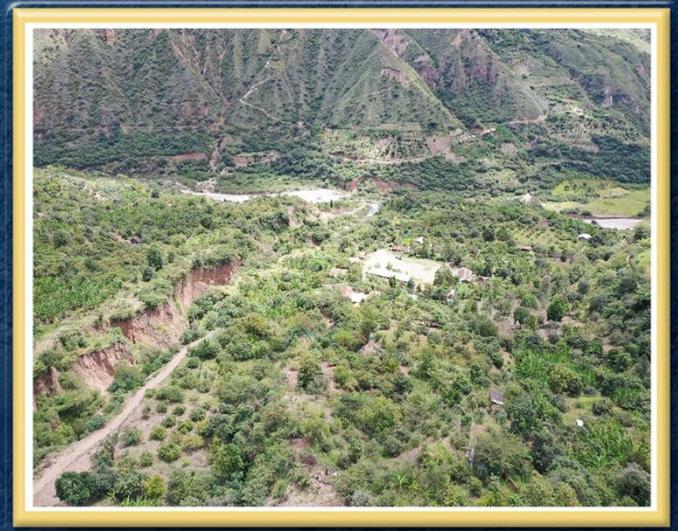


DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7488

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR DESLIZAMIENTOS, FLUJOS Y EROSIÓN EN CÁRCAVAS EN LOS CASERÍOS CIENEGO Y CONVENTO

Departamento La Libertad
Provincia Sánchez Carrión
Distrito Chugay



MARZO
2024

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR DESLIZAMIENTOS, FLUJOS Y EROSIÓN EN CÁRCAVAS EN LOS CASERÍOS CIENEGO Y CONVENTO

(Distrito Chugay, provincia Sánchez Carrión, departamento La Libertad)



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

Equipo de investigación:

Cristhian Chiroque Herrera

Luis León Ordáz

Elvis Alcántara Quispe

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2023). *Evaluación de peligros geológicos por deslizamientos, flujos y erosión en cárcavas en los caseríos Cienego y Convento*. Distrito Chugay, provincia Sánchez Carrión y departamento La Libertad. Lima: Ingemmet, Informe Técnico A7488, 41p.

ÍNDICE

RESUMEN	1
DEFINICIONES	3
1. INTRODUCCIÓN	5
1.1. Objetivos del estudio	5
1.2. Antecedentes y trabajos anteriores	6
1.3. Aspectos generales	8
1.3.1. Ubicación.....	8
1.3.2. Accesibilidad	8
2. ASPECTOS GEOLÓGICOS	10
2.1. Unidades litoestratigráficas	10
2.1.1. Formación Tres Lagunas (DsCm-tl3).....	10
2.1.2. Grupo Mitu (PET-mi2)	10
2.1.3. Grupo Goyllarisquizga (Ki-g).....	10
2.1.4. Formación Chulec Pariatambo (Ki-chu, pt).....	10
2.1.5. Formación Chota (KsP-cho).....	10
2.1.6. Depósitos cuaternarios	11
3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	14
3.1. Modelo Digital de Elevaciones (MDE)	14
3.2. Pendientes del terreno	14
3.3. Unidades geomorfológicas	15
3.3.1. Geofomas de carácter tectónico degradacional y erosional.....	16
3.3.1.1. Unidad de montaña	16
3.3.2. Geofomas de carácter depositacional y agradacional.....	17
3.3.2.1. Unidad de piedemonte	17
4. PELIGROS GEOLÓGICOS	21
4.1. Peligros geológicos por movimientos en masa	21
4.1.1. Deslizamientos rotacional inactivos relictos (DRIR).....	21
4.1.2. Deslizamientos rotacional inactivos latentes (DRIL)	24
4.1.3. Derrumbes suspendidos (DS).....	26
4.1.4. Caída de rocas (CR).....	27
4.1.5. Flujos de detritos.....	28
4.1.6. Erosión de cárcavas	30
4.2. Factores condicionantes	31

Geomorfológico	31
Litológico	31
5. CONCLUSIONES	33
6. RECOMENDACIONES	34
7. BIBLIOGRAFÍA	35
ANEXO 1: MAPAS	36
ANEXO 2: MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN	40

RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa, tipo deslizamientos y flujos en los caseríos Cienego y Convento; perteneciente a la jurisdicción del distrito Chugay, provincia Sánchez Carrión y departamento La Libertad. 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.

El 20 de marzo del 2010, en los caseríos Cienego y Convento ocurrieron varios flujos de detritos que descendieron por la quebrada Cienego, que afectaron 35 m de la vía nacional Chugay, además de cultivos, trochas carrozables y viviendas. Los deslizamientos se originaron en la parte alta del cerro Manancancho sobre relieves montañosos con afloramientos muy fracturados, los fragmentos desprendidos y depositados en laderas, son arrastrados por el agua de escorrentía hasta las quebradas en donde se formaron flujos de detritos.

Al este del área evaluada afloran lavas de composición basáltica con estructura almohadillada y masivamente estratificadas de la Formación Tres Lagunas (DsCm-tl) que limitan con areniscas y limolitas rojas intercaladas con conglomerados polimícticos de color rojo violáceo del Grupo Mitú (PET-m). Al oeste del caserío Cienego, en la margen izquierda afloran areniscas, lutitas y carbón del Grupo Goyllarisquiza (Ki-g) en contacto con calizas, margas y limoarcillas de la Formación Chúlec, Pariatambo (Ki-chu,pt). En la margen izquierda del río Chusgon afloran areniscas, conglomerados, lutita, limolita, lodolita de la Formación Chota (KsP-cho), los tipos de rocas identificados se encuentran muy fracturados y meteorizados. Estos afloramientos se encuentran cubiertos por depósitos coluvio-deluviales (Q-cd) conformados por bloques dispersos, gravas y cantos subangulosos a subredondeados con matriz arcillosa con mezcla de carbón y lutitas. Además de depósitos coluviales (Q-co) conformados por bloques y clastos sueltos y distribuidos sobre laderas con pendientes moderadas.

En los alrededores de los caseríos evaluados, se identificaron antiguos deslizamientos que modelaron vertientes o piedemontes aluviales (V-al) sobre los cuales hoy se asienta las viviendas del caserío Cienego, además de vertientes o piedemontes coluvio-deluviales (V-cd). Los relieves más elevados se ubican al este en el cerro Manancancho formando montañas en rocas volcánico-sedimentarias (RM-rvs), se modelaron en relieves con pendientes fuertes a muy escarpadas (15°- >45) que, limitan con montañas en roca metamórficas (RM-rm) con relieves con pendientes moderadas a muy fuertes (5°- 45°) distribuidas en gran parte del área de estudio.

Debido a las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas que presentan las laderas donde se ubica el caserío Cienego, se considera de **Peligro Alto** a **Muy Alto** ante deslizamientos y flujos de detritos que podrían activarse ante lluvias intensas, afectando vías de comunicación, cultivos y viviendas.

Se recomienda, la reubicación de las viviendas ubicadas en el caserío Cienego, además de la escuela e infraestructura; complementada con estabilización de laderas a través de la reforestación y banqueteo de zonas afectadas.

DEFINICIONES

El presente informe técnico está dirigido a entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno, así como personal no especializado, no necesariamente geólogos; en el cual se desarrollan diversas terminologías y definiciones vinculadas a la identificación, tipificación y caracterización de peligros geológicos, para la elaboración de informes y documentos técnicos en el marco de la gestión de riesgos de desastres.

Todas estas denominaciones tienen como base el libro: "Movimientos en masa en la región andina: una guía para la evaluación de amenazas" desarrollado en el Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007), donde participó la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet. Los términos y definiciones se detallan a continuación:

Buzamiento (Dip) Angulo que forma la recta de máxima pendiente de un plano con respecto a la horizontal y puede variar entre 0° y 90°.

Corona (crown): 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.

Deslizamiento (slide) Movimiento ladera abajo de una masa de suelo o roca cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla, o de zonas relativamente delgadas con gran deformación cortante (Cruden y Varnes, 1996).

Erosión (erosión) Parte del proceso denudativo de la superficie terrestre que consiste del arranque y transporte de material de suelo o roca por un agente natural como el agua, el viento y el hielo, o por el hombre. De acuerdo con el agente, la erosión se puede clasificar en eólica, fluvial, glaciar, marina y pluvial. Por su aporte, de acuerdo a las formas dejadas en el terreno afectado se clasifica como erosión en surcos, erosión en cárcavas y erosión laminar.

Escarpe (scarp). sin.: escarpa. Superficie vertical o semi vertical que se forma en macizos rocosos o de depósitos de suelo debido a procesos denudativos (erosión, movimientos en masa, socavación), o a la actividad tectónica. En el caso de deslizamientos se refiere a un rasgo morfométrico de ellos.

Flujo: Movimiento en masa que durante su desplazamiento exhibe un comportamiento semejante al de un fluido; puede ser rápido o lento, saturado o seco. En muchos casos se originan a partir de otro tipo de movimiento, ya sea un deslizamiento o una caída (Varnes, 1978). Existen tipos de flujos como flujos de lodo, flujos de detritos (huaicos), avalanchas de rocas y detritos, crecida de detritos, flujos secos y lahares (por actividad volcánica).

Flujo de detritos (huaico): Flujo con predominancia mayor de 50% de material grueso (bloques, gravas), sobre los finos, que transcurre principalmente confinado a lo largo de un canal o cauce con pendiente pronunciada.

Meteorización (weathering). 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 (mass movement, landslide). sin.: 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, de detritos o de tierras (Cruden, 1991).

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.

1. INTRODUCCIÓN

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

Atendiendo la solicitud del Gobierno Regional de La Libertad, según OFICIO N° 000072-2023-GRLL-GGR-ORDN-SGDC, es en el marco de nuestras competencias que se realizó la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa de tipo “deslizamientos y flujos de detritos”, los cuales afectaron viviendas, vías de acceso, canales de riego y terrenos de cultivo.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designó a los ingenieros Cristhian Chiroque, Luis León y Elvis Alcántara para realizar la evaluación de peligros geológicos, el 04 de junio del 2023, los trabajos de campo estuvieron acompañados por autoridades locales de caserío Cienego.

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

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

1.1. Objetivos del estudio

El presente trabajo tiene como objetivos:

- a) Identificar, tipificar y caracterizar los peligros geológicos por movimientos en masa que se desarrollan en el caserío Cienego, procesos geodinámicos que afectaron terrenos de cultivo, viviendas y vías de acceso.
- b) Determinar los factores condicionantes y desencadenantes que influyen en la ocurrencia de movimientos en masa.
- c) Proponer medidas de prevención, reducción y mitigación ante los peligros geológicos evaluados en la zona.

1.2. Antecedentes y trabajos anteriores

Existen trabajos previos y publicaciones del INGEMMET relacionados a temas de geología y geodinámica externa de los cuales destacan los siguientes:

- A. Boletín N° 50, serie C: Riesgos Geológicos en la Región La Libertad, realizado por Medina, et al., 2012; muestra el inventario de peligros geológicos en la región La Libertad; además de la elaboración del mapa de susceptibilidad a movimientos en masa a escala 1:250 000, mediante la superposición de capas o mapas de factores condicionantes como la litología y las pendientes, mediante un geoprocesamiento en GIS (Tabla 1 y figura 1). En el mapa se muestra que, el caserío Cienego tiene una susceptibilidad alta a muy alta ante la ocurrencia de movimientos en masa. En la zona evaluada afloran andesitas muy fracturadas con intercalación de lutitas muy fracturadas e intensamente meteorizadas.

Tabla 1. Niveles de susceptibilidad a movimientos en masa.

GRADO DE SUSCEPTIBILIDAD	COLOR	RECOMENDACIONES
MUY ALTO		En lo posible evitar el desarrollo de todo tipo de infraestructura.
ALTO		Restringir el desarrollo de infraestructura urbana, o de instalaciones destinadas a una alta concentración de personas. En el caso de proyectos de infraestructura vial, líneas de energía y minería, etc., se deberán realizar estudios geotécnicos de detalle.

- B. Boletín N° 9, Serie A, Carta Geológica Nacional: "Pataz". Hoja 16-h (1964). El área de evaluación se ubica al extremo norte del distrito de Chugay, hoja 16-h a escala 1: 100 000. En la zona de evaluación afloran lavas de composición basáltica con estructura almohadillada y masivamente estratificadas intercaladas con areniscas y limolitas rojas intercaladas con conglomerados polimícticos de color rojo violáceo de la Formación Tres Lagunas (DsCm-tl) y del Grupo Mitu (PET-m) respectivamente. Los afloramientos forman relieves montañosos con pendientes fuertes a escarpadas, se ubican en la parte alta del cerro Manancancho, desde donde se forman los deslizamientos y derrumbes que originan depósitos coluvio deluviales y aluviales que se depositan en piedemontes y cauces de quebradas; en temporada de lluvias estos materiales se sobresaturan y forman flujos de detritos que descienden por la quebrada Cienego.

