

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7314

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL CERRO CACHIPUQUIO DEL SECTOR HUANUNCA

Departamento Áncash
Provincia Carhuaz
Distrito Marcará



NOVIEMBRE
2022

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL CERRO CACHIPUQUIO DEL SECTOR HUANUNCA

(Distrito Marcará, provincia Carhuaz, departamento Ancash)

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

Equipo de investigación:

Norma Luz Sosa Senticala

Mauricio Antonio Núñez Peredo

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2022). "Evaluación de peligros geológicos en el cerro Cachipuquio del sector Huanunca". Distrito Marcará, provincia Carhuaz, departamento Ancash, informe técnico N°A7314, Ingemmet.52 p.

ÍNDICE

RESUMEN	1
DEFINICIONES	2
1. INTRODUCCIÓN	4
1.1. Objetivos del estudio	4
1.2. Antecedentes y trabajos anteriores	5
1.3. Aspectos generales	6
3.2.1. Ubicación	6
1.3.1. Población	8
1.3.1. Accesibilidad	8
1.3.2. Clima	8
1.3.3. Zonificación sísmica	9
2. ASPECTOS GEOLÓGICOS	10
2.1. Unidades litoestratigráficas	11
2.1.1. Formación Carhuaz (Ki-ca)	11
2.1.2. Depósitos cuaternarios	12
3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	14
3.1. Pendientes del terreno	14
3.2. Unidades geomorfológicas	16
3.1.1. Subunidad de montañas en rocas sedimentarias (RM-rs):	17
3.1.2. Subunidad de vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd):	18
3.1.5. Subunidad Terraza aluvial (T-al)	21
3.1.6. Depósito antrópico (Dan)	22
4. PELIGROS GEOLÓGICOS	22
4.1. Peligros geológicos por movimientos en masa	22
4.2. Reactivación del deslizamiento en el cerro Cachipuquio del sector Huanunca	
23	
4.2.1. Características visuales del evento	25
4.2.2. Factores condicionantes	32
4.2.3. Factores detonantes o desencadenantes	32
4.2.4. Factores antrópicos	32
4.2.5. Daños por peligros geológicos	32
5. CONCLUSIONES	35
6. RECOMENDACIONES	36
7. BIBLIOGRAFÍA	37
ANEXO 1: MAPAS	38
ANEXO 2: MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN	43
ANEXO 3: FORMATO DE DESCRIPCIÓN DE SUELOS SUPERFICIALES	49

RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa, realizado en el cerro Cachipuquio del sector Huanunca, perteneciente a la jurisdicción distrital de Marcará, provincia Carhuaz, departamento Ancash. Con este trabajo, el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – Ingemmet, cumple con una de sus funciones que consiste en brindar asistencia técnica en peligros geológicos para los tres niveles de gobierno.

Según registro de INDECI y de los mismos pobladores de la zona, el 17 de marzo del 2022 se reactiva el deslizamiento rotacional en el cerro Cachipuquio del sector de Huanunca, situado a 2.5 km. de la municipalidad distrital de Marcará, presentando una escarpa con dirección al noroeste, de dimensiones 216 m de longitud, y desnivel entre la escarpa y pie de hasta 566 m.

En el área afloran areniscas de la Formación Carhuaz, que se presentan medianamente fracturadas, con espaciamentos regulares entre sus fracturas de (1.0 - 0.30 m), y moderadamente meteorizadas; así como areniscas intercaladas con lutitas de coloración gris muy fracturadas, con espaciamiento regular entre fracturas (1.0 a 0.30 m), moderadamente meteorizadas, de la formación Santa.

Las geoformas identificadas corresponden a montañas en rocas sedimentarias y de piedemonte (vertiente de deslizamiento, coluvio-deluvial y aluvial). Las laderas de montañas presentan pendientes que van de moderada a muy escarpada (15° a 45°); mientras que las terrazas aluviales ubicadas en ambos márgenes del río Vico tienen pendientes que van de llano a moderados (0° a 15°).

Los factores condicionantes del deslizamiento son: substrato rocoso muy fracturado y moderadamente meteorizado; presencia de suelos inconsolidados de fácil erosión y remoción; y laderas con pendiente fuertes. También inciden los factores antrópicos como tuberías con fuga de agua que provocan emanaciones de aguas subterráneas, que saturan los suelos e inestabilizan las laderas.

Como factor detonante, se tienen a la ocurrencia de lluvias intensas y/o prolongadas de aproximadamente 22.6 mm por día.

Por las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas, el cerro Cachipuquio del sector Huanunca, se considera como **Zona Crítica** y de **Peligro Alto** a la ocurrencia de deslizamientos, derrumbes y erosión de ladera (cárcava), sujetos a desencadenarse con lluvias intensas periódicas y/o excepcionales, que ponen en peligro e impactan vías de acceso y áreas de cultivo.

Finalmente, se indica algunas recomendaciones a fin de que las autoridades competentes pongan en práctica, como: drenar los manantes localizados en el cuerpo del deslizamiento, evaluar la factibilidad de reubicación de las viviendas próximas al deslizamiento, así como realizar un estudio geotécnico e implementar un Sistema de Alerta Temprana (SAT) para monitorear el deslizamiento, entre otros.

DEFINICIONES

En las siguientes líneas se brinda una definición de los términos más importantes utilizados en el presente informe, (Proyecto Multinacional Andino - Movimientos en Masa GEMMA, del PMA: GCA):

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.

Aluvial: Genesis de la forma de un terreno o depósito de material debida a la acción de las corrientes naturales de agua.

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

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.

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.

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

FORMACIÓN GEOLÓGICA. Es una unidad litoestratigráfica formal que defino 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.

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).

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). Al grupo de endógenos pertenecen los terremotos, tsunamis, actividad y emisiones volcánicas; en los exógenos se agrupan los movimientos en masa (deslizamientos, aludes, desprendimientos de rocas, derrumbes, avalanchas, aluviones, huaicos, flujos de lodo, hundimientos, entre otros), erosión e inundaciones.

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.

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.

1. INTRODUCCIÓN

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

Atendiendo la solicitud de la Municipalidad Distrital de Marcará, según Oficio N°060-2022-MDM/A; es en el marco de nuestras competencias que se realiza la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa en el cerro Cachipuquio del sector Huanunca.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designó a los Ingenieros Norma Sosa Senticala y Mauricio Núñez Peredo, para realizar la evaluación de peligros geológicos respectiva, en el sector previamente mencionado, la cual se realizó el día 16 de junio del presente año, en coordinación con el personal de gestión de riesgo de desastre de la municipalidad de Marcará.

La evaluación técnica se basa en la recopilación y análisis de información existente de trabajos anteriores realizados por Ingemmet, los datos obtenidos durante el trabajo de campo (puntos de control GPS, fotografías terrestres y aéreas), el cartografiado geológico y geodinámico, con lo que finalmente se realizó la redacción del informe técnico.

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

1.1. Objetivos del estudio

El presente trabajo tiene como objetivos:

- a) Evaluar, caracterizar los peligros geológicos por movimientos en masa que ocurren en el cerro Cachipuquio del sector Huanunca.
- b) Determinar los factores condicionantes y desencadenantes de la ocurrencia de peligros geológicos.
- c) Proponer medidas de prevención, reducción y mitigación ante peligros geológicos evaluados en la etapa de campo.

1.2. Antecedentes y trabajos anteriores

Existen trabajos previos y publicaciones del Ingemmet, que incluyen sectores aledaños a las zonas de evaluación (informes técnicos) y otros estudios regionales relacionados a temas de geología y geodinámica externa (boletines), de los cuales destacan los siguientes:

- A) Boletín N° 38, Serie C, Geodinámica e Ingeniería Geológica: “Riesgos Geológicos en la región Ancash” (Zavala *et al.*, 2009). En el, se contiene el inventario de peligros geológicos en la región Ancash, en el cual se registró un total de 2129 ocurrencias.

Así mismo, el presente boletín muestra el mapa regional de susceptibilidad por movimientos en masa, a escala 1:500 000, donde el cerro Cachipuquio del sector Huanunca se localiza en zonas de susceptibilidad de Alta a Muy Alta, (figura 1). Entendiéndose, la susceptibilidad a movimientos en masa, como la propensión que tiene una determinada zona a ser afectada por un determinado proceso geológico (movimiento en masa), expresado en grados cualitativos y relativos.

- B) Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Carhuaz (19-h), (De La Cruz & Chacaltana, 2003). Este estudio es el resultado obtenido de la actualización del cuadrángulo de Carhuaz, a escala 1:100 000, realizado dentro del programa de Revisión y Actualización de la Carta Geológica Nacional. Contempla la descripción detallada de las unidades litoestratigráficas aflorantes en el área de estudio, que corresponden a areniscas, areniscas cuarzosas en capas delgadas con arcillitas de la Formación Carhuaz.
- C) Boletín N° 60, Serie A, Carta Geológica Nacional: “Geología de los cuadrángulos de Pallasca, Tayabamba, Corongo, Pomabamba, Carhuaz y Huari” (1995). En este boletín se muestran las unidades litoestratigráficas identificadas en la zona de estudio y alrededores que corresponden principalmente a rocas sedimentarias de la Formación Carhuaz.
- D) Boletín N°16, Serie B, Prospección Geoquímica Regional en las Subcuencas de la Vertiente del Pacífico Paralelos 9°00´ a 10°00´- Ingemmet, Geología Económica, 108°. (Chira, J., et al, 2006), en la página 8 de este boletín describen que la zona de estudio consiste en una secuencia de lutitas de estratificación delgada, intercaladas con areniscas grises a verdes, ocurriendo ligeras variaciones. En los cuadrángulos de Carhuaz y Huari, se caracteriza por aproximadamente 500 m de areniscas y arcillitas que suprayacen en discordancia a la Formación Santa.

