rangos de pendientes que figuran 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	Se presenta en la zona media de la ladera, sobre el cual se han desarrollado deslizamientos y derrumbes. Sobre este rango de pendientes se encuentra asentado el poblado de Santa Cruz de Andamarca.	Vertiente coluvio deluvial
15°-25°	Pendiente fuerte	Se presenta en la parte alta de la ladera que circunda al poblado de Santa Cruz de Andamarca.	Ladera de montaña sedimentaria Vertiente coluvial
25°-45°	Pendiente muy fuerte o escarpada	Se presenta en la parte alta (escarpe) y flancos del deslizamiento antiguo.	Ladera de montaña sedimentaria y volcánica Vertiente coluvio deluvial
>45°	Pendiente muy abrupta	Se observan en menor proporción en la ladera alta, zona de escarpe del deslizamiento antiguo de Santa Cruz de Andamarca.	Laderas de montaña sedimentaria y volcánica Vertiente coluvio deluvial

4.2. Modelo digital de elevaciones (MDE)

En la figura 4B, se presenta el mapa de alturas del poblado de Santa Cruz de Andamarca, clasificados en tres niveles altitudinales, con la finalidad de visualizar la extensión con respecto a la diferencia de elevaciones. El deslizamiento antiguo de Santa Cruz de Andamarca, inicia a una altitud de 3940 m s.n.m. y finaliza en la cota 2970 m s.n.m. El

deslizamiento producido el presente año, inicia a 3575 a s.n.m. y finaliza a 3525 ms.n.m. teniendo una diferencia de altura de 50 m (figura 6).

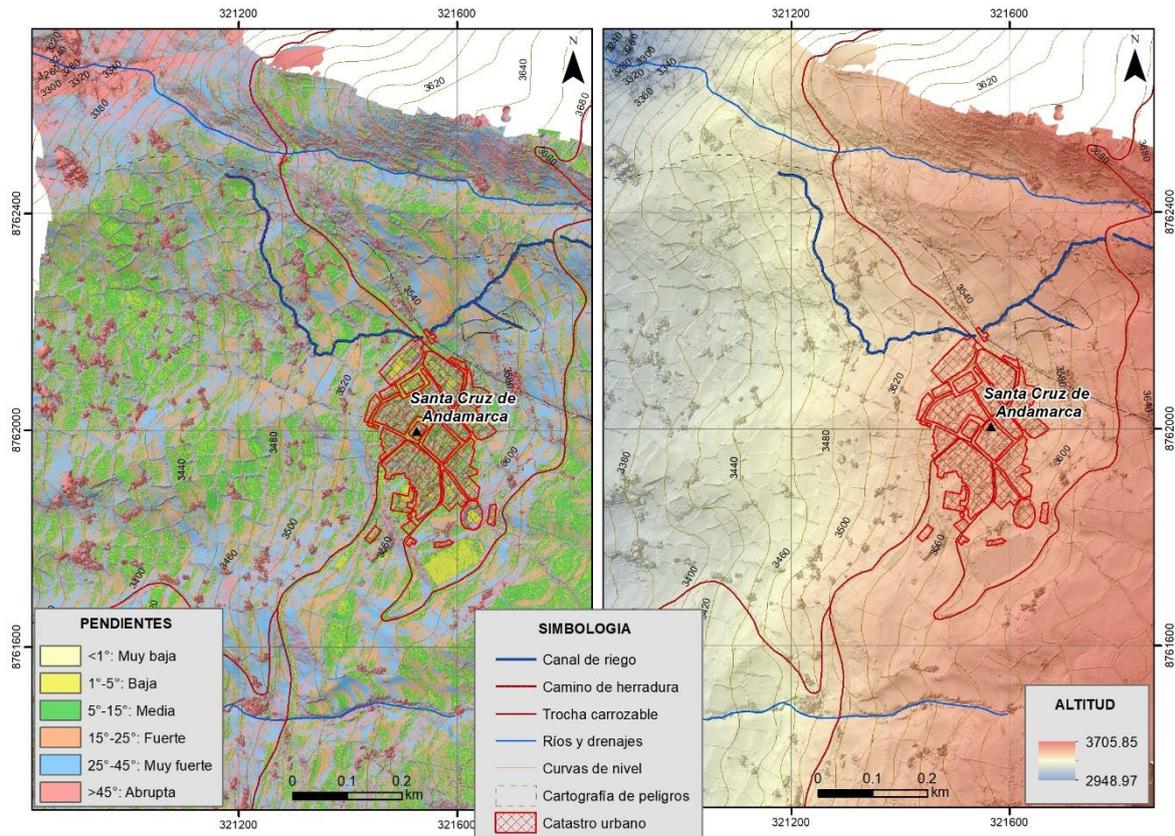


Figura 6. A) Rangos de pendiente en las laderas adyacentes al poblado Santa Cruz de Andamarca. B) Variación de altitudes en Santa Cruz de Andamarca.

En el perfil longitudinal que corta los deslizamientos inactivos (Figura 5), se observa el actual relieve (línea de color roja) de Santa Cruz de Andamarca. Se puede apreciar una morfología ondulada, debido a la ocurrencia de eventos antiguos y recientes, evidenciada por los desniveles, y saltos con más de 3 m de altura. Además, se ha identificado hasta tres planos de falla tipo rotacional, este último fue inferido debido a la morfología del terreno (figura 7).