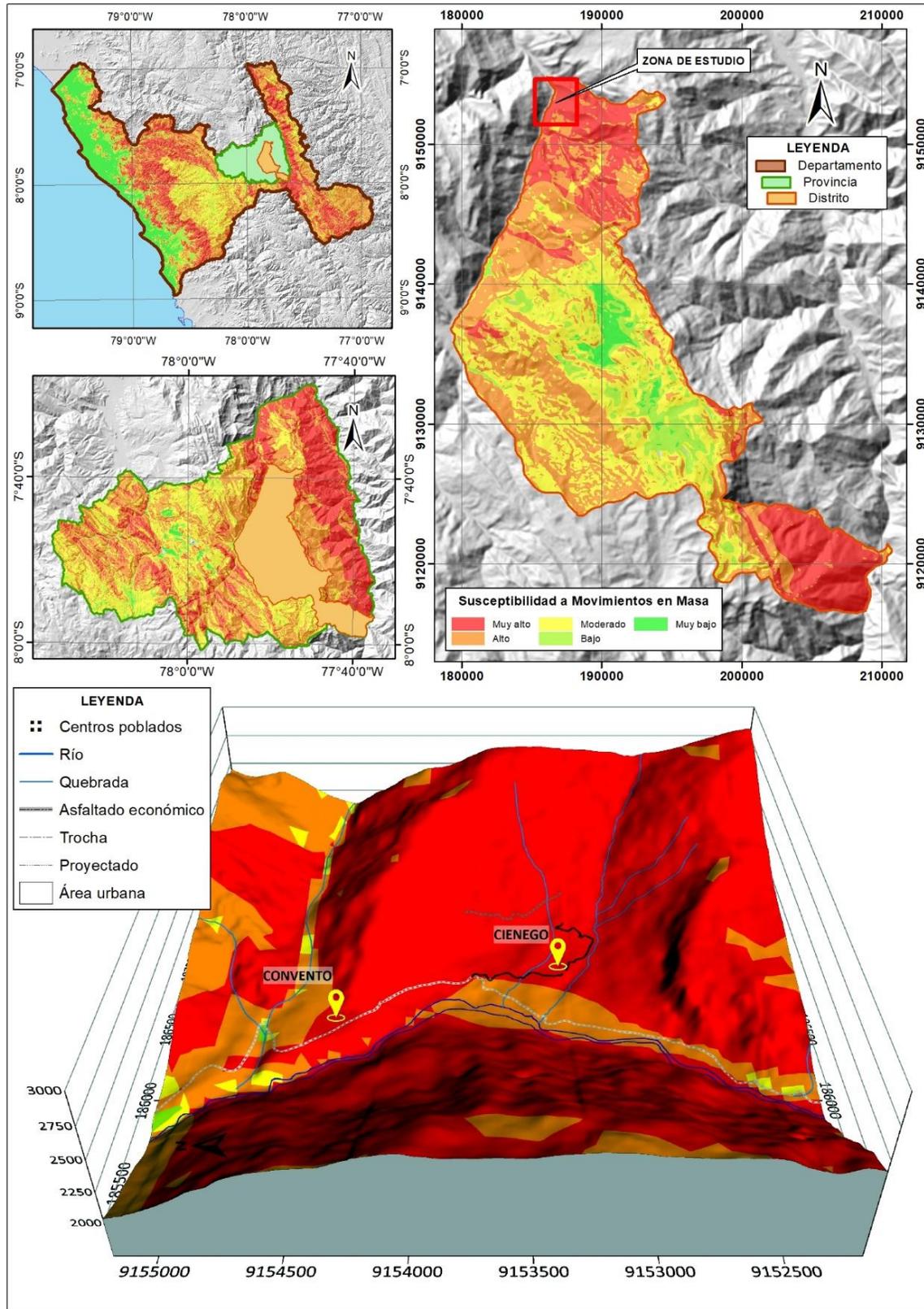


Figura 1. Mapa de susceptibilidad a movimientos en masa a escala 1:250 000 de la zona de evaluación (Medina, 2012).

1.3. Aspectos generales

1.3.1. Ubicación

El área de evaluación abarca el caserío Cienego y Convento, ubicado en la ladera oeste del cerro Manancancho, perteneciente al distrito Chugay, provincia Sánchez Carrión y departamento de La Libertad (figura 2); ubicado en las siguientes coordenadas UTM (WGS84 – Zona 18S) (tabla 2):

Tabla 2. Coordenadas del área de evaluación

Vértice	UTM - WGS84 - Zona 18S		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	186043	9154775	7° 38' 13.849" S	77° 50' 43.418" W
2	188590	9154775	7° 38' 14.394" S	77° 49' 20.399" W
3	188590	9152579	7° 39' 25.820" S	77° 49' 20.868" W
4	186043	9152579	7° 39' 25.273" S	77° 50' 43.891" W
COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL				
Caserío Cienego	186902	9153155	7° 39' 6.709" S	77° 50' 15.760" W
Caserío Convento	186557	9154330	7° 38' 28.424" S	77° 50' 26.762" W

1.3.2. Accesibilidad

Se accede por vía terrestres desde la ciudad de Cajamarca mediante la siguiente ruta (tabla 3):

Tabla 3. Rutas y accesos a la zona evaluada.

Ruta	Tipo de vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Cajamarca – Cajabamba	Asfaltada	121	2 h 50 min
Cajabamba – Saucacocha	Asfaltada	41	1 h 30 min
Saucacocha – Chugay	Asfaltada	41	1 h 30 min
Chugay - Cienego	Asfaltada	42	1 h 30 min

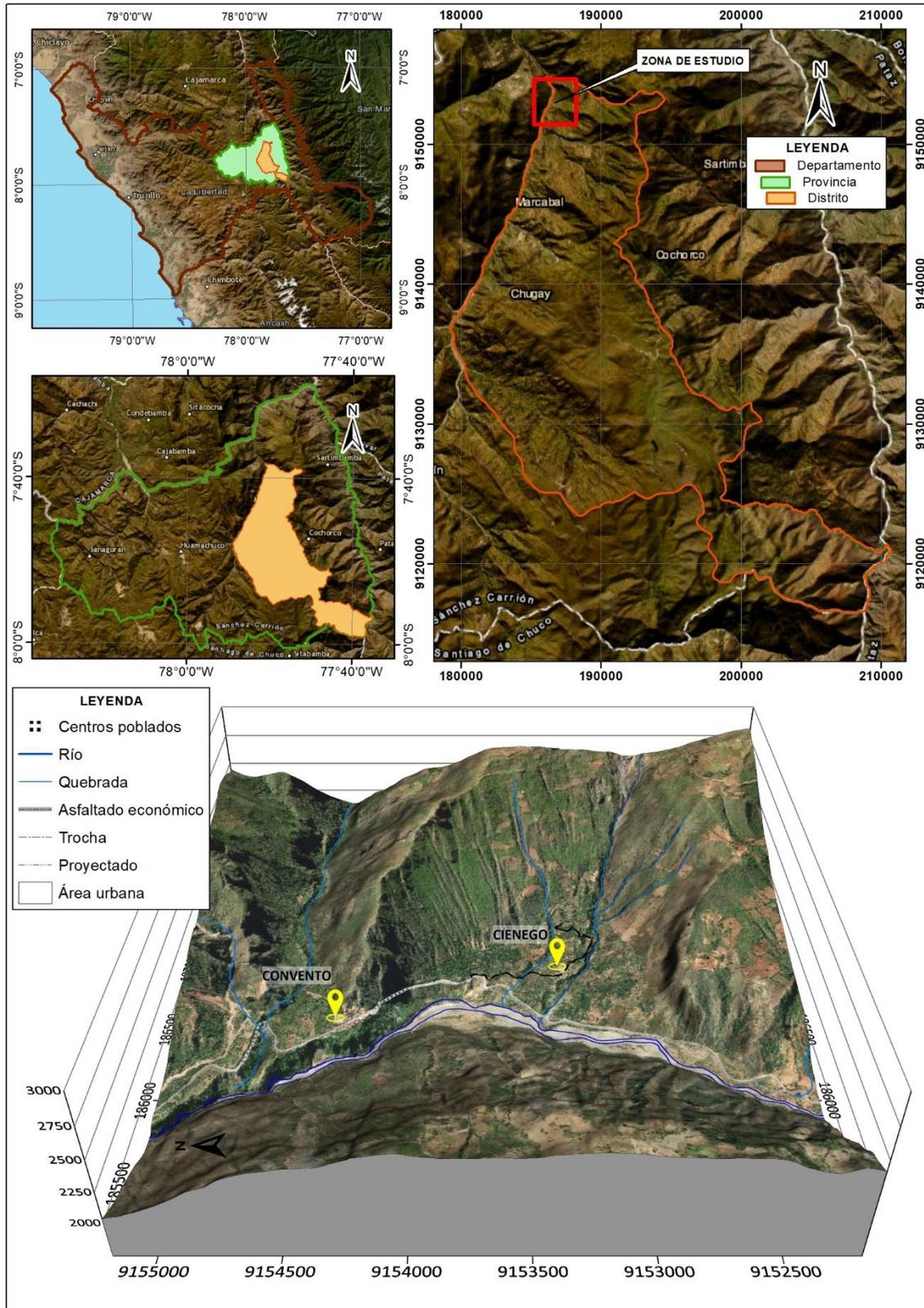


Figura 2. Ubicación de los caseríos Cienego y Convento.

2. ASPECTOS GEOLÓGICOS

El análisis ingeniero - geológico realizado en los caseríos Cienego y Convento, se desarrolló en base a la información recolectada en campo y al análisis del cuadrángulo geológico de Pataz hoja 16-h a escala 1:100 000 (Reyes, R.; et al 1964). Esta información fue actualizada en el año 2009, donde se elaboró el Mapa geológico Integrado a escala 1:50 000. Se describen lavas basálticas, areniscas, limolitas, lutitas y conglomerados que afloran al este del caserío Cienego (Anexo como Mapa 1).

2.1. Unidades litoestratigráficas

A continuación, se describen las características litológicas locales de los afloramientos en la zona de estudio (figura 3):

2.1.1. Formación Tres Lagunas (DsCm-tl3)

Está conformada por lavas de composición basáltica con estructura almohadillada y masivamente estratificadas, se distribuyen al este del caserío Cienego en el cerro Manancanchu. Estas secuencias se encuentran muy fracturada y completamente meteorizadas, desde donde se forman escarpes de caídas y deslizamientos aportante gran parte de la fracción gruesa de los movimientos en masa identificados (bloques y clastos).

2.1.2. Grupo Mitu (PET-mi2)

Esta litología está conformada por areniscas y limolitas rojas intercaladas con conglomerados polimícticos de color rojo violáceo que se distribuyen al este del caserío Cienego en franjas con dirección noroeste sureste. Estas secuencias se encuentran muy fracturadas y completamente meteorizadas, al desprenderse de la roca matriz forma coberturas arenosas, granulares y arcillosa.

2.1.3. Grupo Goyllarisquizga (Ki-g)

Se presenta como areniscas cuarzosas blanco amarillentas con laminaciones oblicuas, intercalados con lutitas gris verdosas y algunos niveles de carbón, se localizan en la margen izquierda del río Chusgon hacia el oeste del caserío Cienego. Estas secuencias se encuentran fuertemente fracturadas y moderadamente meteorizadas.

2.1.4. Formación Chulec Pariatambo (Ki-chu, pt)

Son intercalaciones de calizas nodulares y margas beiges-cremas, intercaladas con limoarcillitas calcáreas ubicadas al sur del área de evaluación, desde el punto de vista geológico no tienen influencia en la estabilidad de laderas donde se desarrollan los procesos de remoción en masa estudiados.

2.1.5. Formación Chota (KsP-cho)

Son intercalaciones de areniscas rojas y conglomerados en la base con intercalación de lutitas, limolitas y lodolitas de color rojo violáceo al oeste del caserío Cienego. Estas secuencias se encuentran fuertemente fracturadas y moderadamente meteorizadas (fotografía 1).



Fotografía 1. Areniscas y conglomerados de la Formación Chota.

2.1.6. Depósitos cuaternarios

Depósito aluvial (Q-al)

Se distribuyen en gran parte de los caseríos Cienego y Convento, están conformadas por arenas arcillosas con gravas y fragmentos de roca de cantos dispersos de formas angulosas a subangulosas muy poco clasificados y heterogéneos. Han sido depositados por la escorrentía y flujos de corto recorrido debido a la meteorización de rocas in situ como areniscas y limolitas (fotografía 2).

Depósito proluvial (Q-al)

Estos depósitos están compuestos por fragmentos rocosos polimícticos y heterométricos (bloques, gravas y arenas) soportados en matriz areno-limosa, que han sido depositados en forma de chorreras a lo largo de surcos, cárcavas y cauces de quebradas. Estos materiales están asociados directamente a las ocurrencias de flujos de detritos o huaicos (fotografía 2).



Fotografía 2. Depósitos proluviales y aluviales en las inmediaciones de Cienego.

Depósito fluvial (Q-fl)

Los constituyen los materiales de los lechos de los ríos o quebradas, terrazas bajas y llanura de inundación. Son depósitos heterométricos constituidos por bolos, cantos y gravas subredondeadas en matriz arenosa o limosa, mezcla de lentes arenosos y arenolimosos.

Son transportados por la corriente de los ríos a grandes distancias en el fondo de los valles y depositados en forma de terrazas o playas, removibles por el curso actual del río y ubicados en su llanura de inundación. Son depósitos inconsolidados a poco consolidados hasta sueltos, fácilmente removibles, cuya permeabilidad es alta.

Depósito coluvio deluvial (Q-cd)

Son acumulaciones sucesivas, alternadas de materiales de origen coluvial y deluvial, los cuales no es posible diferenciarlos. Los depósitos coluviales se encuentran formados por acumulaciones ubicadas al pie de taludes escarpados, constituidos por bloques rocosos angulosos heterométricos de naturaleza litológica homogénea. Conforman taludes de reposo poco estables, dentro de este tipo de depósito se encuentran los materiales generados por movimientos en masa de tipo deslizamientos, derrumbes, etc. (fotografía 3).



Fotografía 3. Vista de los depósitos coluvio deluviales en la margen derecha del río Chusgon.

Depósitos coluvial (Qh-cl)

Los depósitos coluviales son producto de deslizamientos, caídas o derrumbes, desarrollados en la ladera este del cerro Manancancho. Estos depósitos están constituidos por bloques, cantos y gravas angulosas, heterométricas y de origen volcánico, dentro de una matriz limo arcillosa, con escasa cohesión, plasticidad media, húmedas o saturadas e inestables, presentan malas características geotécnicas y se consideran suelos no competentes, susceptibles a la generación de movimientos en masa (fotografía 4).



Fotografía 4. Depósitos coluviales en laderas con presencia de viviendas.

