

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7321

EVALUACIÓN DE PELIGRO GEOLÓGICO POR DESLIZAMIENTO Y DERRUMBE EN LOS CENTROS POBLADOS DE CARHUABAMBA Y PUEBLO NUEVO

Departamento La Libertad
Provincia Pataz
Distrito Pataz



NOVIEMBRE
2022

EVALUACIÓN DE PELIGRO GEOLÓGICO POR DESLIZAMIENTO Y DERRUMBE EN LOS CENTROS POBLADOS DE CARHUABAMBA Y PUEBLO NUEVO

(Distrito Pataz, provincia Pataz, departamento La Libertad)

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

Equipo de investigación:

Lucio Medina Allcca

Mauricio Antonio Núñez Peredo

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2022) - *Evaluación de peligro geológico por deslizamiento y derrumbe en los centros poblados de Carhuabamba y Pueblo Nuevo. Distrito Pataz, provincia Pataz, departamento La Libertad*. Lima: Ingemmet, Informe Técnico A7321, 44 p

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	7
1.1. Objetivos del estudio	7
1.2. Antecedentes y trabajos anteriores	7
1.3. Aspectos generales.....	8
1.3.1. Ubicación.....	8
1.3.2. Población.....	10
1.3.3. Accesibilidad.....	11
1.3.4. Clima	11
2. DEFINICIONES	11
3. ASPECTOS GEOLÓGICOS.....	13
3.1. Unidades litoestratigráficas.....	13
3.1.1. Tonalita - granodiorita (C-tn/gd)	14
3.1.2. Formación Macno (CAO-ma).....	15
3.1.3. Depósito coluviodeluvial (Q-cd)	15
3.1.4. Depósito aluvial (Q-a)	15
3.1.5. Depósito fluvial	17
3.1.6. Depósito antrópico (Q-an).....	17
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS.....	18
4.1. Pendientes del terreno.....	18
4.2. Unidades y subunidades geomorfológicas	20
4.2.1. Unidad de Montañas.....	20
4.2.2. Unidad de vertiente.....	20
4.2.3. Unidad de terraza	21
4.2.4. Geformas antropogénicas.....	21
5. PELIGROS GEOLÓGICOS.....	22
5.1. Peligro geológico por deslizamiento en el centro poblado de Carhuabamba.....	22
5.1.1. Factores condicionantes del deslizamiento.....	26
5.1.2. Factores desencadenantes del deslizamiento	26
5.2. Peligro geológico por derrumbe en el centro poblado de Pueblo Nuevo	28
5.2.1. Factores condicionantes	30
5.2.2. Factores desencadenantes.....	30
6. CONCLUSIONES.....	34
6.1. Centro poblado Carhuabamba	34
6.2. Centro poblado Pueblo Nuevo	34

7. RECOMENDACIONES.....	35
7.1. Centro poblado Carhuabamba	35
7.2. Centro poblado Pueblo Nuevo	35
8. BIBLIOGRAFÍA.....	37
ANEXO 1: MAPAS	38

RESUMEN

El presente informe, es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa realizados en los centros poblado de Carhuabamba y Pueblo Nuevo ubicados en la jurisdicción del distrito de Pataz, provincia Pataz, departamento La Libertad. Con este trabajo, el Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico – Ingemmet cumple con la función de brindar asistencia técnica en el tema de peligros geológicos a los tres niveles de gobierno (local, regional y nacional).

El macizo rocoso, en ambas zonas evaluadas está conformado por tonalitas y granodioritas del Batolito de Pataz; superficialmente se presentan depósitos coluvio-deluviales y depósitos antrópicos producto de la actividad minera.

Geomorfológicamente los movimientos en masa activos se sitúan en la subunidad de vertiente coluvio-deluvial donde la pendiente del terreno varía de 25° a 45° para el centro Poblado de Carhuabamba y mayor a 45° para el centro poblado de Pueblo Nuevo.

El peligro geológico, identificado en el centro poblado de Carhuabamba, consiste en un deslizamiento rotacional con escarpa irregular y semicircular y avance retrogresivo; cubriendo un área estimada de 1.34 ha, sin considerar los movimientos en masa antiguos que lo rodean; además, la escarpa principal presenta una longitud de 160 m, con salto vertical de 3 m y desplazamiento horizontal de 5 m; el desnivel entre la escarpa principal y el pie es 60 m.

En el centro poblado Pueblo Nuevo, se han identificado peligros geológicos de tipo derrumbes, que se encuentran en estado: activos e inactivos – latentes. Las ocurrencias se distribuyen en ambas márgenes de la quebrada del mismo nombre, en un área de 1.93 ha. La longitud total de arranque en la margen derecha mide 350 m y en la izquierda 410 m. Específicamente, en la margen derecha de la quebrada, se identificó nueve derrumbes activos con longitudes de arranque variables (entre 3.50 m a 30 m) y desniveles (entre la escarpa principal y el pie) entre 18 m a 78 m. En la margen izquierda también se identificaron nueve derrumbes activos, con longitudes de arranque variables entre 4 m a 75 m, y desniveles (entre la escarpa principal y el pie) entre 17 m a 45 m.

En la margen de derecha de la quebrada Pueblo Nuevo, en el centro poblado del mismo nombre, se ubica la Institución Educativa N° 80800 donde se observa fisuras en el piso y paredes, Estas están relacionados, mas, a la mala compactación del muro de contención, que a la ocurrencia de derrumbes.

En general, la ocurrencia movimientos en masa en los centros poblados de Carhuabamba y Pueblo Nuevo, están asociados al material inconsolidado compuesto por depósitos coluvio-deluviales, procesos de movimientos en masa, pendiente del terreno, entre otros; además, se atribuye como factor detonante a las lluvias intensas y/o prolongadas registradas en la zona. Los valores anuales de precipitación alcanzan valores que van desde 700 mm hasta 2 000 mm aproximadamente.

Por las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas mencionadas en el presente informe, el área afectada por deslizamiento en el **centro poblado de Carhuabamba se considera de peligro Muy Alto** y el área afectada por derrumbes en el **centro poblado Pueblo Nuevo de peligro Alto**; además, ambos lugares se consideran como **Zona Crítica**. Las áreas afectadas por deslizamiento y derrumbes podrían aumentar sus dimensiones y afectar a los habitantes en la zona.

Finalmente, se brinda recomendaciones que se consideran importantes que las autoridades competentes y tomadores de decisiones pongan en práctica en las áreas evaluadas con la finalidad de minimizar las ocurrencias de daños que estos puedan generar.

1. INTRODUCCIÓN

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

Atendiendo la solicitud de la Municipalidad Distrital de Pataz, oficio N° 075-2022-MDP/A; en el marco de nuestras competencias se realizó la evaluación de los peligros geológicos por movimientos en masa de tipo deslizamiento que afecta a los pobladores del centro poblado de Carhuabamba y derrumbes al centro poblado Pueblo Nuevo.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designó a los Ingenieros Lucio Medina Alcca y Mauricio Antonio Núñez Peredo, para realizar la evaluación de los peligros geológicos in situ.

La evaluación técnica se basa en la recopilación y análisis de la información existente en trabajos anteriores realizados por el Ingemmet, los datos obtenidos durante el trabajo de campo (puntos de control GPS, fotografías terrestres, levantamiento fotogramétrico con dron que permitan obtener Modelos Digitales del Elevación (DEM) y ortomosaicos para uso como base cartográfica de detalle), el cartografiado geológico y geodinámico, con lo que finalmente se redactó el informe técnico.

Este documento técnico se pone en consideración de la Municipalidad Distrital de Pataz y entidades encargadas en la gestión del riesgo de desastres, donde se proporcionan resultados de la evaluación y recomendaciones para la mitigación y reducción del riesgo de desastre, a fin de que sea un instrumento para la toma de decisiones.

1.1. Objetivos del estudio

El presente trabajo tiene como objetivos:

- a) Evaluar y caracterizar los peligros geológicos por movimientos en masa que ocurren en los centros poblados de Carhuabamba y Pueblo Nuevo.
- b) Determinar los factores condicionantes y desencadenantes que influyen en la ocurrencia de los eventos.
- c) Proponer medidas de prevención, reducción y mitigación ante el peligro geológico por movimientos en masa identificados durante los trabajos de campo.

1.2. Antecedentes y trabajos anteriores

Entre los principales estudios realizados a nivel regional, que involucra la zona de evaluación, se tiene:

- A) El Boletín N° 50 de la Serie C, Geodinámica e Ingeniería Geológica: “Riesgo Geológico en la Región La Libertad” (Medina et al., 2012). Contiene información básica sobre inventario de peligros geológicos, mapas temáticos como el de movimientos en masa que abarca región La Libertad donde la zona de evaluación es considerada entre alta y muy alta susceptibilidad a la ocurrencia de movimientos en masa.

- B) Boletín N° 9, Geología del cuadrángulo de Pataz, hoja 16-h (Wilson & Reyes, 1964) donde se describen los aspectos geológicos y estructurales a escala 1/100 000.
- C) Mapa geológico del cuadrángulo de Pataz, hoja 16-h-2; elaborado por Gómez et al, (Inédito), disponible en Geocatmin. Brinda información geológica digital estandarizada como parte de la Carta Geológica Nacional y que puede ser representada a escala 1:50,000.

1.3. Aspectos generales

1.3.1. Ubicación

Las áreas específicas evaluadas pertenecen a los centros poblados de Carhuabamba (fotografía 1) y Pueblo Nuevo (fotografía 2), distrito de Pataz, provincia Pataz, departamento La Libertad; ambos ubicados al noreste del centro poblado Santa María (figura 1). Las coordenadas centrales UTM (WGS84 – Zona 18 s) se muestran en los cuadros 1 y 2:

Cuadro 1. Coordenadas del área de evaluación con punto central en Carhuabamba

N°	UTM - WGS84 - Zona 18L		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	216000	9141600	-7.757942°	-77.574814°
2	216000	9139400	-7.777823°	-77.574935°
3	214000	9139400	-7.777712°	-77.593056°
4	214000	9141600	-7.757832°	-77.592934°
COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL				
C	215511.85	9141316.73	-7.760482°	-77.579260°

Cuadro 2. Coordenadas del área de evaluación con punto central en Pueblo Nuevo

N°	UTM - WGS84 - Zona 18L		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	216000	9141600	-7.757942°	-77.574814°
2	216000	9139400	-7.777823°	-77.574935°
3	214000	9139400	-7.777712°	-77.593056°
4	214000	9141600	-7.757832°	-77.592934°
COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL				
C	214834.14	9140544.74	-7.767414°	-77.585435°