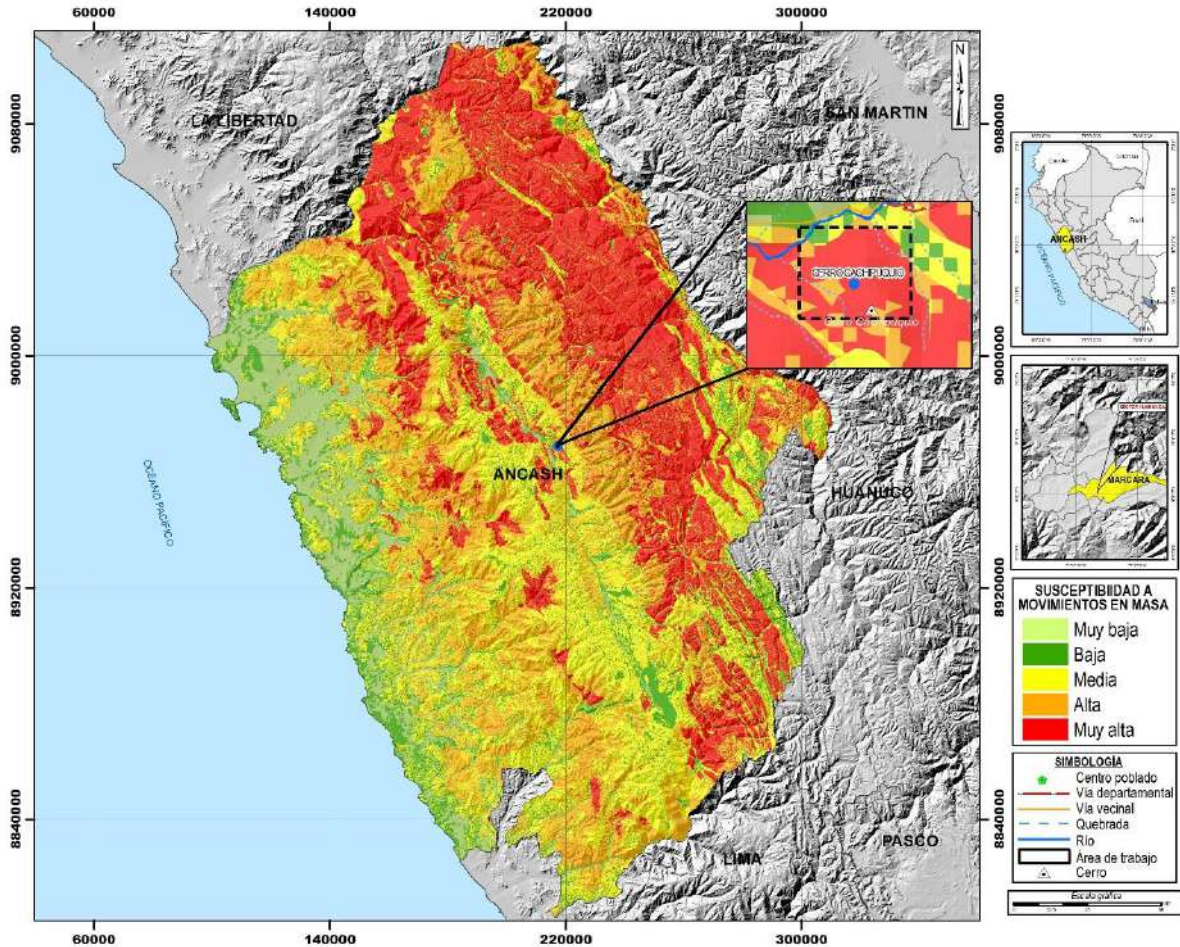


Figura 1: Susceptibilidad por movimientos en masa en el cerro Cachipuquio del sector Huanunca y alrededores. **Fuente:** Zavala et al., 2009.

1.3. Aspectos generales

3.2.1. Ubicación

El cerro Cachipuquio del sector Huanunca, políticamente pertenece a la jurisdicción distrital de Marcará, provincia de Carhuaz, departamento de Ancash, (figura 2).

Cuenta con las siguientes coordenadas UTM (WGS84 – Zona 18S):

Cuadro 1. Coordenadas del área de estudio.

N°	UTM - WGS84 - Zona 18L		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	215945.00	8968506.00	9°19'19.31"S	77°35'8.99"O
2	216927.00	8968558.00	9°19'17.85"S	77°34'36.81"O
3	217140.00	8967736.00	9°19'44.64"S	77°34'30.03"O
4	216145.00	8967665.00	9°19'46.71"S	77°35'2.64"O
COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL				
C	216491.00	8968010.00	9°19'35.57"S	77°34'51.22"O

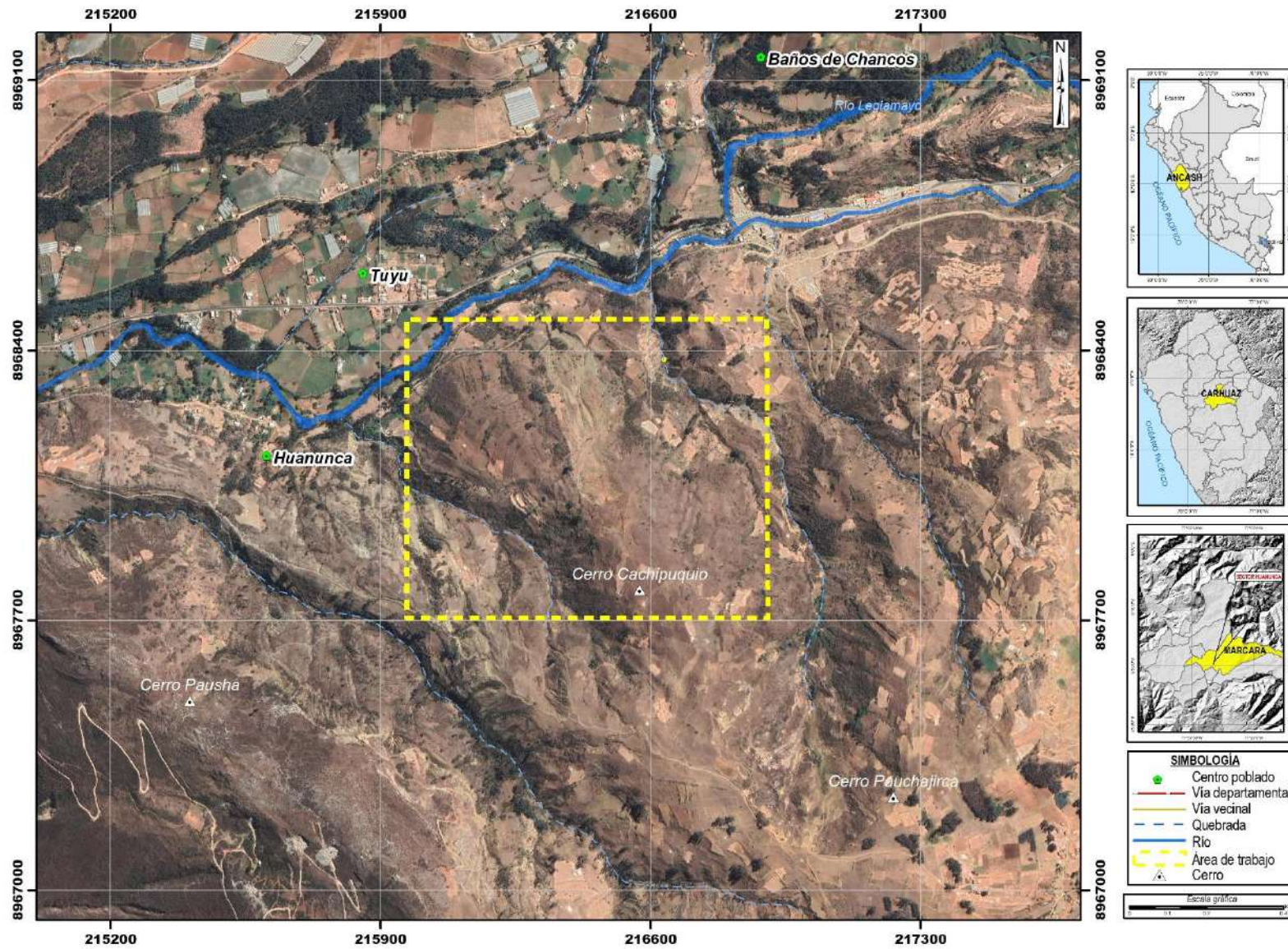


Figura 2: Ubicación del cerro Cachipuquio sector Huanunca y alrededores.

1.3.1. Población

Según el Censo Nacional 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas, el sector Huanunca presenta un total de 45 personas censadas y un total de (21) viviendas; de las cuales 03 se encuentran desocupadas; como consecuencia de la migración de población rural hacia la capital del distrito (Marcará) en busca de mejores condiciones de vida.

1.3.1. Accesibilidad

El acceso se realizó por vía terrestre desde la sede la ciudad de Lima, hasta el área de estudio mediante la siguiente ruta, (cuadro 2):

Cuadro 2. Ruta de acceso.

Ruta	Tipo de vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Lima – Barranca	Asfaltada	208	3 horas 30 min
Barranca - Huaraz	Asfaltada	217	4 horas 30 min
Huaraz - Marcará	Asfaltada	26	40 min
Marcará – Sector Huanunca (cerro Cachipuquio)	Asfaltada - trocha	6	10 min

1.3.2. Clima

Según la clasificación climática de Thornthwaite (SENAMHI, 2020), en el distrito de Carhuaz, este es muy variado, caracterizado especialmente por tener un clima templado y seco en el día y tomándose frío en las noches.