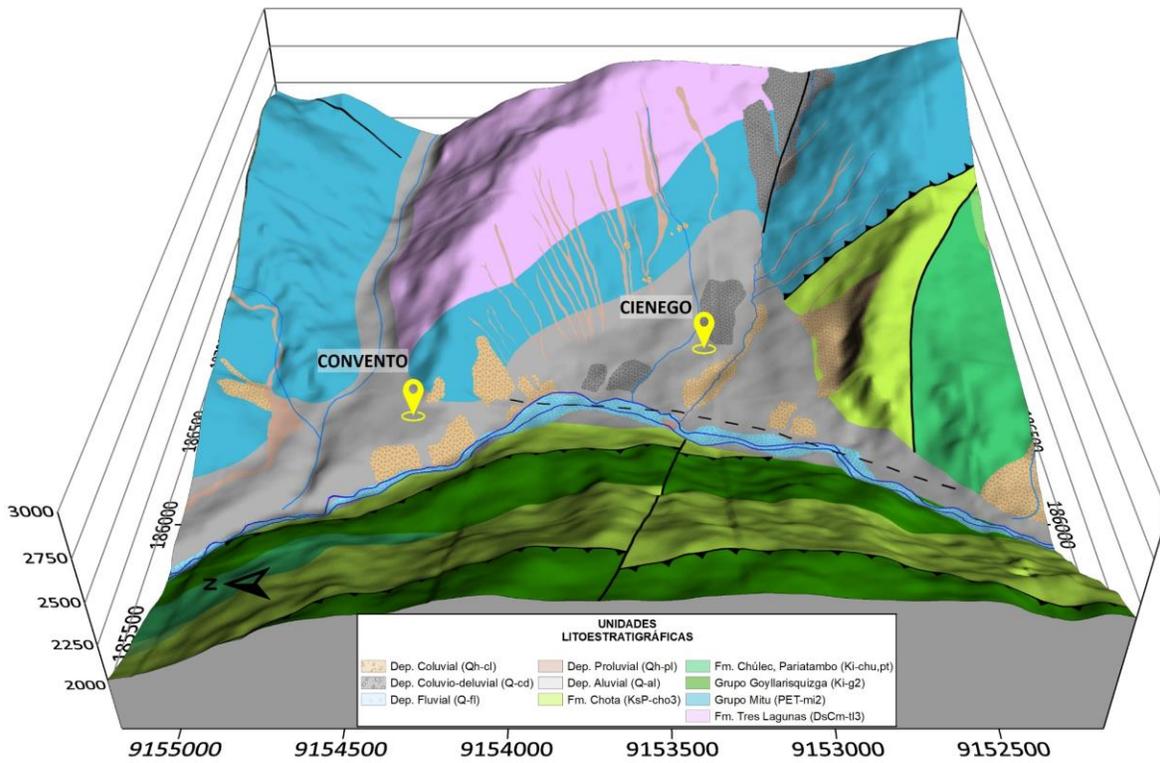


Figura 3. Afloramientos de rocas identificadas en los caseríos Ciénego y Convento.

3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

Se realizó el levantamiento fotogramétrico con drones, de donde se obtuvo el modelo digital de elevaciones, pendientes y ortofoto con una resolución (GSD) de 5 cm por pixel, esta información se complementó con un MDT extraído del servicio ALOS PALSAR de 12.5 m/pix. Además, se realizó la revisión de imágenes satelitales y el análisis de la morfometría del relieve en los trabajos de campo.

3.1. Modelo Digital de Elevaciones (MDE)

El área de evaluación alcanza hasta 2800 m s.n.m, al este del caserío Cienego y Convento, mientras que, las cotas más bajas se ubican alrededor del cauce del río Chusgon con 1700 m de altitud. Los peligros geológicos como deslizamientos, flujos de detritos, caídas y derrumbes se distribuyen sobre una ladera con elevaciones entre 2750 m s.n.m. y 1950 m s.n.m, en la zona de arranque y pie de las zonas de piedemonte coluvio-deluvial (figura 4). En las laderas se desarrolla actividad agrícola por ende es irrigada por canales de riego sin revestir, se identificaron sequias, en la parte superior o corona de los derrumbes y deslizamientos.

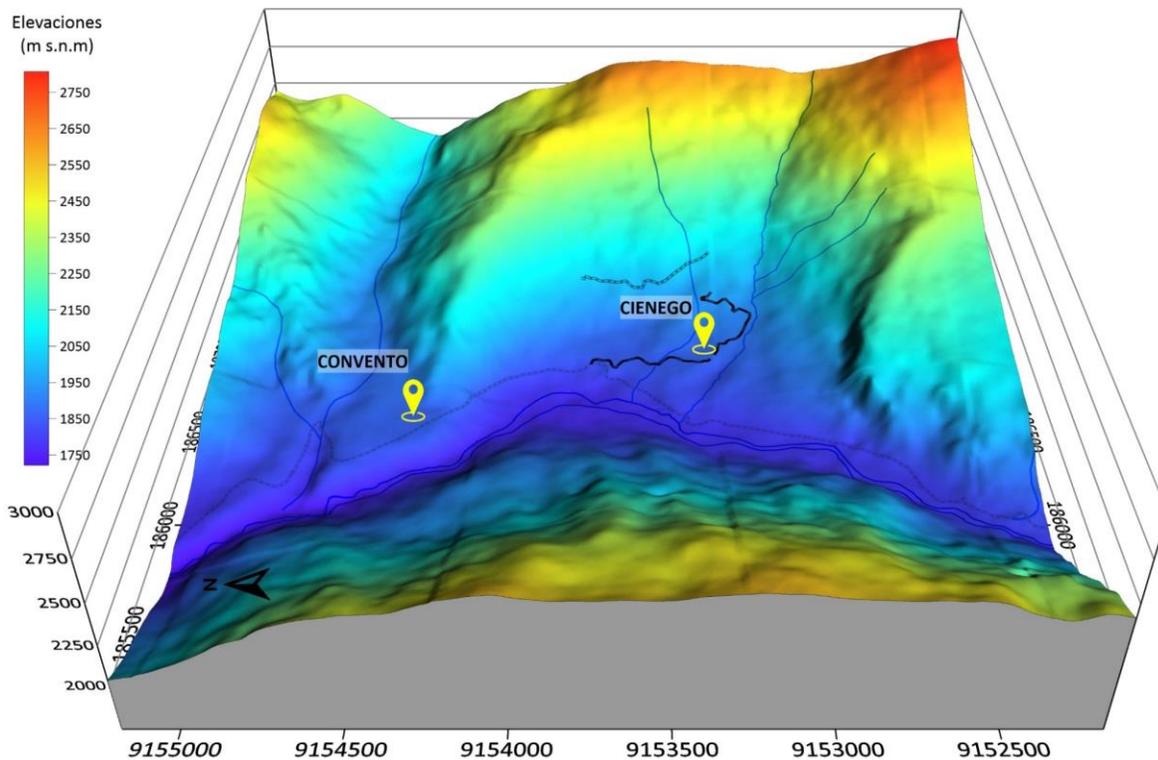


Figura 4. Mapa de elevaciones en el área de evaluación.

3.2. Pendientes del terreno

Los relieves con pendientes escarpadas pueden condicionar la ocurrencia de movimientos en masa y controlar el modelamiento de las geoformas que conforman el relieve actual. En ese sentido, se elaboró el mapa de pendientes para identificar zonas de aporte y recepción

de materiales provenientes de deslizamientos y avalanchas antiguas y que condicionan los peligros geológicos recientes.

El área de evaluación abarcó un total de 548 ha, mediante el modelo digital de elevaciones, se elaboró el mapa de pendientes, que fue rasterizado y luego reclasificado para el cálculo de áreas, expresado en porcentaje por cada rango de pendiente (figura 5).

Se determinó que, el área de evaluación presenta laderas con pendientes llanas a suavemente inclinadas ($0^\circ - 5^\circ$) solo abarcan el 0.1% (1 ha), en estos rangos se distribuyen en el cauce del río Chusgon; mientras que, los relieves con pendientes suavemente inclinadas (11 ha) solo abarcan el 2%. Los relieves con pendientes moderadas a fuertes ($5^\circ - 25^\circ$) alcanzan las 153 ha (28%), donde se ubican piedemontes aluviales y abanicos. Las pendientes muy fuertes a muy escarpadas ($25^\circ - 90^\circ$) abarcan la mayor parte del área de estudio 383 ha (70 %) relieves ubicados en la parte alta de las montañas donde se ubican las zonas de arranque de los movimientos en masa identificados.

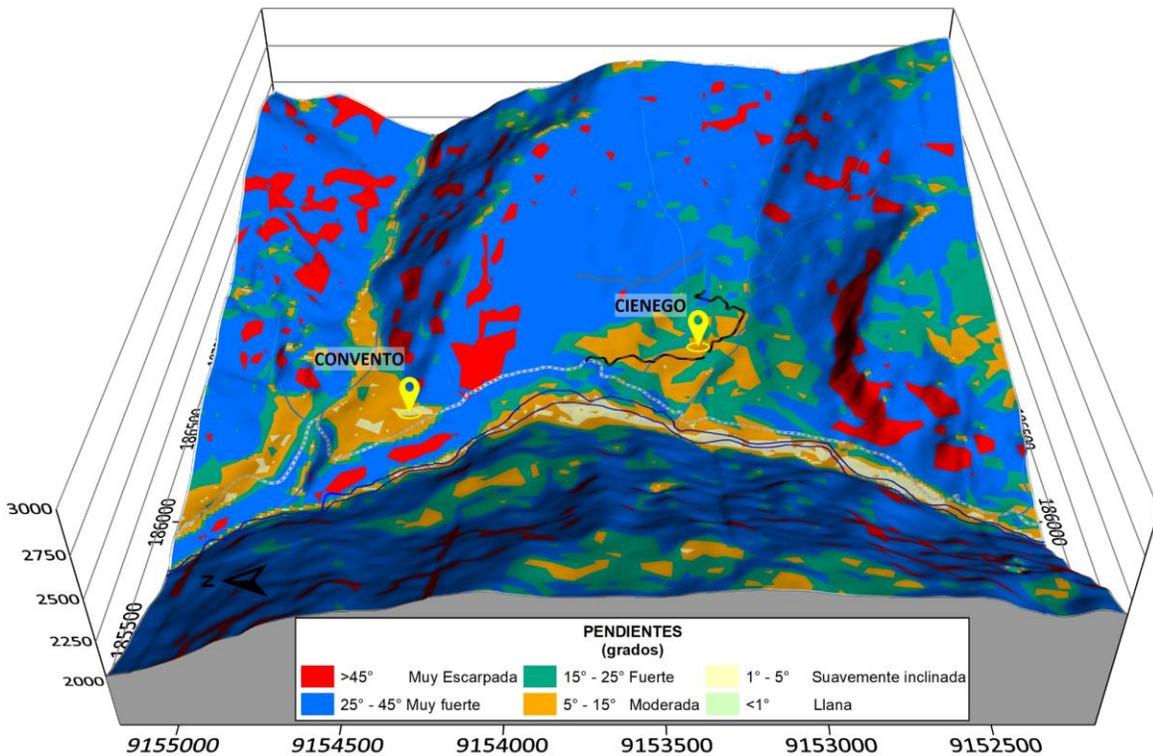


Figura 5. Pendientes en los caseríos Cienego y Convento.

3.3. Unidades geomorfológicas

La cartografía geomorfológica y la delimitación de unidades geomorfológicas se realizó utilizando el criterio principal de homogeneidad relativa y la caracterización de aspectos de origen del relieve (erosión o acumulación), individualizando cuatro tipos generales y específicos del relieve en función de la altura relativa, diferenciándose planicies, colinas, lomeríos, piedemontes y montañas (Medina, L. et al 2012).

A continuación, se mencionan las principales unidades y subunidades geomorfológicas identificadas y que conforman el relieve en la zona de estudio. Tomando como base el mapa geomorfológico de La Libertad, a escala 1/ 250 000 (Medina, L. et al 2012), se realizó el ajuste y definición de las unidades mediante la información obtenida en campo (Anexo 1: Mapa 2).

3.3.1. Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional

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

3.3.1.1. Unidad de montaña

Es la unidad o componente de cualquier cadena montañosa y se define como una gran elevación natural del terreno, de diverso origen, con más de 300 m de desnivel, cuya cima puede ser aguda, sub aguda, semiredondeada, redondeada o tabular y cuyas laderas regulares, irregulares a complejas y que presenta un declive promedio superior al 30% (FAO, 1968, citado por Villota. 2005, p. 43).

Subunidad de montaña en roca volcánico-sedimentaria (RM-rvs): Esta unidad geomorfológica se distribuye ampliamente al este y oeste de los caseríos Cienego y Convento, están conformados principalmente por lavas de composición basáltica que modelan relieves con pendientes fuertes a muy escarpadas. Las montañas se distribuyen en gran parte del área de evaluación, conforman relieves que alcanzan hasta los 2900 m s.n.m hacia el este; geológicamente parte de esta geoforma representan fuerte de materiales que aportan bloques y clastos que se depositan en laderas (figura 6).



Figura 6. Montañas en rocas volcánico sedimentarias al este del caserío Convento.

Subunidad de montaña en roca metamórfica (RM-rm): Esta unidad geomorfológica se distribuye ampliamente en forma de franjas desde el caserío Convento hasta Cabratucto, están conformados por areniscas y limolitas rojas intercaladas con conglomerados que modelan relieves con pendientes fuertes a muy escarpadas. Las montañas se distribuyen en gran parte del área de evaluación, conforman relieves que alcanzan hasta los 2700 m s.n.m hacia el noreste (figura 7).

