

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7478

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL SECTOR PEÑA BLANCA

Región Arequipa
Provincia Caylloma
Distrito Maca



FEBRERO
2024

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL SECTOR PEÑA BLANCA
Distrito Maca, provincia Caylloma y departamento Arequipa

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

Equipo de investigación:

Yeny Bety Ccorimanya Chalco

Yhon Hidelver Soncco Calsina

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2024). Evaluación de peligros geológicos en el sector Peña Blanca, distrito Maca, provincia Caylloma y departamento Arequipa. Lima: INGEMMET, Informe Técnico N° 7478, 36p.

INDICE

RESUMEN.....	4
1. INTRODUCCION.....	5
1.1. Objetivos del estudio	5
1.2. Antecedentes y trabajos anteriores.....	5
1.3. Aspectos generales	6
1.3.1. Ubicación	6
1.3.2. Población	7
1.3.3. Accesibilidad	7
1.3.4. Clima.....	8
2. DEFINICIONES	9
3. ASPECTOS GEOLOGICOS	12
3.1. Unidades Litoestratigráficas	12
3.1.1. Grupo Yura - Formación Labra (JKi-la).....	12
3.1.2. Complejo Volcánico Mismi	12
3.1.3. Grupo Tacaza – Formación Pichu	13
3.1.4. Depósitos glacio-fluviales (Qh-gl-fl).....	14
3.1.5. Depósitos coluvio-deluviales (Qh-co-de).....	14
3.1.6. Depósitos coluviales (Qh-co)	14
3.1.7. Depósitos fluviales (Qh-fl)	15
3.2. Tectónica	16
3.2.1. Falla Chachas – Cabanaconde - Patapampa	16
4. ASPECTOS GEOMORFOLOGICOS	17
4.1. Pendientes del terreno	17
4.2. Unidades Geomorfológicas	18
4.2.1. Unidad de Colina	18
4.2.2. Unidad de Ladera Volcánica	18
4.2.3. Unidad de Vertiente.....	18
4.2.4. Unidad de terraza	19
4.2.5. Otras geoformas fluviales.....	19
5. PELIGROS GEOLOGICOS	20
5.1. Peligros geológicos por movimientos en masa – Sector Peña Blanca.....	20
5.1.1. Caída de rocas.....	20
5.1.2. Derrumbes	21
5.1.3. Deslizamiento	22
5.1.4. Avalancha de rocas.....	23

5.1.5. Avalancha de detritos	23
5.2. Otros peligros geológicos - Erosión de laderas (cárcavas)	24
5.3. Factores condicionantes.....	25
5.4. Factores desencadenantes	25
6. CONCLUSIONES	27
7. RECOMENDACIONES	28
8. BIBLIOGRAFIA.....	29
ANEXO 01: MAPAS.....	30
ANEXO 02: MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACION.....	35

RESUMEN

El presente informe, es el resultado de la evaluación de peligros geológicos en el Sector Peña Blanca, perteneciente al distrito Maca, provincia Caylloma y departamento Arequipa. 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 en los tres niveles de gobierno.

En el sector Peña Blanca afloran tobas de bloques y ceniza no litificados y poco fracturados (Centro volcánico Mismi), lavas andesíticas a traquiandesíticas, ligera a moderadamente meteorizadas y medianamente a poco fracturadas (Formación Pichu). También afloran depósitos coluviales, que están conformados por bloques con tamaños máximos de hasta 2.5 m, y gravas englobadas en matriz areno-limosa.

Desde el punto de vista geomorfológico, se observa colinas en rocas volcánica y superficie de flujo piroclástico, con terrenos de pendientes mayores a 25° (muy fuertes a escarpados); colinas en roca sedimentaria, vertiente con depósito de deslizamientos, terrazas altas aluviales y vertiente o piedemonte coluvio-deluvial; con pendientes variables de moderados a muy fuertes (5°-45°).

Los peligros geológicos identificados en el sector Peña Blanca comprenden movimientos en masa, tipo **caída de rocas**, con arranque de longitud 1715 m y una altura que varía entre 15 a 70 m; **derrumbes** cuya zona de arranque tiene una longitud de 1637 m. Se tiene un deslizamiento rotacional con una corona con longitud aproximada de 419 m. Avalancha de rocas, que presenta bloques de tamaños de hasta 1.2 m, también se observó una avalancha de detritos y procesos de erosión de laderas en cárcavas, éstas últimas con longitudes que alcanzan hasta 260 m, ancho promedio de 22 m y profundidad promedio de 10 m.

Las laderas del cerro Pachamarca del sector Peña Blanca presentan movimientos en masa, que pueden ser detonados por precipitaciones pluviales intensas y/o prolongadas, así como por sismos. Por las condiciones antes mencionadas, el sector se cataloga como de **Peligro Alto** para el tramo vial Arequipa – Cabanaconde.

Finalmente, se brinda recomendaciones importantes, que las autoridades competentes tomadores de decisiones pongan en práctica en las áreas evaluadas con la finalidad de minimizar las ocurrencias de daños que pueden ocasionar los peligros geológicos por movimientos en masa identificados en este sector.

1. INTRODUCCION

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 provincia Caylloma, departamento Arequipa, mediante Oficio N° 561-2022-MPC-CHIVAY-A; es en el marco de las competencias del INGEMMET es que realiza la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa, en el sector de Peña Blanca.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del INGEMMET designó a los Ingenieros Bety Ccorimanya Chalco y Yhon Soncco Calsina, para que realicen la evaluación de peligros geológicos del sector Peña Blanca, los trabajos de campo llevó a cabo el 29 y 30 de septiembre 2023, para se realizaron coordinaciones con representantes de la Unidad de Defensa Civil de la Municipalidad Distrital Maca.

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 documento técnico se pone en consideración de la Municipalidad Provincial de Caylloma 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) Evaluar, tipificar y caracterizar los peligros geológicos que ocurren en el sector Peña Blanca del distrito de Maca.
- b) Determinar los factores condicionantes y desencadenantes que influyen en la ocurrencia de los peligros de movimientos en masa.
- c) Emitir conclusiones y recomendaciones que contribuyan a la formulación de planes de prevención y/o mitigación del riesgo de desastre por movimientos en masa.

1.2. Antecedentes y trabajos anteriores

Entre los principales estudios realizados a nivel local y regional, que involucra la zona de evaluación, tenemos:

- INGEMMET. Hoja 32-s : Carta Geológica Nacional “Geología del Cuadrángulo de Chivay a escala 1:100 000” (KLINCK, B.A. (BGS) & M. Palacios, O., (1985); Actualizado Luis Quispesivana Quispe & Pedro A. Navarro Colque(2001)).
- INGEMMET. “Memoria descriptiva de la revisión y actualización de los Cuadrángulos de Caravelí (32-p), Chuquibamba (32-q), Chivay (32-s), Caylloma (31-s), Velille (30-s), Livitaca (29-s) y Pacapausa (30-p) a escala 1:100 000” (KLINCK, B.A. (BGS) & M. Palacios, O., (1985); Actualizado Luis Quispesivana Quispe & Pedro A. Navarro Colque(2001)). Describe la geología de la zona de estudio y alrededores que corresponde en gran parte al centro Volcánico Mismi.
- INGEMMET. Boletín N° 81, Serie C : “Peligro geológico en la región Arequipa a escala 1:500 000” (Luque, G.; Pari, W. & Dueñas, K., 2021). Uno de los productos de este trabajo es el mapa de Susceptibilidad a Movimientos en Masa (SMM), donde el sector Peña Blanca, se encuentra en **Susceptibilidad Alta a Muy Alta**. (Figura 1).

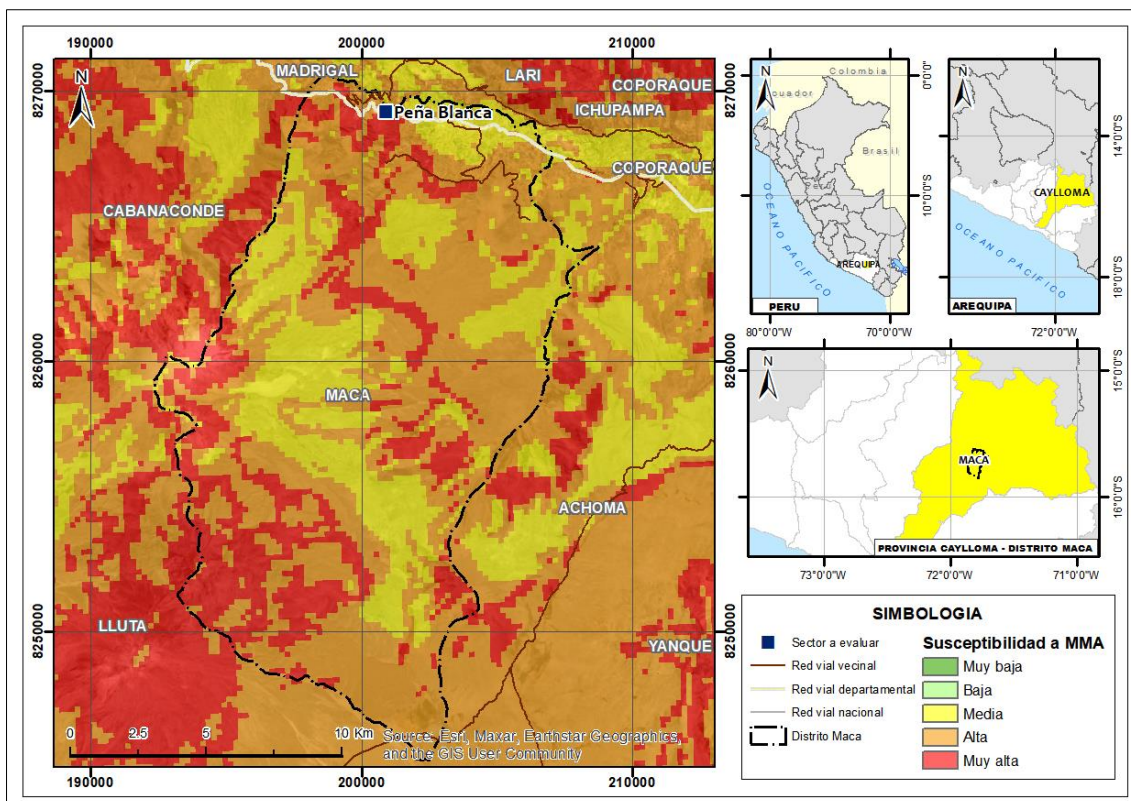


Figura 1. Mapa de susceptibilidad a los movimientos en masa.

Fuente: INGEMMET - Mapa de susceptibilidad por movimientos en masa en el Perú escala 1/2,000,000 (Fidel, L., 2010).

1.3. Aspectos generales

1.3.1. Ubicación

El sector Peña Blanca, se encuentra ubicado en el distrito Maca, provincia Caylloma, departamento Arequipa (Figura 2), cuenta con las siguientes coordenadas UTM (WGS84 – Zona 19S):

Tabla 1. Coordenadas de ubicación de los sectores evaluados.