Localmente, de acuerdo con la clasificación, el sector Huanunca y alrededores está influenciado por un clima semicálido-semiseco, caracterizado por una deficiencia de lluvias en otoño, invierno y primavera, con humedad relativa de 65% a 84% calificada como húmeda.

En cuanto a la cantidad de lluvia, según datos meteorológicos y pronóstico del tiempo del servicio de aWhere (que analiza los datos de 2 millones de estaciones meteorológicas virtuales en todo el mundo, combinándolos con datos raster y de satélite), la precipitación máxima registrada en el periodo 2017-2021 fue de 22.6 mm, (figura 3). Cabe recalcar que las lluvias son de carácter estacional, es decir, se distribuyen muy irregularmente a lo largo del año, produciéndose generalmente de diciembre a marzo.

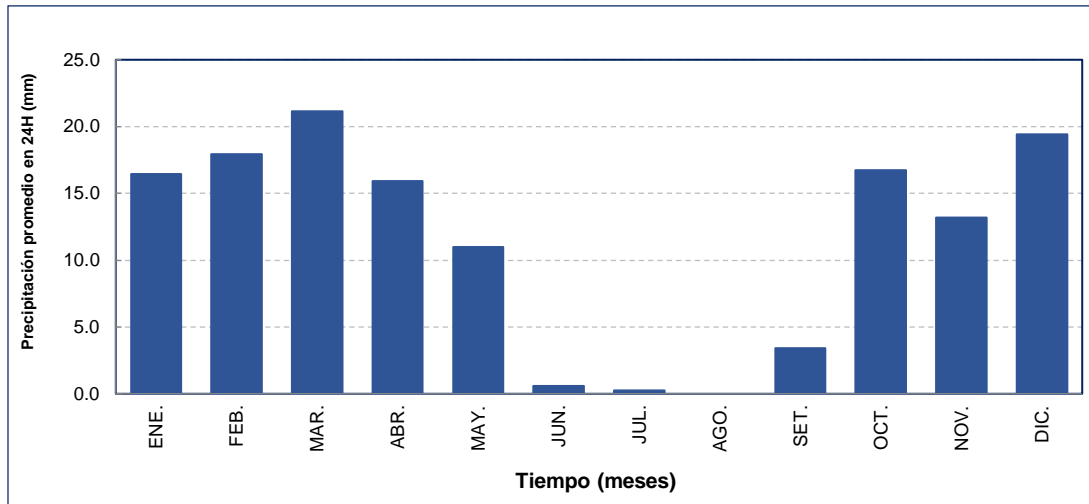


Figura 3. Precipitación promedio anual (periodo 2017-2021), distribuidas a lo largo del año para la estación Yungay. **Fuente:** SENAMHI

La temperatura anual oscila entre un máximo de 22° C en verano y un mínimo de 8° C en invierno (figura 4).

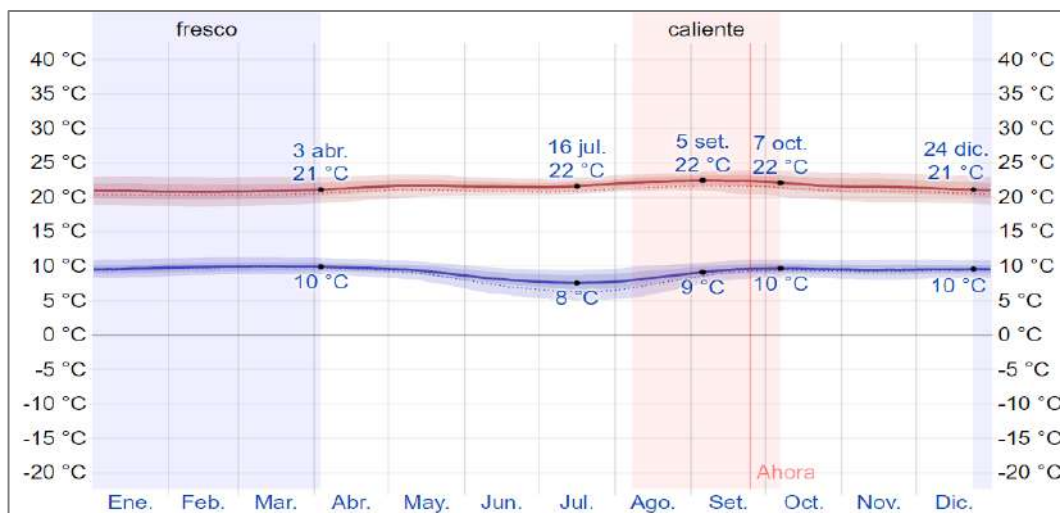


Figura 4. Temperaturas máximas (línea roja) y mínimas diarias (línea azul), promedio diario, para el distrito de Carhuaz. **Fuente:** Weather Spark, 2021.

1.3.3. Zonificación sísmica

El territorio nacional se divide en cuatro zonas, como se muestra en la figura 5, basada en la distribución espacial de la sismicidad observada, las características generales de los movimientos sísmicos y atenuación de estos con la distancia epicentral, así como la información neotectónica. A cada zona se asigna un factor Z según se indica en el cuadro 3; cuyo factor se interpreta como la aceleración máxima horizontal en suelo rígido con una probabilidad de 10% de ser excedida en 50 años. El factor Z se expresa como una fracción de la aceleración de la gravedad (DS No. 003-2016-VIVIENDA).

Según dicho mapa, el área de estudio se ubica en la Zona 3 (sismicidad Alta), localizada desde la línea de costa hasta el margen occidental de la Cordillera de los Andes, determinándose aceleraciones de 0.35 g.

Cuadro 3. Factores de zona Z.

Zona	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.10

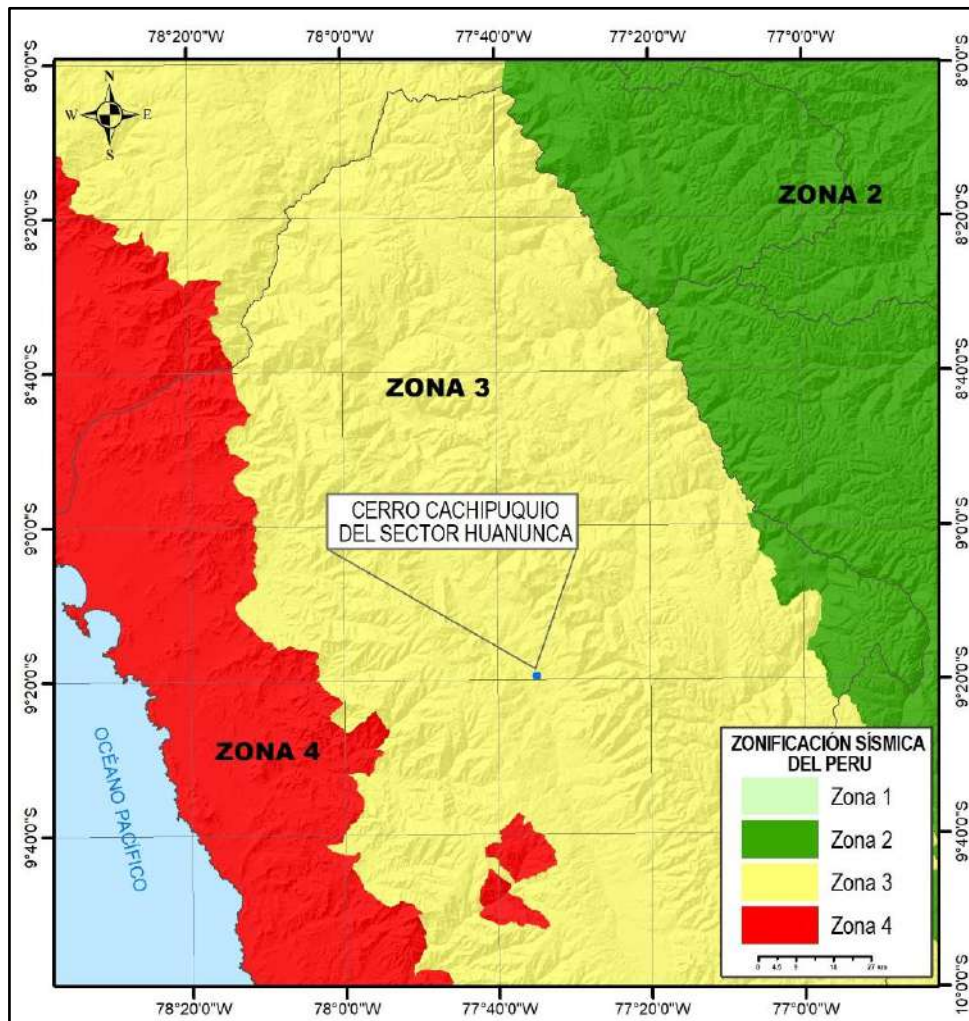


Figura 5. Zonificación sísmica del Perú. Fuente: Alva (1984).

2. ASPECTOS GEOLÓGICOS

La geología local, se desarrolló teniendo como base los mapas geológicos de los cuadrángulos de Pallasca, Tayabamba, Corongo, Pomabamba, Carhuaz y Huari, Hojas 17-h, 17-i, 18-h, 18-i, 19-g, 19-i, a escala 1:100,000 (Wilson, *et al.* 1995), así como la referencia de: “Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Carhuaz (19-h) (De La Cruz & Chacaltana, 2003) a escala 1:100 000, publicados por Ingemmet.