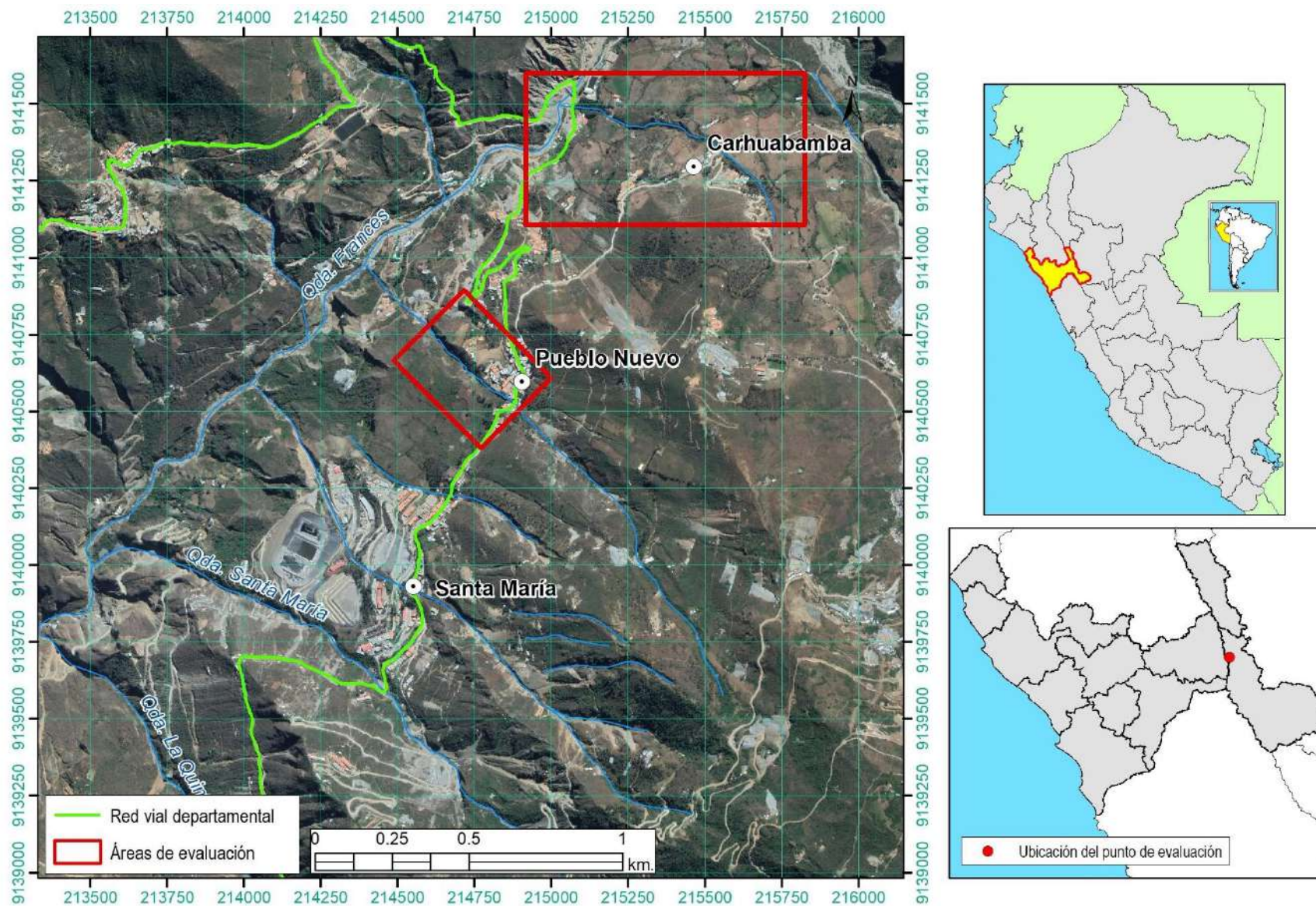


Figura 1. Ubicación de las áreas evaluadas.



Fotografía 1. Vista panorámica del sector de Carhuabamba afectada por deslizamiento
Coordenadas UTM: 215511.85 / 9141316.73, Zona 18.



Fotografía 2. Vista panorámica del sector Pueblo Nuevo
Coordenadas UTM: 214834.14 / 9140544.74, Zona 18.

1.3.2. Población

Según el Censo Nacional 2017 del Inei, el distrito de Pataz está compuesto por 8 937 habitantes; de los cuales 3 092 corresponde a la población urbana y 5 845 rural; además,

su densidad poblacional es de 19.12 hab/km². Dentro de la estadística rural se encuentra la población de Carhuabamba y Pueblo Nuevo.

1.3.3. Accesibilidad

Para acceder a las áreas de los centros poblados evaluados, desde la ciudad de Lima, se sigue las rutas que se menciona en el cuadro 2:

Cuadro 2. Rutas y accesos

Ruta	Tipo de vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Lima – Trujillo	Asfaltada	565	8 horas 46 min
Trujillo - Chagual	Asfaltada - Afirmada	306	9 horas 21 min
Chagual – Pataz	Afirmada	23	1 hora
Pataz – Pueblo Nuevo - Carabamba	Afirmada	5	15 min

1.3.4. Clima

Según el Mapa de Clasificación Climática Nacional del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - Senamhi (Castro, et. 2021). La zona evaluada posee un clima semiseco, templado, con humedad abundante todas las estaciones del año (C(r)B'),

La temperatura máxima varía entre 21°C a 25°C y la mínima entre 7°C a 11°C; así mismo, la precipitación anual puede alcanzar valores desde los 700 mm hasta los 2000 mm aproximadamente.

2. DEFINICIONES

Considerando que 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; es por ese motivo, tomando en cuenta principalmente el libro de “Movimientos en masa en la región andina: una guía para la evaluación de amenazas” del Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007), se desarrolla algunas definiciones relevantes en términos sencillos como son:

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

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

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

Cárcava. Tipo de erosión concentrada en surcos que se forma por el escurrimiento de las aguas sobre la superficie de las laderas.

Derrumbe. son desprendimientos de masas de roca, suelo o ambas, a lo largo de superficies irregulares de arranque o desplome como una sola unidad, que involucra desde pocos metros hasta decenas y centenas de metros. se presentan en laderas de montañas de fuerte pendiente y paredes verticales a subverticales en acantilados de valles encañonados. También se presentan a lo largo de taludes de corte realizados en laderas de montaña de moderada a fuerte pendiente, con afloramientos fracturados y alterados de diferentes tipos de rocas; así como en depósitos poco consolidados.

Deslizamiento. Es un movimiento, ladera abajo, de una masa de suelo o roca cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla o de una delgada zona en donde ocurre una gran deformación cortante. Varnes (1978) clasifica los deslizamientos según la forma de la superficie de falla por la cual se desplaza el material, en traslacionales y rotacionales. Los deslizamientos traslacionales, a su vez, pueden ser planares y/o en cuña.

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

Erosión fluvial. Este fenómeno está relacionado con la acción hídrica de los ríos al socavar los valles, profundizarlos, ensancharlos y alargarlos. Ocurre cuando periodos con abundantes o prolongadas precipitaciones pluviales, en las vertientes o quebradas, aumentan el caudal de los ríos principales o secundarios que drenan una cuenca.

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

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.

Flujo. Es un tipo de 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 se deslizamiento o una caída. Estos pueden ser canalizados (flujos de detritos o huaicos) y no canalizados (avalanchas).

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

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

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

Meteorización. Se designa así a todas aquellas alteraciones que modifican las características físicas y químicas de las rocas y suelos. La meteorización puede ser física, química y biológica. Los suelos residuales se forman por la meteorización in situ de las rocas subyacentes.

Movimiento en masa. Son procesos que incluyen todos aquellos movimientos ladera abajo, de una masa de rocas o suelos por efectos de la gravedad. Los tipos más frecuentes son: caídas, deslizamientos, flujos, vuelcos, expansiones laterales, reptación de suelos, entre otros. Existen movimientos extremadamente rápidos (más de 5 m por segundo) como avalanchas y/o deslizamientos, hasta extremadamente lentos (menos de 16 mm por año) a imperceptibles como la reptación de suelos.

Peligros geológicos. Son procesos o fenómenos geológicos que podrían ocasionar la muerte, lesiones u otros impactos a la salud. Daños a la propiedad, pérdida de medios de sustento y servicios, trastornos sociales y económicos o daños materiales. Pueden originarse al interior (endógenos) o en la superficie de la tierra (exógenos). El grupo de endógenos pertenecen a los terremotos, tsunamis, actividad y emisiones volcánicas; y los exógenos agrupa a los movimientos en masa (deslizamientos, aludes, desprendimientos de rocas, derrumbes, avalanchas, aluviones, huaicos, flujos de lodo, hundimientos, entre otros), erosión e inundaciones.

Porosidad. Un medio poroso está formado por un agregado de granos entre los cuales existen espacios vacíos que pueden ser ocupados por un fluido; estos espacios vacíos se llaman poros.

Susceptibilidad. Está definida como la propensión o tendencia de una zona a ser afectada o hallarse bajo la influencia de un proceso de movimientos en masa determinado.

Talud. Superficie artificial inclinada de un terreno que se forma al cortar una ladera, o al construir obras como por ejemplo un terraplén.

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

3. ASPECTOS GEOLÓGICOS

La información para el análisis de los aspectos geológico se obtuvo del boletín N° 9 elaborado por Wilson & Reyes (1964) y del mapa geológico del cuadrángulo de Pataz, hoja 16-h-2 elaborado por Gómez et al, (Inédito). Además, se consideró trabajos de interpretación de imágenes satelitales, fotos aéreas y observaciones de campo.

3.1. Unidades litoestratigráficas

El área evaluada (mapa 1) están compuesto por rocas intrusivas del Batolito de Pataz y de la Formación Macno, depósitos coluviodeluvial, aluvial, fluvial y antrópicos.

3.1.1. Tonalita - granodiorita (C-tn/gd)

Según el mapa geológico del cuadrángulo de Pataz (16H-II) elaborado por Gómez et al., (Inédito) las rocas del macizo que abarca parte de área de evaluación, corresponden a intrusivos del Paleozoico y están conformadas por tonalitas y granodioritas del Batolito de Pataz. El Batolito de Pataz es un cuerpo alargado con dirección NNW-SSE paralelo al lineamiento andino superficialmente cubren un área mayor a los 200 Km² y se constituyen de: granodioritas, monzogranitos (adamelitas), diques aplíticos y pegmatíticos que corresponden a la serie ácida, mientras que: tonalitas, dioritas (dioritas hornblendicas a hornblenditas), microdioritas, pertenecen a una serie intermedia con expresiones tardías de diques lamprofiros y de diabasa (Coba, 2017).

El macizo tiene resistencia media (50-100 Mpa) y se encuentra medianamente fracturado (fotografía 3), está conformado por bloques de rocas trabados de varias caras angulosos y definida por más de 3 familias de discontinuidades con espaciamiento próximas entre sí (0.08-0.14 m) abiertas (1.0 – 2.0 mm) y sin relleno visible. La superficie del macizo se encuentra completamente meteorizado y afectado por procesos de movimientos en masa que dieron origen a depósitos coluviodeluviales (fotografía 4, figuras 2 y 3).



Fotografía 3. Macizo medianamente fracturado compuesto por Tonalita y Granodiorita.
Coordenadas UTM: 214922.30 / 9140730.42, Zona 18.



Fotografía 4. Macizo de tonalitas y granodioritas medianamente fracturado con superficie completamente meteorizado. Coordenadas UTM: 214922.30/9140730.42, Zona 18.

3.1.2. Formación Macno (CAO-ma)

Fue descrito inicialmente por Wilson & Reyes (1964) como Complejo Metamórfico del Marañón atribuyéndole una edad precámbrica; posteriormente, Gómez et al., (Inédito) lo determinó como Formación Macno.

Según Gómez et al., (Inédito) la Formación Macno está compuesto por la intercalación de metareniscas y metapelitas con rumbo general orientado de noroeste a sureste con buzamiento entre 10 a 55 grados al noreste.

En las áreas evaluadas (sectores Cahuabamba y Pueblo Nuevo) la Formación Macno fue reemplazado por rocas intrusivas del Batolito de Pataz.

3.1.3. Depósito coluviodeluvial (Q-cd)

El depósito coluviodeluvial es de origen gravitacional acumulado en la vertiente de la montaña por la escorrentía de aguas pluviales mezclados con material de ocurrencias de movimientos en masa de tipo deslizamiento, está formado por material grueso de naturaleza homogénea, heterométricos, mezclados con materiales finos como arena, limo y arcilla en menor proporción (figuras 2 al 5). Los fragmentos están compuestos por rocas intrusivas y sedimentarias de la Formación Macno.

3.1.4. Depósito aluvial (Q-a)

Son depósitos acumulados en las márgenes de la quebrada Yelen, corresponde a una mezcla heterogénea de gravas y arenas, redondeadas a subredondeadas, así como limos y arcillas; estos materiales por el transporte que sufrieron y su ubicación tienen selección de regular, presentándose niveles y estratos diferenciados que evidencian la actividad dinámica fluvial. Su permeabilidad es media a alta y se asocia principalmente

a terrazas aluviales, susceptibles a la erosión fluvial. En la zona tiene una escasa distribución.



Figura 2. Macizo compuesto por tonalitas, granodioritas (C-tn/gr) y los depósitos coluviodeluviales en la zona del centro poblado de Carhuabamba.



Figura 3. En el sector de Pueblo Nuevo, se observa los depósitos coluviodeluviales (Q-cd) y el macizo compuesto de tonalitas, granodioritas (C-tn/gr), cubiertos parcialmente por arbustos, pastos naturales y construcción de viviendas.

3.1.5. Depósito fluvial

Conformado por bloques, gravas y arenas mal seleccionadas en matriz areno-limosa; se ubica en el curso principal del río Parcoy.

3.1.6. Depósito antrópico (Q-an)

Depósito antrópico o antropógeno, es un término que vincula directamente al ser humano. Para el área de estudio está asociado principalmente a las acumulaciones de desmonte producto de la actividad minera.