Sectores	UTM – WGS84 – Zona 19S		Geográficas	
	X - Este	Y - Sur	Latitud	Longitud
Peña Blanca	200816 m E	8269231 m S	15°38'13.89" S	71°47'25.45" W

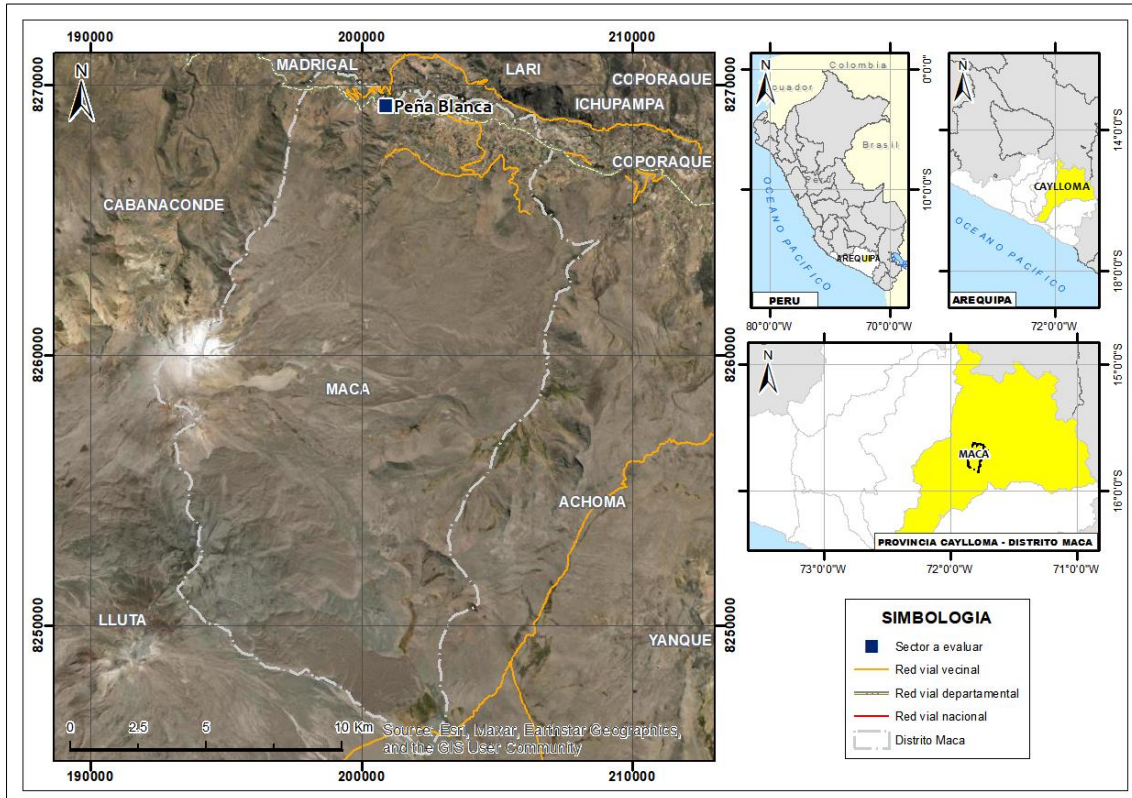


Figura 2. Ubicación del área de evaluación.

1.3.2. Población

De acuerdo con el Censo Nacional 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas, el distrito de Maca cuenta con una población total de 701 habitantes entre hombres (347) y mujeres (354) distribuidos en 524 viviendas particulares. De estas, 451 viviendas se encuentran ocupadas y 73 desocupadas. (INEI - Censos Nacionales de Población y Vivienda, 2017).

1.3.3. Accesibilidad

El acceso al sector Peña Blanca se realizó desde Arequipa-Ingemmet por vía terrestre, mediante la ruta mencionada en el Cuadro 1:

Cuadro 1. Rutas de acceso a la zona evaluada.

Ruta	Tipo de vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Arequipa – Maca (sector Peña Blanca)	Carretera asfaltada	185	3 h 25 min

1.3.4. Clima

El sector Peña Blanca del distrito de Maca cuenta con un clima de tipo semiseco con invierno seco, frío – C(i)C', con temperaturas máximas entre 13 °C a 17 °C y mínimas entre -7 °C y 5 °C. (Figura 3).

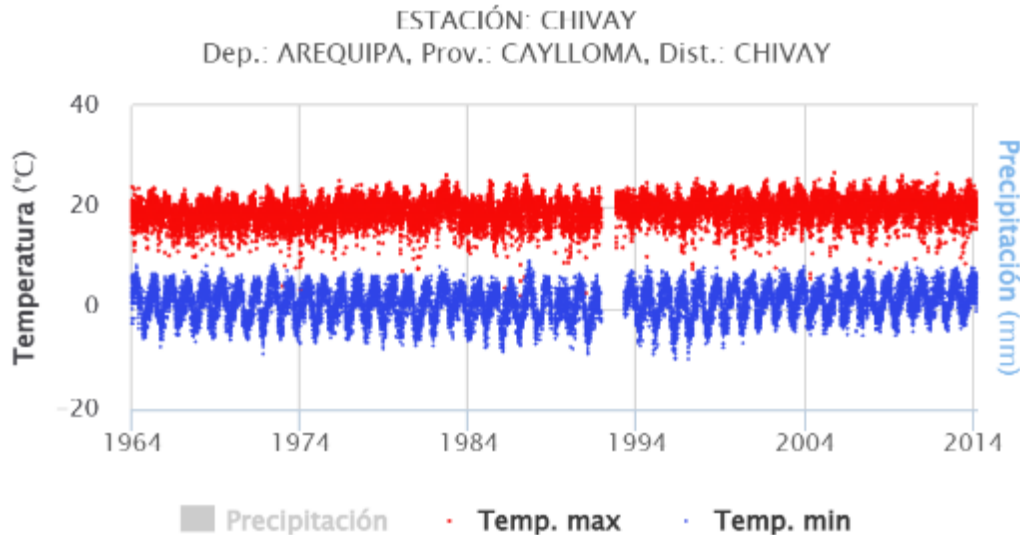


Figura 3. Histograma de temperaturas máximas y mínimas diarias – Estación Chivay, distribuidas a lo largo del periodo 1964 - 2014.

Fuente: Estación meteorológica convencional Chivay - SENAMHI.

Las precipitaciones totales mensuales en milímetros, distribuidas a lo largo del período 1964-2014, según datos pluviométricos de la estación meteorológica convencional Chivay (SENAMHI), tienen una precipitación máxima de hasta 50 mm en enero del año 1976 (Figura 4). Estos datos enfatizan que las lluvias más intensas ocurren entre diciembre y marzo. La Figura 4 permite examinar con qué frecuencia se producen anomalías en las lluvias que provocan la erosión del suelo.

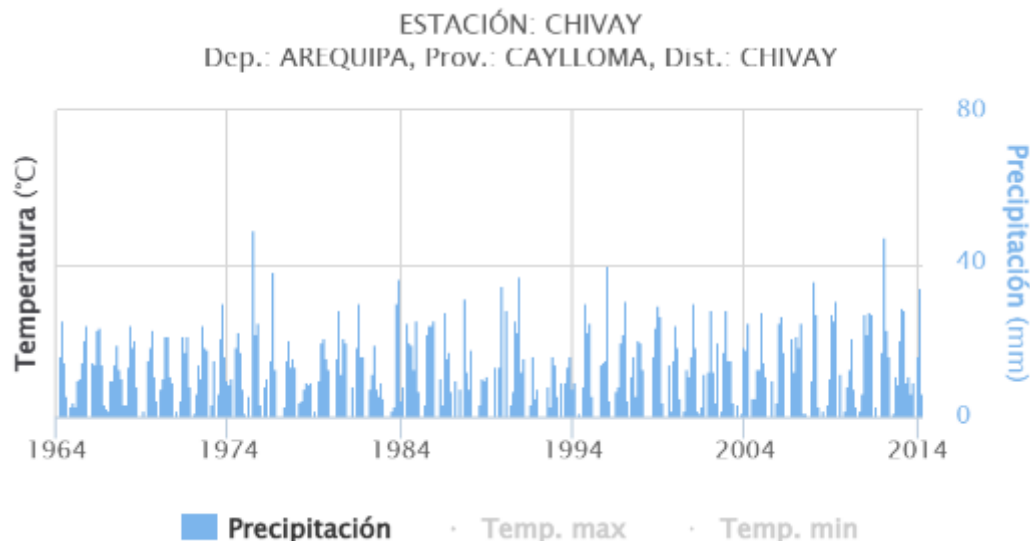


Figura 4. Histograma de precipitaciones totales mensuales en mm, estación Chivay: 1964 – 2014.

Fuente: Estación meteorológica convencional Chivay - SENAMHI.

2. DEFINICIONES

El presente informe técnico está dirigido a entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno, tomadores de decisiones y 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:

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

Arcilla: Suelo para ingeniería con tamaño de partículas menores a 2 micras (0,002 mm) que contienen minerales arcillosos. Las arcillas y suelos arcillosos se caracterizan por presentar cohesión y plasticidad. En este tipo de suelos es muy importante el efecto del agua sobre su comportamiento geomecánico (2) Tamaño de partículas minerales menores a 2 micras (0,002 mm).

Arena: Suelo para ingeniería con tamaño de granos entre 0,075 mm y 4,75 mm y por lo cual son visibles a simple vista. Estos suelos se caracterizan por no presentar plasticidad ni cohesión. Entre las propiedades importantes de estos suelos que influyen en su comportamiento geomecánico, están la distribución granulométrica, la densidad y la forma de los granos.

Avalancha de detritos: Flujo no canalizado de detritos saturados o parcialmente saturados, poco profundo, muy rápido a extremadamente rápido. Estos movimientos comienzan como un deslizamiento superficial de una masa de detritos que al desplazarse sufre una considerable distorsión interna y toma el carácter de tipo flujo. Relacionado con la ausencia de canalización de estos movimientos, está el hecho de que estos movimientos presentan un menor grado de saturación que los flujos de detritos y que no tienen un ordenamiento de la granulometría del material en sentido longitudinal, ni tampoco un frente de material grueso.

Bloques: Con relación a la granulometría de un suelo para propósitos de clasificación se refiere a las partículas de suelo con diámetro medio mayor a 300 mm. Sin embargo, en mecánica de rocas se refiere a la porción de una masa rocosa limitado por discontinuidades, caso en el cual se tienen en cuenta el tamaño y forma de los bloques para describir un macizo rocoso en términos como: masivo, cúbico, tabular, columnar, irregular y triturado (ISRM, 1981).

Cabeza: Parte superior del cuerpo principal de un deslizamiento a lo largo del contacto entre el material desplazado y el escarpe principal.

Caída: Desprendimiento. Tipo de movimiento en masa en el cual uno o varios bloques de suelo o roca se desprenden de la superficie de un talud, sin que a lo largo de esta superficie ocurra desplazamiento cortante apreciable. Una vez desprendido, el material cae desplazándose principalmente por el aire, pero con algunos golpes, rebotes y rodamiento. Dependiendo del material desprendido se habla de una caída de roca, o una caída de suelo.

Confinado: Término empleado para referirse a la distribución de la actividad de un movimiento en masa, en el que este presenta un escarpe, pero no tiene una superficie de falla visible en el pie de la masa desplazada. Hutchinson (1988), sugiere que los desplazamientos en la cabeza dan lugar a una compresión y ligero abultamiento al pie de la masa (WP/WLI, 1993).

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

Coluvial: Forma de terreno no material originado por la acción de la gravedad.

Condicionante: contribuyente, se refiere a todos aquellos factores naturales o antrópicos que condicionan o contribuyen a la inestabilidad de una ladera o talud, pero que no constituyen el evento detonante del movimiento.

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.

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

Detonante: Disparador, desencadenante, gatillante. 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 y la sobrecarga de una ladera.

Erosión: Parte del proceso denudativo de la superficie terrestre que consiste en el 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, glacial, marina y pluvial. Por su aporte, de acuerdo con las formas dejadas en el terreno afectado se clasifica como erosión en surcos, erosión en cárcavas y erosión laminar.

Escarpe: Superficie vertical o semivertical 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: 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 sea deslizamiento o una caída. Estos pueden ser canalizados (flujos de detritos o huaicos) y no canalizados (avalanchas).