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

2.1. Unidades litoestratigráficas

Las unidades litoestratigráficas que afloran son principalmente de origen sedimentario, teniendo principalmente a la Formación Carhuaz y Santa; además de depósitos recientes coluvio-deluvial, proluvial, coluvial, proluvial, aluvial y antrópico, (anexo 1 – mapa 01).

2.1.1. Formación Carhuaz (Ki-ca)

De acuerdo con De La Cruz y Chacaltana (2003), consiste de areniscas y areniscas cuarzosas color beige en capas delgadas intercaladas con arcillitas. En algunas áreas es posible encontrar intercalaciones de caliza y algo de yeso cerca a la base de la formación, suprayacen a la Formación Santa. su máximo desarrollo en el Callejón de Huaylas con un grosor aproximado de 600 metros pudiendo alcanzar más de 1000 en otros sectores del callejón.

En la zona de estudio se identificaron afloramientos de areniscas de coloración beige, intercaladas con lutitas, (figura 6 y 7); estas rocas se encuentran moderadamente meteorizadas (A3), es decir menos de la mitad del material rocoso está descompuesto o desintegrado; medianamente fracturas (F3); con espaciamientos entre (1.0 - 0.30): así como lutitas muy fracturas (F4), donde la roca se rompe 2 a 3 golpes de la picota.



Figura 6. Vista con dirección sureste, donde se observa el afloramiento rocoso de la Formación Carhuaz, compuesta por areniscas de color beige.

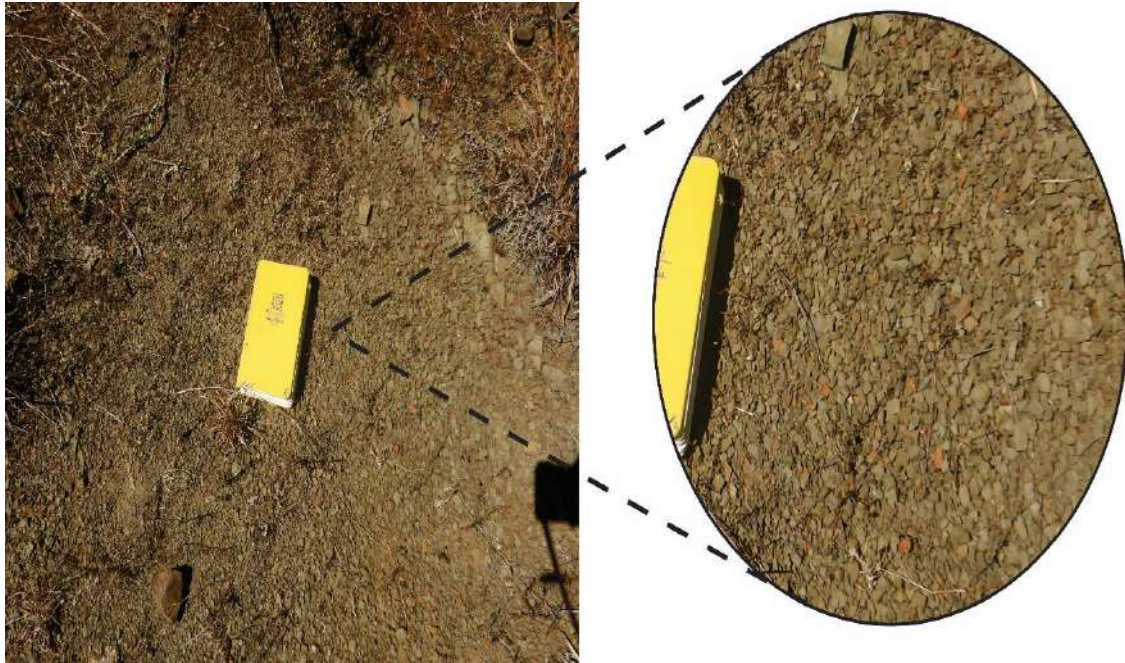


Figura 7. Estas rocas se presentan muy fracturadas y moderadamente meteorizadas.

2.1.2. Depósitos cuaternarios

a. Depósito coluvio-deluvial (Q-cl):

Se localizan en forma caótica al pie de laderas por acción de la gravedad y acción de las aguas de escorrentía. Están compuestos por fragmentos líticos de limoarcillitas y areniscas, angulosos a subangulosos con diámetros que varían de 0.04 a 0.07 m envueltos en una matriz limo-arcilloso, (figura 8). Son producto de la meteorización de rocas sedimentarias y removidos por procesos de movimientos en masa, (Anexo 3 – Tabla 1).

b. Depósito proluvial (Q-pl):

Los depósitos proluviales se originan a partir de los depósitos de los flujos, por la existencia de material detrítico suelto acumulado y cuando ocurren precipitaciones pluviales intensas se saturan, pierden su estabilidad y se movilizan torrente abajo por las quebradas. Estos depósitos llegan a confundirse muchas veces con las terrazas aluviales; el material que los constituye es heterométrico y está mal clasificado, por lo general son subangulosos a subredondeados, englobados en una matriz fina, permeables y medianamente consolidados, (Anexo 3 – Tabla 2).



Figura 8. Vista del depósito coluvio-deluvial compuestos por fragmentos de roca angulosos a subangulosos de tamaños variables (0.03 a 0.09), envueltos en una matriz limo-arcillosos.

c. Depósito aluvial (Q-al):

Son depósitos semi-consolidados, estos últimos por acumulación de material transportado por el río Vicos (Cuenca Santa). Este depósito corresponde a una mezcla heterogénea de gravas y arenas, redondeadas a subredondeadas, así como limos y arcillas; estos materiales tienen selección de regular a buena, 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, (Anexo 3 – Tabla 3).

d. Depósito antropógeno (Q-an):

Antropógeno o antrópico, es un término que designa a lo que está vinculado de algún modo al ser humano. La geotecnia, lo identifica como un terreno que ha sido modificado por el hombre. Para el caso del área de estudio está asociado a la construcción de trocha carrozable para el acceso de la zona alta., realizado por los pobladores de la zona. (figura 9).



Figura 9. Vista en la margen izquierda del río, en la que se puede observar depósitos de relleno de construcción de trochas de carretera.

3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

3.1. Pendientes del terreno

El análisis de la pendiente del terreno es un parámetro importante en la evaluación de procesos por movimientos en masa; ya que actúa como factor condicionante y dinámico en la generación de movimientos en masa.

En el anexo 1 – mapa 02, se presenta el mapa de pendientes, elaborado en base a información del modelo de elevación digital de 12.5 m de resolución (USGS). De acuerdo a este mapa, el cerro Cachipuzo del sector Huanunca, se localizan en laderas de montañas cuyos rangos de pendientes van desde moderadas (5° a 15°) a muy escarpado ($>45^\circ$). Este rango de pendientes es el resultado de una intensa erosión y desgaste de la superficie terrestre, cuyas características principales se describen en el cuadro 4:

Cuadro 4. Rango de pendientes del terreno.

RANGOS DE PENDIENTES		
Pendiente	Rango	Descripción
$0^\circ-1^\circ$	Llano	Son terrenos llanos cubiertos por depósitos cuaternarios que se distribuyen principalmente a lo largo de terrazas aluviales, poco susceptibles a movimientos en masa.
1° a 5°	Inclinación suave	Terrenos planos con ligera inclinación que se distribuyen a lo largo de planicies y terrazas aluviales. En este rango

		se ubica principalmente al fondo del valle del río Vicos, dentro de esta unidad se ubican algunas viviendas y se desarrolla la actividad agropecuaria.
5°a 15°	Moderado	Terrenos con moderada pendiente, se ubican principalmente al pie de las laderas de montañas sedimentarias, quebradas y fondo de valles, en este rango se observa solo algunas trochas carrozables, poco transitadas.
15°a 25°	Fuerte	Pendientes que se distribuyen indistintamente en las laderas de las montañas; a su vez, estas inclinaciones condicionan la erosión de laderas en las vertientes o piedemontes, en este rango se encuentra el cerro Cachipuquio; donde dio lugar al deslizamiento.
25°a 45°	Muy Fuerte	Ocupan áreas muy grandes. Se encuentran en laderas de montañas y márgenes del río Vicos. En este rango de pendiente, generalmente se registran procesos de erosión de ladera, derrumbes y deslizamientos.
>45°	Muy escarpado	Ocupa áreas muy reducidas, distribuidas a lo largo de laderas., en este rango se encuentra la cima del cerro Cachipuquio

Fuente: Ingemmet, 2022

La figura 10, muestra el mapa de pendientes del cerro Cachipuquio del sector Huanunca, elaborado en base al modelo de elevación digital (con 0.096 m/píxel de resolución) resultado del levantamiento fotogramétrico con Dron en la zona de estudio.