TIPO DE FORMACIÓN SUPERFICIAL <input type="checkbox"/> Eluvial <input checked="" type="checkbox"/> Deluvial <input checked="" type="checkbox"/> Coluvial <input type="checkbox"/> Aluvial <input type="checkbox"/> Fluvial <input type="checkbox"/> Proluvial <input type="checkbox"/> Glaciar		<input type="checkbox"/> Lacustre <input type="checkbox"/> Marino <input type="checkbox"/> Eólico <input type="checkbox"/> Orgánico <input type="checkbox"/> Artificial <input type="checkbox"/> Litoral <input type="checkbox"/> Fluvio glaciar	
GRANULOMETRÍA (%) <input type="checkbox"/> 5 Bolos <input type="checkbox"/> 5 Cantos <input type="checkbox"/> 10 Gravas <input type="checkbox"/> Gránulos <input type="checkbox"/> 30 Arenas <input type="checkbox"/> 30 Limos <input type="checkbox"/> 20 Arcillas			
LITOLOGÍA (%) <input type="checkbox"/> 100 Intrusivos <input type="checkbox"/> Volcánicos <input type="checkbox"/> Matamórficos <input type="checkbox"/> Sedimentarios		FORMA <input type="checkbox"/> Esférica <input type="checkbox"/> Discoidal <input type="checkbox"/> Laminar <input type="checkbox"/> Cilíndrica	
ESTRUCTURA <input type="checkbox"/> Masiva <input checked="" type="checkbox"/> Estratificada <input checked="" type="checkbox"/> Lenticular		TEXTURA <input type="checkbox"/> Harinoso <input checked="" type="checkbox"/> Arenoso <input type="checkbox"/> Aspero	
		CONTENIDO DE <input type="checkbox"/> Materia Orgánica <input type="checkbox"/> Carbonatos <input type="checkbox"/> Sulfatos	
REDONDES <input type="checkbox"/> Redondeado <input type="checkbox"/> Subredondeado <input checked="" type="checkbox"/> Anguloso <input type="checkbox"/> Subanguloso		PLASTICIDAD <input type="checkbox"/> Alta plasticidad <input checked="" type="checkbox"/> Med. Plástico <input type="checkbox"/> Baja Plasticidad <input type="checkbox"/> No plástico	
CLASIFICACIÓN TENTATIVA SUCS: SUELOS GRUESOS <input type="checkbox"/> GW <input type="checkbox"/> GP <input type="checkbox"/> GM <input checked="" type="checkbox"/> SM		<input type="checkbox"/> GC <input type="checkbox"/> SW <input type="checkbox"/> SP <input type="checkbox"/> SC	
SUELOS FINOS <input checked="" type="checkbox"/> Blanda <input type="checkbox"/> Compacta <input type="checkbox"/> Dura		COMPACIDAD DE SUELOS FINOS <input type="checkbox"/> Suelta <input type="checkbox"/> Densa <input type="checkbox"/> Muy Densa	
		GRAVAS <input type="checkbox"/> Suelta <input checked="" type="checkbox"/> Med. Consolidada <input type="checkbox"/> Consolidada <input type="checkbox"/> Muy Consolidada	



Figura 4. Tabla de clasificación empírica de los depósitos coluviodeluviales ubicado en el sector de Carhuabamba.

TIPO DE FORMACIÓN SUPERFICIAL <input type="checkbox"/> Eluvial <input checked="" type="checkbox"/> Deluvial <input checked="" type="checkbox"/> Coluvial <input type="checkbox"/> Aluvial <input type="checkbox"/> Fluvial <input type="checkbox"/> Proluvial <input type="checkbox"/> Glaciar		<input type="checkbox"/> Lacustre <input type="checkbox"/> Marino <input type="checkbox"/> Eólico <input type="checkbox"/> Orgánico <input type="checkbox"/> Artificial <input type="checkbox"/> Litoral <input type="checkbox"/> Fluvio glaciar	
GRANULOMETRÍA (%) <input type="checkbox"/> 20 Bolos <input type="checkbox"/> 10 Cantos <input type="checkbox"/> 20 Gravas <input type="checkbox"/> Gránulos <input type="checkbox"/> 15 Arenas <input type="checkbox"/> 15 Limos <input type="checkbox"/> 20 Arcillas		LITOLOGÍA (%) <input type="checkbox"/> 100 Intrusivos <input type="checkbox"/> Volcánicos <input type="checkbox"/> Matamórficos <input type="checkbox"/> Sedimentarios	
FORMA <input type="checkbox"/> Esférica <input type="checkbox"/> Discoidal <input type="checkbox"/> Laminar <input type="checkbox"/> Cilíndrica		REDONDES <input type="checkbox"/> Redondeado <input checked="" type="checkbox"/> Subredondeado <input type="checkbox"/> Angularo <input checked="" type="checkbox"/> Subangularo	
PLASTICIDAD <input type="checkbox"/> Alta plasticidad <input checked="" type="checkbox"/> Med. Plástico <input type="checkbox"/> Baja Plasticidad <input type="checkbox"/> No plástico		ESTRUCTURA <input checked="" type="checkbox"/> Masiva <input type="checkbox"/> Estratificada <input type="checkbox"/> Lenticular	
TEXTURA <input type="checkbox"/> Harinoso <input checked="" type="checkbox"/> Arenoso <input type="checkbox"/> Aspero		CONTENIDO DE <input checked="" type="checkbox"/> Materia Orgánica <input type="checkbox"/> Carbonatos <input type="checkbox"/> Sulfatos	
COMPACIDAD DE SUELOS FINOS Limos y Arcillas <input type="checkbox"/> Blanda <input checked="" type="checkbox"/> Compacta <input type="checkbox"/> Dura		GRUESOS Arenas <input type="checkbox"/> Suelta <input type="checkbox"/> Densa <input type="checkbox"/> Muy Densa	
Gravas <input type="checkbox"/> Suelta <input checked="" type="checkbox"/> Med. Consolidada <input type="checkbox"/> Consolidada <input type="checkbox"/> Muy Consolidada		CLASIFICACIÓN TENTATIVA SUCS: SUELOS GRUESOS <input type="checkbox"/> GW <input type="checkbox"/> GP <input type="checkbox"/> GM <input type="checkbox"/> SM <input checked="" type="checkbox"/> GC <input type="checkbox"/> SW <input type="checkbox"/> SP <input type="checkbox"/> SC	
SUELOS FINOS <input type="checkbox"/> ML <input type="checkbox"/> CL <input type="checkbox"/> OL <input type="checkbox"/> MH		<input type="checkbox"/> CH <input type="checkbox"/> OH <input type="checkbox"/> PT	



Figura 5. Tabla de clasificación empírica de los depósitos coluviodeluviales ubicado en el sector de Pueblo Nuevo.

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 factor condicionante y dinámico en la generación de movimientos en masa.

La pendiente se analizó en base a la información del modelo de elevación digital de 0.13 m de resolución generado a partir de imágenes captadas con dron Phantom 4 Pro (mapas 2 y 3) y productos de "ALOS World 3D-30m" con 30 m de resolución (figura 5).

Para la caracterización de la pendiente del terreno se consideró 6 rangos de pendientes como son: de 0°-1° considerados terrenos llanos; 1° a 5° terrenos inclinados con pendiente suave; 5° a 15° pendiente moderada; 15° a 25° pendiente fuerte; 25° a 45° pendiente muy fuerte a escarpado; finalmente, mayor a 45° terreno como muy escarpado. A nivel general, la pendiente del terreno en la zona varía principalmente de 25° a 45°, caracterizado como muy fuerte a escarpado (figura 5); también, se tiene pendiente entre 5° a 15° y mayores a 45° en sectores dispersos.

A nivel local, en el sector Carhuabamba, lugar donde ocurrió un deslizamiento el 21 de febrero 2021; la pendiente varía entre 25° a 45°, y mayores a 45° que están relacionadas a escarpas de arranque de deslizamientos, derrumbes y taludes de carreteras (mapa 2).

En el sector Pueblo Nuevo, la pendiente del terreno del área poblada varía de 5° a 15° y en las áreas donde ocurren derrumbes la pendiente es mayor a 45° (mapa 3).

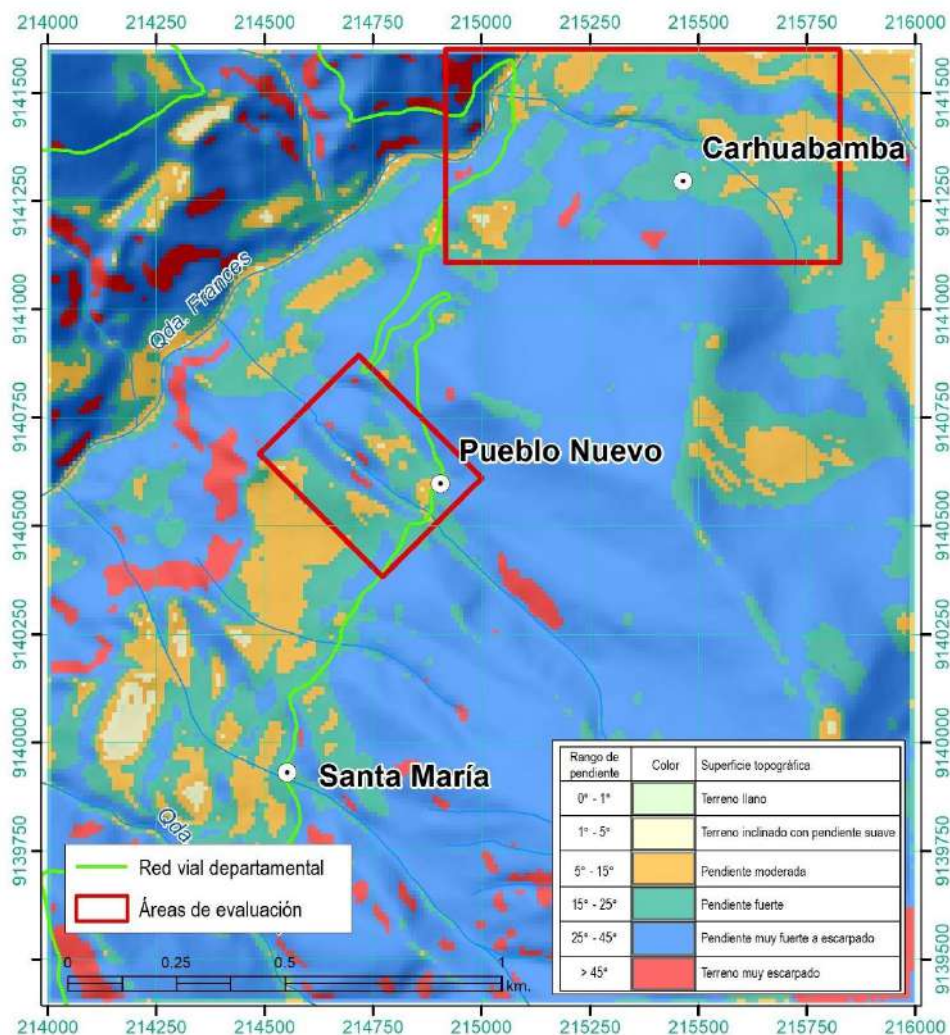


Figura 6. Modelo de la pendiente del terreno generada a partir de imágenes satelitales "ALOS World 3D-30m" con 30 m de resolución.

4.2. Unidades y subunidades geomorfológicas

La formación de las unidades geomorfológicas en la zona de evaluación está relacionada con el levantamiento de los Andes, así como con los procesos hidrometeorológicos relacionadas a abundantes precipitaciones pluviales (erosión fluvial y pluvial) y movimientos en masa (deslizamientos, flujos, derrumbes y caída de rocas); en su formación también influye la actividad antrópica.

La caracterización de las subunidades geomorfológicas, se realizó utilizando el criterio principal de homogeneidad relativa y la caracterización de aspectos de origen del relieve individualizando tres tipos generales y específicos del relieve en función de su altura relativa, diferenciándose la montaña y las vertientes con depósitos superficiales.

Además, para la delimitación se consideró los límites de las unidades litoestratigráficas (substrato rocoso y depósitos superficiales) dando énfasis en la diferenciación de los depósitos recientes; sobre todo depósitos de movimientos en masa identificados en campo y con ayuda de las fotografías aéreas captadas por dron e imágenes satelitales de alta resolución.