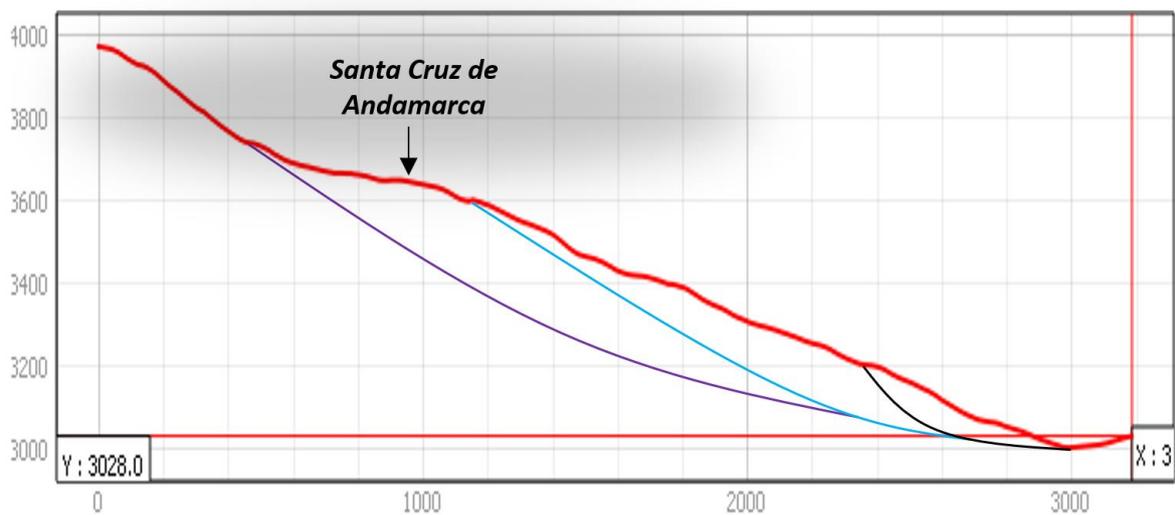


Figura 7. Perfil longitudinal topográfico interpretado de Santa Cruz de Andamarca, el cual evidencia la ocurrencia de movimientos en masa antiguos.

4.3. Unidades geomorfológicas

Para la caracterización de las unidades y subunidades geomorfológicas en el área de estudio se utilizó el criterio principal de homogeneidad relativa y la caracterización de aspectos de origen del relieve. Asimismo, para la delimitación de las subunidades, se consideró los límites de las unidades litoestratigráficas (afloramiento y substrato rocoso, así como depósitos superficiales).

En el Mapa 3 (Anexo 1) se presentan las subunidades geomorfológicas identificadas en el área de estudio. Del mismo modo, en la figura 8, se muestra la morfología que alberga el poblado de Santa Cruz de Andamarca.

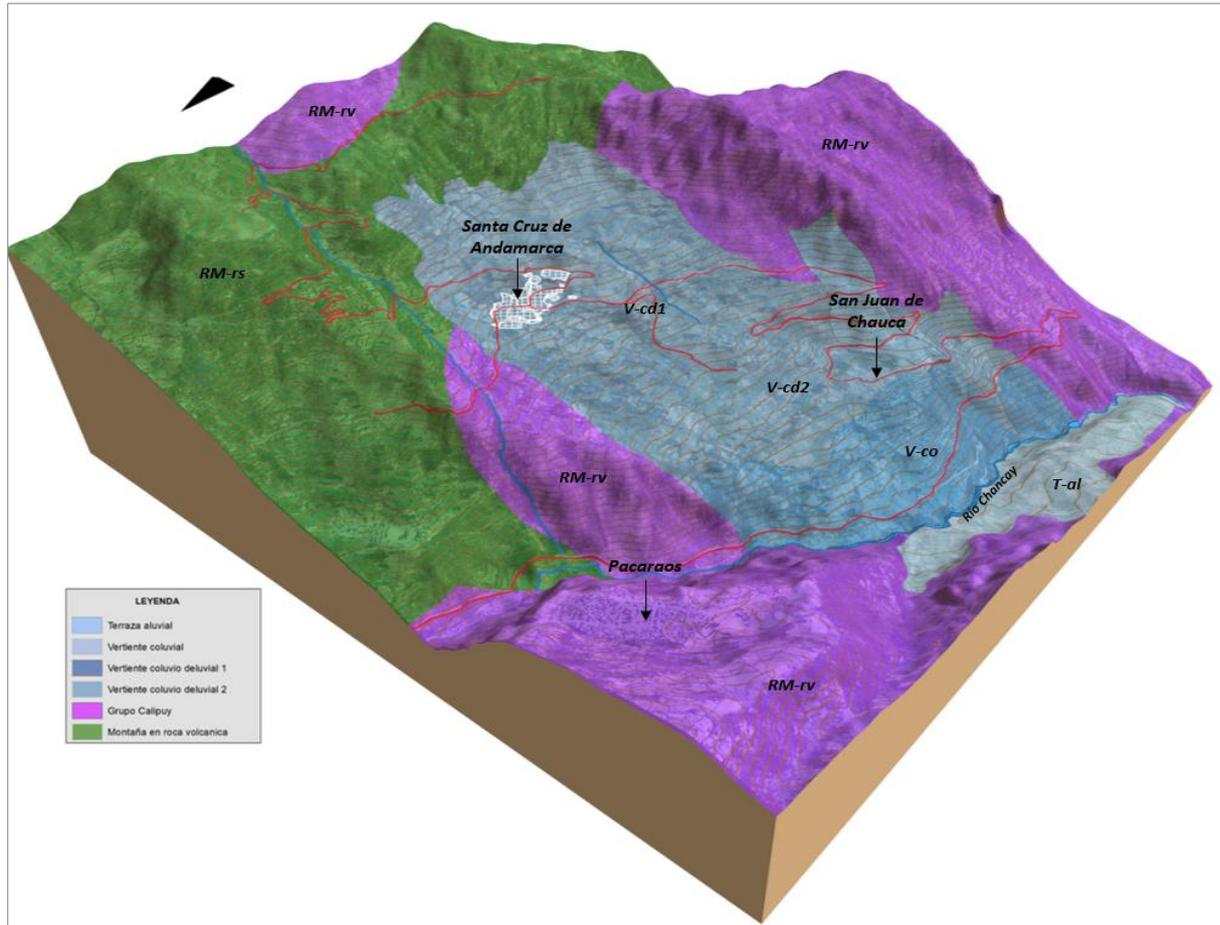


Figura 8. Unidades geomorfológicas expuestas en Santa Cruz de Andamarca.