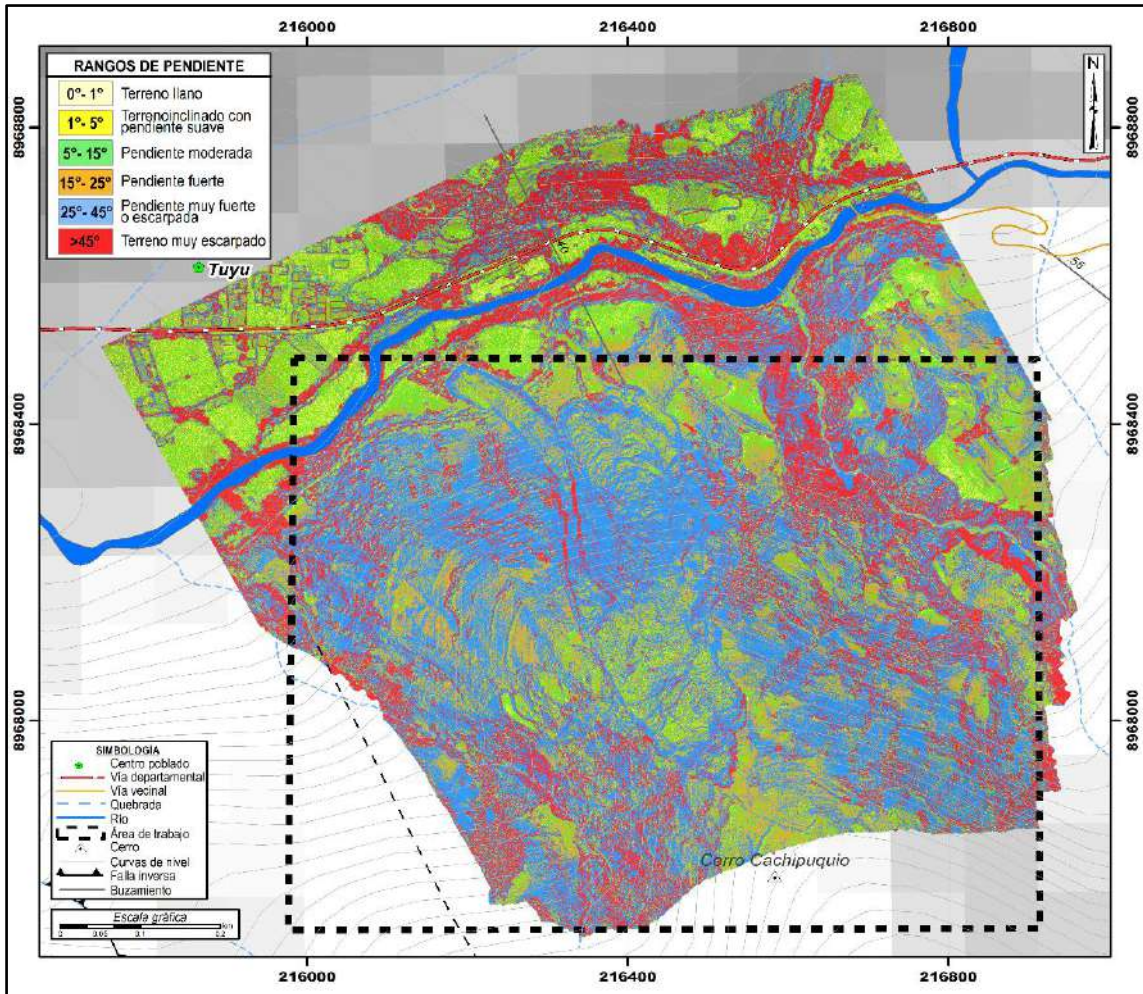


Figura 10. Pendiente del terreno en el deslizamiento y alrededores del cerro Cachipuquio del sector Huanunca, generado en base al modelo de elevación digital, resultado del levantamiento fotogramétrico con Dron.

3.2. Unidades geomorfológicas

La morfología actual está relacionada con la erosión generada por la última etapa del levantamiento de los Andes, así como a procesos hidrometeorológicos relacionadas a abundantes precipitaciones pluviales (erosión fluvial y pluvial) y la ocurrencia de movimientos en masa antiguos y recientes (deslizamientos, flujos y derrumbes), producto de la intensa actividad geodinámica de la zona.

Para la caracterización de las unidades geomorfológicas en el área de estudio (anexo 1 – mapa 03), se consideraron criterios de control como: la homogeneidad litológica y caracterización conceptual en base a aspectos del relieve en relación con la erosión, denudación y sedimentación, (Vílchez, et al., 2019), así también se ha empleado los trabajos de Villota (2005) y la clasificación de unidades geomorfológicas utilizadas en estudios de Ingemmet.

En la zona evaluada y alrededores se han identificado las siguientes geoformas:

Cuadro 5. Unidades y subunidades geomorfológicas

Unidades geomorfológicas de carácter tectónico degradacional y erosional	
Unidad	Subunidad
Montaña	Montañas en roca sedimentaria (RM-rs)
Unidades geomorfológicas de carácter deposicional o agradacional	
Unidad	Subunidad
Piedemonte	Vertiente o piedemonte coluvio-deluvial (V-cd)
	Vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd)
	Vertiente aluvio-torrencial (P-at)
Planicie	Terraza aluvial alta (Ta-al)
	Terraza aluvial (T-al)
	Depósito antrópico (Dan)

A) Unidad de montañas

Tienen una altura de más de 300 m con respecto al nivel base local; diferenciándose las siguientes subunidades según el tipo de roca que las conforman y los procesos que han originado su forma actual, (Villota, 2005).

3.1.1. Subunidad de montañas en rocas sedimentarias (RM-rs):

Corresponde a las cadenas montañosas donde los procesos denudativos (fluvio-erosionales) afectaron rocas sedimentarias de la Formación Carhuaz. Las montañas cubren gran parte de la zona de estudio, cuyas laderas de pendientes fuerte a muy fuerte varían de 15° a 45°. en el del cerro Cachipuquio del sector Huanunca, se encuentra en la margen izquierda del río Vicos. (figura 11).

Sus relieves se encuentran asociadas a procesos dominantes de erosión de laderas, deslizamientos, derrumbes y flujos.



Figura 11. Vista de la subunidad de montañas en rocas sedimentarias (RM-rs), de la Formación Carhuaz cuyas laderas presentan pendientes de fuerte a muy fuerte (15° - 45°), fotografía tomada con el Dron.

B) Unidad de Piedemonte

Corresponde a la acumulación de material muy heterogéneo, constituido por bloques, cantos, arena, limos y arcilla inconsolidados ubicado al pie de las cadenas montañosas; estos depósitos ocupan grandes extensiones. Se identificó las siguientes subunidades:

3.1.2. Subunidad de vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd):

Zonas de acumulaciones en ladera originadas por procesos de movimientos en masa antiguos. Generalmente su composición litológica es homogénea; con materiales inconsolidados a ligeramente consolidados, de corto a mediano recorrido. Su morfología es usualmente convexa y su disposición es semicircular a elongada en relación con la zona de arranque o despegue del movimiento en masa, (figura 12).

Estas geoformas se observaron cómo cuerpos de deslizamientos antiguos depositadas en las laderas superiores del valle del río Vicos, donde las pendientes van de fuerte a muy fuerte (15° - 45°).



Figura 12. Vista de las subunidades de vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd) ubicado en el cerro Cachipuquio y la subunidad terraza aluvial (T-al) ubicado al pie de ladera de montañas sedimentarias.

3.1.3. Subunidad de vertiente coluvio-deluvial (V-cd)

Son depósitos inconsolidados, localizados al pie de laderas de montañas sedimentarias, resultantes de la acumulación de material de origen coluvial y deluvial. Los principales agentes formadores de esta subunidad son los procesos de erosión de suelos, la gravedad, las lluvias, el viento, agua de escorrentía superficial y son altamente susceptibles a sufrir procesos geodinámicos como deslizamientos y derrumbes.

Compuestos principalmente por fragmentos líticos de limoarcillitas y areniscas con diámetros que varían de 0.035 a 0.09 m, angulosos a subangulosos envueltos en una matriz de limos y arcillas. (figura 13). Estas geofomas se encuentran ampliamente desarrolladas en las laderas de la quebrada y el río Vicos, con pendientes predominantes de muy fuerte a muy escarpado (25°- >45°) y fáciles de remover.



Figura 13. Vista tomada con el dron, donde se aprecia las subunidades de vertiente con depósito coluvio-deluvial (V-cd) ubicado en la margen derecha del cerro Cachipuquio, ubicado al pie de ladera de montañas sedimentarias.

3.1.4. Subunidad de vertiente aluvio-torrencial (P-at)

Corresponden a planicies inclinadas a ligeramente inclinadas y extendidas, posicionadas al pie de los sistemas montañosos, formado por la acumulación de sedimentos acarreados por corrientes de agua estacionales, de carácter excepcional, así como lluvias ocasionales muy excepcionales que se presentan en el área de estudio, (figura 14).

Esta unidad es susceptible a remoción por flujo de detritos (huaicos) ubicado principalmente en la desembocadura de la quebrada Cancha. Se distinguen grandes bloques de roca de hasta 1 m de diámetro producto del acarreo proveniente de los flujos. Actualmente son ocupadas por terrenos de cultivo.



Figura 14. Vista panorámica de la subunidad de vertiente aluvio-torrencial (P-at) formado por la acumulación de material proluvial relacionado a flujos de detritos (huaicos). Es evidente que la geoforma de cono de deyección que presenta la quebrada Cancha ha represado en algún tiempo atrás al río Vicos.

C) Unidad de Planicie

Son superficies que no presentan un claro direccionamiento, ya que provienen de la denudación de antiguas llanuras agradacionales o del aplanamiento diferencial de anteriores cordilleras, determinado por una acción prolongada de los procesos denudacionales.

3.1.5. Subunidad Terraza aluvial (T-al)

Son porciones de terreno alargado a ligeramente inclinado (1° a 5°), con altura relativamente marcada. Se encuentran encima del cauce del río Vicos. Su composición litológica es resultado de la acumulación de fragmentos de roca de diferente granulometría (bolos, cantos, gravas con matriz de arenas y limos). Sobre estos terrenos se desarrollan extensas zonas de cultivo. Está sujeta a erosión fluvial, (figura 15).

Dentro de esta sub unida se realizó una clasificación de terrazas aluviales ubicadas en las márgenes del río Vicos, y terraza alta aluvial, ubicadas en la margen derecha del río, presentando un cambio de pendiente que va 10° .