En el área de evaluación se han diferenciado las siguientes unidades y subunidades geomorfológicas:

4.2.1. Unidad de Montañas

Geoformas que alcanzan alturas mayores a los 300 m respecto al nivel de base local (citado por Villota, 2005) donde se reconocen cumbres y estribaciones producto de las deformaciones sufridas por la erosión y la influencia de otros eventos de diferente naturaleza (fotografía 5).

En el área de evaluación de acuerdo a su morfología y origen se identificó la siguiente subunidad (mapa 4):

Subunidad de montañas en rocas intrusivas (M-ri):

Subunidad geomorfológica modelada sobre roca intrusiva compuesta de tonalitas y granodioritas, se ubica al sureste del área de evaluación.

La pendiente de sus laderas en las vertientes orientadas a la quebrada Yalen (quebrada Hualanga) varía principalmente de 25° a 45°, caracterizada como muy fuerte a muy escarpada.

Montaña en roca sedimentaria (RM-rs):

Subunidad geomorfológica modelada en la unidad litoestratigráfica compuesta por rocas sedimentarias de la Formación Macno. La pendiente de sus laderas varía entre 25° a 45°, considerado como muy fuerte a escarpado; además, presenta escasos sectores con pendiente muy escarpado (mayor a 45°) relacionado a cambio de pendiente brusco.

4.2.2. Unidad de vertiente

Están representadas por formas de terreno resultados de la acumulación de materiales provenientes de los procesos denudativos y erosionales; se ubican suspendidas en ladera de montaña. En el área de estudio se identificó la siguiente subunidad:

Vertiente coluviodeluvial (V-cd)

Esta subunidad corresponde a la combinación de geoformas formadas por la acumulación de depósitos de movimientos en masa (prehistóricos, antiguos y recientes) y acumulaciones de material movilizado por la escorrentía superficial que se acumulan lentamente.



Fotografía 5. Vista panorámica de las subunidades geomorfológicas conformadas por relieve de montaña modelada en roca intrusiva y vertiente coluviodeluvial en la zona del centro poblado de Carhuabamba.

4.2.3. Unidad de terraza

Se identificó las siguientes subunidades:

Terraza aluvial (T-a)

Son porciones de terreno alargado a ligeramente inclinado con pendiente del terreno entre 1° a 5° y altura relativamente marcada. Se encuentra en las márgenes del cauce de la quebrada Frances; su composición litológica es resultado de la acumulación de fragmentos de roca de diferente granulometría (bloques, bolos, cantos, gravas con matriz de arenas y limos). Está subunidad es susceptible a la erosión fluvial.

Terraza fluvial (T-fl)

Subunidad formada por la corriente actual de los ríos, litológicamente está compuesto por fragmentos rocosos heterogéneos (bolos, cantos gravas, arenas, etc.); conforma la llanura de inundación o el lecho de la quebrada Yalen.

4.2.4. Geoformas antropogénicas

Se identificó la siguiente subunidad:

Botadero de desmonte (BD)

Subunidad formada por la actividad del hombre en el desarrollo de la actividad minera artesanal, está conformada por la acumulación de material de desmonte (Fotografía 6). Por su disposición en ladera de montaña, son susceptibles a la ocurrencia de movimientos en masa, principalmente tipo flujos de detritos.



Fotografía 6. Vista frontal de las subunidades geomorfológicas conformadas por relieve de montaña modelada en roca intrusiva y vertiente coluviodeluvial en la zona del centro poblado Pueblo Nuevo.

5. PELIGROS GEOLÓGICOS

Los peligros geológicos identificados en las áreas evaluadas consisten de deslizamiento para el sector de Carhuabamba (figuras 7 y 8) y de derrumbes para el sector de Pueblo Nuevo (figuras 9 y 10).

5.1. Peligro geológico por deslizamiento en el centro poblado de Carhuabamba

El deslizamiento evaluado en el centro poblado de Carhuabamba tiene superficie de rotura rotacional con forma de escarpa irregular y semicircular, el estilo de escarpa es única y de avance retrogresivo. Abarca un área estimada de 13 432 m² (1.34 ha), sin considerar los movimientos en masa antiguos que lo rodea; el evento se considera activo y posee las siguientes dimensiones: 160 m de longitud de escarpa principal, 3 m de salto vertical, 60 m de desnivel entre la escarpa principal y el pie del deslizamiento, , 5 m de desplazamiento horizontal, 175 m de longitud horizontal del eje principal, 125 m de ancho en la cabecera del deslizamiento y 50 de ancho en el pie del deslizamiento (figura 8).

En el pie del deslizamiento, se observa ocurrencias de derrumbes activos que influyen en la estabilidad de la ladera.

Además, la zona donde ocurrió de deslizamiento, se evidencia numerosos procesos de movimientos en masa inactivos como: Deslizamientos traslacionales, flujos de detritos y movimientos complejos conformado por deslizamiento-flujo (mapa 5).

También se observa agrietamientos que se ubican en la cabecera y en el lado izquierdo del deslizamiento con aberturas entre 3 cm a 5 cm.

El deslizamiento afectó viviendas, cancha deportiva de concreto, la vía de acceso por la zona y la línea de trasmisión eléctrica (fotografías 7 y 8).



Figura 7. Delimitada con línea amarilla se observa la vista de perfil del deslizamiento en el centro poblado Carhuabamba. Coordenadas UTM: 215511.00 / 9141315.98, Zona 18.

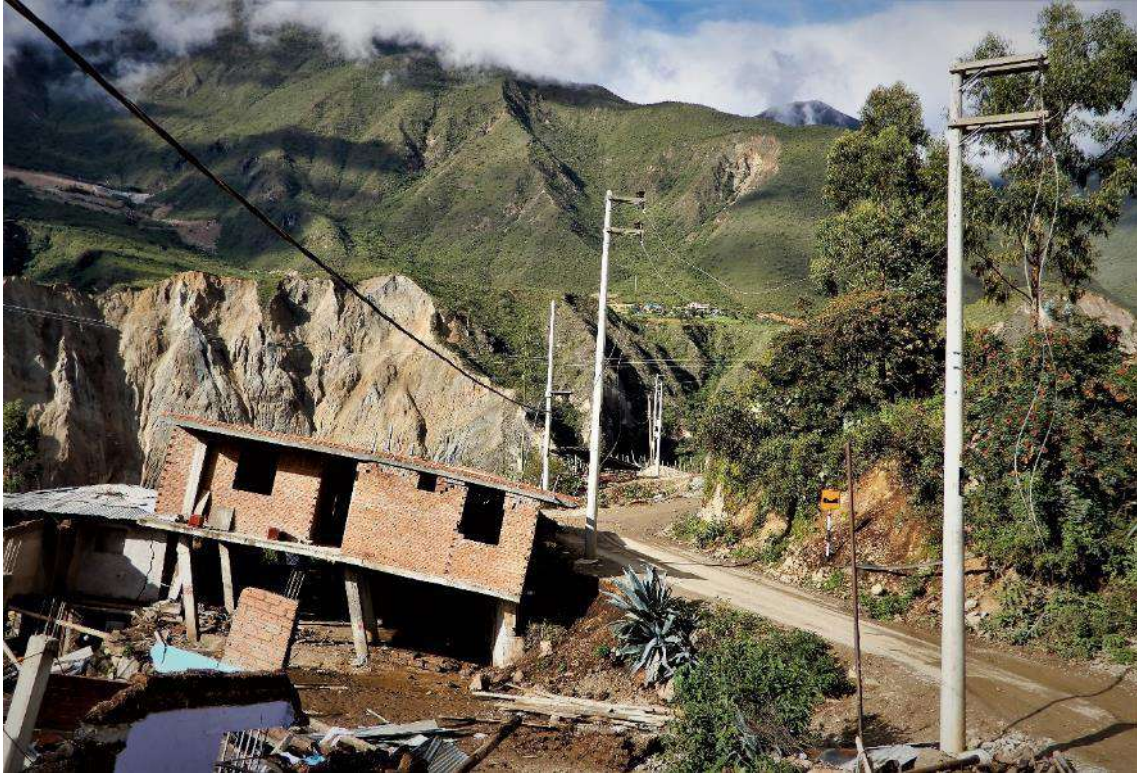
Características visuales del deslizamiento:

A continuación, se detalla las características más relevantes del evento principal ubicado en el “sector Carhuabamba”:

- Estado de actividad: activo
- Superficie de rotura inferida: rotacional
- Forma de la escarpa: semicircular
- Estilo de la escarpa: única
- Longitud de la escarpa principal: 160 m
- Desnivel entre la escarpa principal y el pie del deslizamiento: 60 m
- Salto principal o desplazamiento vertical (DV): menor a 3 m
- Desplazamiento horizontal (DH) estimado: 5 m
- Longitud horizontal del eje principal del evento: 175 m
- Ancho inicial evento: 125 m
- Ancho en el pie del evento: 50 m
- Área de deslizamiento: 13 432 m² (1.34 ha)
- El avance del deslizamiento: retrogresivo



Figura 8. Delimitada con línea amarilla se observa la vista horizontal del deslizamiento ocurrido en el centro poblado Carhuabamba entre el campamento minero y la losa deportiva. Coordenadas UTM: 215511.00 / 9141315.98, Zona 18.



Fotografía 7. Viviendas y cables de la línea de transmisión eléctricas afectadas por el deslizamiento en el centro poblado de Carhuabamba.
Coordenadas UTM: 215511.00 / 9141315.98, Zona 18.



Fotografía 8. Cancha deportiva de concreto afectado por el deslizamiento en el centro poblado de Carhuabamba.
Coordenadas UTM: 215511.00 / 9141315.98, Zona 18.

5.1.1. Factores condicionantes del deslizamiento

Factor litológico-estructural

Depósito coluviodeluvial ubicado sobre macizo rocoso impermeable compuesto por rocas intrusiva con superficie completamente meteorizada.

Factor geomorfológico

Ladera de montaña modelada en roca intrusiva afectada por procesos geodinámicos superficiales visibles como deslizamientos inactivos latentes que rodea el deslizamiento activo (figura 9).

Pendiente del terreno que varía principalmente entre 25° y 45°, caracterizada como muy fuerte a escarpada (figura 9 y mapa 2).

Factor antropogénico

Acumulación de desmonte en cabecera de deslizamiento (fotografía 9), cortes realizados en ladera de montaña para construcción de accesos, ausencia de sistema de drenaje para captar las aguas pluviales y deforestación.

5.1.2. Factores desencadenantes del deslizamiento

De acuerdo a las características del movimiento, se pudo inferir que éste fue causado por las filtraciones de agua (fotografía 10) en el período lluvioso que sobresaturaron el depósito coluviodeluvial.

La ocurrencia de un fuerte sismo podría generar nuevo desplazamiento y ampliar de tamaño el deslizamiento activo y reactivar los deslizamientos antiguos que se ubican en los alrededores.



Fotografía 9. Acumulación de desmonte de mina en la escarpa principal del deslizamiento en el centro poblado de Carhuabamba.

Coordenadas UTM: 215585.23 / 9141240.75, Zona 18.