Formación geológica: Es una unidad litoestratigráfica formal que define cuerpos de rocas caracterizados por unas propiedades litológicas comunes (composición y estructura) que las diferencian de las adyacentes.

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.

Grava: Grano de un suelo cuyo tamaño o diámetro medio está entre 2,0 mm (o 4,76 mm) a 150 mm.

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.

Latente: Movimiento en masa actualmente inactivo, pero en donde las causas o factores contribuyentes aún permanecen.

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.

Movimientos en masa: Son procesos que incluyen todos aquellos movimientos ladera abajo, de una masa de rocas o suelos por efectos de la gravedad. En el territorio peruano, los tipos más frecuentes corresponden a caídas, deslizamientos, flujos, reptación de suelos, entre otros.

Peligro o amenaza geológica: Es un proceso o fenómeno geológico que podría ocasionar la muerte, lesiones u otros impactos a la salud, al igual que daños a la propiedad, la pérdida de medios de sustento y de servicios, trastornos sociales y económicos, o daños ambientales.

Relicto: Movimiento en masa que claramente ocurrió bajo condiciones geomórficas o climáticas diferentes a las actuales, posiblemente hace miles de años (Cruden y Varnes, 1996).

Suspendido: Movimiento en masa que se desplazó durante el último ciclo anual de las estaciones climáticas, pero que en el momento no presenta movimiento (Varnes, 1978).

Sustrato rocoso: Basamento rocoso. Término empleado para referirse en forma general, a la parte de la corteza terrestre que se encuentra por debajo de los depósitos cuaternarios.

Pie: Parte de un deslizamiento que se mueve más allá del pie de la superficie de falla y cubre la superficie original del terreno

3. ASPECTOS GEOLOGICOS

La geología local, se desarrolló teniendo como base el mapa geológico del cuadrángulo de Chivay, Hoja 32-s, a escala 1:100,000 (KLINCK, B.A. (BGS) & M. Palacios, O., (1985); Actualizado Luis Quispesivana Quispe & Pedro A. Navarro Colque(2001)).

De igual manera, esta información se complementó con trabajos de interpretación de imágenes de satélite, vuelos de dron y observaciones de campo.

3.1. Unidades Litoestratigráficas

Las unidades litoestratigráficas que afloran en el área de estudio corresponden a ambientes continentales, volcánicos y depósitos cuaternarios coluviales y fluviales (Mapa 01 del Anexo 01).

3.1.1. Grupo Yura - Formación Labra (JKi-la)

Aflora en el cauce del río Colca, cerca al poblado de Madrigal, anteriormente cartografiada como Formación Hualhuani, así como también cerca del poblado de Maca. Consiste en areniscas cuarzosas blanquecinas a marrón, que se encuentran intercaladas con finas capas de lutitas. No se han reportado fósiles en el área, pero estos depósitos se extienden desde el Jurásico medio (Bajociano) hasta el Cretáceo inferior (Neocomiano). (KLINCK, B.A. (BGS) & M. Palacios, O., (1985); Actualizado Luis Quispesivana Quispe & Pedro A. Navarro Colque(2001)).

En el sector Peña Blanca, en ambas márgenes del río Colca afloran areniscas cuarzosas pardas con intercalación de lutitas carbonosas (Figura 5), se encuentran ligeramente meteorizadas con estructuras muy fracturadas a medianamente fracturadas, con espaciamientos de 5 cm hasta 1 m.

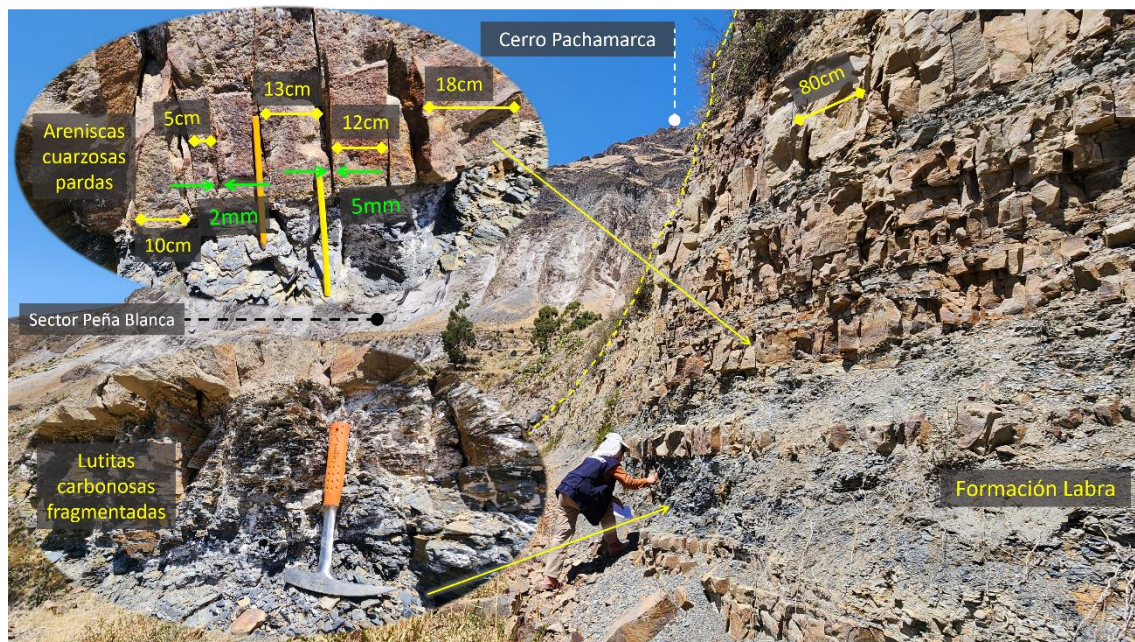


Figura 5. Sustrato rocoso de la Formación Labra, margen izquierda del río Colca.

3.1.2. Complejo Volcánico Mismi

Localizado en la hoja de Caylloma (31-s) y Chivay (32-s). Sus depósitos fueron agrupados en tres eventos: El primer evento (Np-cvm/an1), consiste en flujos de

andesitas porfíricas que se extienden hacia el sur del complejo y sobreyacen a depósitos del Tacaza indiviso. El segundo evento (Np-cvm/an2), se trata de andesitas afíricas vesiculadas que se localizan en la cumbre, no son muy fluidas. El tercer evento (Qpl-cvm/tbk), consiste en tobas de cristales no soldadas, antes denominadas Formación Tuti que se localizan hacia el sur del complejo, rellenando parte del valle del río Colca o quedando como remanentes colgados (túnel de Maca); se tiene una datación radiométrica de $1,1 \pm 0,5$ Ma, método K/ar en roca total. (KLINCK et al., 1986), lo que permite asignar a esta unidad una edad plio–pleistocénica. (KLINCK, B.A. (BGS) & M. Palacios, O., (1985); Actualizado Luis Quispesivana Quispe & Pedro A. Navarro Colque(2001)).

En el sector Peña Blanca aflora el sustrato rocoso del tercer evento y es por eso que se observa intercalaciones de flujos piroclásticos de bloques y ceniza de color grisáceo con flujos piroclásticos de ceniza de color gris blanquecino, ligeramente meteorizadas a poco fracturadas. (Figura 6).

3.1.3. Grupo Tacaza – Formación Pichu

Hacia el sector sureste de la hoja 32-s, el Grupo Tacaza ha sido dividido en dos unidades: Unidad inferior (Nm-tai) que consiste en lavas andesíticas a traquibasálticas que se prolongan hacia el cuadrángulo de Arequipa (33-s). Unidad superior (Nm-tas) que consiste en tobas de bloques intercaladas con aglomerados volcánicos, que también se prolonga hacia el sur. (KLINCK, B.A. (BGS) & M. Palacios, O., (1985); Actualizado Luis Quispesivana Quispe & Pedro A. Navarro Colque(2001)).

En el sector Peña Blanca se observa el sustrato rocoso del miembro inferior de la Formación Pichu, conformado por lavas andesíticas a traquiandesíticas ligera a moderadamente meteorizadas y medianamente a poco fracturadas.



Figura 6. Sustrato rocoso de la Formación Pichu suprayaciendo al complejo volcánico Mismi. Vista margen izquierda del río Colca.

3.1.4. Depósitos glacio-fluviales (Qh-gl-fl)

Los depósitos glacio-fluviales se encuentran a lo largo del río Colca, en ambos márgenes, formando terrazas altas (Figura 7). Litológicamente están conformados por Bloques de hasta 1.6 m (15%), gravas (50%), en matriz conformado por arenas, limos y arcillas en capas subhorizontales. Tienen espesores de 2 m.

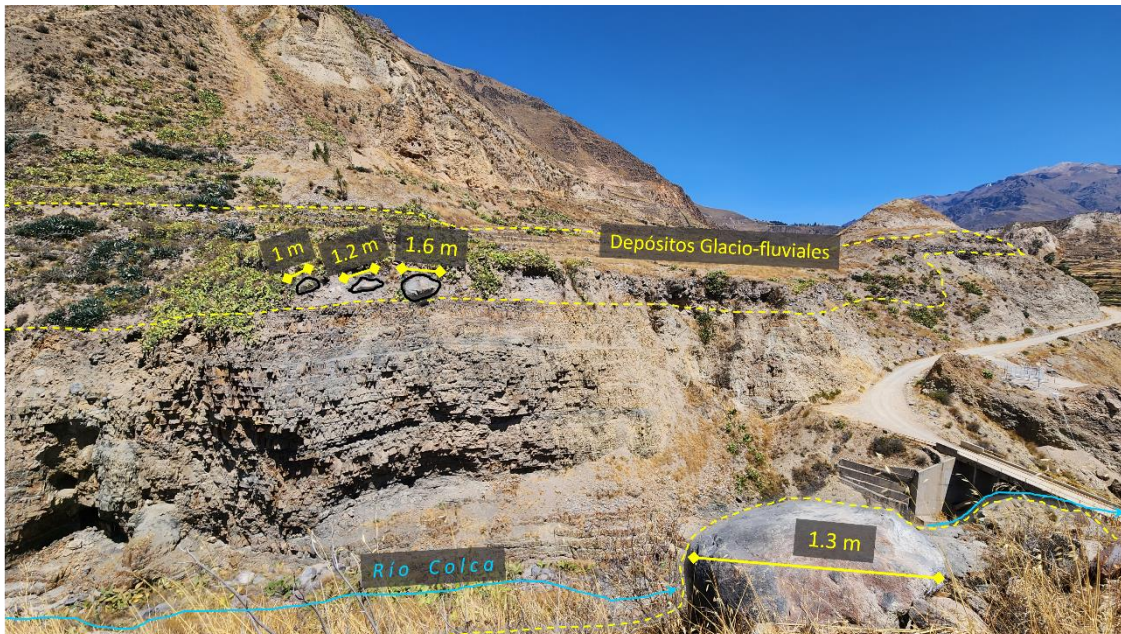


Figura 7. Depósitos Glacio-fluviales con bloques de hasta 1.6 m.

3.1.5. Depósitos coluvio-deluviales (Qh-co-de)

Los depósitos coluvio-deluviales son depósitos sedimentarios que se forman en las laderas de las colinas producto de la erosión a manera de cárcavas. Estos depósitos se componen de material que se ha desplazado por la acción de la gravedad. Los depósitos coluvio-deluviales se caracterizan por su falta de estratificación y su apariencia caótica.

En el sector Peña Blanca estos depósitos se observan en las laderas de colinas del cerro Pachamarca.