4.3.1. 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, se tiene la siguiente subunidad:

Montaña en roca sedimentaria (ME-rs): Relieve modelado en secuencia sedimentaria del Grupo Goyllarizquisga, compuesto principalmente por areniscas, lutitas y calizas. Por su composición litológica, las cimas de las montañas se muestran alargadas puntiagudas; sin embargo, las laderas, debido a la ocurrencia de eventos antiguos, poseen una configuración accidentada, con pendientes muy variables; en la parte alta, la ladera presenta pendiente muy fuerte (25° - 45°) a abrupta ($>45^{\circ}$), factor que ha contribuido a la ocurrencia de los deslizamientos.

Montaña en roca volcánico (ME-rv): Hacia el sureste de Santa Cruz de Andamarca se tiene rocas volcánicas correspondiente al Grupo Calipuy, que forman montañas con relieve accidentado, cimas subredondeadas y laderas de pendiente abrupta (>45°).

4.3.2. Unidad de piedemonte

Vertiente coluvio deluvial (V-cd): Corresponde a los paisajes originados por procesos gravitacionales y agua, varían de pequeños a grandes dimensiones, probablemente detonados por lluvias excepcionales y/o prolongadas o actividad sísmica.

En la zona de estudio, se disponen de este a oeste en forma de deslizamientos (acumulación de material suelto en la ladera), desarrollados sobre pendiente media (5°-15°) a fuerte (15°-25°). Esta unidad, geodinamicamente, está asociada a deslizamientos, derrumbes y avalancha de rocas. Actualmente, las viviendas de Santa Cruz de Andamarca se encuentran asentadas sobre esta vertiente (fotografía 3).



Fotografía 3. Vista de la vertiente coluvio deluvial, sobre el cual se encuentran asentadas las viviendas de Santa Cruz de Andamarca.

Vertiente coluvial: Corresponde a zonas geodinamicamente activas de la margen izquierda del río Chancay, caracterizadas por deslizamientos. Su configuración granulométrica es similar a la del depósito coluvio-deluvial, pero se diferencia en su nula compactación y en las formas de laderas de desprendimiento con pendientes escarpadas. Esta falta de compactación y las pendientes pronunciadas son indicativos de procesos recientes de inestabilidad, donde los materiales aún no han sido consolidados o estabilizados.

4.3.3. Unidad de valle

Terraza aluvial: (PI-al). Esta subunidad se localiza en la margen derecha del río Chancay, corresponde a los niveles recientes de terrazas aluviales formadas por material acarreado desde las partes altas, creando un nuevo lecho más bajo y dejando la antigua llanura de inundación en una posición más alta. Está asociada a procesos de erosión fluvial.

5. PELIGROS GEOLÓGICOS

Los peligros geológicos identificados en el poblado de Santa Cruz de Andamarca, corresponden a movimientos en masa de tipo deslizamientos, derrumbes y avalancha de rocas hacia el sector de San Juan de Chauca. El paisaje generado por estos peligros son resultado del proceso de modelamiento del terreno, coadyuvado por las condiciones del macizo rocoso, depósitos de eventos antiguos; así como, a la intervención antrópica (Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas, 2007) (Anexo 1: Mapa 4).

5.1. Movimientos en masa

En el poblado de Santa Cruz de Andamarca y alrededores se han identificado múltiples deslizamiento producto de posteriores reactivaciones (figura 10), que posiblemente hayan afectado viviendas, terrenos de cultivo y vías de acceso.

En este ítem, por la importancia del evento, se describirá únicamente el deslizamiento reactivado en el presente año en el poblado de Santa Cruz de Andamarca, el cual tiene las siguientes características:

Características visuales del deslizamiento reactivado

- Estado de actividad: Reactivado
- Superficie de rotura inferida: Rotacional
- Forma de la escarpa: Semicircular
- Estilo de la escarpa: Múltiples escarpas (dos escarpes)
- Longitud de la escarpa principal: 158 m.
- Desnivel entre la escarpa principal y el pie del deslizamiento: 214 m
- Salto principal o desplazamiento vertical (DV): 60 cm
- Ancho promedio de evento: 145 m.
- Área de deslizamiento reactivado: aproximadamente 10 ha
- El avance de la reactivación de deslizamiento: Progresivo

En la actualidad, este deslizamiento presenta desplazamientos del terreno, de hasta 60 cm de profundidad visible (figura 11) y múltiples agrietamientos de forma longitudinales, con aperturas de hasta 10 cm (fotografía 4). El incremento de estas grietas podría originar un deslizamiento de mayor dimensión que afectaría viviendas, Institución Educativa y terrenos de cultivo.

Este deslizamiento se produjo sobre depósitos de eventos antiguos, compuesto por gravas, arenas, limos y arcillas; en conjunto forman suelos poco consolidados e inestables, fácilmente erosionables y removidos por acción del agua y la gravedad. Aunado a estas características se tiene la pendiente fuerte de la ladera, factor que contribuyó a la reactivación del deslizamiento.

En la zona de estudio se observó pequeñas surgencias de agua, lo que nos indica que el terreno se encuentra saturado, factor que podría incrementar la posibilidad de producir otro deslizamiento de mayor dimensión (fotografía 5).