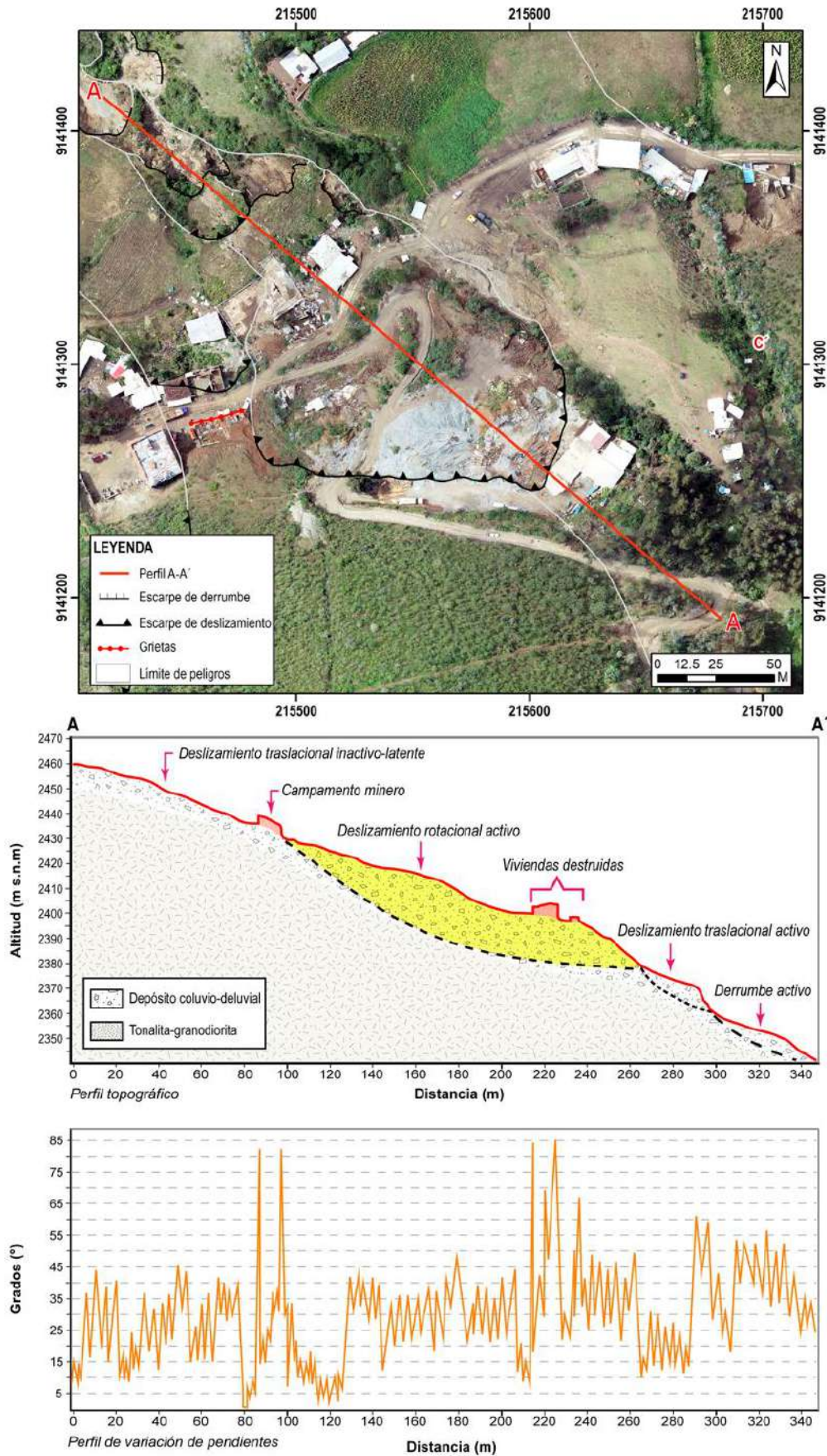


Figura 9. Perfil de la variaciones morfológicas del área afectada por deslizamiento en el centro poblado de Carhuabamba.



Fotografía 10. Se observa filtraciones de agua en la pared y en el piso de una de las viviendas ubicada sobre la masa deslizada en el centro poblado de Carhuabamba. Coordenadas UTM: 215511.00 / 9141315.98, Zona 18.

5.2. Peligro geológico por derrumbe en el centro poblado de Pueblo Nuevo

Los peligros geológicos por movimientos en masa identificados en el área de evaluación del centro poblado Pueblo Nuevo se ubican en ambas márgenes de la quebrada del mismo nombre, abarca 1.93 ha; además, se típica como derrumbes, en estados activos e inactivos latentes, con formas de arranque irregular discontinua.

La longitud general de la zona de arranque donde se observan derrumbes activos y antiguos en la margen derecha mide 350 m y en la margen izquierda 410 m (figura 10; fotografías 11 y 12).

En la margen derecha de la quebrada se identificó nueve derrumbes activos con longitudes de arranque variables entre 3.50 m a 30 m, con desnivel entre la escarpa principal y el pie de 18 m a 78 m. En la margen izquierda de la quebrada también se identificó nueve derrumbes activos con longitudes de arranque variables entre 4 m a 75 m, con desniveles entre la escarpa principal y el pie de 17 m a 45 m.

En la margen de derecha de quebrada, se ubica la Institución Educativa N° 80800 donde en uno de sus ambientes se observa fisuras en el piso y la pared (figura 12) que están relacionados a la mala compactación del muro de contención y no a la ocurrencia de derrumbes (fotografía 11) que se presentan en la quebrada Pueblo Nuevo.



Fotografía 11. Se observa derrumbe en la margen izquierda de la quebrada Pueblo Nuevo.
Coordenadas UTM: 214709.00 / 9140599.00, Zona 18.



Fotografía 12. Se observa derrumbe en la margen derecha de la quebrada Pueblo Nuevo.
Coordenadas UTM: 214813.00 / 9140565.00, Zona 18.

Características visuales de la zona de derrumbes:

A continuación, se detalla las características más relevantes de la zona de derrumbes ubicados en ambas márgenes de la quebrada que cruza el centro poblado Pueblo Nuevo.

- Estado de actividad: activo.
- Avance del derrumbe: retrogresivo
- Forma de la zona de arranque: irregular discontinua
- Litología de la zona de arranque: deposito coluviodeluvial
- Longitud de arranque: margen derecha 350 m y margen izquierda 410 m.
- Desnivel entre la escarpa principal y el pie del derrumbe: 17 m.
- Características del depósito:
- Área afectada por derrumbes activos:

5.2.1. Factores condicionantes

Factor litológico-estructural

Depósito coluviodeluvial ubicado sobre macizo rocoso impermeable compuesto por fragmentos de roca intrusiva.

Factor geomorfológico

Pendiente del terreno mayor a 45° generada por la erosión hídrica (figura 11 y mapa 3).

Factor antropogénico

Ausencia de sistema de drenaje para captar las aguas pluviales y controlar la erosión hídrica.

Desagüe de las viviendas direccionado a la quebrada.

5.2.2. Factores desencadenantes

De acuerdo a las características del movimiento, se pudo inferir que éste fue causado por las filtraciones de agua acumuladas en el período lluvioso, que ayudaron a humedecer el material detrítico en la ladera, provocando sobresaturación, la pérdida de cohesión y la erosión hídrica.

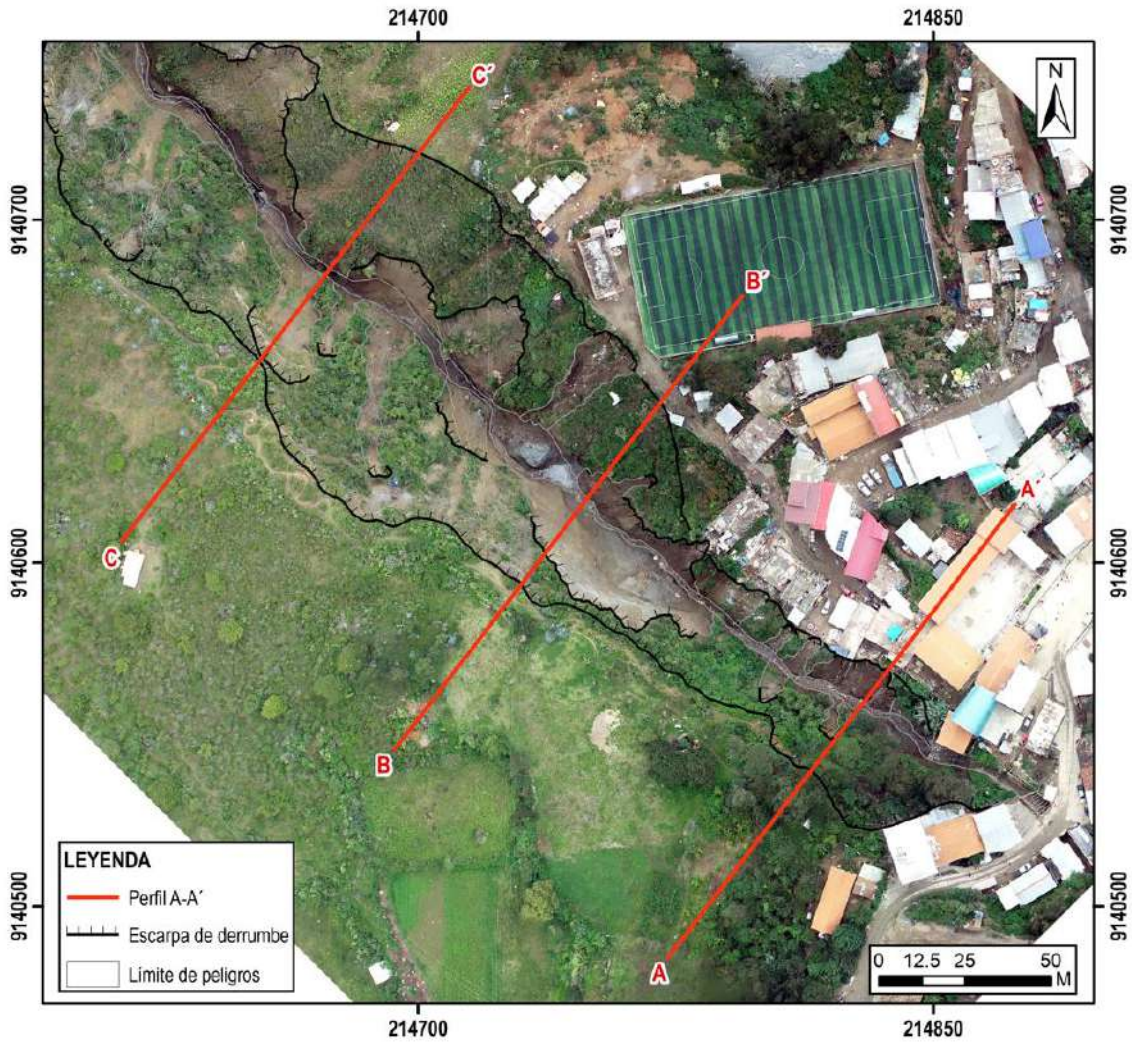


Figura 10. Vista de planta del área afectada por derrumbes en el C.P. Pueblo Nuevo.

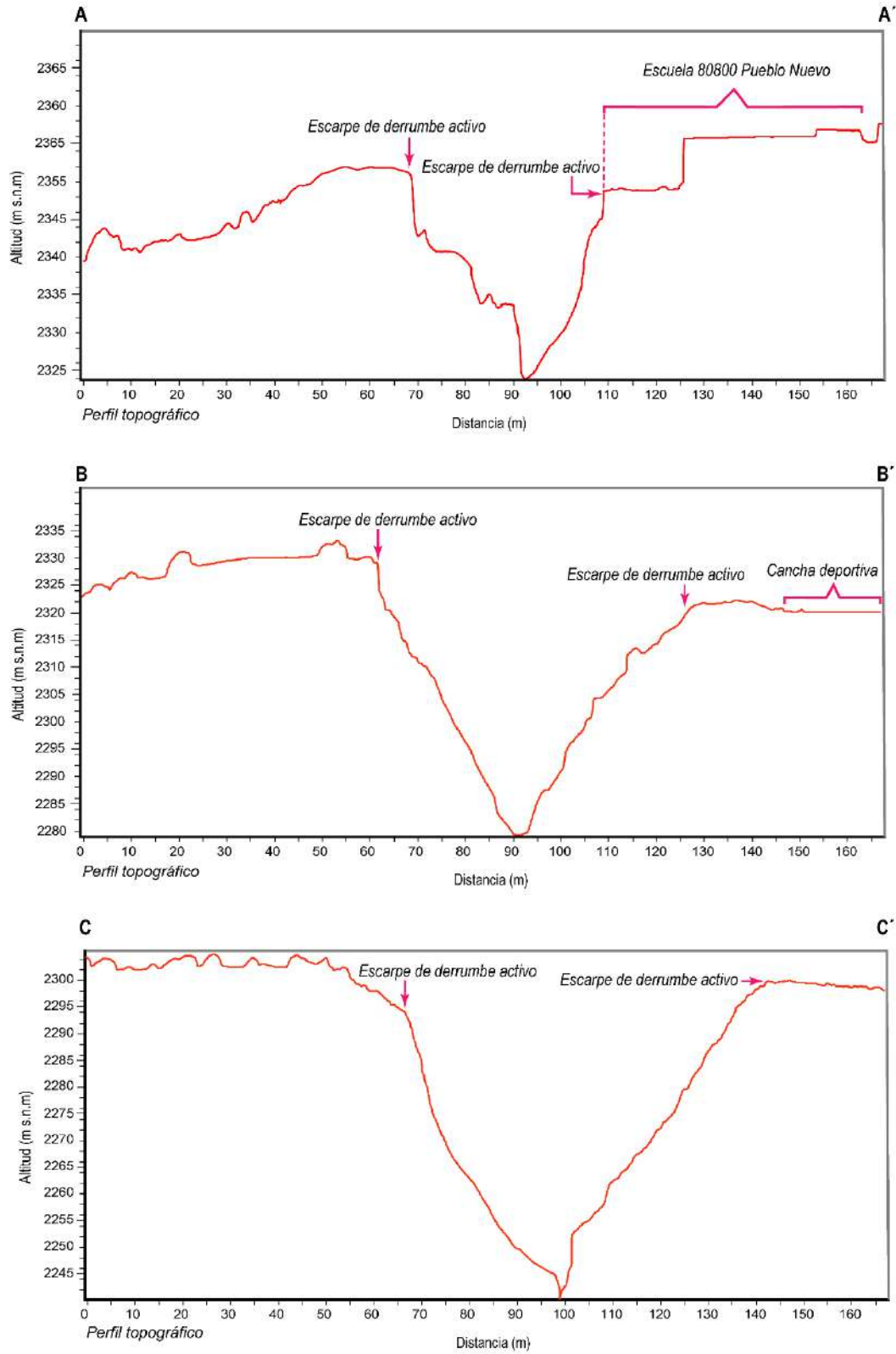


Figura 11. Variación topográfica del área afectada por derrumbes en el C.P. Pueblo Nuevo.