3.1.6. Depósitos coluviales (Qh-co)

Estos depósitos en el sector Peña Blanca se encuentran en las laderas y pie del cerro Pachamarca, son producto de caída de rocas, derrumbes y avalancha de detritos. Están compuestos por fragmentos de rocas angulosas conformado por bloques con tamaños máximos de hasta 2.5 m y gravas dentro de una matriz areno limosa (Figura 8). Los elementos de estos depósitos no tienen ninguna selección, tratándose más bien de una mezcla heterogénea de rocas, los cuales van desde bloques (55%), gravas (35%), dentro de una matriz areno limosa (10%). (Figura 8).

También pueden originarse a partir de deslizamientos, estos se observan en ambos márgenes del río Colca.



Figura 8. Depósitos coluviales en el sector Peña Blanca originados por avalancha de detritos, caída de rocas y derrumbes.

3.1.7. Depósitos fluviales (Qh-fl)

Los depósitos fluviales se observan a lo largo del río Colca (Figura 9), conformada por la acumulación de gravas, arenas y limos en capas subhorizontales. Los depósitos fluviales en la zona de estudio se presentan de manera inconsolidada, con presencia de bloques redondeados poligénicos, dentro de una matriz areno-limoso. Están conformados por bloques (40%) con tamaños máximos de hasta 0.6 m, gravas (35%) y matriz areno-limosa (25%).

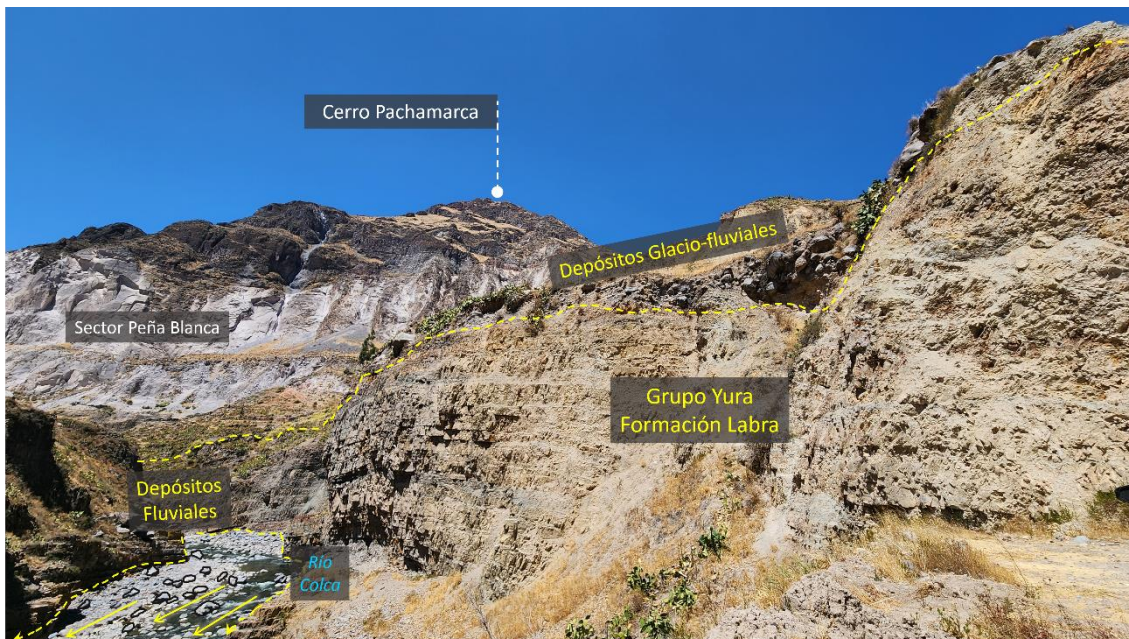


Figura 9. Depósitos fluviales. Vista del río Colca.

3.2. Tectónica

3.2.1. Falla Chachas – Cabanaconde - Patapampa

Se trata de una falla normal activa, Es importante porque es una de las principales fuentes de terremotos en el departamento de Arequipa, se encuentra a 950 m del sector Peña Blanca en dirección sur (Figura 10). Pertenece al Sistema de Falla del valle Colca, con rumbo NO-SE. Cruza el valle y es visible en la meseta volcánica, y en ambos márgenes del río Colca, entre los 4000 y 4800 m s.n.m., desde Patapampa hasta Cabanaconde. (Benavente Escobar et al., 2018).

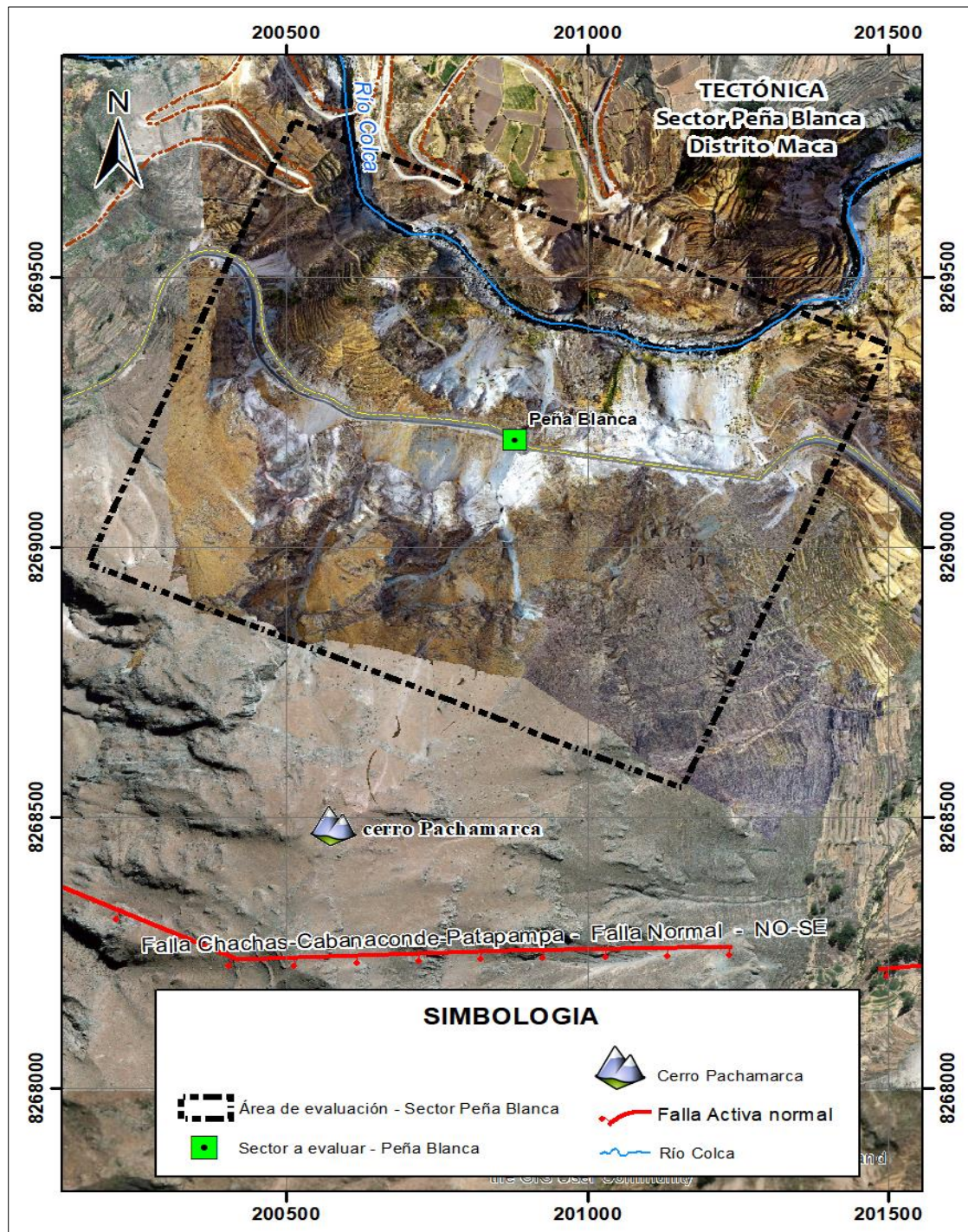


Figura 10. Falla Chachas-Cabanaconde-Patapampa. (Fuente: Neotectónica en la Región Arequipa, INGEMMET. Benavente Escobar et al., 2018).

4. ASPECTOS GEOMORFOLOGICOS

4.1. Pendientes del terreno

La pendiente es un factor importante en la evaluación de procesos de movimientos en masa, ya que determina la cantidad de energía cinética y potencial de una masa inestable (Sánchez, 2002). Esto se debe a que la pendiente es uno de los principales factores dinámicos y particulares de los movimientos en masa. Además, la pendiente es un factor condicionante en la evaluación de procesos de movimientos en masa.

Sector Peña Blanca: En este lugar, las laderas del cerro Pachamarca tienen pendientes mayores a 25° (muy fuertes a escarpados), lo que facilita el escurrimiento superficial del agua de precipitación pluvial y el arrastre del material suelto disponible en sus laderas (Figura 11).



Figura 11. Pendientes del terreno del sector Peña Blanca.

En el Mapa 02 del Anexo 01, se presentan las pendientes del terreno, elaborados en base a información de un modelo de elevación digital (DEM) de 5.0 m de resolución generado a partir de descarga de archivos terrain (teselas de terreno de 14 niveles de resolución espacial) proporcionados desde la plataforma Land Viewer. Además, estos mapas se apoyan en la fotogrametría con Drone, donde se obtuvieron modelos digitales de elevación (DEM) de 49 cm de resolución para el sector Peña Blanca.

Tabla 2. Rango de pendientes del terreno.

Rango	Pendiente
<1°	Llano
1° - 5°	Inclinación suave
5° - 15°	Moderado
15° - 25°	Fuerte

25° - 45°	Muy fuerte
>45°	Muy escarpado

4.2. Unidades Geomorfológicas

Para la caracterización y determinación de unidades geomorfológicas (Mapa 03 del Anexo 01), se consideraron criterios de relieve como el resultado de la interacción de fuerzas, agentes y procesos endógenos (sismicidad y volcanismo) y exógenos (movimientos en masa), factores que controlan el modelado del relieve, factores tectónicos, bioclimáticos (desglaciación, fenómeno El Niño) y volcánicos. (Luque, G.; Pari, W. & Dueñas, K., 2021).

4.2.1. Unidad de Colina

4.2.1.1. Colinas en roca volcánica (RC-rv)

Dentro de esta subunidad, se consideran afloramientos de rocas volcánicas como lavas andesíticas a traquiandesíticas de la Formación Pichu – Grupo Tacaza.

Sus laderas presentan pendientes muy fuertes a abruptas (25° a >45°) y depósitos detríticos producto de la desintegración del macizo rocoso. Son susceptibles a derrumbes y caída de rocas. En la zona urbana presentan ligera a moderada meteorización y son medianamente fracturadas a poco fracturadas. (Figura 12).

4.2.1.2. Colinas en roca sedimentaria (RC-rs)

Se observan en la margen izquierda del río Colca, modelados en rocas sedimentarias de areniscas cuarzosas intercaladas con lutitas carbonosas (Figura 12). Esta geoforma presenta pendientes que varían entre muy fuertes a escarpados (25° a >45°).

4.2.2. Unidad de Ladera Volcánica

4.2.2.1. Superficie de Flujo Piroclástico (LA-Sfp)

Debido a que los flujos de piroclastos se desplazan casi como un líquido, ellos se extienden sobre grandes distancias, llenan hoyos, depresiones y conforman capas de varios metros de espesor. Cuando se detienen y estabilizan, presentan una superficie plana y regular a pesar de que el terreno preexistente haya sido rugoso. La acumulación de flujos piroclásticos sucesivos forma altiplanos de ignimbritas. En el sector esta geoforma se observa en la ladera media del cerro Pachamarca. (Figura 12).