Figura 15. Vista del valle del río Vicos, donde se puede distinguir las subunidades de terrazas aluvial y terraza alta aluvial con pendientes ligeramente inclinadas (1° a 5°) a moderadas (5° a 15°) y sobre la cual se desarrolla actividad agrícola y el asentamiento de algunas viviendas.

D) Geformas particulares

3.1.6. Depósito antrópico (Dan)

Estas geformas, son el resultado de un conjunto de procesos generados por el hombre, mediante procesos de transformación industrial (construcciones civiles).

4. PELIGROS GEOLÓGICOS

Los peligros geológicos identificados en la zona inspeccionada y alrededores corresponden a los subtipos agrupados en la clase de movimientos en masa (anexo 1 – mapa 4).

4.1. Peligros geológicos por movimientos en masa

Para Zavala et al, (2009) en el área se presentan erosión de laderas, inventariados con código de inventario N° 46015 y 36559, en el cerro Cachipuquio margen izquierda del río Vicoc.

Este movimiento en masa, tienen como causas o condicionantes, factores intrínsecos, como son la geometría del terreno, la pendiente, el tipo de roca, el tipo de suelos, el drenaje superficial-subterráneo y la cobertura vegetal. Se tiene como

“desencadenante” de estos eventos las precipitaciones pluviales periódicas y extraordinarias que caen en la zona, así como la sismicidad.

Además de ello, la zona es considerada de muy alta susceptibilidad a la ocurrencia de movimientos en masa (Zavala et al., 2020)

Los peligros geológicos identificados en junio del 2022, tanto para la zona inspeccionada y sus alrededores, presentes en el anexo 1 – mapa 4; se realizaron en base a la información obtenida durante los trabajos de campo, cartografiado geológico y geodinámico, basado en la observación y descripción morfométrica in situ; y toma de datos GPS, fotografías a nivel de terreno y levantamiento fotogramétrico con dron, logrando conseguir un ortomosaico con una resolución de 0.20 y 0.10 cm/pixel.

A continuación, se describe la geodinámica de reactivación de eventos de movimientos en masa tipo deslizamientos.

4.2. Reactivación del deslizamiento en el cerro Cachipuquio del sector Huanunca

De acuerdo a INDECI y de los mismos pobladores del sector, el 17 de marzo del 2022, ocurre un deslizamiento en el cerro Cachipuquio del sector de Huanunca (figura 16).

El evento generó daños y pérdidas en 295 m de tuberías de agua potable, y 1.385962 ha de cultivos de maíz; el derribo de árboles, y pone en peligro a dos viviendas de adobe ubicados próximo al pie del deslizamiento y 136 m del camino de herradura, el mismo que se ubica entre las coordenadas UTM N 8968005 N, 216485 E, con una altitud de 3074 m s.n.m.

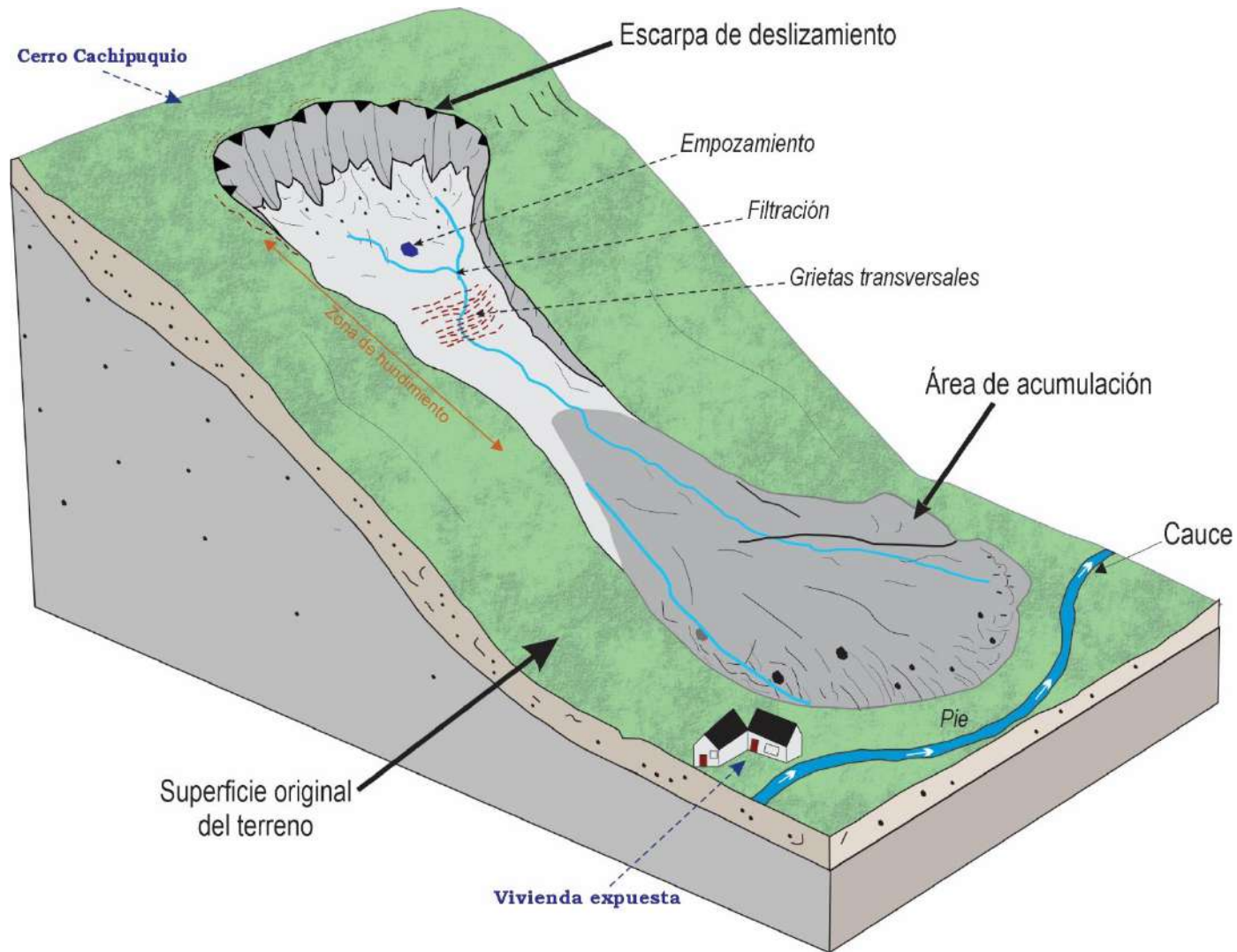


Figura 16. Esquema gráfico del deslizamiento rotacional del cerro Cachipuquio del sector Huanunca. Fuente: Elaboración propia.

De igual modo en la figura 17, se muestra una imagen obtenida con sobrevuelo de dron, sobre la cual se delimita en líneas amarillas punteadas la escarpa elongada del deslizamiento con dirección noroeste, infiriendo una actividad retrogresiva, por la presencia de grietas transversales distribuidos sobre la escarpa principal del deslizamiento.

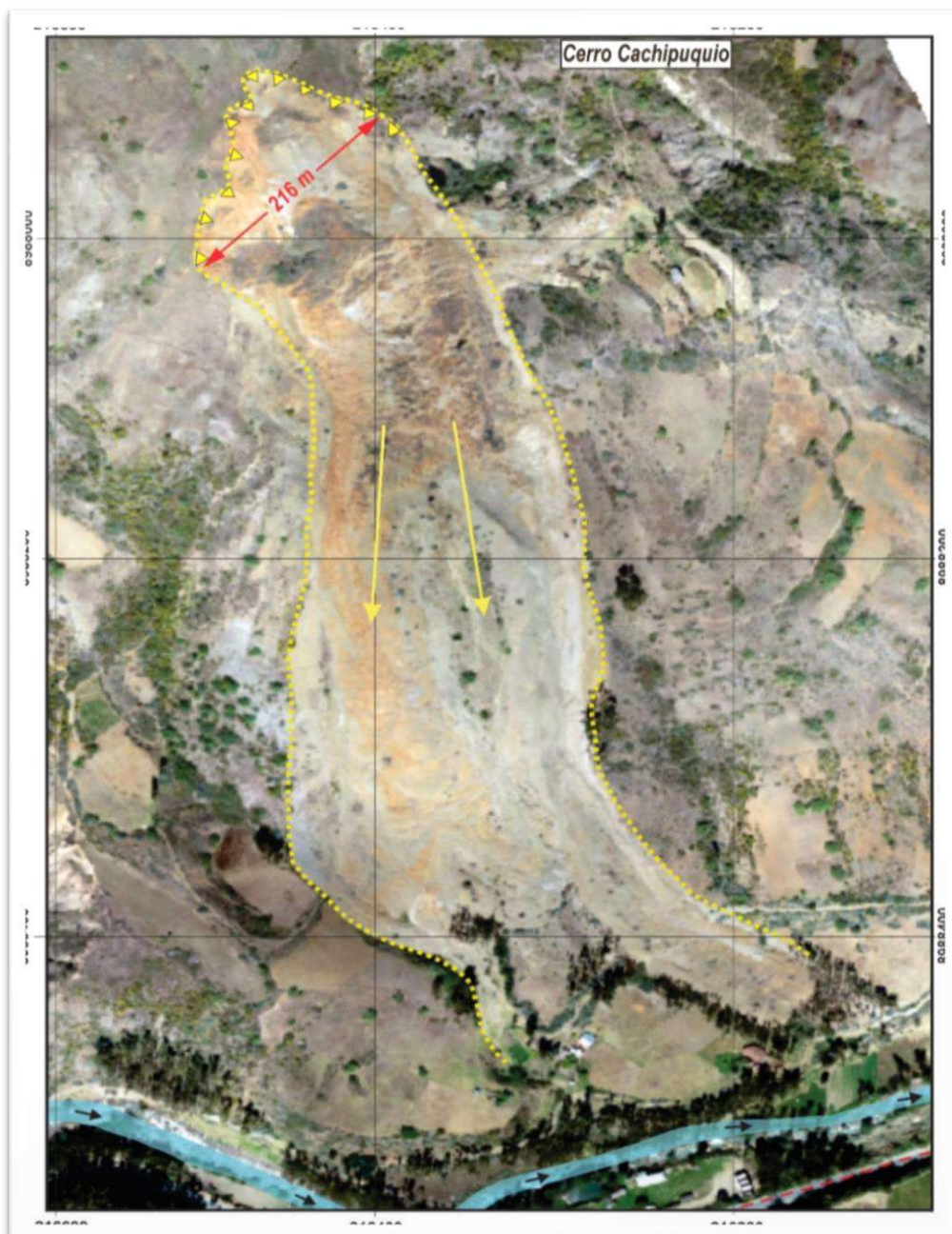


Figura 17. Vista con dirección al norte donde se observa el deslizamiento rotación del cerro Cachipuquio, ubicado en la margen izquierda del río Vicos.