Figura 12. Vista de fisuras en la pared (A) y en el piso (B) de uno de los ambientes de la Institución Educativa N° 80800 .

6. CONCLUSIONES

6.1. Centro poblado Carhuabamba

- a) El deslizamiento que ocurrió en febrero del 2022 en el centro poblado de Carhuabamba se originó en depósitos coluviodeluviales adosado al macizo rocoso conformadas por tonalitas y granodioritas del Batolito de Pataz. Geomorfológicamente corresponde a relieve de vertiente coluviodeluvial con pendiente variable entre 25° a 45° y pendientes mayores a 45° que están relacionados a zonas de arranque de derrumbes y de deslizamiento inactivo.
- b) El deslizamiento en el centro poblado de Carhuabamba tiene superficie de rotura rotacional con forma de escarpa irregular y semicircular y de avance retrogresivo. Abarca un área estimada de 13 432 m² (1.34 ha), sin considerar los movimientos en masa antiguos que lo rodea.
- c) La longitud de la escarpa principal del deslizamiento mide 160 m, el desnivel entre la escarpa principal y el pie 60 m, el salto vertical 3 m y el desplazamiento horizontal 5 m; además, la longitud horizontal del eje principal del deslizamiento mide 175 m, el ancho en la cabecera 125 m y en el pie 50 m.
- d) Los factores que condiciona la ocurrencia del deslizamiento corresponden a depósito coluviodeluvial, movimientos en masa antiguos inactivos latentes, pendiente del terreno, acumulaciones de desmonte en la cabecera del deslizamiento, cortes en ladera, ausencia de sistema de drenaje y deforestación.
- e) Los factores desencadenantes inferidos que interviene en la ocurrencia del deslizamiento en el centro poblado de Carhuabamba corresponden a filtraciones de agua del período lluvioso que sobresaturaron el depósito coluviodeluvial.
- f) El área evaluada en el centro poblado de Carhuabamba donde ocurrió el deslizamiento y áreas aledañas, se considera como **zona crítica y de Peligro Muy Alto** susceptible a la ampliación de áreas del deslizamiento actual y generación de nuevos deslizamientos.

6.2. Centro poblado Pueblo Nuevo

- a) Los peligros geológicos identificados en el centro poblado de Pueblo Nuevo se ubican en ambas márgenes de la quebrada del mismo nombre, abarca 1.93 ha; además, se típica como derrumbes, en estados activos e inactivos latentes con formas de arranque irregular discontinua. La longitud total de arranque en la margen derecha mide 350 m y en la izquierda 410 m.
- b) En la margen derecha de la quebrada se identificó nueve derrumbes activos con longitudes de arranque variables entre 3.50 m a 30 m, con desniveles entre la escarpa principal y el pie de 18 m a 78 m. En la margen izquierda de la quebrada también se identificó nueve derrumbes activos con longitudes de arranque variables entre 4 m a 75 m, con desniveles entre la escarpa principal al pie de 17 m a 45 m.
- c) En la margen de derecha de quebrada, se ubica la Institución Educativa N° 80800 donde en uno de sus ambientes se observa fisuras en el piso y la pared

que están relacionados a la mala compactación del muro de contención y no a la ocurrencia de derrumbes de la quebrada Pueblo Nuevo.

- d) Los factores que condiciona la ocurrencia de los derrumbes corresponden a la pendiente muy escarpada del terreno (mayor a 45°), litología compuesta por depósito coluviodeluvial, ausencia de sistema de drenaje y deforestación.
- e) Los factores desencadenantes inferidos que intervienen en la ocurrencia de los derrumbes corresponden a filtraciones de agua del período lluvioso que sobresaturaron el depósito coluviodeluvial.
- f) Los bordes de la quebrada Pueblo Nuevo donde se generan derrumbes en el centro poblado del mismo nombre y áreas aledañas, se consideran como **zona crítica y de Peligro Alto** susceptible a la ocurrencia de nuevos derrumbes.

7. RECOMENDACIONES

7.1. Centro poblado Carhuabamba

- a) El área afectada por el deslizamiento y áreas aledañas no son aptas para la construcción de viviendas, las existentes deben ser reubicadas.
- b) No acumular desmonte en las cabeceras de deslizamiento activos y antiguos.
- c) Reforestar las laderas de la zona con arbustos que tenga raíces expansivas; además, se debe prohibir la plantación de eucaliptos y pinos. La actividad se debe realizar con asesoramiento especializado forestal.

7.2. Centro poblado Pueblo Nuevo

- a) Reubicar todas las viviendas construidas cerca a la escarpa de los derrumbes hasta los 15 metros, incluida algunas aulas de la I. E. 80800; además, el área debe ser declarado como intangible.
- b) Las instalaciones de la I. E. N° 80800, deben ser evaluadas por un especialista acreditado en Inspección Técnica de Seguridad en Edificaciones para su ocupación o uso.
- c) Prohibir todo tipo de actividad minera en las laderas y en el cauce de la quebrada Pueblo Nuevo.
- d) Los taludes de ambos lados de la quebrada afectadas por derrumbes, deben ser protegidos recubiertos con geomallas o similares acompañados de revegetación nativa.
- e) Para reducir la profundización del cauce de la quebrada se debe construir estructuras transversales al eje de la quebrada (diques transversales escalonados).

- f) Detener y prohibir la expansión urbana hacia los bordes de la quebrada Pueblo Nuevo.
- g) Con apoyo de especialista acreditado, realizar la evaluación del riesgo (EVAR) de desastres por derrumbe aplicando la normatividad vigente para determinar las áreas de riesgo y ratificar o descartar las medidas de mitigación propuestas.



LUCIO MEDINA ALLCCA
Ingeniero Geólogo
CIP N° 101456

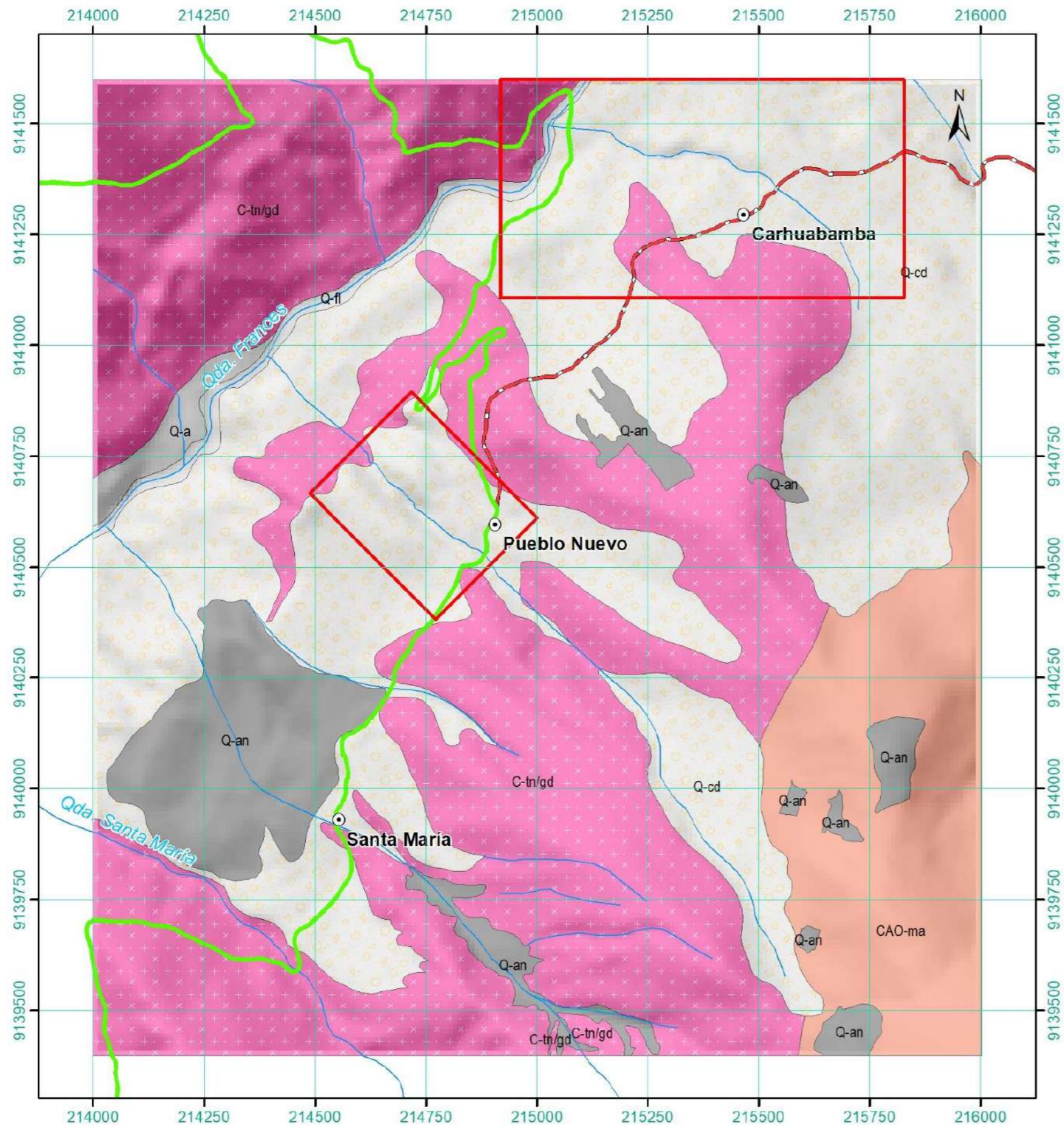


Ing. LIONEL V. FIDEL SMOLL
Director
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico
INGEMMET

8. BIBLIOGRAFÍA

- Castro, A., Dávila, C., Laura, W., Cubas, F., Ávalos, G., López, C., ... & Marín, D. (2021) Climas del Perú: Mapa de Clasificación Climática Nacional. Lima. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú – Senamhi.
- Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres (2009) - *Terminología sobre reducción del riesgo de desastres*. Ginebra: Naciones Unidas, UNISDR, 38 p. https://www.unisdr.org/files/7817_UNISDRTerminologySpanish.pdf
- Gómez, W., Carhuamaca, A. & Macharé, J. (Inédito) Mapa geológico del cuadrángulo de Pataz, hoja 16-h-2. Disponible en Geocatmin
- Medina, L. (2009). Inspección técnica de peligros geológicos por movimientos en masa provincias de Sanchez Carrión y Pataz, región La Libertad: sectores Chamanacucho, Tayapampa, Retamas, Pataz, Collona y Sartimbamba. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/1903>
- 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. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12544/290>
- Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007) - *Movimientos en masa en la región andina: una guía para la evaluación de amenazas*. Santiago: Servicio Nacional de Geología y Minería, 432 p., Publicación Geológica Multinacional, 4. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/2830>.
- Villota, H. (2005) - *Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de tierras*. 2. ed. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 210 p.
- Wilson, J. & Reyes, L. (1964) - Geología del cuadrángulo de Pataz (Hoja 16-h). Comisión Carta Geológica Nacional, Boletín, 9, 91 p., 1 mapa. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12544/169>