4.2.3. Unidad de Vertiente

4.2.3.1. Vertiente o piedemonte coluvio-deluvial (V-cd)

Se trata de una unidad formada por la acumulación intercalada de materiales de origen coluvial y deluvial, que se encuentran interestratificados y no es posible separar como unidades individuales. Estos materiales se encuentran acumulados al pie de laderas de montañas o acantilados de valles.

Los principales formadores son los procesos erosivos del suelo, la gravedad, lluvias y viento, movimientos sísmicos, derrumbes y caída de rocas.

Se encuentra en las laderas del flanco este del cerro Pachamarca, en los cauces formados por procesos de cárcavas.



Figura 12. Se observan colinas en roca volcánica (RC-rv), Colinas en roca sedimentaria (RC-rs), Superficie de flujo piroclástico (Sfp) y Vertiente coluvio-deluvial (V-cd). Vista hacia el Sur.

4.2.3.2. Vertiente con depósitos de deslizamiento (V-dd)

Este tipo de vertiente se observa en ambas márgenes del río Colca, donde se aprecian procesos de movimientos en masa del tipo deslizamiento rotacional y traslacional. (Figura 13).

4.2.4. Unidad de terraza

4.2.4.1. Terraza alta aluvial (Ta-al)

Son porciones de terreno plano que se encuentran dispuestas a los costados del lecho principal de un río (Figura 13). presenta altura que se encuentran estas terrazas altas aluviales llegan hasta los 140 metros respecto al cauce del río Colca.

4.2.5. Otras geoformas fluviales

4.2.5.1. Cauce del río (CCR)

Es la porción del terreno que es ocupada por el flujo de agua del río Colca. Este cauce tiene una forma meándrica menor a recta (Figuras 12 y 13). El cauce de un río es un elemento dinámico, que está en constante cambio.



Figura 13. Se observan las vertientes con depósitos de deslizamientos, terrazas altas aluviales y el cauce del río Colca. Vista hacia el este.

5. PELIGROS GEOLOGICOS

5.1. Peligros geológicos por movimientos en masa – Sector Peña Blanca

La descripción de los eventos geodinámicos en el sector Peña Blanca del distrito Maca se realizó con base en la información de campo mediante el cartografiado geológico y geodinámico, observación y descripción morfométrica in situ. También se tomaron datos GPS, fotografías a nivel de terreno y levantamiento fotogramétrico con dron, a partir del cual se obtuvo un modelo digital de elevación del terreno (DEM) y un ortomosaico con una resolución de 49cm y 12cm respectivamente. Además, se complementó con el análisis de imágenes satelitales.

El sector se caracteriza por presentar colinas en roca sedimentaria y volcánica de estructuras altamente meteorizadas a ligeramente meteorizadas y medianamente fracturadas a poco fracturadas. Estas características generan peligros como caída de rocas, derrumbes y avalancha de detritos. Esta geodinámica activa afecta las laderas del cerro Pachamarca. (Mapa 04 del Anexo 01).

5.1.1. Caída de rocas

Son frecuentes en las laderas del cerro Pachamarca, porque el sustrato rocoso del Complejo Volcánico Mismi se encuentra ligeramente meteorizadas a poco fracturadas y Formación Pichu (Grupo Tacaza) se encuentra ligera a moderadamente meteorizadas y medianamente a poco fracturadas.

Características que hacen que los fragmentos de rocas se desplacen cuesta abajo. Además, las pendientes muy escarpadas ($>45^\circ$) de los frentes rocosos de este lugar hacen que sea muy susceptible a movimientos en masa de este tipo (Figura 14).

Las alturas desde donde caen las rocas van desde los 15 hasta 70 m (Figura 15). Los bloques que conforman estas caídas de rocas alcanzan dimensiones de hasta 2 m. el

tamaño de los bloques se debe a que el fracturamiento es amplio. La zona de arranque de la caída de rocas tiene una longitud de 1715 m. (Figura 14).

Las caídas de rocas en el sector Peña Blanca, son recientes y antiguas, se les califica de **peligro alto** y constituyen una amenaza permanente a lo largo del tramo vial Arequipa – Cabanaconde.



Figura 14. Se observa la zona de caída de rocas en el sector Peña Blanca. Margen izquierda del río Colca.

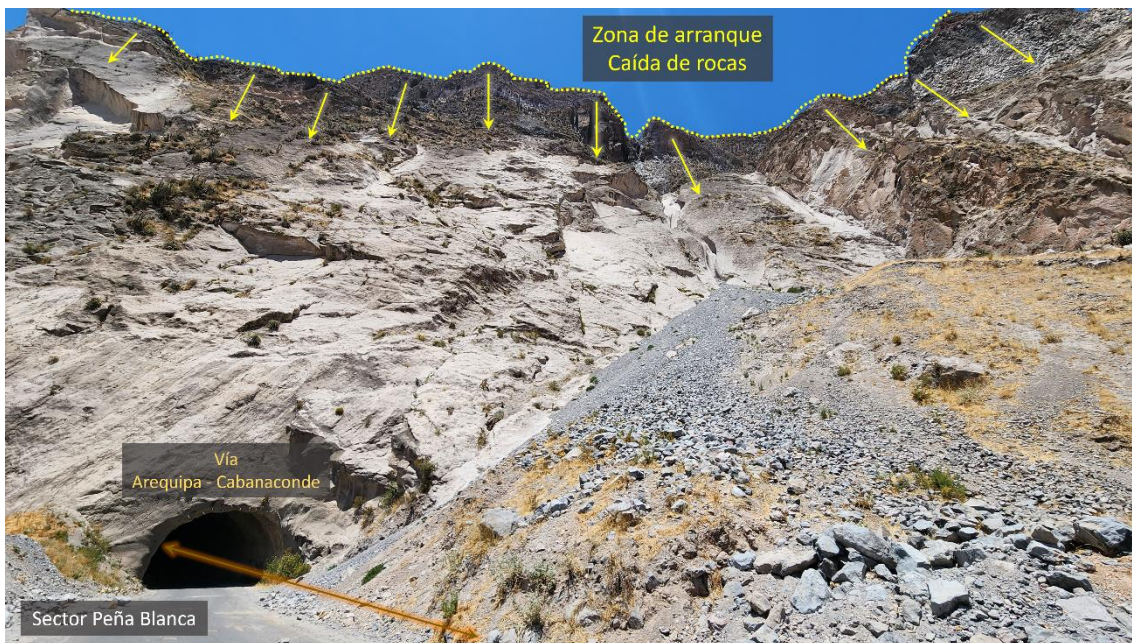


Figura 15. Se observa la zona de caída de rocas en el sector Peña Blanca. Margen izquierda del río Colca.

5.1.2. Derrumbes

En la margen izquierda del río Colca, se observan derrumbes recientes (activos), debido a que las condiciones del suelo son ligeramente meteorizadas y poco fracturadas. Estos

factores, sumados a las pendientes (Figura 16) muy escarpadas ($>80^\circ$) del terreno en este sector, hacen que la zona sea susceptible a movimientos en masa de este tipo.

La vía Arequipa – Cabanaconde corta a media ladera el terreno, que presenta pendientes muy escarpadas, por ello son susceptibles a derrumbes. La zona de arranque presenta una longitud de 1637 m.

Por las condiciones geológicas, geodinámicas y geomorfológicas, se considera de **peligro alto** para el tramo vial Arequipa – Cabanaconde (Anexo 01 – Mapa 04).



Figura 16. Se observa la zona de arranque de los derrumbes en el sector Peña Blanca.

5.1.3. Deslizamiento

En el sector Peña Blanca se observan deslizamientos progresivos de actividad inactivos latentes. Se ubica a la margen izquierda del río Colca, formado en laderas de pendientes fuertes a muy fuertes ($15^\circ - 45^\circ$). (Figura 17).

El cuerpo del deslizamiento está compuesto por fragmentos de rocas angulosas, conformados por bloques (50%), gravas (30%), dentro de una matriz areno limosa (20%). Estas características hacen que este sector sea muy susceptible a los movimientos en masa de este tipo.

Los deslizamientos representan un **peligro medio - alto** en una longitud aproximada de corona de deslizamientos de 419 m.

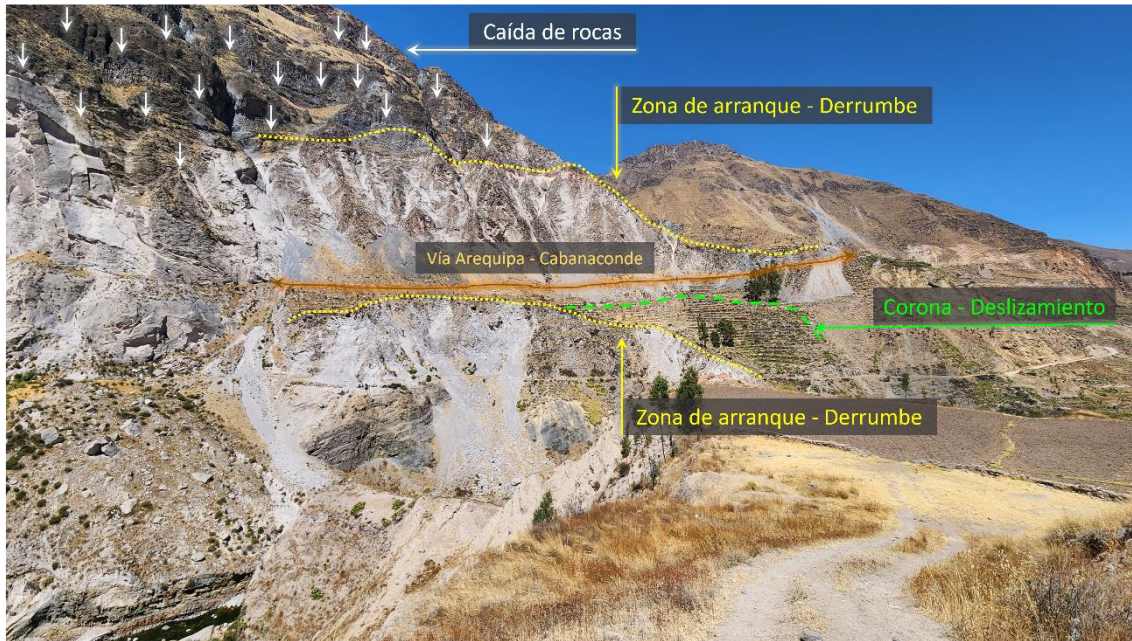


Figura 17. Se muestra el deslizamiento de tipo rotacional inactivo latente en el sector Peña Blanca, margen izquierda del río Colca.

5.1.4. Avalancha de rocas

Este proceso está condicionado por las laderas de pendientes muy fuertes ($>25^\circ$), rocas del sustrato rocoso del Complejo Volcánico Mismi que se encuentran ligeramente meteorizadas a poco fracturadas y Formación Pichu (Grupo Tacaza) están ligeramente a moderadamente meteorizadas y medianamente a poco fracturadas). La avalancha está compuesta por fragmentos de rocas angulosas, bloques con tamaños máximos de hasta 1.2 m, gravas y una escasa matriz areno-limosa.

El tramo vial Arequipa – Cabanaconde, se encuentra afectado por la avalancha de rocas. (Figura 18).

5.1.5. Avalancha de detritos

Este proceso está condicionado por terrenos de pendientes muy fuertes ($>25^\circ$), rocas del sustrato rocoso del Complejo Volcánico Mismi que se encuentran ligeramente meteorizadas a poco fracturadas; y Formación Pichu (Grupo Tacaza) se muestra ligeramente a moderadamente meteorizadas y medianamente a poco fracturadas. La avalancha está compuesta por fragmentos de rocas angulosas, bloques con tamaños máximos de hasta 0.70 m, gravas y una escasa matriz areno-limosa.