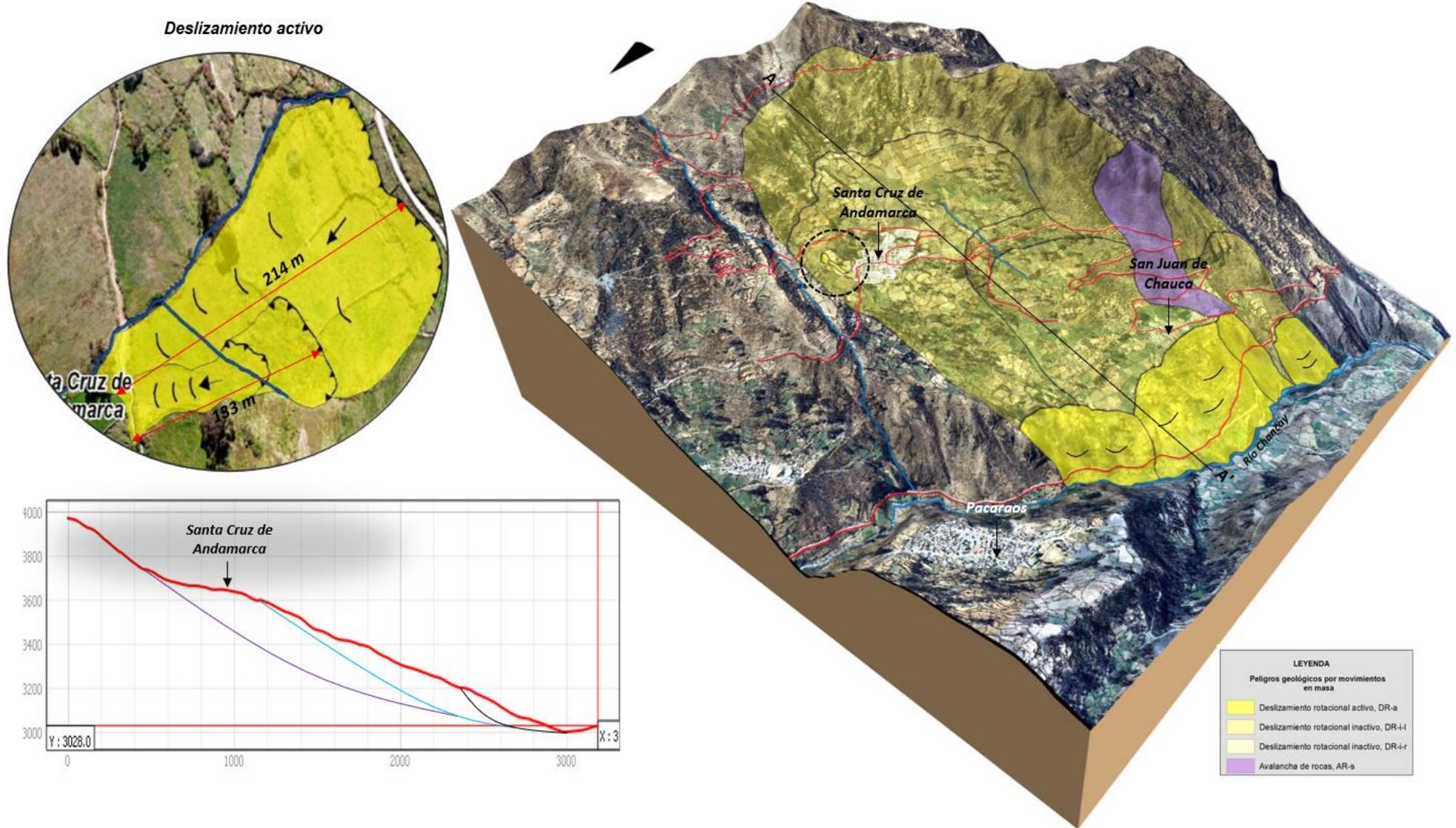


Figura 9. Cartografía de movimientos en masa producidos en el poblado de Santa Cruz de Andamarca.



Figura 10. Vista del deslizamiento tipo rotacional reactivado, que podría afectar viviendas, Institución Educativa y terrenos de cultivo. Coordenadas UTM WGS 84: E: 321680; N: 8762188.



Figura 11. Corona del de deslizamiento reactivado, con un salto visible de 60 cm



Fotografía 4. Agrietamientos longitudinales en el terreno, con aperturas centimétricas.



Fotografía 5. Surgencias de agua en el cuerpo del deslizamiento, lo que nos infiere el sobresaturamiento del terreno.

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	En la parte alta de Santa Cruz de Andamarca se tiene areniscas cuarzosas, limolitas y rocas volcánicas, las cuales se encuentran de mediana a muy fracturadas y en algunas zonas se presenta importante meteorización. Estas características intrínsecas del terreno han facilitado la ocurrencia de deslizamientos.	Deslizamientos, avalancha de rocas, caída de rocas y derrumbes.
Tipo de suelo (naturaleza del suelo)	Presencia de depósito coluvio-deluvial, compuesto por bloques angulosos a subangulosos, arenas, limos y arcillas producto de la ocurrencia de eventos antiguos y recientes. Son materiales de fácil remoción y erosión ante la presencia de lluvias intensas.	Deslizamiento, avalancha de rocas, y derrumbes.
Material de remoción antiguos	Presencia de depósitos de deslizamiento antiguo, sobre el cual se han construido las viviendas de Santa Cruz de Andamarca.	Deslizamientos y derrumbes
Pendiente del terreno	En la ladera se tiene pendiente que varía de media (5°-15°) a muy fuerte (25°-45°), esta variación del relieve se debe a la ocurrencia de eventos antiguos, como deslizamientos, avalanchas y derrumbes, que ha marcado la morfología ondulada del terreno. En la parte alta, zonas escarpadas de eventos antiguos, se tiene afloramientos, con pendiente, que varía de muy fuerte a abrupta (>45°). Este rango de pendientes ha coadyuvado en la ocurrencia de deslizamientos.	Deslizamientos, avalancha de rocas, derrumbes y caídas de rocas
Hidrogeología	Presencia de agua proveniente de manantiales, ojos de agua y riego de terrenos de cultivo.	Deslizamientos, avalancha de rocas y derrumbes

5.2. Factores desencadenantes

Cuadro 4. Factores desencadenantes de los procesos por movimientos en masa.