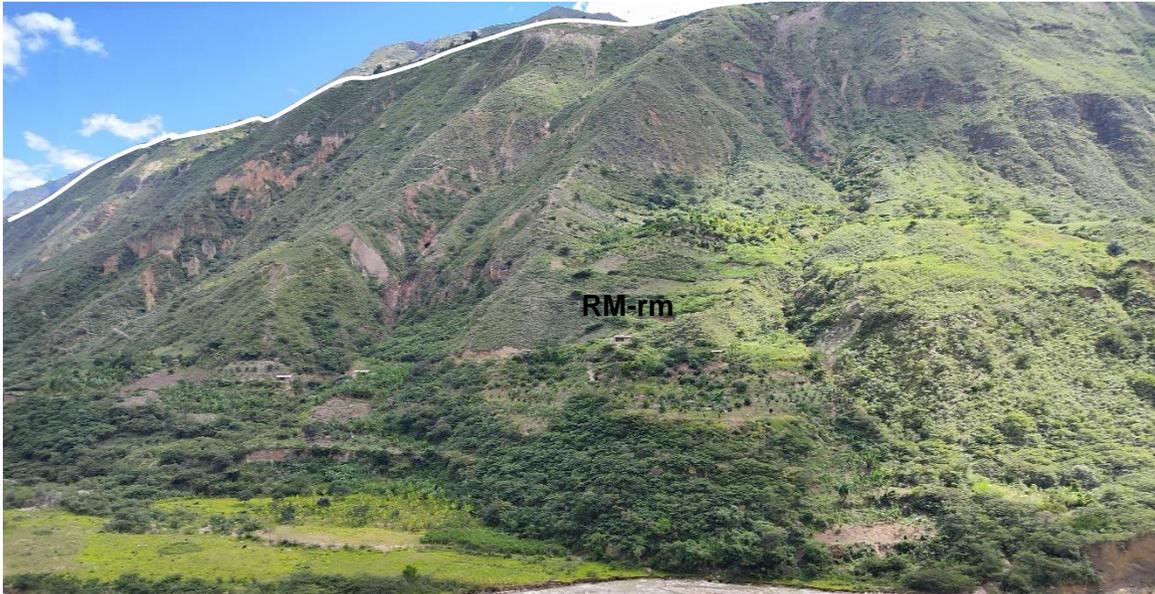


Figura 7. Montaña en roca metamórfica al oeste del caserío Cienego.

Subunidad de montaña y colinas estructurales en roca sedimentaria (RMCE-rs): Se distribuye principalmente al norte del caserío Convento, están conformados por areniscas y limolitas rojas intercaladas con conglomerados polimícticos de color rojo violáceo que modelan relieves con pendientes fuertes con elevaciones que alcanzan los 1800 m s.n.m.

3.3.2. Geformas de carácter depositacional y agradacional

Las geformas de carácter depositacional y agradacional son resultado del conjunto de procesos geomorfológicos constructivos, determinados por fuerzas de desplazamiento, como por agentes móviles, tales como el agua de escorrentía, los glaciares, las corrientes marinas, las mareas y los vientos. Estos tienden a nivelar hacia arriba la superficie de la tierra, mediante el depósito de materiales sólidos resultantes de la denudación de terrenos más elevados.

3.3.2.1. Unidad de piedemonte

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

Subunidad vertiente o piedemonte aluvial (V-al): Es una planicie inclinada a ligeramente inclinadas y extendidas, posicionadas al pie de estribaciones andinas o los sistemas montañosos, formadas por la acumulación de sedimentos acarreados por corrientes de agua estacionales, que pueden formar abanicos debido al movimiento lateral-cíclico del curso de los ríos o quebradas que los originan; la pendiente de estos depósitos es suaves a moderadas (1° - 15°), Gomez & Pari (2020). En el área de evaluación, esta subunidad se distribuye en gran parte del Caserío Cienego (figura 8).

Subunidad de vertiente o piedemonte aluvio torrencial (P-at): Esta geoforma es el resultado de la acumulación de materiales movilizados a manera de flujos de detritos (huaicos), modifican localmente la dirección de los cursos de ríos y se ubican en las desembocaduras de quebradas hacia los ríos principales. La quebrada Cienego, presenta evidencias de antiguos flujos que transportaron materiales ladera abajo, estos eventos se activan en temporada de lluvias y que luego descienden por la quebrada hasta el río Chusgon (figura 8).

Subunidad de vertiente o piedemonte coluvio deluvial (V-cd): Son unidades conformadas por la acumulación intercalada de materiales de origen coluvial y deluvial. Se encuentran interestratificados y no es posible separarlas como unidades individuales: Esta unidad se encuentra al pie de las laderas de montañas o acantilados (Vílchez et al., 2019). Se formó por la acción de movimientos en masa antiguos (gravitacionales y fluviogravitacionales), las laderas presentan pendientes moderadas a fuertes (5° - 25°). Geodinámicamente, este tipo de depósitos se asocian a la ocurrencia de movimientos en masa de tipo complejos, deslizamientos y flujo de detritos (figura 8).

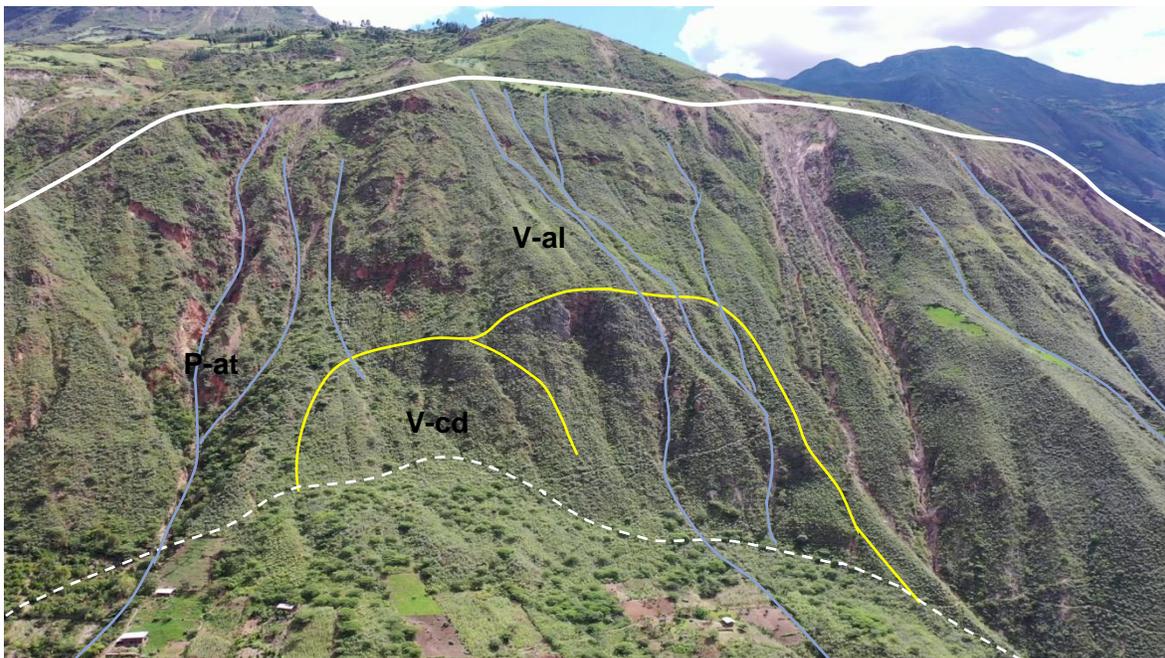


Figura 8. Piedemonte coluvio-deluvial con pendientes moderadas a muy fuertes.

Subunidad de abanico de piedemonte (Ab): Los abanicos de piedemonte se han emplazado desde las partes altas de las montañas formadas o modeladas por corrientes

de agua como ríos o quebradas con pendientes bajas menores a 15° y las zonas llanas con pendientes menores a 5°, estas zonas se encuentran al oeste de la zona de estudio y son afectadas por procesos de remoción en masa (figura 9).



Figura 9. Abanico de piedemonte donde se ubica el caserío Convento.

Subunidad de vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd): Esta geoforma es el resultado de la acumulación de materiales originados por procesos de movimientos en masa recientes, que pueden ser del tipo deslizamientos, flujos de detritos y/o movimientos complejos. Son de corto a mediano recorrido, relacionados a laderas superiores adyacentes. Su morfología es usualmente convexa y su disposición semicircular a elongada en relación con la zona de arranque o despegue del movimiento en masa. Los deslizamientos originan vertientes de deslizamiento, en donde se acumuló todo el material con un alto grado de saturamiento debido a las constantes lluvias (figura 10).



Figura 10. Vertiente con depósito de deslizamiento en la cabecera de la quebrada Cienego.

Subunidad de cauce de río (R): Está unidad corresponde al cauce y lecho del río Chusgon, que se desplaza de sur a norte, recolectando el drenaje y la escorrentía de la zona, transportando materiales conformados por bloques, cantos, gravas y arenas gruesas recorriendo un total de 1.5 km desde la cuenca alta del distrito del mismo nombre (figura 11).



Figura 11. Vista hacia el cauce del río Chusgon al oeste de Cienego y Convento.

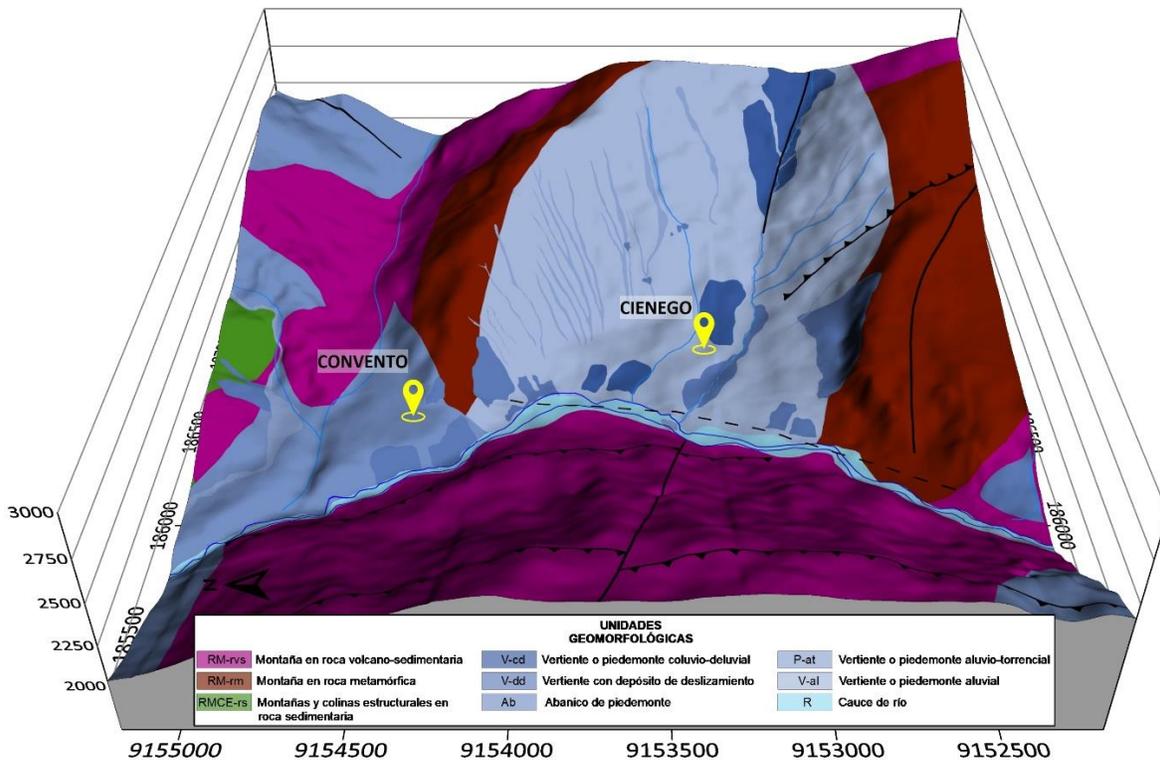


Figura 12. Geformas delimitadas en los caseríos Cienego y Convento.

4. PELIGROS GEOLÓGICOS

Los principales peligros geológicos identificados en los caseríos Cienego y Convento, corresponden a movimientos en masa de tipo deslizamientos, flujos de detritos, caída de rocas y derrumbes (Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas, 2007). Estos procesos son resultado del modelamiento del terreno, condicionado por afloramientos de rocas incompetentes, sedimentos poco consolidados y susceptibles a la generación de movimientos en masa (Anexo 1: Mapa 3).

4.1. Peligros geológicos por movimientos en masa

En las inmediaciones de los caseríos Cienego y Convento se identificaron 7 deslizamientos de tipo rotacional inactivos relictos (DRIR), 8 deslizamientos de tipo rotacional inactivos latentes (DRIL), 5 deslizamientos de tipo rotacional activos (DRA), 8 caídas y derrumbes (CD), 2 flujos de detritos y 20 procesos de erosión en cárcavas; se cartografiaron escarpes antiguos que modelaron las laderas donde se ubican los caseríos evaluados.

En los trabajos de campo, se contó con el apoyo de los pobladores y autoridades, que manifiestan que desde el año 2010 existen registros de ocurrencia de flujos de detritos y deslizamientos, que ocasionaron la erosión de trochas carrozables, pérdida de cultivos y viviendas afectadas.

Para caracterizar los eventos geodinámicos ocurridos en los caseríos Cienego y Convento, se realizaron trabajos de campo en donde se identificaron los tipos de movimientos en masa a través de la cartografía geológica y geodinámica basada en la observación y descripción morfométrica in situ, toma de datos GPS, fotografías a nivel del terreno, fotografías aéreas y fotogrametría con dron.

4.1.1. Deslizamientos rotacional inactivos relictos (DRIR)

En el área de evaluación se identificaron 07 deslizamientos antiguos o relictos, el deslizamiento antiguo (**DRIR-1**) tiene aproximadamente 820 m de largo y 250 m de ancho, el escarpe principal se estima un largo de 508 m, la zona de arranque se ubica a 2757 m de altitud, desde donde se emplazan depósitos coluvio deluviales conformados por bloques angulosos que muestran un corto recorrido hasta la zona de depositación (figura 13).