El tramo vial Arequipa – Cabanaconde, se encuentra afectado por la avalancha de detritos. (Figura 18 y 19).

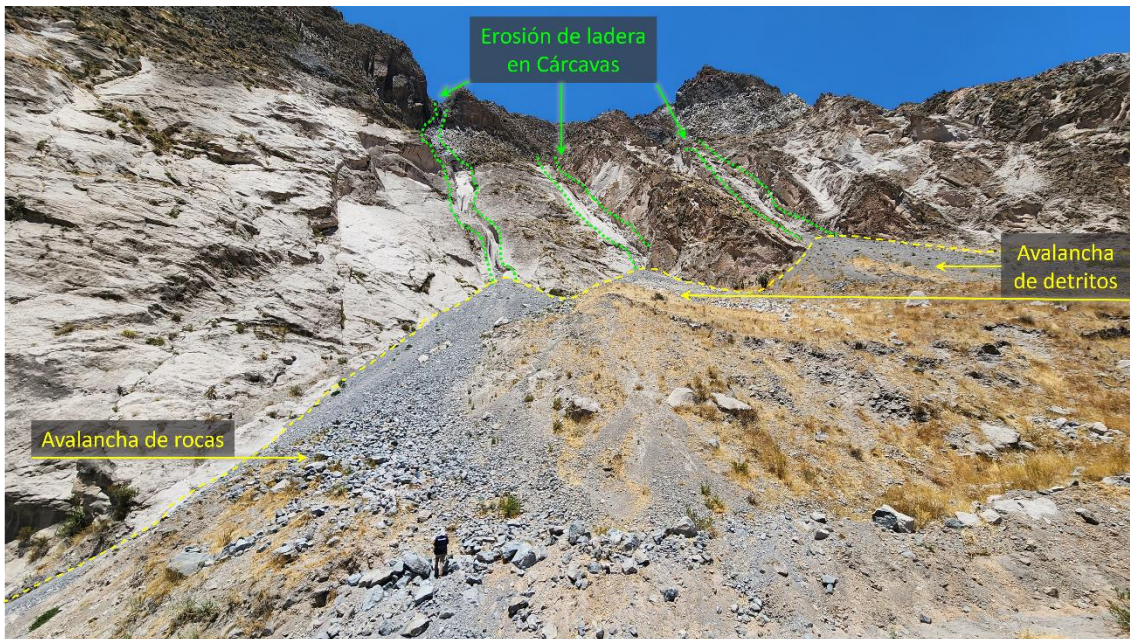


Figura 18. Se observa gravas y bloques de avalancha de detritos y avalancha de rocas en las laderas medias del cerro Pachamarca.

5.2. Otros peligros geológicos - Erosión de laderas (cárcavas)

Este proceso se observa en las laderas del cerro Pachamarca, el terreno presenta pendientes de muy fuertes a escarpadas ($>25^\circ$), lo que hace que la escorrentía pluvial erosione las laderas durante las épocas de precipitaciones pluviales anuales formando cárcavamientos.

Las cárcavas alcanzan longitudes de hasta 260 m, ancho promedio 22 m y profundidad promedio 10 m.

Este peligro geológico mantiene su estado de actividad activo, este tipo de erosión afecta directamente al sustrato rocoso del cerro Pachamarca e indirectamente al tramo vial Arequipa – Cabanaconde, en vista a que sirve de medio para el transporte de material residual laderas abajo, es decir hacia la vía. (Figura 19).

Por las condiciones geológicas, geodinámicas y geomorfológicas se le califica como **peligro alto**.

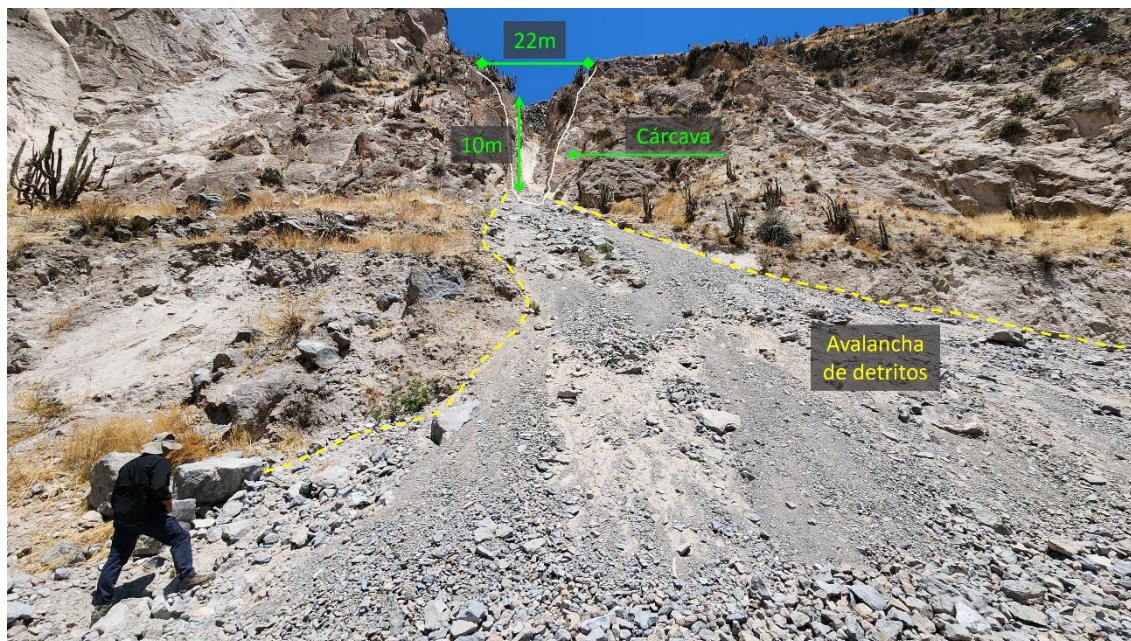


Figura 19. Se observa la cárcava con un ancho de 22 m y profundidad de 10 m en el sector Peña Blanca.

5.3. Factores condicionantes

Las causas principales están relacionados a los siguientes factores:

- Factor: Litología

Presencia de rocas de intercalaciones de flujos piroclásticos de bloques y ceniza de color grisáceo con flujos piroclásticos de ceniza de color gris blanquecino, ligeramente meteorizadas a poco fracturadas. (Figura 6).

También se tienen afloramientos del sustrato rocoso del miembro inferior de la Formación Pichu, conformado por lavas andesíticas a traquiandesíticas ligera a moderadamente meteorizadas y medianamente a poco fracturadas. (Figura 6).

- Factor: Geomorfológico

La montaña presenta laderas de pendientes variables de muy fuertes (25° - 45°) a escarpadas ($>45^{\circ}$). Estas características permiten que el material suelto que se encuentra sobre la ladera discurra fácilmente por efectos de la gravedad y la escorrentía de aguas superficiales. Generando de esta manera caída de rocas, derrumbes y avalanchas de detritos.

5.4. Factores desencadenantes

- Lluvias intensas y/o prolongadas

La precipitación es uno de los factores que desencadenan los movimientos en masa en Peña Blanca. Estas saturan el suelo, lo que reduce su capacidad de soporte y aumenta la susceptibilidad a los movimientos en masa. Además, los movimientos en masa son más frecuentes en las zonas donde la vegetación es escasa, como se puede apreciar las laderas del cerro Pachamarca. Son estas condiciones las que desencadenan el avance de caída de rocas, avalanchas de detritos y rocas en el sector.

- Sismos

Pueden acelerar y movilizar las estructuras internas del suelo, lo que puede desencadenar caídas de rocas, derrumbe, avalancha de detritos y rocas en el sector. Cabe mencionar que el sector evaluado se encuentra cerca a la Falla normal Chachas-Cabanaconde-Patapampa, que controla la neotectónica de la zona.

6. CONCLUSIONES

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

- a) En el sector Peña Blanca afloran flujos piroclásticos de bloques y ceniza, estas se encuentran poco fracturadas. También afloran depósitos coluviales, que están conformados por bloques con tamaños máximos de hasta 2.5 m, gravas, dentro de una matriz areno-limosa. Estos depósitos se caracterizan por estar poco compactos, que permiten la infiltración del agua y que incrementa la inestabilidad del lugar.
- b) Las pendientes del terreno en el sector varían de muy fuerte ($25^\circ - 45^\circ$) a muy escarpado ($> 45^\circ$). Estas características permiten que el material suelto disponible en sus laderas se desplace fácilmente cuesta abajo.
- c) La geomorfología del sector Peña Blanca está conformada por colina en roca volcánica, colina en roca sedimentaria, superficie de flujo piroclástico, vertiente o piedemonte coluvio-deluvial, vertiente con depósitos de deslizamiento, terraza alta aluvial y cauce del río Colca.
- d) Los peligros geológicos encontrados en el sector son caída de rocas, derrumbes, avalancha de rocas, avalancha de detritos, deslizamientos traslacionales y rotacionales, erosión de laderas en cárcavas y flujo de detritos.
- e) Por las condiciones litológicas, geomorfológicas y geodinámicas que presenta el sector de Peña Blanca, se considera de **Peligro Alto**.

7. RECOMENDACIONES

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

- a) Realizar un estudio de Evaluación de Riesgos de Desastres (EVAR) en el tramo vial Arequipa – Cabanaconde en el sector de Peña Blanca, para determinar las medidas correctivas definitivas.
- b) Realizar estudios de mecánica de suelos antes de empezar a implementar obras de prevención y mitigación en la zona.
- c) Instalar mallas de protección y/o barreras dinámicas de protección frente a la caída de rocas, que son medidas de mitigación diseñadas para detener o controlar la caída de rocas a medida que ocurren. Esto debe ser realizado previo estudio de detalle y por un especialista.
- d) Construir muros de contención para mitigar los efectos de los derrumbes y avalancha de detritos. Esta medida debe implementarse previo estudio de detalle y por un especialista.
- e) Reforestar la zona.



Segundo A. Núñez Juárez
Jefe de Proyecto-Act. 11



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

8. BIBLIOGRAFIA

(KLINCK, B.A. (BGS) & M. Palacios, O., (1985). Memoria descriptiva de la revisión y actualización de los Cuadrángulos de Caravelí (32-p), Chuquibamba (32-q), Chivay (32-s), Caylloma (31-s), Velille (30-s), Livitaca (29-s) y Pacapausa (30-p). Actualizado por Luis Quispesivana Quispe & Pedro A. Navarro Colque (2001). Lima, Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico - INGEMMET, Memoria Descriptiva, Hoja 32-s : Carta Geológica Nacional (Escala 1:100 000), 46p. Recuperado de <https://hdl.handle.net/20.500.12544/2052>.

Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007). Movimientos en Masa en la Región Andina: Una guía para la evaluación de amenazas. Publicación Geológica Multinacional, n.4. Santiago: Servicio Nacional de Geología y Minería, 432 p. Recuperado de <https://hdl.handle.net/20.500.12544/2830>

Luque, G.; Pari, W. & Dueñas, K. (2021) - Peligro geológico en la región Arequipa. INGEMMET, Boletín 81, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 300 p., 9 mapas. Recuperado de <https://hdl.handle.net/20.500.12544/3160>.