Factores naturales del entorno geográfico		
Climáticos e Hidrológicos		
Precipitaciones pluviales	Índices altos de pluviosidad y/o prolongados saturan los suelos y/o rocas, aumentan las presiones del terreno al infiltrarse por discontinuidades, grietas y la sobrecarga debido a su propio peso. Absorción de agua por minerales arcillosos en suelos adhesivos, produciendo saturación de los mismos.	Deslizamiento, avalancha de rocas y derrumbes.

5.3. Factores Antrópicos

Cuadro 5. Factores desencadenantes de los procesos por movimientos en masa.

Factores Antrópicos (humanos)		
Riego inadecuado	El uso de riego de cultivos, es uno de los factores en acelerar la reactivación del deslizamiento, puesto que los terrenos se riegan varias horas del día, por lo cual se considera como un riego por inundación.	Deslizamientos y derrumbes

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 presencia de depósitos inconsolidados, de estructura masiva, poroso y húmedo, identificado en el poblado de Santa Cruz de Andamarca, está compuesto por bloques, gravas, arenas, limos y arcillas. Son considerados suelos inestables, de malas características geotécnicas, no competentes y susceptibles a la generación de movimientos en masa, en particular deslizamientos.
2. En el contexto geomorfológico, se tiene laderas con pendiente que varía de media (5°-15°) a abrupta (>45°), esta variación del relieve se debe a la ocurrencia de deslizamientos antiguos, donde actualmente se encuentra asentado el poblado de Santa Cruz de Andamarca.
3. Desde el punto de vista de geodinámica externa, se han identificado deslizamientos reactivados, que cubren un área de 10 ha, con dos escarpas 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.
4. En la zona de estudio se han identificado canales de drenaje sin revestir, ello facilita mayor infiltración de agua en el terreno, lo que conlleva al sobresaturamiento del suelo. Este último evidenciado por los manantiales identificados en la zona de estudio.
5. El factor antrópico, como el uso de riego por aspersión de cultivos varias horas al día juega un papel importante en la ocurrencia de deslizamientos en el poblado de Santa Cruz de Andamarca.
6. Debido a las condiciones geológicas, geomorfológicas y de geodinámica externa, se determina que el poblado de Santa Cruz de Andamarca presenta **Peligro Alto** por movimientos en masa, principalmente de tipo deslizamientos.

7. RECOMENDACIONES

A continuación, se brindan recomendaciones con la finalidad de mitigar el impacto de peligros asociados a deslizamientos y derrumbes en el caserío Yanano. 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. Revestir los canales, con el fin de evitar mayor infiltración de agua en el terreno.
2. Elaborar una Evaluación de Riesgos (EVAR) para determinar los elementos expuestos del poblado Santa Cruz de Andamarca.
3. Utilizar un tiempo prudente el riego por aspersión en los terrenos de cultivo desarrollados en el cuerpo del deslizamiento. Para ello pueden solicitar el apoyo del Ministerio de Agricultura.
4. A las autoridades se recomienda, 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

1. Captar las surgencias de agua, identificadas en el cuerpo del deslizamiento de Santa Cruz de Andamarca, ya que estas incrementan la saturación y humedecimiento del terreno.
2. Implementar sistema de drenaje en el cuerpo del deslizamiento, para captar las aguas de escorrentía pluvial y derivarlas al cauce de quebrada más próximo, para evitar mayor saturamiento del terreno. El tipo y diseño debe realizarse previo estudio geotécnico.

“La captación de agua de escorrentía evita la concentración, infiltración y elevación de los niveles freáticos en el suelo, al igual que la captación de agua de techos, aguas de cunetas, entre otros. No obstante, dependiendo del tipo de suelo y la intensidad, duración y frecuencia de los aguaceros, a veces estas obras no son suficientes y deben complementarse con sistemas de drenaje subsuperficial”.

Nota. El tipo y diseño de las medidas estructurales vertidas en el presente informe deben tener un estudio geotécnico a detalle, antes de ejecutarlo.