El deslizamiento antiguo (**DRIR-2**) tiene aproximadamente 461 m de largo y 140 m de ancho, el escarpe principal se estima un largo de 186 m, la zona de arranque se ubica a una altitud de 2080 m, se evidencia depósitos coluvio deluviales conformada por bloques angulosos que evidencias el corto recorrido del deslizamiento que descienden hasta los 1873 m de altitud (figura 14).

El deslizamiento antiguo (**DRIR-3**) tiene aproximadamente 512 m de largo y 160 m de ancho, el escarpe principal se estima un largo de 140 m de, la zona de arranque se ubica a 2141 m de altitud se evidencia en depósitos coluvio deluviales conformada por bloques angulosos que evidencias el corto recorrido del deslizamiento (figura 14).

El deslizamiento antiguo (**DRIR-4**) tiene 384 m de largo y 121 m de ancho, el escarpe principal se estima con una longitud de 161 m, la zona de arranque se ubica a 2168 m de

altitud desde donde se emplazan depósitos coluvio deluviales conformados por bloques angulosos que muestran un corto recorrido hasta la zona de depositación (figura 14).

El deslizamiento antiguo (**DRIR-5**) tiene 340 m de largo y 161 m de ancho, el escarpe principal se estima en 230 m de largo, la zona de arranque se ubica a 1997 m de altitud desde donde se emplazan depósitos coluvio deluviales conformados por bloques angulosos que muestran un corto recorrido hasta la zona de depositación (figura 14).

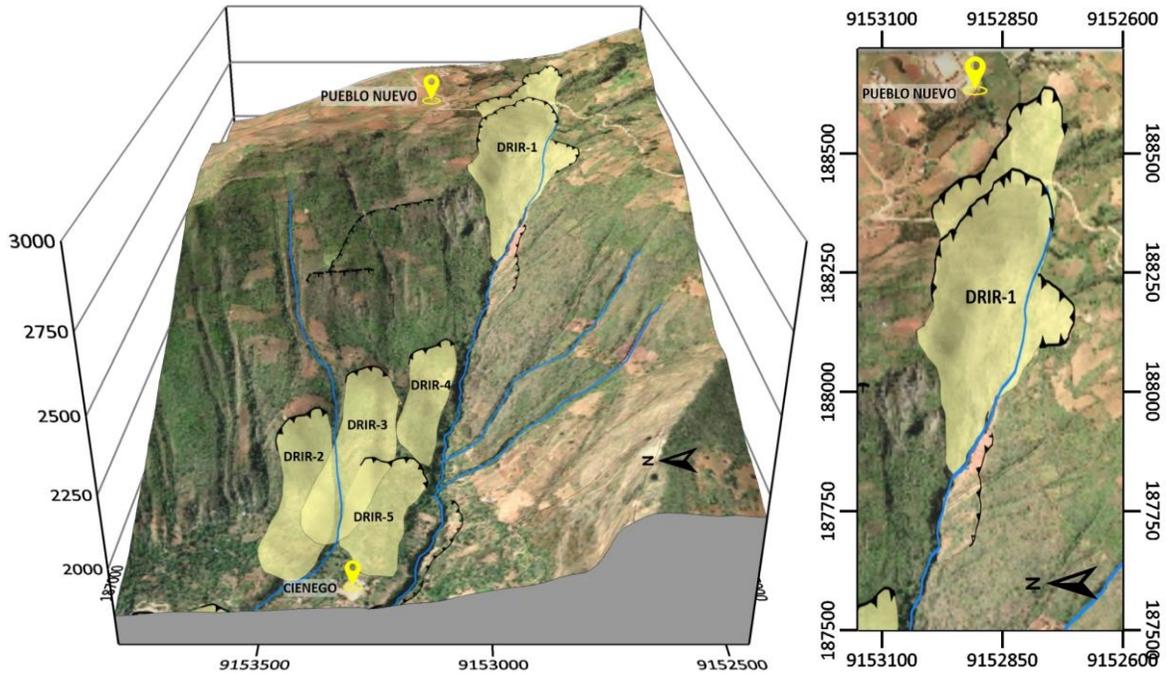


Figura 13. En la parte superior, vista de modelo 3d en perspectiva del deslizamiento rotacional inactivo relicto 1 (DRIR-1). En la parte inferior vista aérea del DRIR-1.

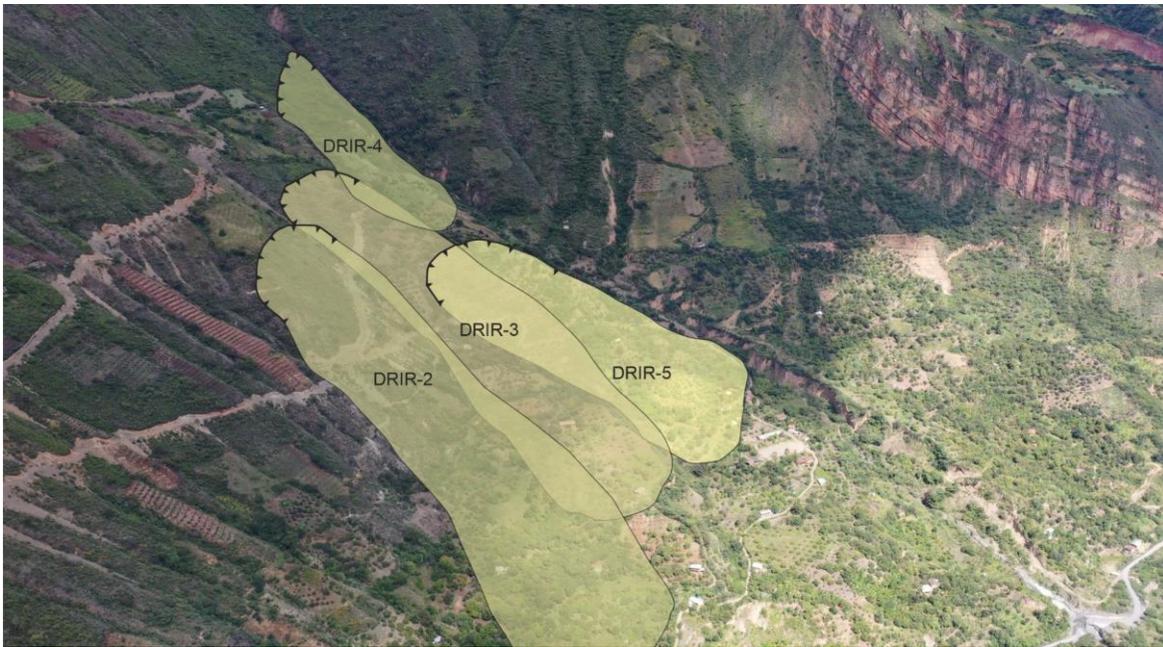


Figura 14. Vista aérea de los deslizamientos de tipo rotacional inactivo relictos (DRIR-2, 3, 4 y 5).

El deslizamiento antiguo (**DRIR-6**) tiene 124 m de largo y 73 m de ancho, el escarpe principal se estima en una longitud de 121 m, la zona de arranque se ubica a 1842 m de altitud desde donde se emplazan depósitos coluvio deluviales conformados por bloques angulosos que muestran un corto recorrido hasta la zona de deposición (figura 15).

El deslizamiento antiguo (**DRIR-7**) tiene 155 m de largo y 124 m de ancho, el escarpe principal se estima en 142 m de largo, la zona de arranque se ubica a 1847 m de altitud desde donde se emplazan depósitos coluvio deluviales conformados por bloques angulosos que muestran un corto recorrido hasta la zona de deposición (figura 15).



Figura 15. Vista aérea de los deslizamientos relictos (DRIR-6 y 7).

La ladera donde se ha definido el deslizamiento antiguo, se desarrollan actividades agrícolas cuyo sistema de riego se realiza a través de canales de tierra sin revestir. Los depósitos coluvio deluviales, están conformados por materiales poco compactos y porosos, facilitando la sobresaturación del subsuelo.

4.1.2. Deslizamientos rotacional inactivos latentes (DRIL)

En el área de evaluación se identificaron 07 deslizamientos en estado inactivo latentes (**DRIL**). El **DRIL-1**, se extiende aproximadamente 74 m de largo y 313 m de ancho, el escarpe principal se estima en 251 m de largo, la zona de arranque se ubica en pendiente y varía de 2414 a 2277 m de altitud desde donde se emplazan depósitos coluvio deluviales conformados por bloques angulosos que muestran un corto recorrido hasta la zona de depositación en la quebrada Cienego (figura 16).

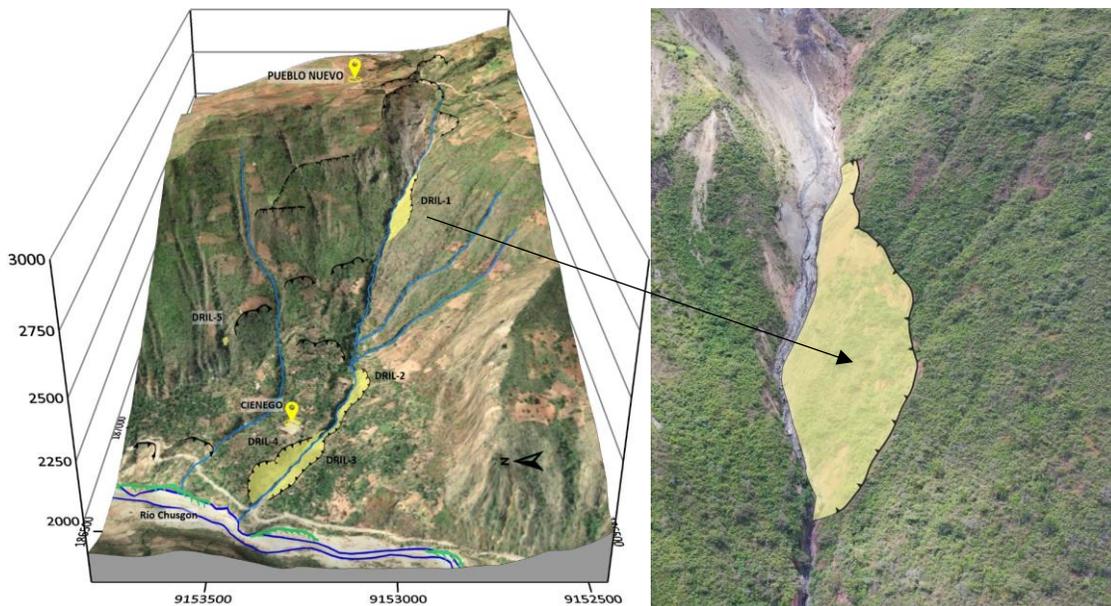


Figura 16. Vista aérea del deslizamiento inactivo latente (DRIL-1).

El **DRIL-2** mide 62 m de largo y 225 m de ancho, el escarpe principal tiene 237 m de largo, la zona de arranque se ubica en pendiente con una altitud promedio de 1934 m, desde donde se emplazan depósitos coluvio deluviales conformados por bloques angulosos que llegan hasta la quebrada Cienego (figura 17).

El **DRIL-3** se desarrolla en la margen izquierda de la quebrada Cienego, tiene 60 m de largo y 370 m de ancho, el escarpe principal se estima en 379 m de largo, la zona de arranque se ubica en pendiente y varía de 1889 a 1807 m de altitud desde donde se emplazan depósitos conformados por bloques angulosos que se depositan en la quebrada Cienego.

El **DRIL-4** se ubica en la margen derecha de la quebrada Cienego, se extiende aproximadamente 87 m de largo y 338 m de ancho, el escarpe principal se estima en 340

m de largo, la zona de arranque se ubica en pendiente con una altitud promedio de 1849 m, desde donde se emplazan depósitos coluvio deluviales hasta la quebrada Cienego.

El **DRIL-5**, se extiende aproximadamente 32 m de largo y 20 m de ancho, el escarpe principal se estima en 26 m de largo, la zona de arranque se ubica a 2009 m de altitud desde donde se emplazan depósitos que llegan a media ladera hasta una cárcava.