4.2.1. Características visuales del evento

El deslizamiento ocurrido en el cerro Cachipuquio del sector Huanunca, presenta las siguientes características:

- Estado de la actividad del movimiento: Activo
- Deslizamiento de tipo: Rotacional
- Forma de la escarpa principal: Elongada.
- Superficie de rotura: Semicircular y alargada.
- Ubicación del escarpe en la ladera: Cabecera
- Longitud de la escarpa: 216 m. (figura 18)
- Desnivel entre escarpa y pie: 566 m.
- Salto de escarpa principal, comprendido entre: 6.5 m (Figura 18)
- Distribución/Actividad: Retrogresivo
- Agrietamientos: Transversales

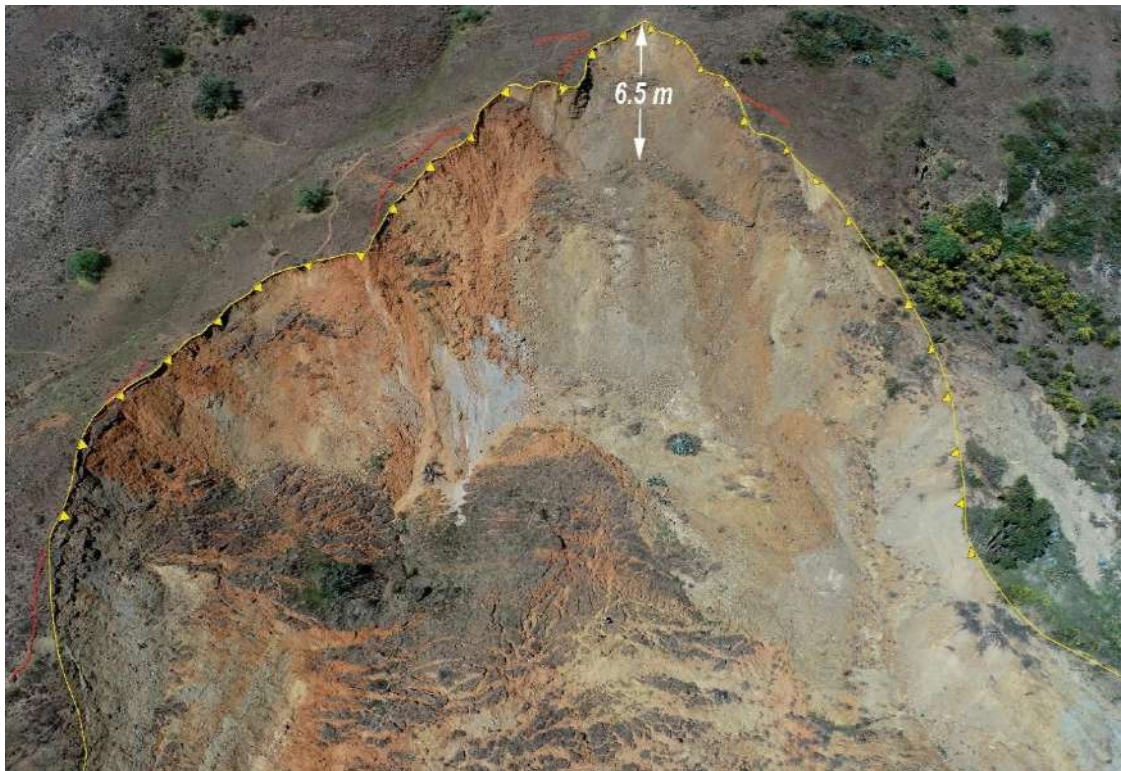


Figura 18. Vista de salto de 6.5 m. de la reactivación del deslizamiento ocurrido el 17 de marzo del 2022.

Por otro lado, en la figura 19 se presenta la evolución del deslizamiento, utilizando imágenes satelitales de la plataforma Google Earth, mostrándose en sus inicios al 2013 como un proceso de erosión de ladera (cárcavas), ya en el 2016 se extendió en gran parte de la ladera; dando inicios y formación al 2019 de un deslizamiento, con una escarpa de 97m casi triplicada en longitud al 17 de marzo del 2022 (216); en cuya oportunidad generó el daño y pérdida en tuberías de agua potable, medios de vida (terrenos de cultivos de maíz) y puso en alerta a dos familias asentadas a tan sólo 25m al pie del deslizamiento reactivado.

En dicho cuerpo de deslizamiento se observa agrietamientos transversales continuos, así como en la cabecera del mismo, el cual es un indicador que el deslizamiento está en proceso retrogresivo; con espaciamentos que van de 0.05 m a 0.45 m, con longitudes de hasta 62 m y profundidades visibles de hasta 0.55 m (figura 20).

Así mismo se evidenció la presencia de erosión de ladera, ubicadas en la margen izquierda del deslizamiento, las cuales fueron inventariadas con los códigos: 36559 y 46015 dentro del Estudio de Riesgos Geológicos en la Región Ancash, 2009.



Figura 19. Evolución del deslizamiento del cerro Cachipuquio, del sector Huanunca, ubicado en la margen izquierda del río Vicos de los años 2013, 2016, 2019 (imagen del Google Earth) e imagen del 2022 (imagen obtenida con el dron).



Figura 20. Agrietamientos transversales continuos.

Además, cruza en el cuerpo del deslizamiento tuberías de agua potable, las cuales además de sufrir daños con el deslizamiento, han generado fugas de agua. (figura 21), con coordenadas UTM 8968236 N, 216306 E (Margen izquierda) y 8968280 N, 216475 E con una altitud de 2958 m; también se pudieron identificar cuatro puntos de emanación de aguas subterráneas ubicadas en el cuerpo del deslizamiento las cuales se detallan en el cuadro N°6:

Cuadro 6: Puntos de emanación de agua.

Punto	Coordenadas UTM-WGS84		
	Norte	Este	Cota (m s.n.m)
P1	8968218	216336	2978
P2	8968193	216395	2998
P3	8968185	216409	3000
P4	8968253	216469	2970



Figura 21. Vista de la tubería que pasa por medio del cuerpo del deslizamiento, que afectó la reactivación del evento.

Los rasgos identificados en campo son indicativos que la masa deslizada sigue moviéndose hacia el río Vicos como un movimiento activo y latente, con actividad progresiva hacia el suroeste. Si bien es cierto el movimiento es de velocidad lenta, tanto lluvias intensas y/o prolongadas; así como la infiltración de las aguas puede acelerar este proceso, (figura 22).

De continuar el avance del deslizamiento esta podría llegar a afectar a dos viviendas próximas al pie (figura 23), las que se detalla en el cuadro N°7.

Cuadro 7: Viviendas próximas al deslizamiento.

Infraestructura	Código	Estado	Coordenadas UTM-WGS84		
			Norte	Este	Cota (m s.n.m)
Vivienda	V1	Habitado	8968503	216299	2844
Vivienda	V2	Habitado	8968502	216198	2932

Finalmente se realiza la cartografía de procesos geológicos, usando imágenes obtenidas con el dron detallando el comportamiento del deslizamiento del cerro Cachipuquio. (figura 24);