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

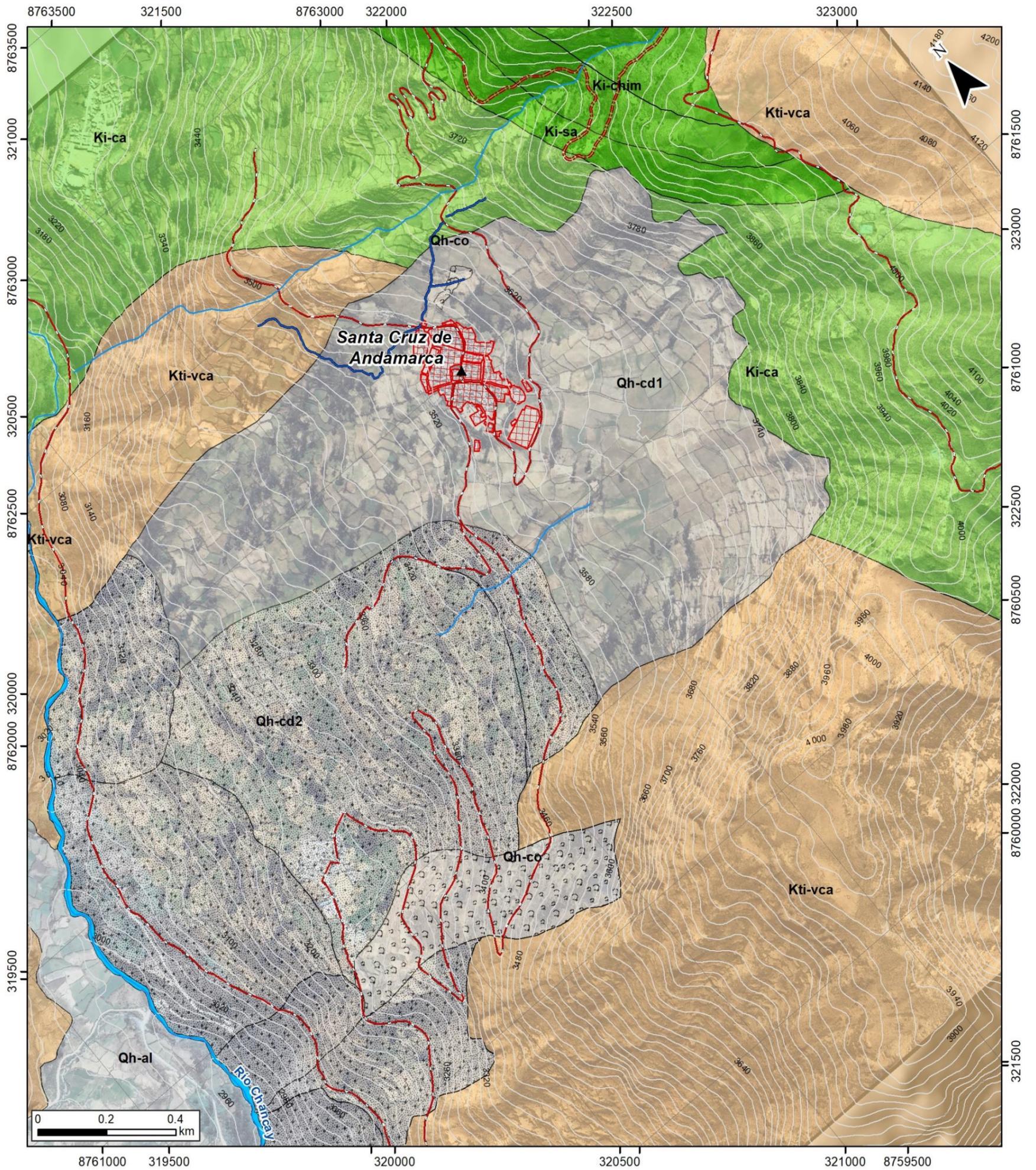

Ing. GUISELA CHOQUENAIRA GARATE
Especialista en movimientos en masa
INGEMMET

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.
- Luque, G.; Rosado, M.; Pari, W.; Peña, F. & Huamán, M. (2020) - Peligro geológico en la región 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 Región Andina: Una guía para la evaluación de amenazas. Servicio Nacional de Geología y Minería, Publicación Geológica Multinacional, No. 4, 432 p., 1 CD-ROM.
- Rivera, H. (2011) – Sistemas de drenaje con filtros vivos para la estabilización y restauración de movimientos masales en zonas de ladera. Programa de Investigación Científica. Fondo Nacional del Café. 12p.

ANEXO 1

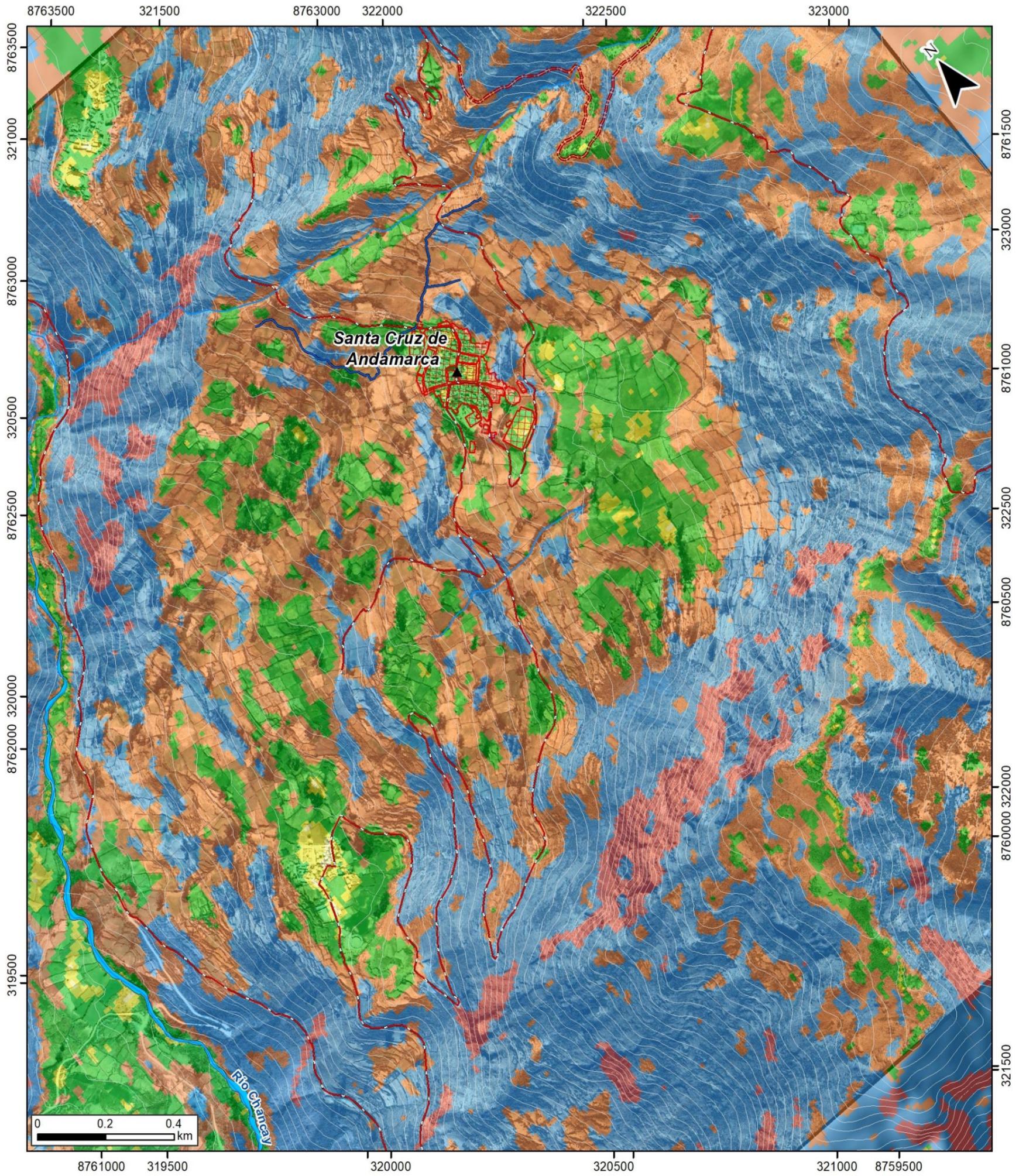
MAPAS DEL POBLADODE SANTA CRUZ DE ANDAMARCA