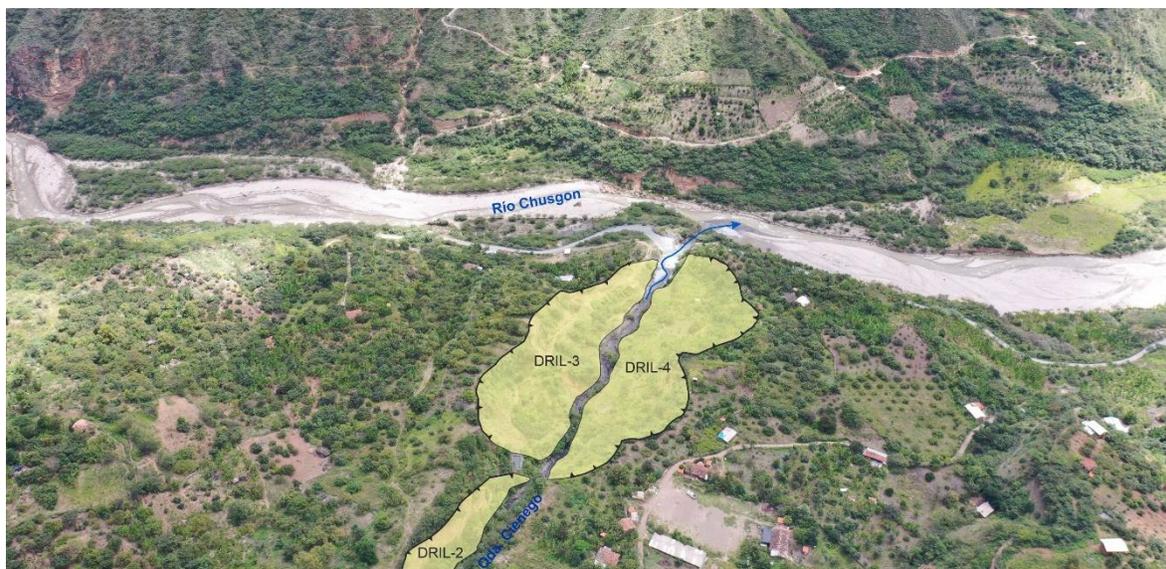
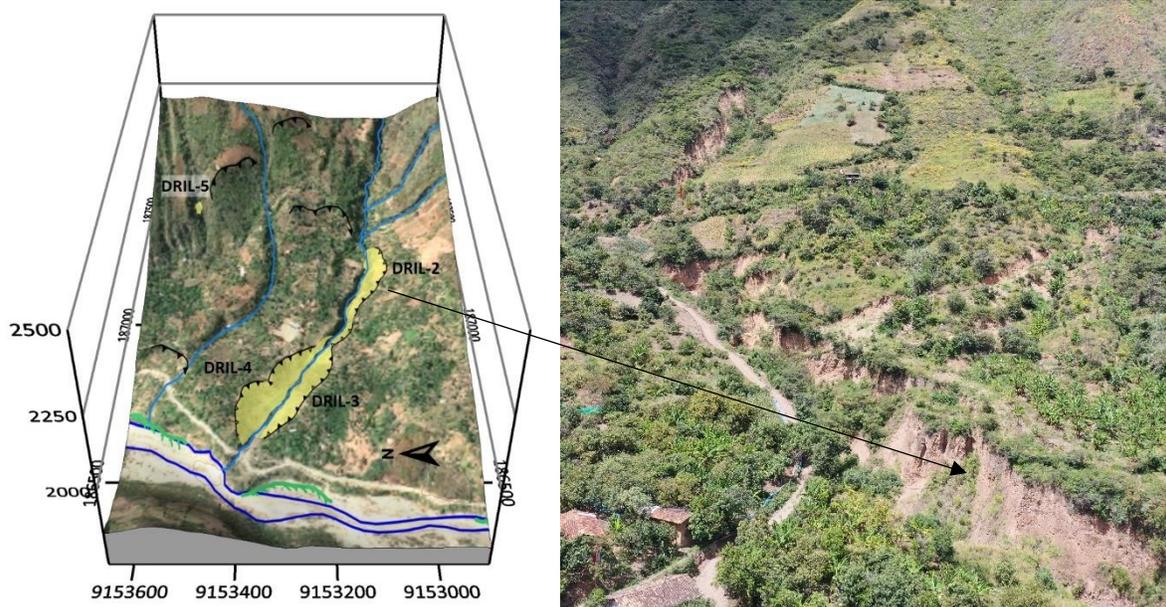


Figura 17. Vista aérea de los deslizamientos inactivos latentes (DRIL-2, 3 y 4), el DRIL-4 se ubica a escasos metros del área urbana del caserío Cienego.

El DRIL-6, tiene 32 m de largo y 20 m de ancho, el escarpe principal se estima en 26 m de largo, la zona de arranque se ubica a 2009 m de altitud desde donde se emplazan depósitos que llegan a media ladera hasta una cárcava.

4.1.3. Derrumbes suspendidos (DS)

Se desarrollan en la parte superior del caserío Cienego y en la margen derecha del río Chusgon, los depósitos están conformados por cantos y bloques depositados hacia cursos de quebradas o surcos en laderas.

Se identificaron 4 derrumbes en estado suspendido, se evidencian en escarpes de caídas que generan superficies limpias que, a través del tiempo vuelven llenarse de coberturas vegetal, además, existente en la zona, grietas rellenadas y afloramiento poco expuestos (figuras 18 y 19).

Factores condicionantes

- Geometría del terreno: Pendiente del terreno pronunciada, de muy fuerte (25° a 45) a muy escarpada (> 45°). Las pendientes generan una alta susceptibilidad a ocurrencia de derrumbes.
- Configuración geomorfológica del área (vertiente coluvio-deluvial): En esta unidad se observa mayor frecuencia de erosión de laderas y presencia de movimientos en masa.
- Litología: Conformada por suelo de naturaleza arcillosa con espesores promedio de 5 a 10 m en contacto areniscas y limolitas muy fracturadas rojas intercaladas con conglomerados polimícticos de color rojo violáceo del Grupo Mitu.

Factores detonantes

- Infiltración de agua al terreno: Las lluvias intensas y/o excepcionales entre los meses de diciembre a marzo, saturan los terrenos y los desestabilizan.

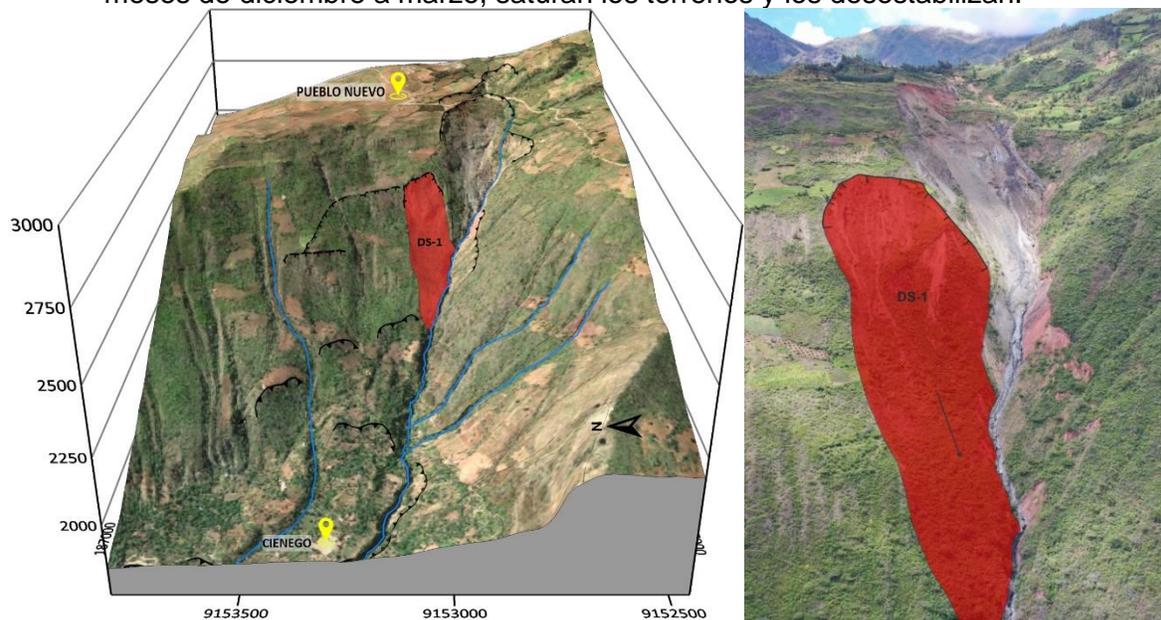


Figura 18. Derrumbe suspendido DS-1 ubicado en la parte superior del caserío Cienego.

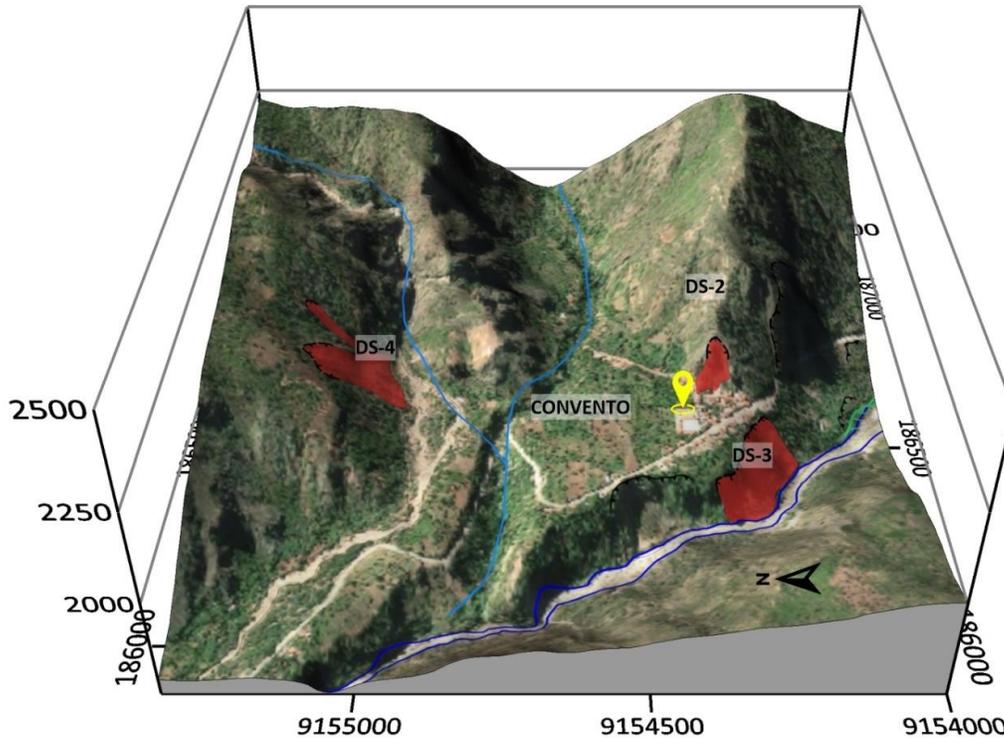


Figura 19. Derrumbes suspendidos DS-2, 3 y 4 ubicados en los alrededores del caserío Convento.



Figura 20a. Derrumbe suspendido DS-3 en el borde la trocha carrozable hacia el caserío Santa Elena. **20b.** Derrumbe a 150 m del caserío Convento.

4.1.4. Caída de rocas (CR)

Estos procesos involucran a uno o varios bloques de suelo o roca que se desprenden de una ladera, donde no se existe una superficie de desplazamiento o corte. Una vez desprendidos los materiales, se desplazan por el aire efectuado golpes, rebotes y rodamiento (Modificado de Varnes, 1978).

Según Pimentel (2011) las caídas de rocas se deben principalmente a la meteorización físico-química y biológica de las discontinuidades pre-existente de las rocas, tales como fallas, juntas, estratificación, bandeamiento y esquistosidad. Así como la rugosidad persistencia, abertura y relleno son estructuras que contribuyen de manera decisiva en el origen de las caídas de rocas.

Se identificaron 4 zonas de caídas de rocas, 3 en estado suspendido (CRS) y 1 en estado activo (CRA), estos procesos involucran afloramientos de rocas muy fracturados en laderas con pendientes muy fuertes a muy escarpadas (figura 21).

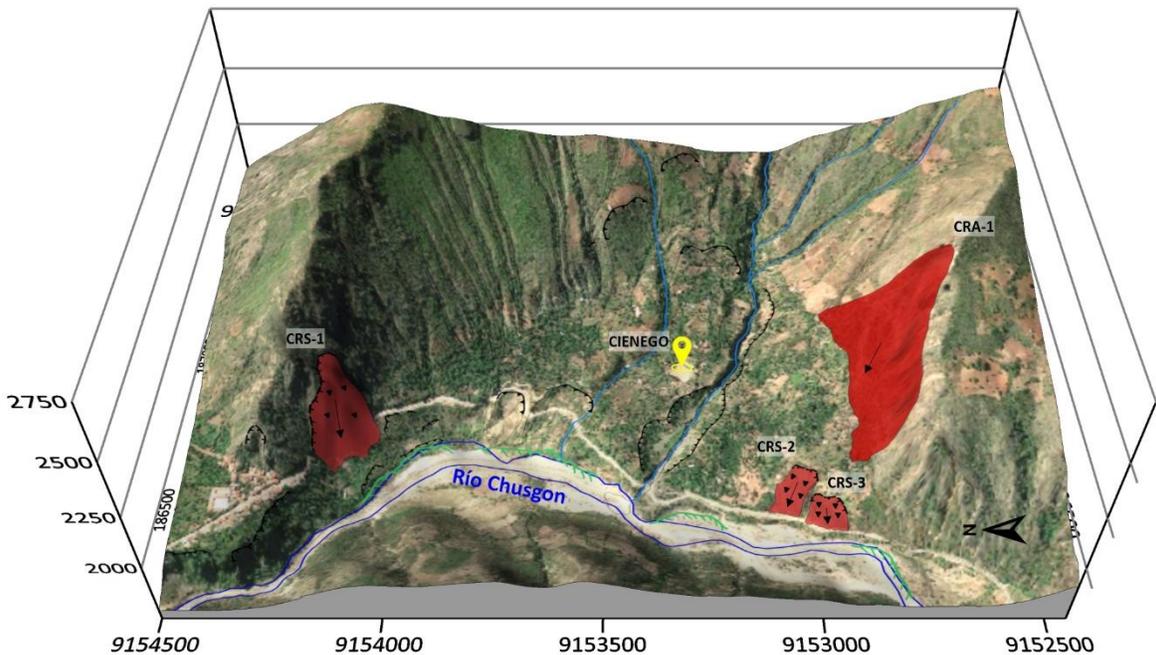


Figura 21. Caída de rocas en estado suspendido (CRS), 1, 2 y 3 entre los caseríos Cienego y Convento.

4.1.5. Flujos de detritos

Es un flujo muy rápido a extremadamente rápido de detritos saturados, no plásticos (índice de plasticidad menor al 5%), que transcurre principalmente confinado a lo largo de un canal o cauce con pendiente pronunciada. Se inician como uno o varios deslizamientos superficiales de detritos en las cabeceras o por inestabilidad de segmentos del cauce en canales de pendientes fuertes. Los flujos de detritos incorporan gran cantidad de material saturado en su trayectoria al descender en el canal y finalmente los depositan en abanicos de detritos.

Se identificaron 2 flujos de detritos enmarcados en las quebradas Cienego y Tacshano de tipo reactivado y suspendido respectivamente.