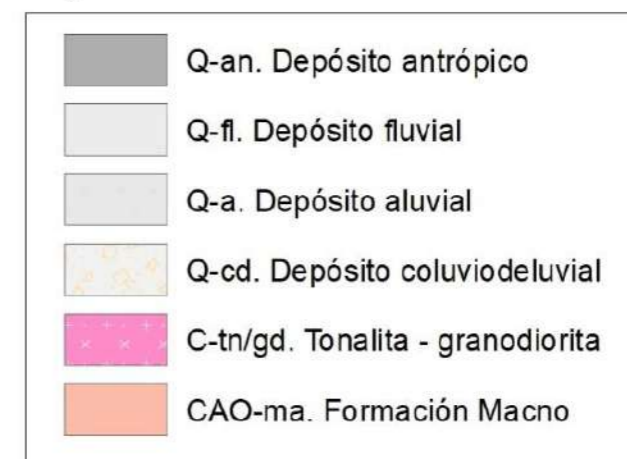
ANEXO 1: MAPAS



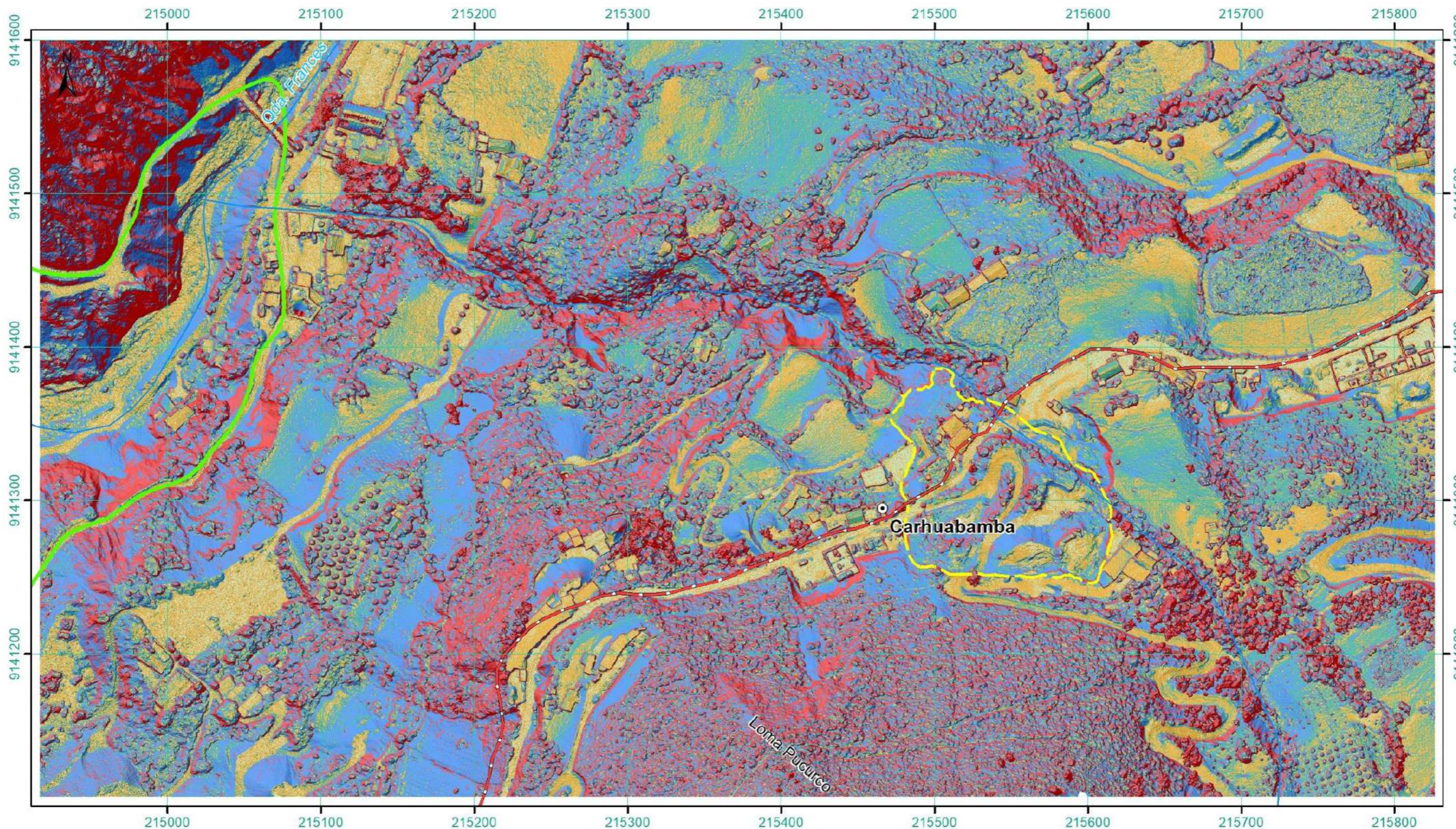
Simbología



Leyenda



 SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO ACT-11: Evaluación de peligros geológicos a nivel nacional		
GEOLÓGICO CENTROS POBLADOS DE CARHUABAMBA Y PUEBLO NUEVO		
VERSIÓN DIGITAL Año 2022	Escala: 1/10,000 Datum: WGS 84, Proyección: UTM Zona 18 Sur	MAPA: 01



Leyenda

Rango de pendiente	Color	Superficie topográfica
0° - 1°	Light Green	Terreno llano
1° - 5°	Yellow	Terreno inclinado con pendiente suave
5° - 15°	Orange	Pendiente moderada
15° - 25°	Green	Pendiente fuerte
25° - 45°	Blue	Pendiente muy fuerte a escarpado
> 45°	Red	Terreno muy escarpado

Leyenda

	Red vial vecinal
	Red vial departamental
	Deslizamiento activo Carhuabamba

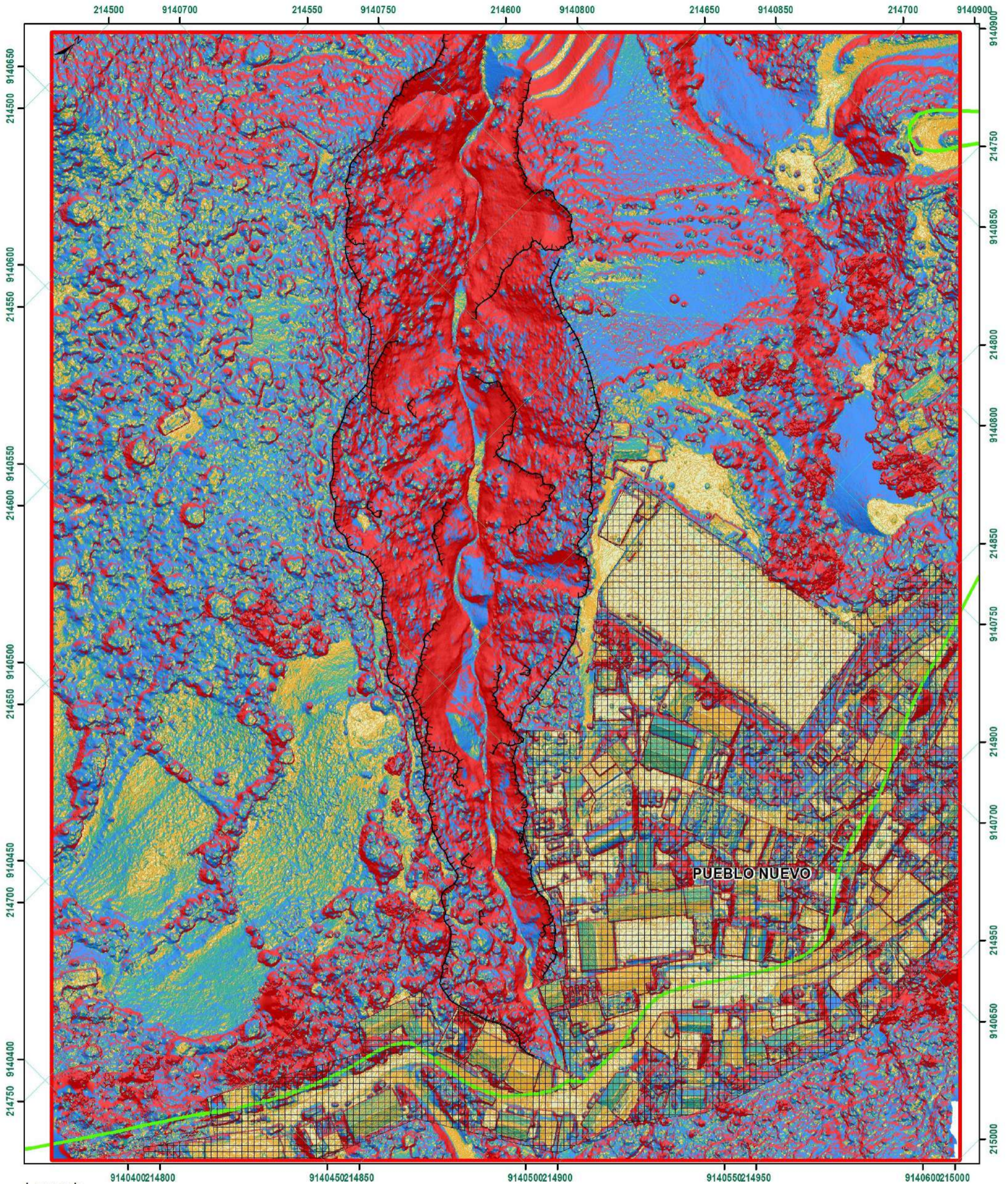
SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO
DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO
ACT-11: Evaluación de peligros geológicos a nivel nacional

**PENDIENTE DEL TERRENO
CENTRO POBLADO DE CARHUABAMBA**

VERSIÓN DIGITAL
Año 2022

Escala: 1/2,500
0 25 50 100 m.
Datum: WGS 84, Proyección: UTM Zona 18 Sur

**MAPA:
02**



Leyenda

Rango de pendiente	Color	Superficie topográfica
0° - 1°		Terreno llano
1° - 5°		Terreno inclinado con pendiente suave
5° - 15°		Pendiente moderada
15° - 25°		Pendiente fuerte
25° - 45°		Pendiente muy fuerte a escarpado
> 45°		Terreno muy escarpado