SIMBOLOGIA	
	Pueblos y/o sectores
	Anticlinal
	Canal de riego
	Ríos y drenajes
	Camino de herradura
	Trocha carrozable
	Curvas de nivel
	Cauce
	Catastro urbano

LEYENDA	
	Aluvial
	Coluvial
	Coluvio deluvial 1
	Coluvio deluvial 2
	Grupo Calipuy
	Formación Carhuaz
	Formación Santa
	Formación Chimu

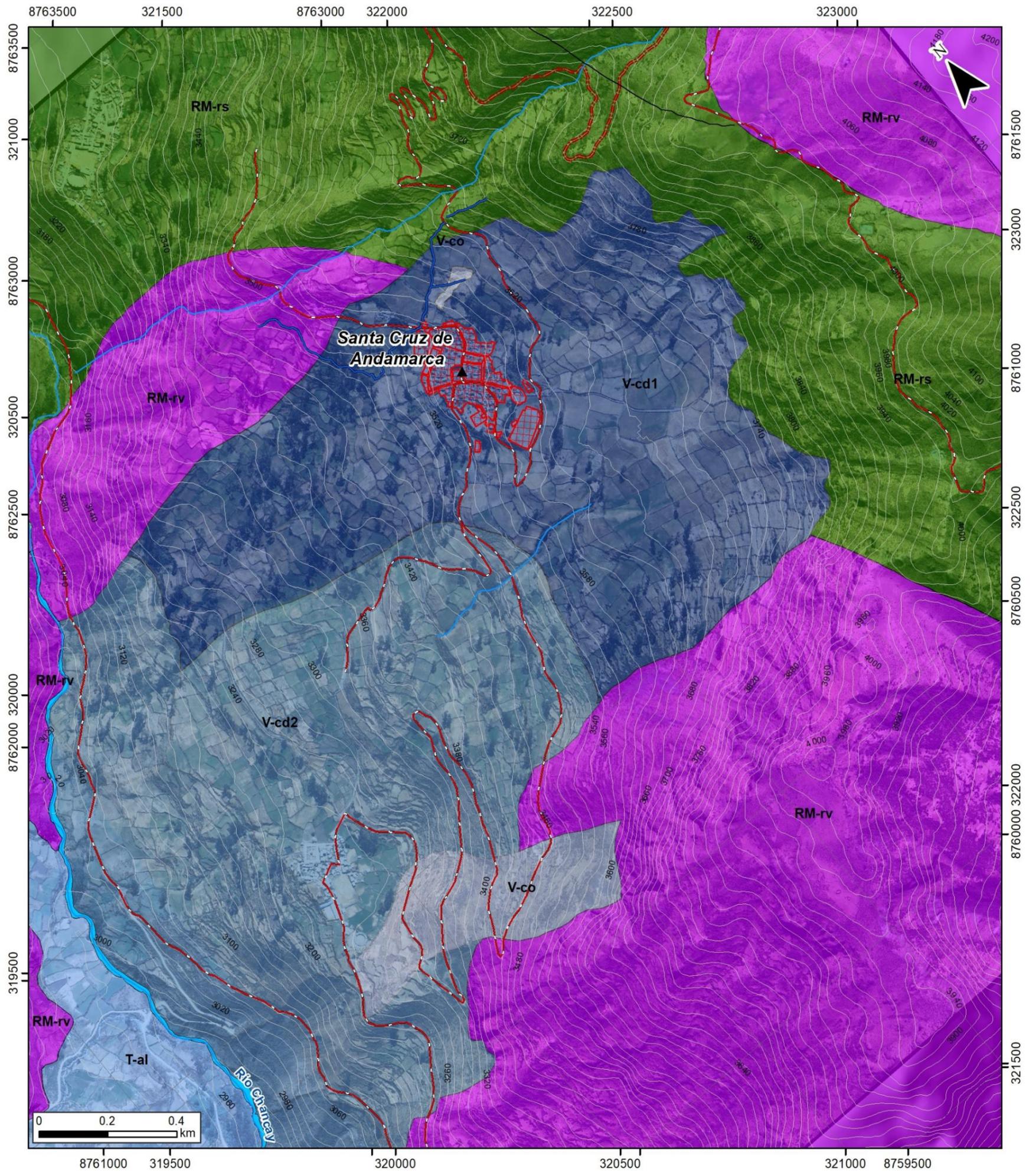
 SECTOR ENERGÍA Y MINAS INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO	
ACT. 16: SERVICIO DE ASISTENCIA TÉCNICA EN LA EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL	
GEOLOGÍA DE SANTA CRUZ DE ANDAMARCA	MAPA 01
Escala 1:10 000 Datum UTM WGS 84 Zona 18s Versión digital: Año 2024	



SIMBOLOGIA	
▲	Pueblos y/o sectores
— (blue)	Canal de riego
— (light blue)	Ríos y drenajes
— (dashed red)	Camino de herradura
— (solid red)	Trocha carrozable
— (thin grey)	Curvas de nivel
— (blue)	Cauce
— (red grid)	Catastro urbano

LEYENDA	
Rango de pendientes	
— (light yellow)	<1°: Muy baja
— (yellow)	1°-5°: Baja
— (green)	5°-15°: Media
— (orange)	15°-25°: Alta
— (light blue)	25°-45°: Muy alta
— (red)	>45°: Abrupta