Benavente, C.; Delgado, G.; García, B.; Aguirre, E.; Audin L. (2017) - Neotectónica, evolución del relieve y peligro sísmico en la Región Arequipa, INGEMMET. Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica N°64, 370 p., 1 mapa. Recuperado de <https://hdl.handle.net/20.500.12544/1223>

Servicio Nacional de Meteorológica e Hidrológica. (2014). Datos/Descarga de datos meteorológicos. SENAMHI. Recuperado de <https://www.senamhi.gob.pe/site/descarga-datos/>

Servicio Nacional de Meteorológica e Hidrológica. (2014). Datos/Descarga hidrometeorológicos a nivel nacional. SENAMHI. Recuperado de <https://www.senamhi.gob.pe/?p=estaciones>

Servicio Nacional de Meteorológica e Hidrológica. (2020). Mapa climático del Perú. SENAMHI. Recuperado de <https://www.senamhi.gob.pe/?p=mapa-climatico-del-peru>

Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI (2017) – Población y vivienda. Censos Nacionales 2017: XII de Población; VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas. Recuperado de <https://www.inei.gob.pe/media/difusion/apps/#p=17>

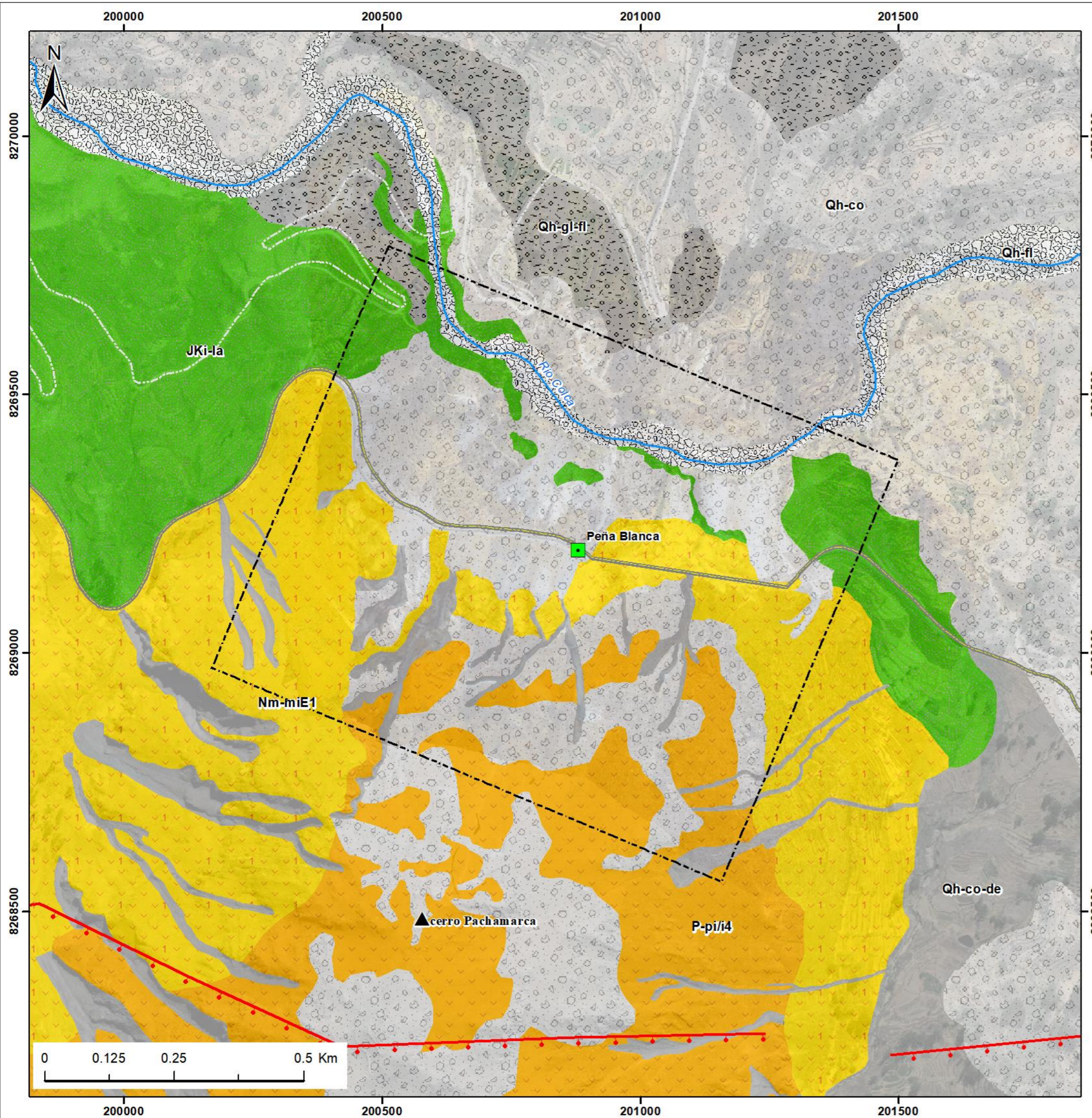
Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI (2017) – Catalogo de servicios y publicaciones 2023. Recuperado de <https://www.inei.gob.pe/media/difusion/apps/#p=17>

Google. (2021). Google Earth [Mapa]. Recuperado de <https://www.google.com/earth/>

ANEXO 01: MAPAS

Se presenta los siguientes mapas:

- Mapa N°1. Geología del sector Peña Blanca del mapa geológico del cuadrángulo de Arequipa (Hojas 32-s).
- Mapa N°2. Pendientes de los terrenos del sector Peña Blanca.
- Mapa N°3. Geomorfología del sector Peña Blanca.
- Mapa N°4. Cartografiado de peligros geológicos del sector Peña Blanca.




SIMBOLOGIA

- Área de evaluación - Sector Peña Blanca
- Sector a evaluar - Peña Blanca
- Río Colca
- Red vial vecinal
- Red vial departamental
- Cerro Pachamarca
- Falla Chachas-Cabanaconde-Patapampa

LEYENDA

Unidades Litoestratigráficas

- Depósito Coluvio-deluvial (Qh-co-de)
- Depósito Coluvial (Qh-co)
- Depósito Glacio-fluvial (Qh-gl-fl)
- Depósito Fluvial (Qh-fl)
- Grupo Tacaza - Formación Pichu (P-pi/i4)
- Centro Volcánico Mismi (Nm-miE1)
- Grupo Yura - Formación Labra (JKi-la)



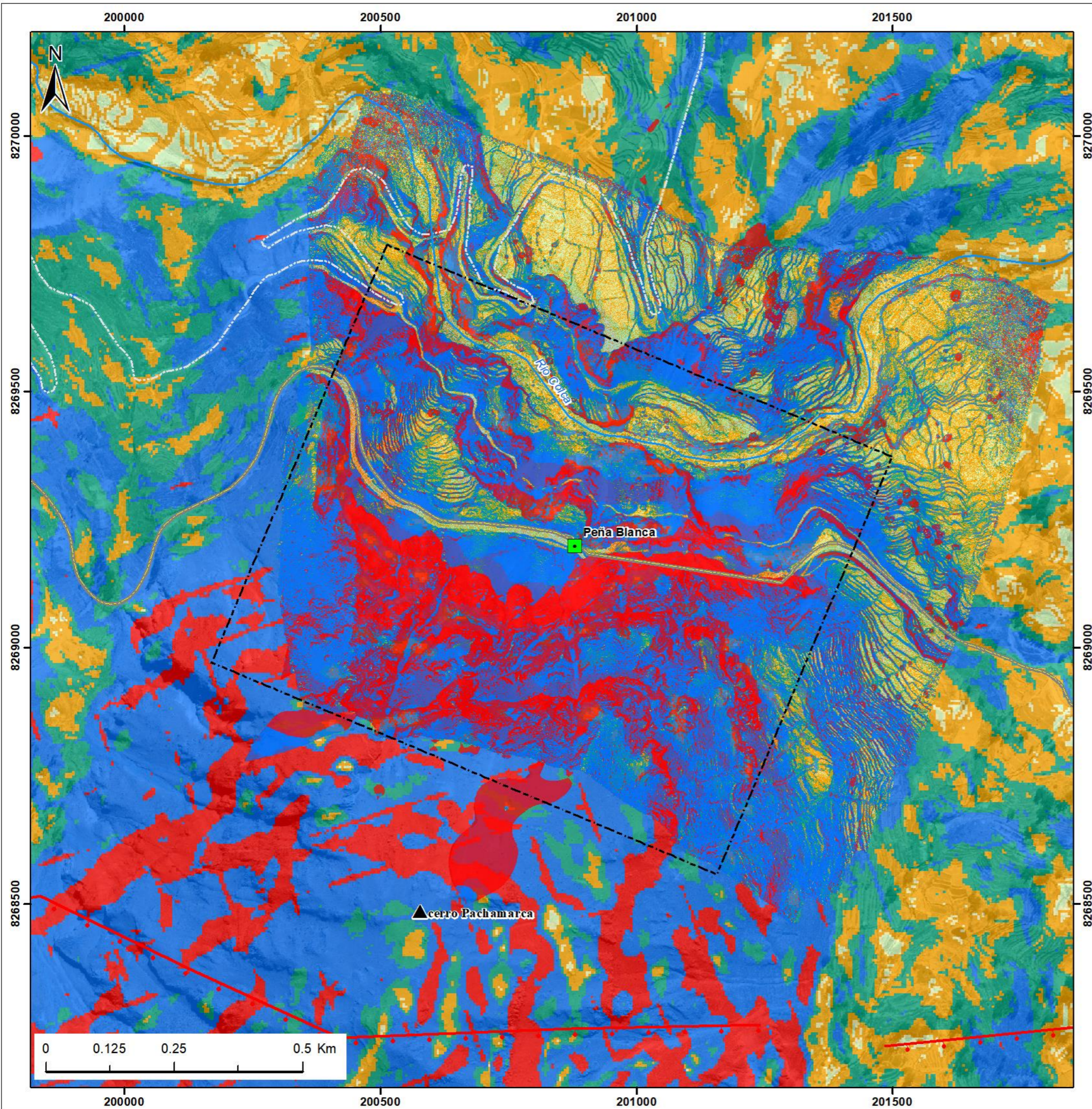
SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Departamento Arequipa
Provincia Caylloma
Distrito Maca

GEOLOGIA DEL SECTOR PEÑA BLANCA

Escala: 1/7,500	Elaborado por: Ccorimanya Bety	MAPA 01
Proyección: UTM Zona 19 Sur	Datum: WGS 84	
Versión digital 2023		



SIMBOLOGIA

- Área de evaluación - Sector Peña Blanca
- Sector a evaluar - Peña Blanca
- Río Colca
- Red vial vecinal
- Red vial departamental
- ▲ Cerro Pachamarca
- Falla Chachas-Cabanaconde-Patapampa

LEYENDA

Pendientes (Grados)

	0° - 1°, Llano
	1° - 5°, Inclinación suave
	5° - 15°, Moderado
	15° - 25°, Fuerte
	25° - 45°, Muy fuerte
	> 45°, Escarpado