El flujo de detritos ocurrido en la quebrada Cienego, se originó por deslizamientos de tipo rotacional, que alcanzó hasta 30 m de ancho y 2 m de alto en la desembocadura hacia el río Chusgon (figura 22).



Figura 22. Vista hacia las quebradas ubicadas en los alrededores del área evaluada.

En los alrededores del área de evaluación se identificaron quebradas que se activan en temporada de lluvias generando flujos de detritos, el principal factor condicionante son las coberturas detríticas y arenosas provenientes de afloramientos muy fracturados además de deslizamiento y derrumbes (figura 23).



Figura 23. Qda. Tacshano donde se identificó un flujo en estado suspendido.

4.1.6. Erosión de cárcavas

Las cárcavas son canales producto de la erosión que genera el agua; al profundizarse y ampliarse los surcos de erosión se convierte en cárcavas, las cuales actúan como cauces de concentración y transporte de agua y sedimento.

En el cerro Manancancho se identificaron un conjunto de 20 cárcavas con una longitud promedio de 740 m aproximadamente y anchos menores a 50 m, la erosión retrogresiva avanza con presencia de lluvias intensas o extraordinarias (figuras 24 y 25).

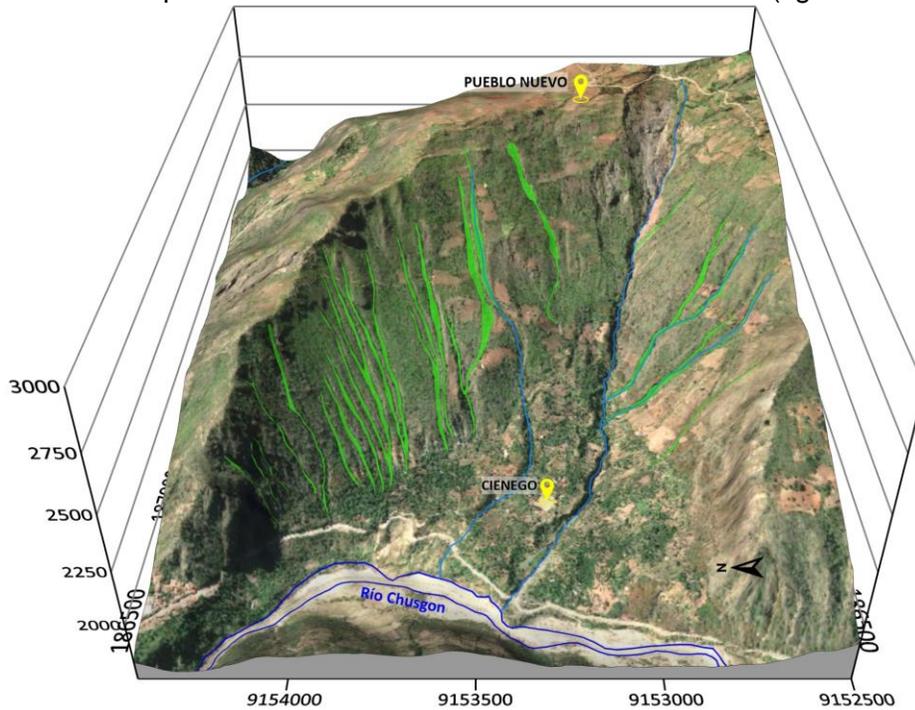


Figura 24. Erosión de laderas en el cerro Manancancho.

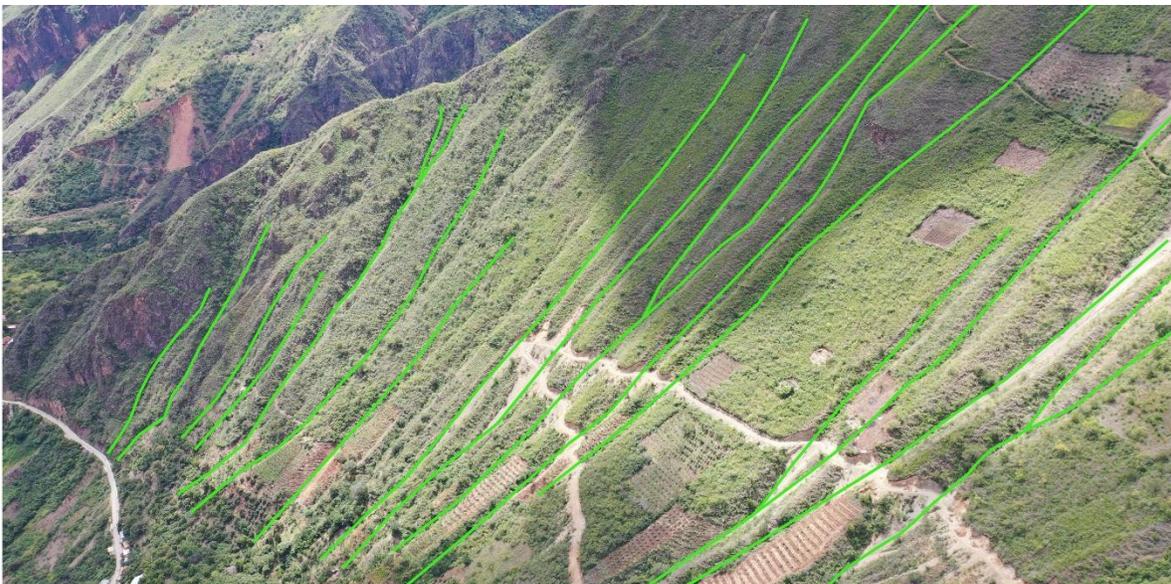


Figura 25. Cárcavas de gran longitud al este del caserío Cienego.

4.2. Factores condicionantes

Geomorfológico

Las montañas en rocas metamórficas y volcánico-sedimentarias configuran laderas con pendientes fuertes a muy escarpadas que abarcan el 70% del área de estudio (383 ha), los cuales se muestran en colores verdes, azules y rojos donde se concentra la ocurrencia de deslizamientos relictos, además de la reactivación y ocurrencia de nuevos deslizamientos y caídas (figura 26).

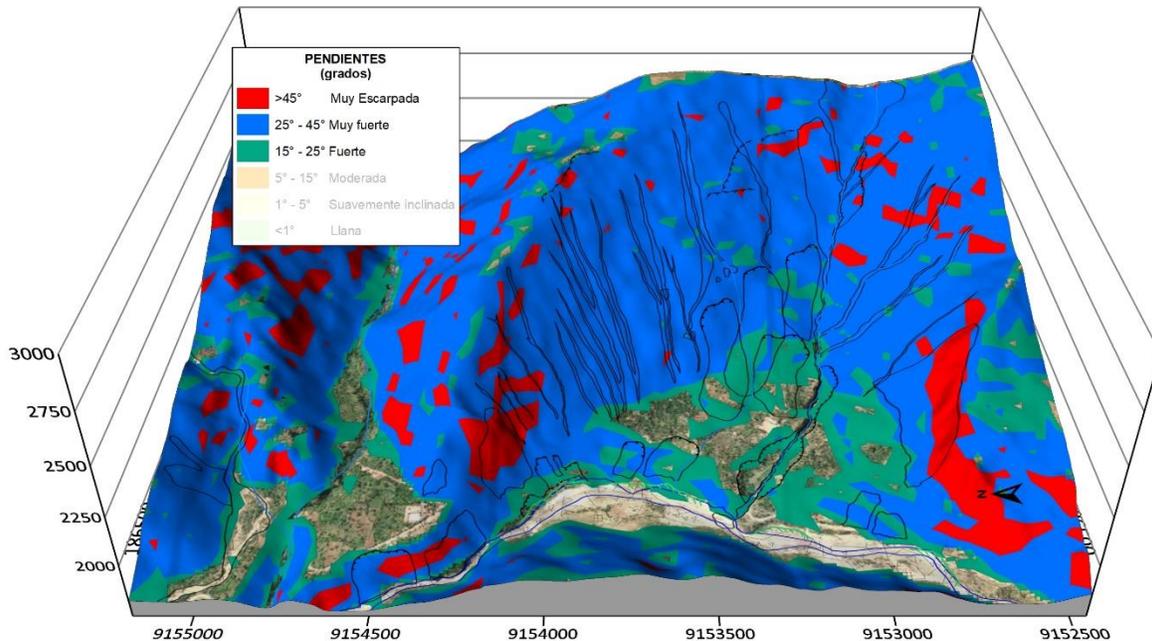


Figura 26. Rangos de pendientes de fuertes a muy escarpadas que condicionan la ocurrencia de movimientos en masa.

Litológico

En el área de evaluación afloran areniscas rojas y conglomerados en la base con intercalación de lutitas, limolitas y lodolitas de color rojo violáceo de la Formación Chota (KsP-ch), las cuales se encuentran en contacto con areniscas y limolitas rojas intercaladas con conglomerados polimícticos de color rojo violáceo del Grupo Mitu (PET-mi). En los cortes de ladera, se diferenciaron los grados de meteorización de acuerdo con la profundidad, las rocas más superficiales se encuentran moderadamente meteorizada (figuras 27 y 28). El factor estructural también está influenciado por la presencia de fallas de tipo inverso.

Los materiales y sedimentos de cobertura coluvio-deluvial se encuentran poco consolidados, en mayor porcentaje conformados por una granulometría gruesa: bolos (10%), cantos (10%), gravas (20%), gránulos (45%) de formas subangulosas a subredondeada; todo envuelto en una matriz arenosa (15%).



Figura 27. Afloramientos de areniscas rojizas en estratos mayores a 1 m.



Figura 28. Depósitos coluvio-deluviales originados por antiguos deslizamientos.

5. CONCLUSIONES

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

1. En la parte alta del caserío Cienego afloran areniscas y conglomerados con intercalación de lutitas, limolitas y lodolitas de la Formación Chota, que aportan sedimentos arcillosos; mientras que, al este afloran areniscas y limolitas intercaladas con conglomerados del Grupo Mitu, que aportan la fracción gruesa a los eventos identificados. Los depósitos de cobertura tienen componente principalmente granular (bloques, bolos y principalmente gravas), en una matriz arcillo arenosa, las capas se encuentran poco compactas, porosas y deleznales.
2. Morfológicamente, el área de evaluación se ubica sobre una vertiente o piedemonte aluvial (V-al) originada y modelada por antiguos deslizamientos. Sobre esta unidad se desarrollan deslizamientos que originan piedemontes coluvio-deluviales (V-cd), con pendientes moderadas a fuertes (5° a 25°), además de vertientes con depósitos de deslizamientos (Vdd). Al Este se tienen montañas en rocas metamórficas (RM-rm), con laderas de pendientes fuertes a muy escarpadas (15° a 45°). La vertiente o piedemonte aluvio-torrencial (P-at) es modelada por flujos de detritos que se canalizan en la quebrada Cienego.
3. En el caserío Cienego se identificaron 7 deslizamientos inactivos relictos, 8 deslizamientos inactivos latentes, 5 deslizamientos activos, 8 caídas y derrumbes, condicionados principalmente por las pendientes fuertes a muy escarpada. Además de, 2 flujos de detritos condicionadas por los depósitos de naturaleza arcillosa.
4. Los deslizamientos en estado inactivo-relicto tienen las zonas de arranque en la parte alta del cerro Manancanchu entre 2757 y 1950 m de altitud, desplazándose ladera abajo hasta los 1780 m de altitud. Estos deslizamientos fueron inferidos en base a las geoformas y depósitos encontrados en la vertiente donde se asienta el área urbana del caserío Cienego.
5. Los flujos de detritos se enmarcan principalmente en la quebrada Cienego, recorriendo un total de 2.2 km hasta llegar al río Chusgon. Los depósitos de los flujos alcanzan hasta un ancho de 30 m y alto de 2 m. Cuando se activan afectan la vía asfaltada y erosionan la parte inferior del badén de concreto.
6. Debido a las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas que presenta el área de evaluación, se considera que, el caserío Cienego, tiene **Peligro Muy Alto** ante la ocurrencia de deslizamientos y flujos de detritos, además de **Peligro Alto** ante caídas, derrumbes y erosión de laderas.

6. RECOMENDACIONES

Las recomendaciones que a continuación se brindan tienen por finalidad mitigar el impacto de los peligros geológicos. Así mismo, la implementación de estas recomendaciones permitirá darle mayor seguridad a la infraestructura expuesta a los peligros antes mencionados.

1. Reubicar (reasentar) las viviendas del caserío Cienego que se ubican próximas a los deslizamientos identificados, debiendo tener en cuenta la cartografía de peligros.
2. Recuperar la franja marginal de la quebrada Cienego, además restringir la construcción de nuevas viviendas en las márgenes afectadas por flujo de detritos y las laderas donde se identificaron deslizamientos antiguos.
3. Realizar la reforestación de las laderas afectadas por deslizamientos antiguos en el cerro Manancancho, con la finalidad de reducir el impacto de los materiales desplazados ladera abajo, protegiendo de forma provisional el área urbana del caserío Cienego.
4. Construir muros de contención, gaviones o disipadores de energía, en la parte baja de la quebrada Cienego, para reducir el nivel destructivo de los flujos que desembocan hacia el río Chusgon.
5. Implementar un programa de monitoreo de las laderas del cerro Manancancho en el caserío Cienego, que es afectado por deslizamientos y flujos en temporada de lluvias extraordinarias.
6. Sensibilizar a la población a través de talleres y charlas con el objetivo de concientizar en gestión de riesgos.
7. Realizar un estudio de evaluación de peligros EVAR, este debe ser realizado por un evaluador de riesgos acreditado por CENEPRED.


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


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

7. BIBLIOGRAFÍA

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.

Medina, L.; Luque, G.; Pari, W. (2012) - Riesgo geológico en la región La Libertad. INGEMMET. Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 50, 238 p.