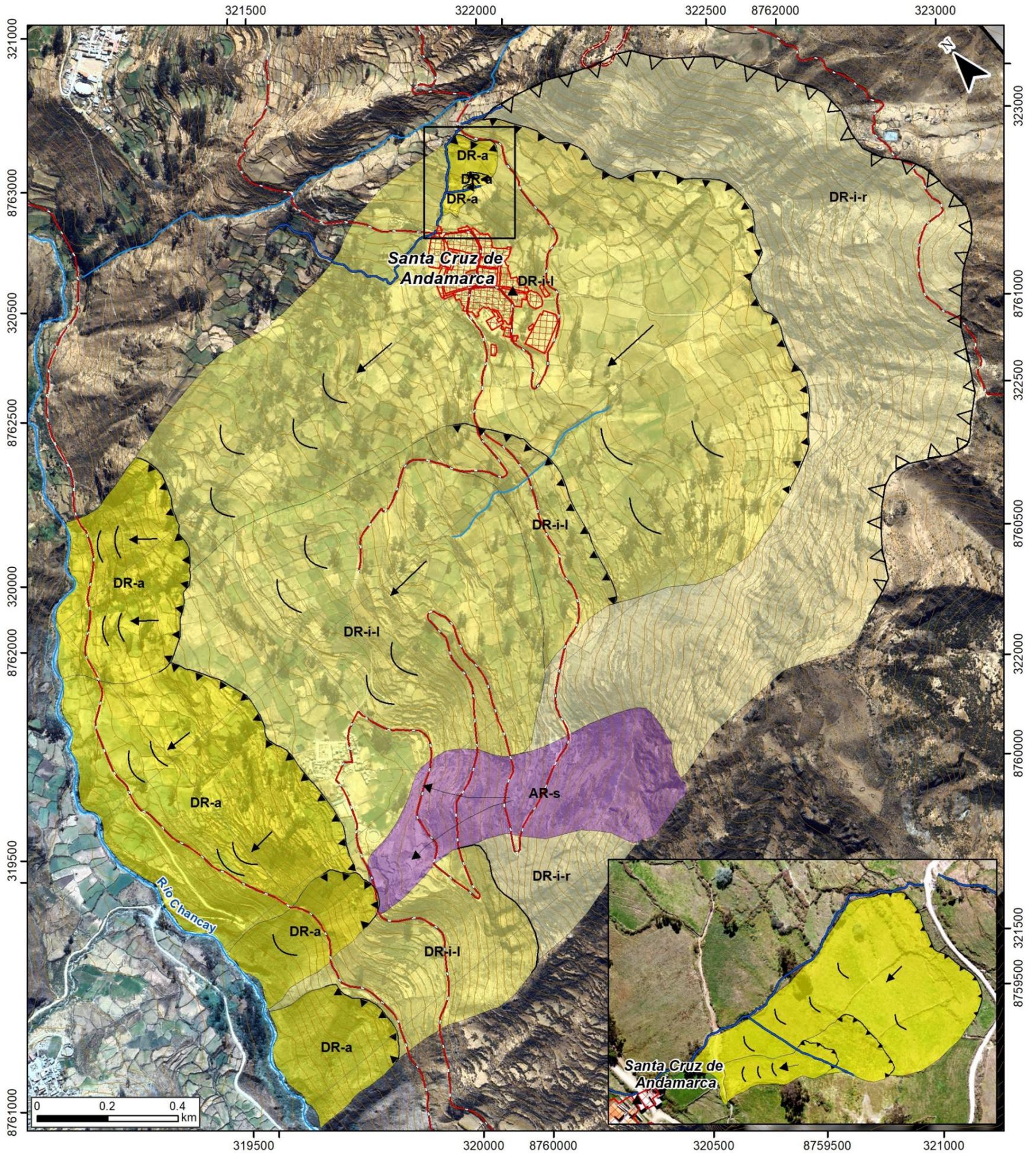
<p>SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO</p>	
<p>ACT. 16: SERVICIO DE ASISTENCIA TÉCNICA EN LA EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL</p>	
<p>PENDIENTES DE SANTA CRUZ DE ANDAMARCA</p> <p>Escala 1:10 000 Datum UTM WGS 84 Zona 18s Versión digital: Año 2024</p>	<p>MAPA</p> <p>02</p>



SIMBOLOGIA	
▲	Pueblos y/o sectores
↕	Anticlinal
—	Canal de riego
—	Ríos y drenajes
---	Camino de herradura
—	Trocha carrozable
—	Curvas de nivel
■	Cauce
■	Catastro urbano

LEYENDA	
■	Terraza aluvial
■	Vertiente coluvial
■	Vertiente coluvio deluvial 1
■	Vertiente coluvio deluvial 2
■	Grupo Calipuy
■	Montaña en roca volcánica

 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	
GEOMORFOLOGÍA DE SANTA CRUZ DE ANDAMARCA	MAPA 03
Escala 1:10 000 Datum UTM WGS 84 Zona 18s Versión digital: Año 2024	



SIMBOLOGIA	
▲	Pueblos y/o sectores
—	Escarpe antiguo
▲▲	Escarpe reciente
— (blue)	Canal de riego
— (light blue)	Ríos y drenajes
— (brown)	Curvas de nivel
▨ (red grid)	Catastro urbano

LEYENDA	
Peligros geológicos por movimientos en masa	
■ (yellow)	Deslizamiento rotacional activo, DR-a
■ (light yellow)	Deslizamiento rotacional inactivo, DR-i-l
■ (pale yellow)	Deslizamiento rotacional inactivo, DR-i-r
■ (purple)	Avalancha de rocas, AR-s

<p>SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO</p>	
<p>ACT. 16: SERVICIO DE ASISTENCIA TÉCNICA EN LA EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL</p>	
<p>CARTOGRAFIA DE MOVIMIENTOS EN MASA</p> <p>Escala 1:10 000 Datum UTM WGS 84 Zona 18s Versión digital: Año 2024</p>	<p>MAPA 04</p>