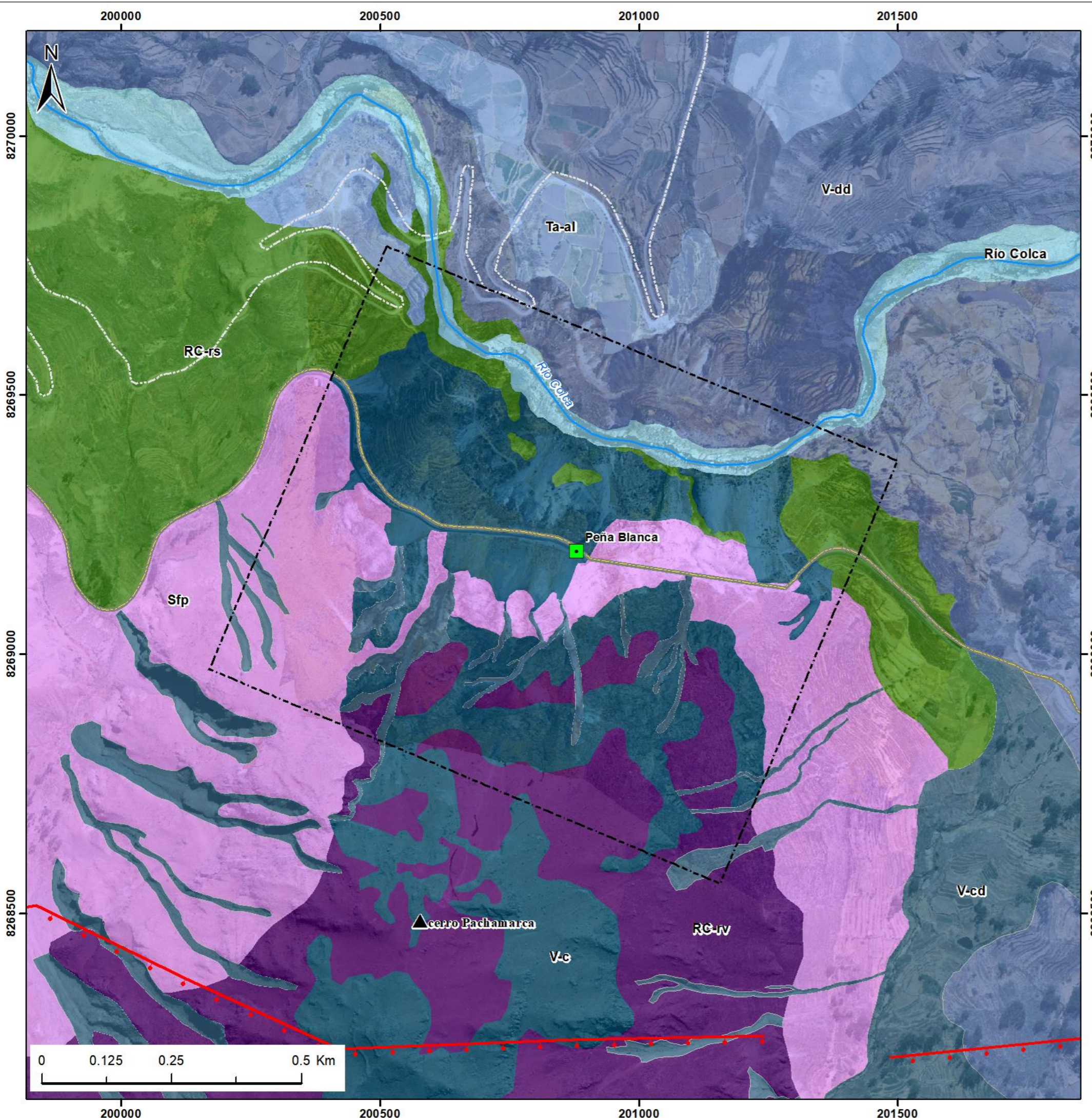
SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Departamento Arequipa
Provincia Caylloma
Distrito Maca

PENDIENTES DEL TERRENO DEL SECTOR PEÑA BLANCA

Escala: 1/7,500	Elaborado por: Ccorimanya Bety	MAPA 02
Proyección: UTM Zona 19 Sur	Datum: WGS 84	
Versión digital 2023		




SIMBOLOGIA

- Área de evaluación - Sector Peña Blanca
- Sector a evaluar - Peña Blanca
- Río Colca
- - - Red vial vecinal
- Red vial departamental
- ▲ Cerro Pachamarca
- · - Falla Chachas-Cabanaconde-Patapampa

LEYENDA

Unidades Geomorfológicas

- RC-rv, Colinas en roca volcánica
- RC-rs, Colinas en roca sedimentaria
- Sfp, Superficie de flujo piroclástico
- V-c, Vertiente coluvial
- V-cd, Vertiente coluvio-deluvial
- V-dd, Vertiente con depósito de deslizamiento
- Ta-al, Terraza alta aluvial
- Cauce del río, Río Colca



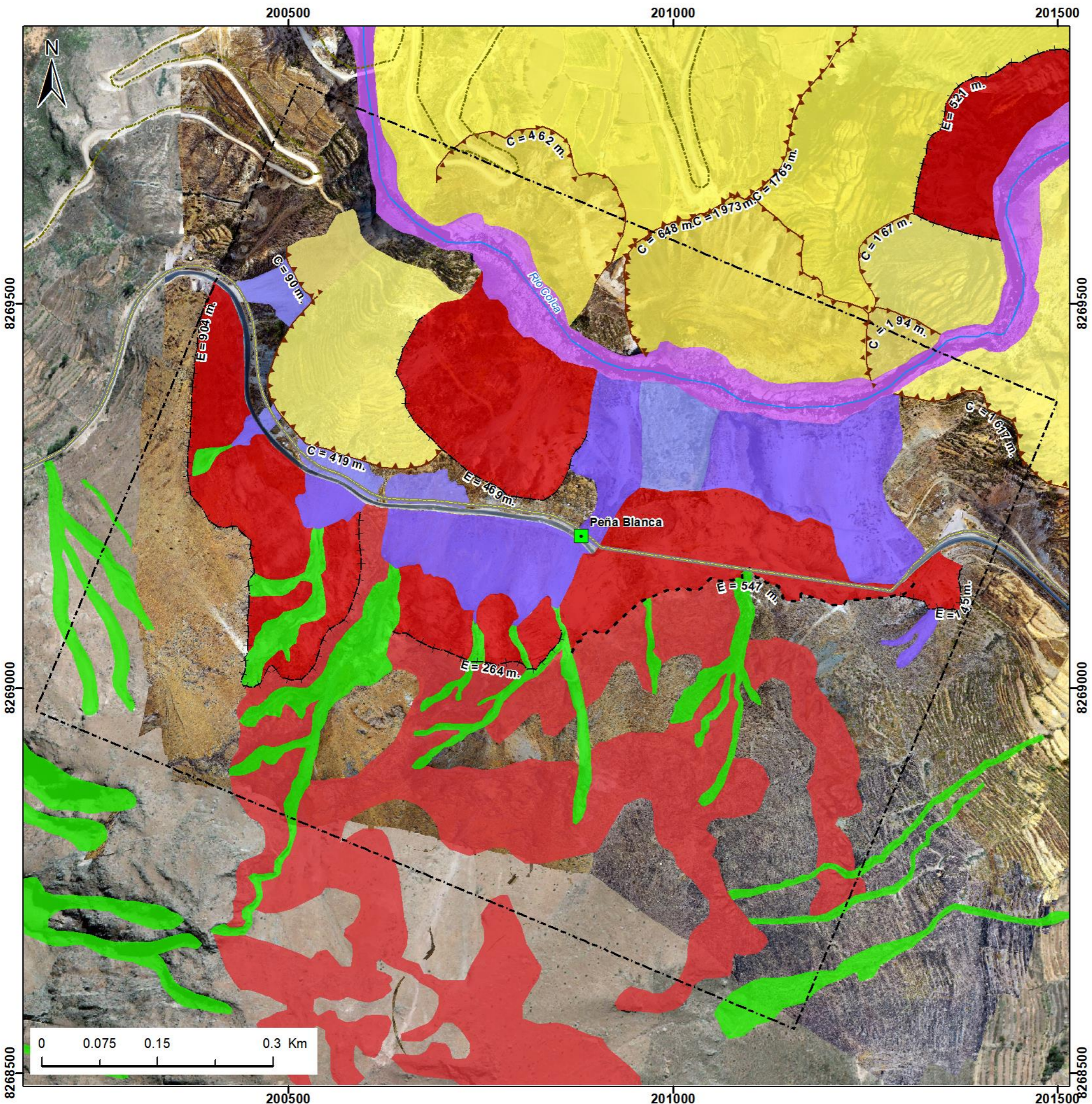
SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Departamento Arequipa
 Provincia Caylloma
 Distrito Maca

GEOMORFOLOGIA DEL SECTOR PEÑA BLANCA

Escala: 1/7,500	Elaborado por: Ccorimanya Bety	MAPA 03
Proyección: UTM Zona 19 Sur	Datum: WGS 84	
Versión digital 2023		



SIMBOLOGIA

- Área de evaluación - Sector Peña Blanca
- Sector a evaluar - Peña Blanca
- Río Colca
- Red vial vecinal
- Red vial departamental

Características

- Escarpe de caída de rocas
- Escarpe de derrumbe
- Corona de deslizamiento

LEYENDA

Peligros Geológicos

- Caída de rocas, Reciente 1
- Caída de rocas, Reciente 2
- Derrumbe
- Deslizamiento traslacional, Reciente 1
- Deslizamiento traslacional, Reciente 2
- Deslizamiento traslacional, Antiguo
- Deslizamiento rotacional, Reciente
- Deslizamiento rotacional, Antiguo
- Flujo de detritos, Reciente
- Flujo de detritos, Antiguo
- Avalancha de rocas, Reciente
- Avalancha de rocas, Antiguo 1
- Avalancha de rocas, Antiguo 2
- Avalancha de detritos, Reciente
- Avalancha de detritos, Antiguo
- Erosión en cárcava



DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Departamento Arequipa
Provincia Caylloma
Distrito Maca

CARTOGRAFIADO DE PELIGROS DEL SECTOR PEÑA BLANCA

Escala: 1/5,000 Elaborado por: Ccorimanya Bety

Proyección: UTM Zona 19 Sur Datum: WGS 84

Versión digital 2023

MAPA
04

ANEXO 02: MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN

a) Mitigación de peligros geológicos – Sector Peña Blanca

Para disminuir los daños por Caída de rocas, Derrumbes y Avalancha de detritos, son necesarios aplicar las siguientes medidas:

- Instalar barreras dinámicas de protección frente a la caída de rocas que son un grupo de medidas de mitigación diseñadas para detener o controlar la caída de rocas a medida que ocurren. Por lo general, se construyen con postes de acero y una red flexible soportada por un cable metálico.
- Instalar mallas de protección y control de caída de rocas. Se trata de mallas de alambre de acero muy flexibles y con una resistencia a la tracción mínima, estas pueden anclarse y revestir el macizo rocoso.
- Construir muros de contención para mitigar los efectos de los derrumbes y avalancha de detritos.

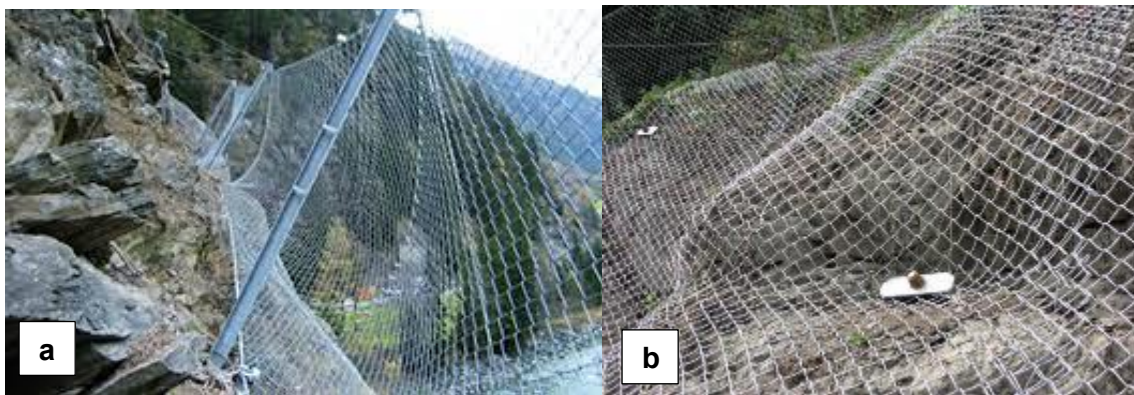


Figura 20. Ejemplo de barreras dinámicas de protección (a) y mallas de protección (b) frente a la caída de rocas.



Figura 21. Ejemplo de muros de contención para los derrumbes y sujeción de la avalancha de detritos.