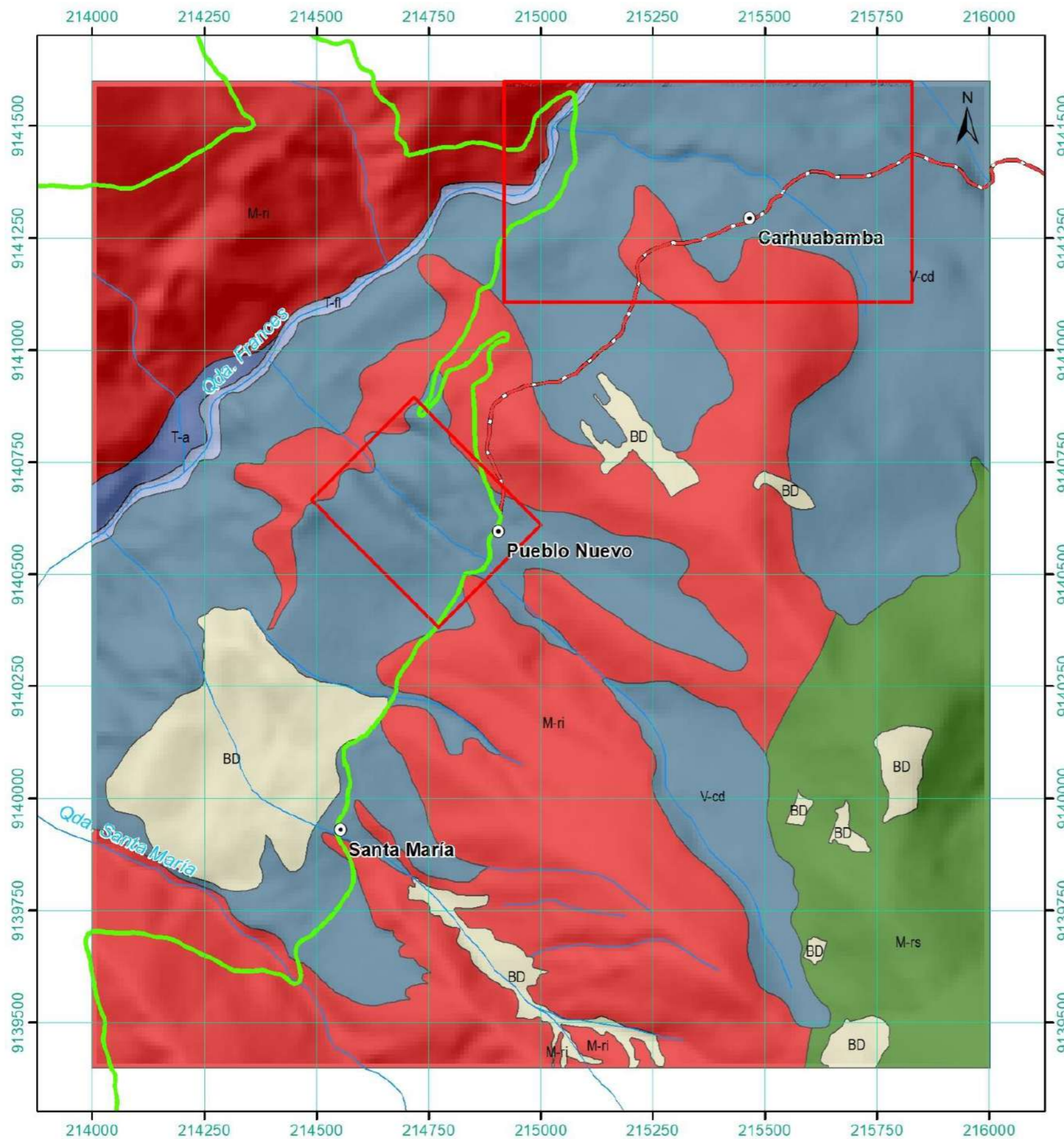
Simbología

- Red vial departamental
- Escapa de arranque de derrumbes
- Área poblada

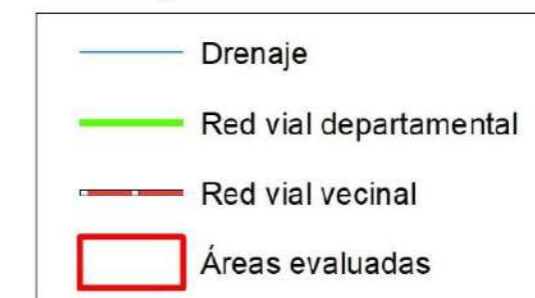
SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALURGICO
 DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLOGICO
 ACT-11: Evaluación de peligros geológicos a nivel nacional

**PENDIENTE DE LOS TERRENOS
 CENTRO POBLADO PUEBLO NUEVO**

VERSIÓN DIGITAL Año 2022	Escala: 1/1,250 Datum: WGS 84, Proyección: UTM Zona 18 Sur	MAPA: 03
-----------------------------	---	--------------------------------------



Simbología



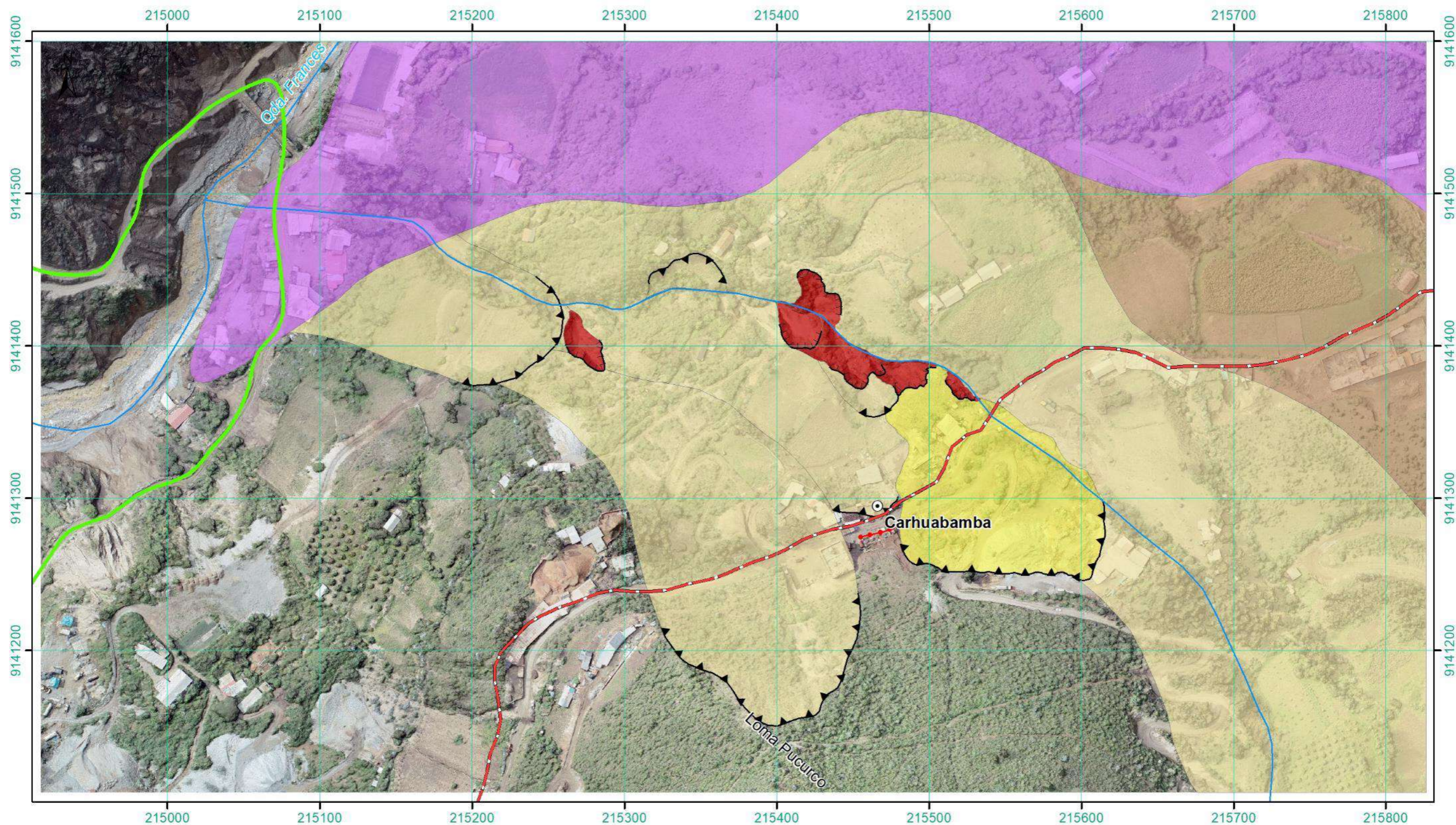
Leyenda



SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO
 DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO
 ACT-11: Evaluación de peligros geológicos a nivel nacional

GEOMORFOLÓGICO
CENTROS POBLADOS CARHUABAMBA Y PUEBLO NUEVO

VERSIÓN DIGITAL Año 2022	Escala: 1/10,000 Datum: WGS 84, Proyección: UTM Zona 18 Sur	MAPA: 04
-----------------------------	--	---------------------------



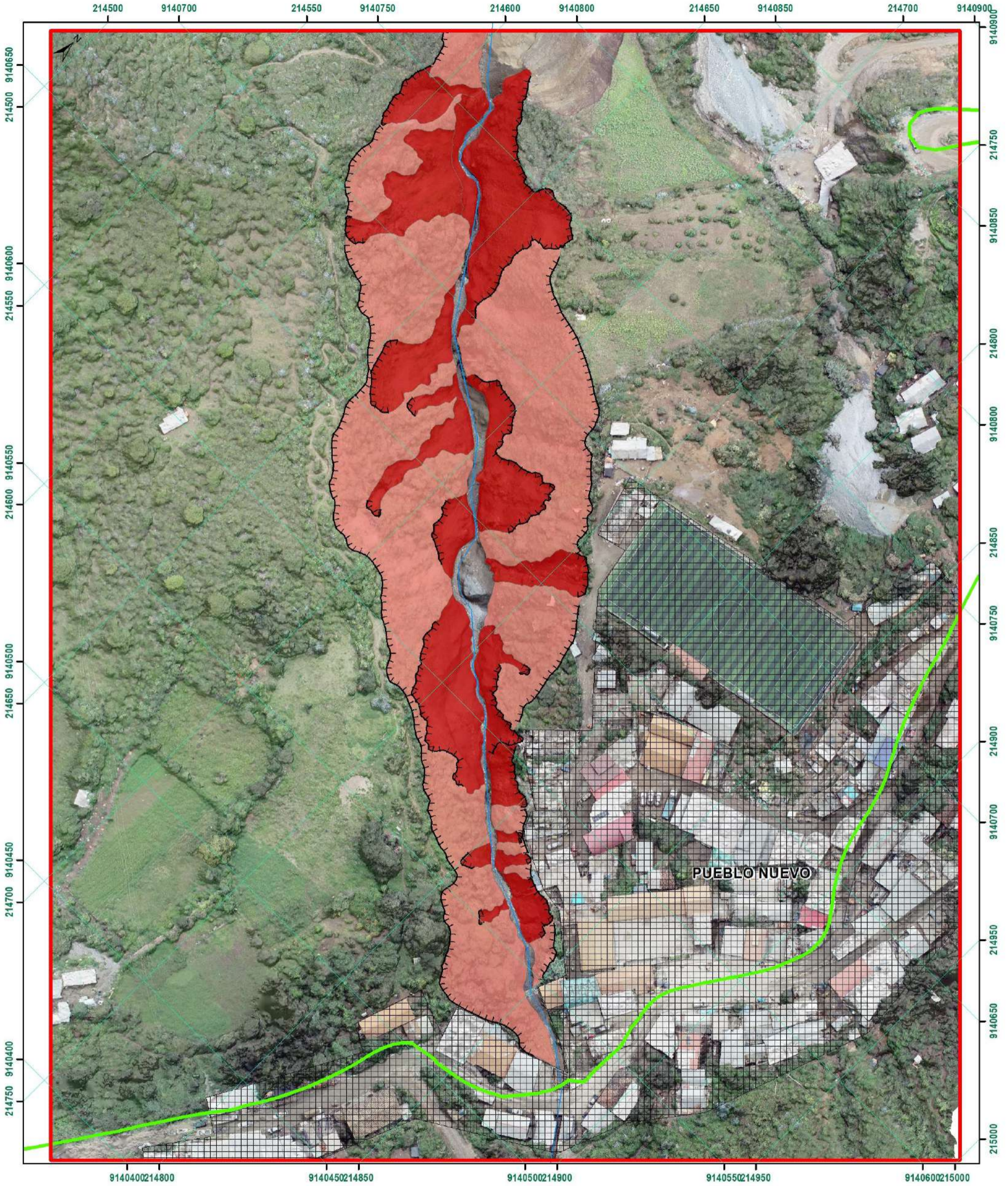
Leyenda

	Derrumbe activo
	Deslizamiento traslacional inactivo-latente
	Deslizamiento rotacional activo
	Flujo de detritos inactivo-latente
	Deslizamiento-flujo inactivo-latente


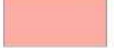
Simbología

	Red vial vecinal
	Red vial departamental
	Escarpa de arraque de derrumbe
	Escarpa de deslizamiento
	Grieta




 SECTOR ENERGÍA Y MINAS INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO ACT-11: Evaluación de peligros geológicos a nivel nacional		
PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA		
CENTRO POBLADO DE CARHUABAMBA		
VERSIÓN DIGITAL Año 2022	Escala: 1/2,500 Datum: WGS 84, Proyección: UTM Zona 18 Sur	MAPA: 05


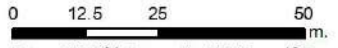


Leyenda

	Derrumbe, Activo
	Derrumbe, Inactivo-latente

Simbología

	Red vial departamental
	Escapa de arranque de derrumbes
	Área poblada

 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO ACT-11: Evaluación de peligros geológicos a nivel nacional		
PELIGRO GEOLÓGICO POR MOVIMIENTOS EN MASA CENTRO POBLADO PUEBLO NUEVO		
VERSIÓN DIGITAL Año 2022	Escala: 1/1,250  Datum: WGS 84, Proyección: UTM Zona 18 Sur	MAPA: 06