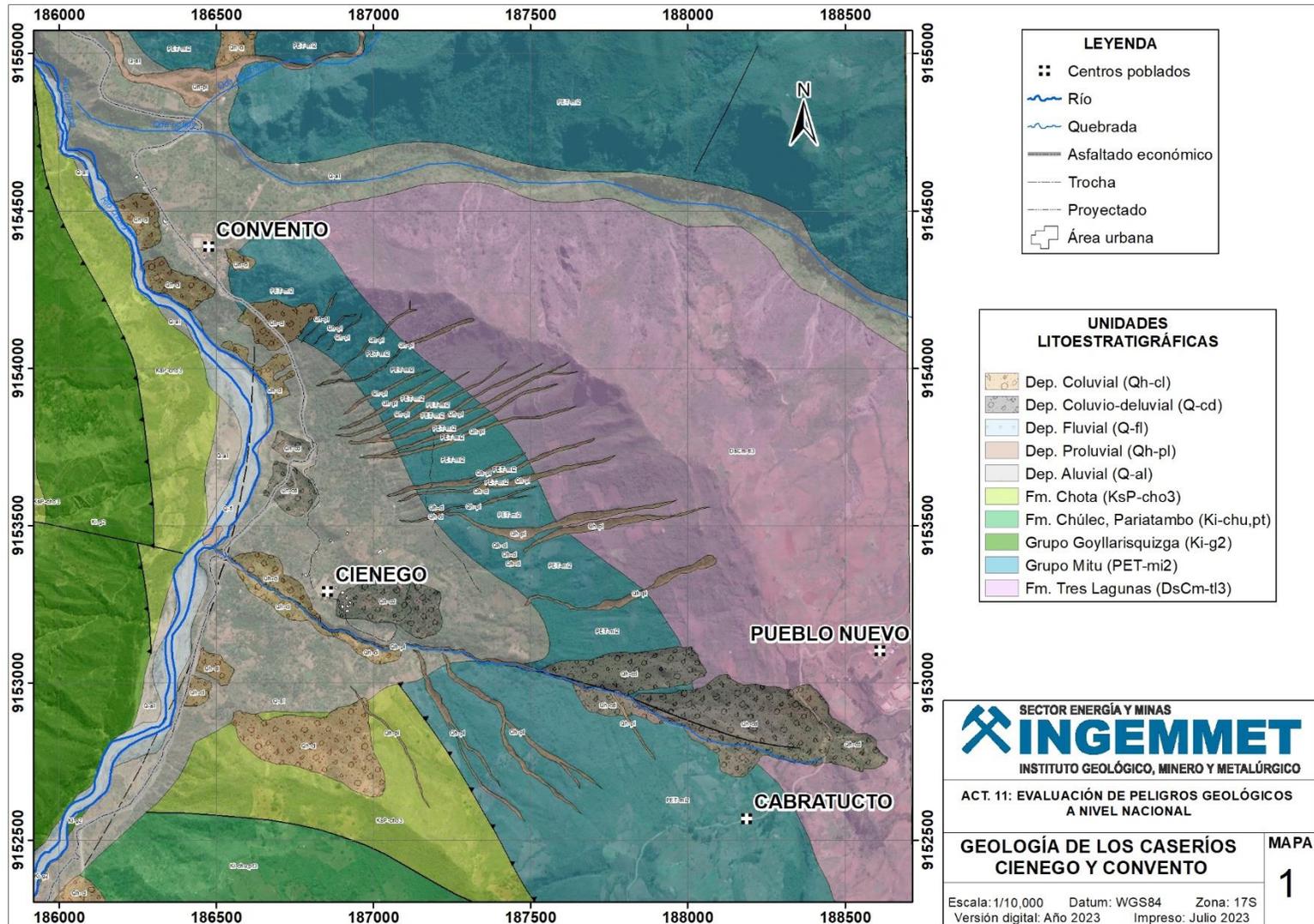
Wilson, J. & Reyes, L. (1964) - Geología del cuadrángulo de Pataz (Hoja 16-h). Comisión Carta Geológica Nacional, Boletín, 9, 91 p., 1 mapa.

Suarez, J. (1998). Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales. INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN.

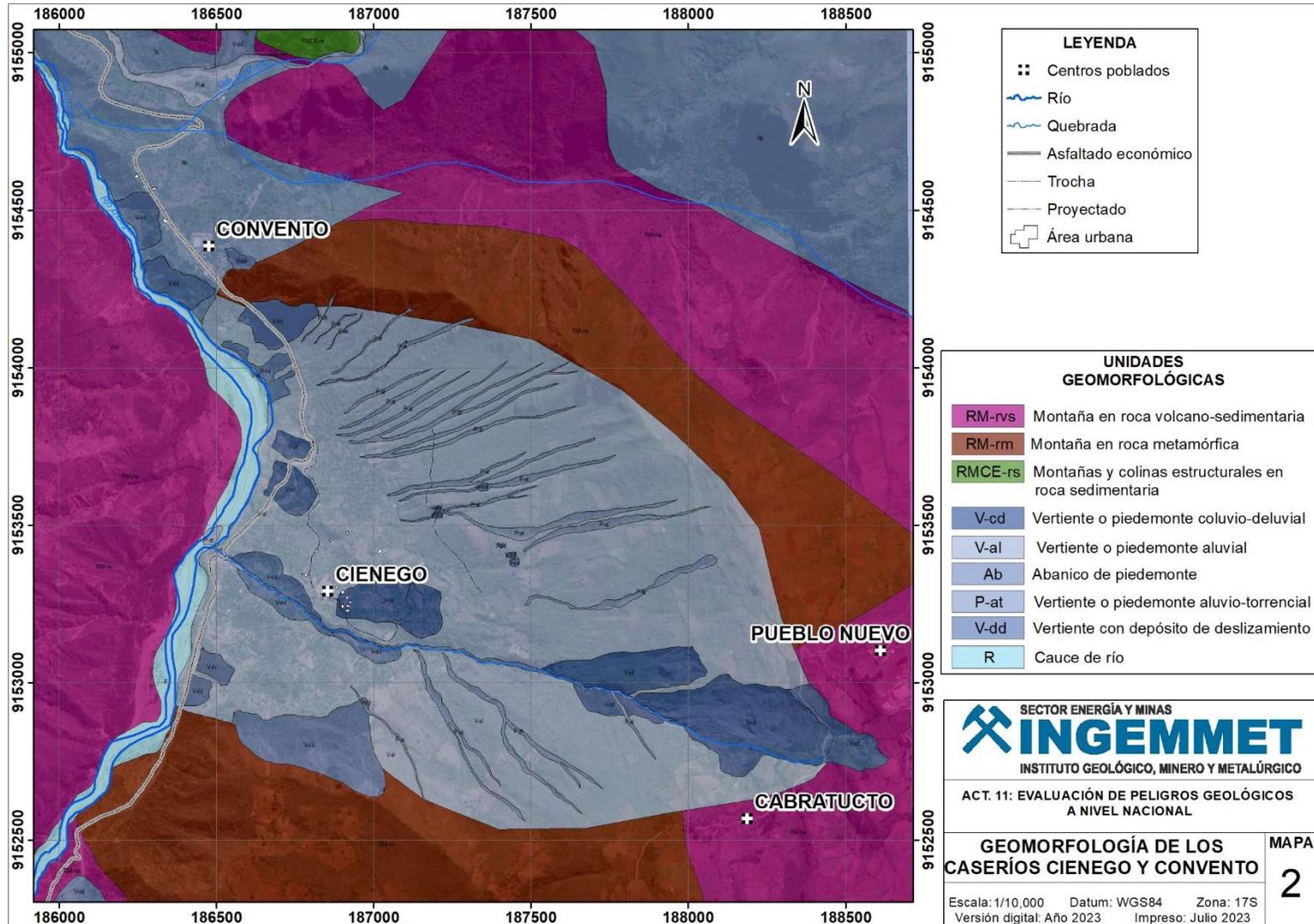
Villota, H. (2005). Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de tierras. España: Instituto Geográfico Agustín Codazi.

Zavala, B. & Rosado, M. (2010) - Riesgo geológico en la región Cajamarca. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 44, 396 p., 19 mapas.

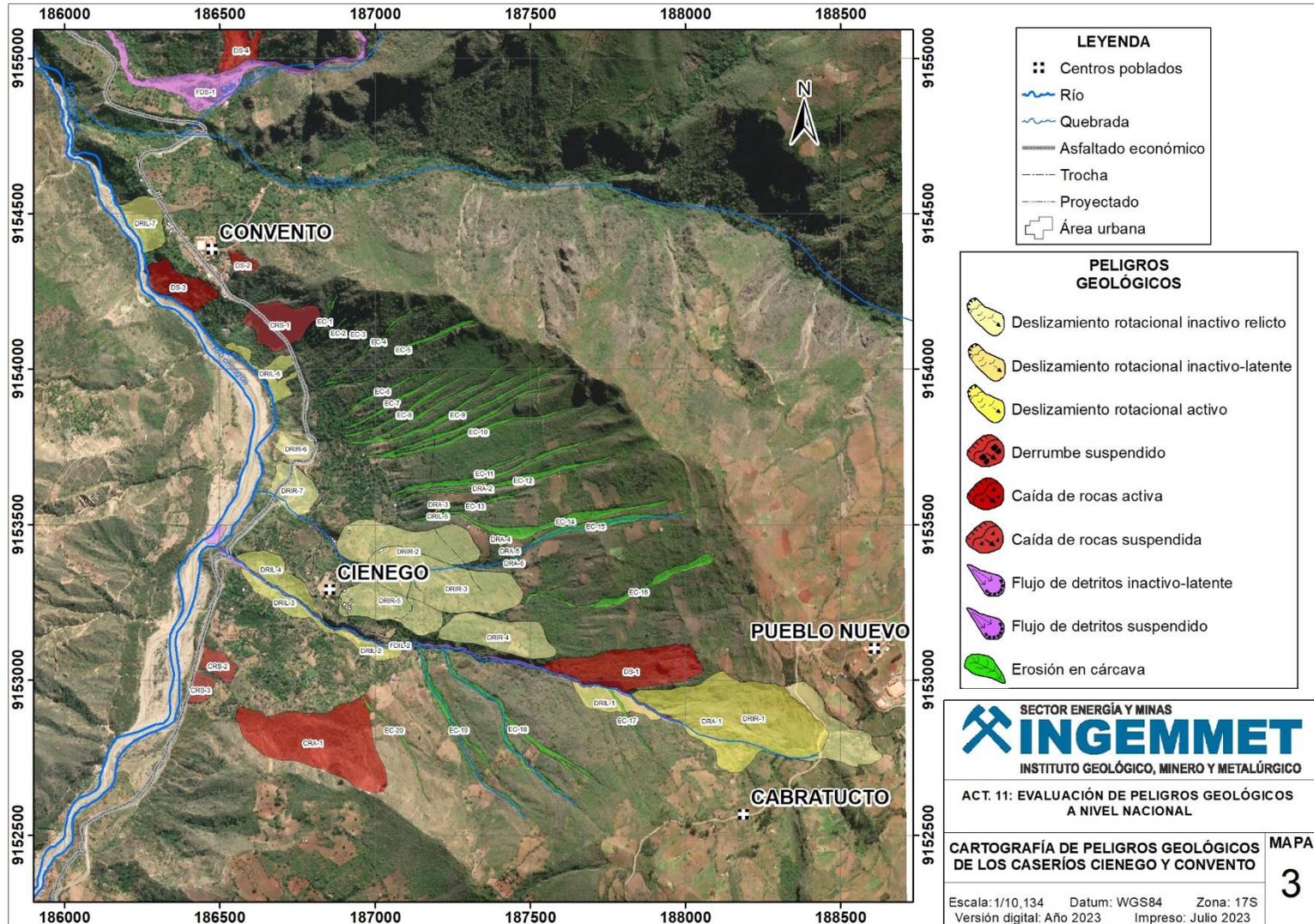
ANEXO 1: MAPAS



Mapa 1. Geología del área evaluada.



Mapa 2. Geomorfología del área evaluada.



Mapa 3. Cartografía de peligros geológicos del área evaluada.

ANEXO 2: MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN

a. Geometría de la ladera

Uso de vegetación

El efecto de la vegetación sobre la estabilidad de los taludes es muy debatido; el estado del uso actual deja muchas dudas e inquietudes y la cuantificación de los efectos de estabilización de las plantas sobre el suelo, no ha tenido una explicación universalmente aceptada. Sin embargo, la experiencia ha demostrado el efecto positivo de la vegetación, para evitar problemas de erosión, reptación y fallas subsuperficiales (Suárez, 1998). Para poder analizar los fenómenos del efecto de la vegetación sobre el suelo se requiere investigar las características específicas de la vegetación en el ambiente natural que se esté estudiando. Entre los factores se sugiere analizar los siguientes:

- Volumen y densidad de follaje, tamaño, ángulo de inclinación y aspereza de las hojas, altura total de la cobertura vegetal, presencia de varias capas diferentes de cobertura vegetal, tipo, forma, profundidad, diámetro, densidad, cubrimiento y resistencia del sistema de raíces.
- El tipo de vegetación, tanto en el talud como en el área arriba del talud es un parámetro importante para su estabilidad. La vegetación cumple dos funciones principales: En primer lugar, tiende a determinar el contenido de agua en la superficie y, además, da consistencia por el entramado mecánico de sus raíces.
- Como controlador de infiltraciones tiene un efecto directo sobre el régimen de aguas subterráneas y actúa posteriormente como secador del suelo al tomar el agua que requiere para vivir.

Factores que aumentan la estabilidad del talud:

1. Intercepta la lluvia
2. Aumenta la capacidad de infiltración
3. Extrae la humedad del suelo
5. Las raíces refuerzan el suelo, aumentando la resistencia al esfuerzo cortante
6. Anclan el suelo superficial a mantos más profundos
7. Aumentan el peso sobre el talud
8. Trasmiten al suelo la fuerza del viento
9. Retienen las partículas del suelo disminuyendo la susceptibilidad a la erosión