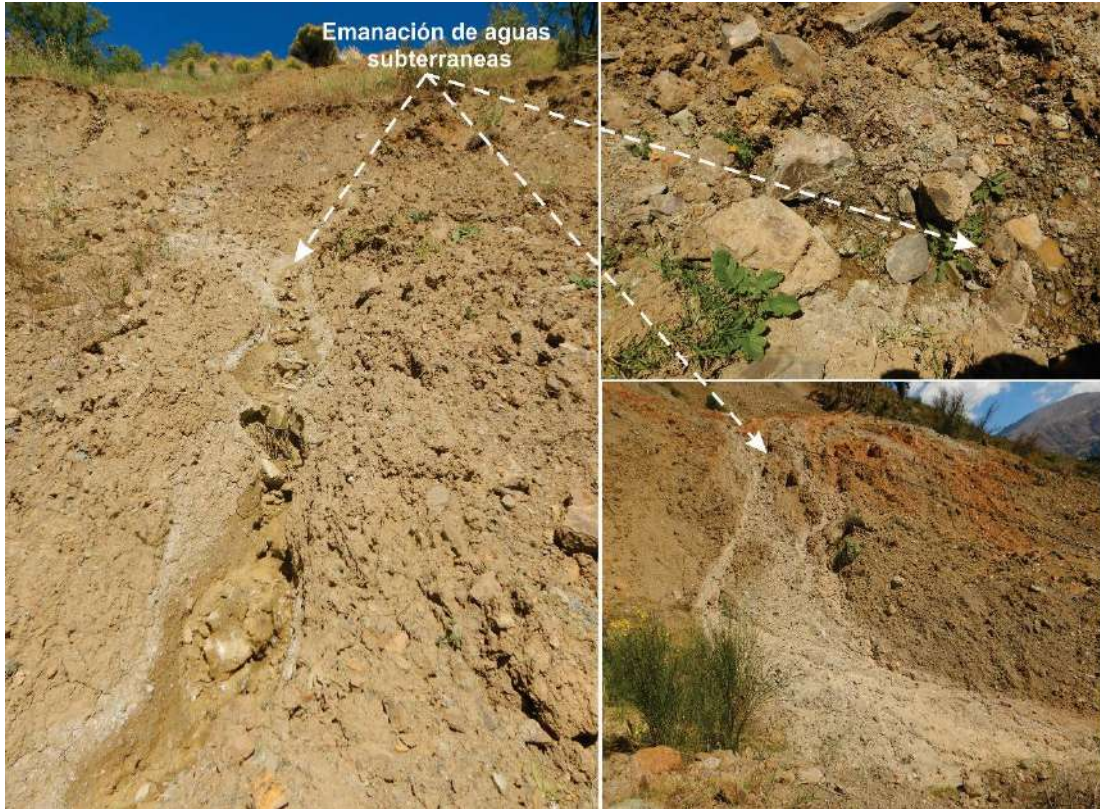


Figura 22. Se observó emanación de aguas subterráneas en cuatro puntos del cuerpo del deslizamiento.



Figura 23. Viviendas expuestas al deslizamiento, vivienda (V1) ubicada a 38.5 m y la vivienda (V2) ubicada a 26 m del deslizamiento.

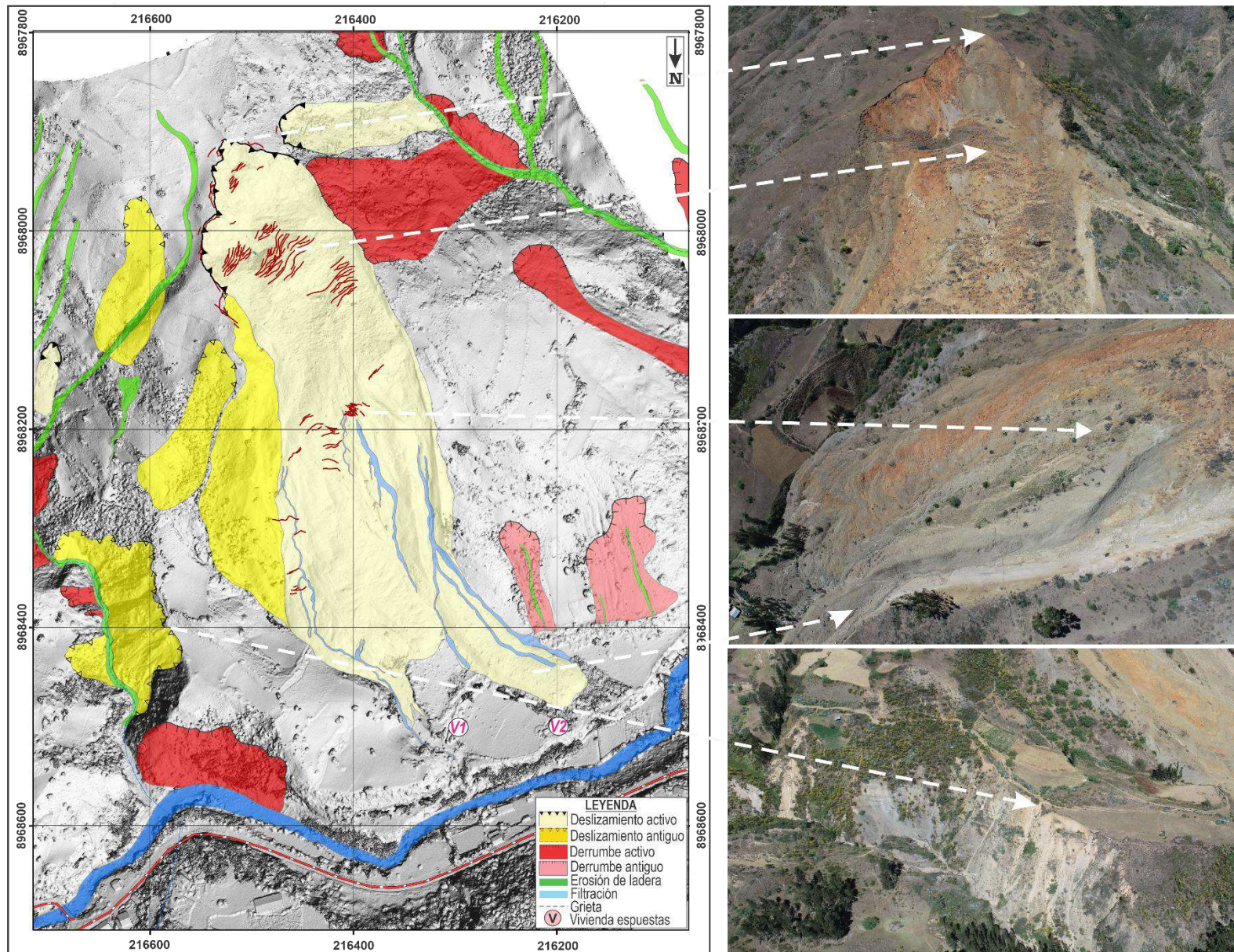


Figura 24. Cartografía de procesos geológicos del cerro Cachipuquio, del sector Huanunca.

4.2.2. Factores condicionantes

Factor litológico-estructural

- Substrato rocoso de areniscas de coloración beige intercaladas con lutitas, moderadamente meteorizadas, a muy fracturados; con espaciamentos entre 0.30 – 0.05, lo que permite mayor infiltración y retención de agua de las lluvias en el terreno, condicionando la inestabilidad de ladera.
- Presencia de suelos inconsolidados que conforman depósitos coluvio-deluviales, en la ladera del cerro Cachipuquio, compuestos principalmente por fragmentos líticos de limoarcillitas, areniscas y lutitas con diámetros que varían de 0.035 a 0.09 m, angulosos a subangulosos envueltos en una matriz de limos y arcillas, producto de la meteorización de rocas sedimentarias y removidos por el deslizamiento, derrumbe-flujo.

Factor geomorfológico

- Montañas en rocas sedimentarias, con laderas de pendientes fuertes (15°-25°) a muy escarpado (>45°); lo que permite que el material suelto disponible se erosione y se remueva fácilmente pendiente abajo por efecto de la gravedad y acción de las aguas de escorrentía.

4.2.3. Factores detonantes o desencadenantes

PRECIPITACIONES: Intensas precipitaciones pluviales y/o excepcionales, principalmente entre los meses de diciembre a abril, tales como las registradas en el periodo 2017-2021, con un máximo 22.6 mm.

AGUAS SUBTERRÁNEAS: Presencia de 04 manantes que filtran y saturan los terrenos

SISMOS: El área de estudio se encuentra ubicada en la zona 3 que corresponde a sismicidad alta.

4.2.4. Factores antrópicos

Presencia de tuberías que cruzan la zona deslizada, presentan fugas y nulo mantenimiento y cambio de las deterioradas; además de deposición de desmonte de rocas por corte de talud para construcción de trazo carretero.

4.2.5. Daños por peligros geológicos

- Daño y pérdida de 212 m del camino de herradura.
- Pérdida de 145 m de tuberías de agua potable.
- Pérdidas y erosión de aproximadamente 13 has de cultivos de maíz y caída de árboles al pie del deslizamiento.
- Pone en peligro y expone a 02 viviendas ubicadas próximos al deslizamiento.

Análisis del perfil del deslizamiento (A-A')

Con el Modelo Digital del Terreno (MDT) de resolución 0.20 m/px, obtenido mediante levantamiento fotogramétrico aéreo con el dron, en el cerro Cachipuquio, del sector Huanunca, se ha realizado un perfil transversal, sobre el cual se realiza un análisis del relieve del terreno post-evento con el relieve (2022), destacando las siguientes características:

- Inicio y extensión de escarpe principal del deslizamiento de los 3098 m hasta los 2670 m, seguido por una zona de acumulación hasta la base del evento, donde inicia el derrumbe a los 2836 m, condicionado principalmente por el cambio de pendiente (figura 21). Se evidenció el empozamiento de agua, dentro de las coordenadas UTM 8968020 N, 216497 E, abarcando 1.6 m², lo cual favorece para la saturación del suelo.
- Las dimensiones del movimiento fueron de aproximadamente 566 m de largo por 185 m de ancho y una profundidad de 6 m, lo cual determina un volumen desplazado de 345 000 m³. Los suelos de tipo graban arcillo-limoso, producto de la meteorización de rocas sedimentarias (Formación Carhuaz).
- Se evidenció la presencia de grietas encima de la corona del deslizamiento; los cuales son indicativos que el proceso de movimiento en masa aún se encuentra activo y latente, con actividad retrogresiva hacia el sur; así mismo se evidencia de dos surgencias de agua infiltradas en el medio del cuerpo del deslizamiento; que generaron la inestabilidad de terreno.
- Se identificaron dos viviendas; la primera ubicada a 26 m y la segunda a 38.5 m del deslizamiento, así como el camino de herradura, los cuales están expuestos si se generaría una nueva reactivación, esta podría llegar hasta el río Vico.

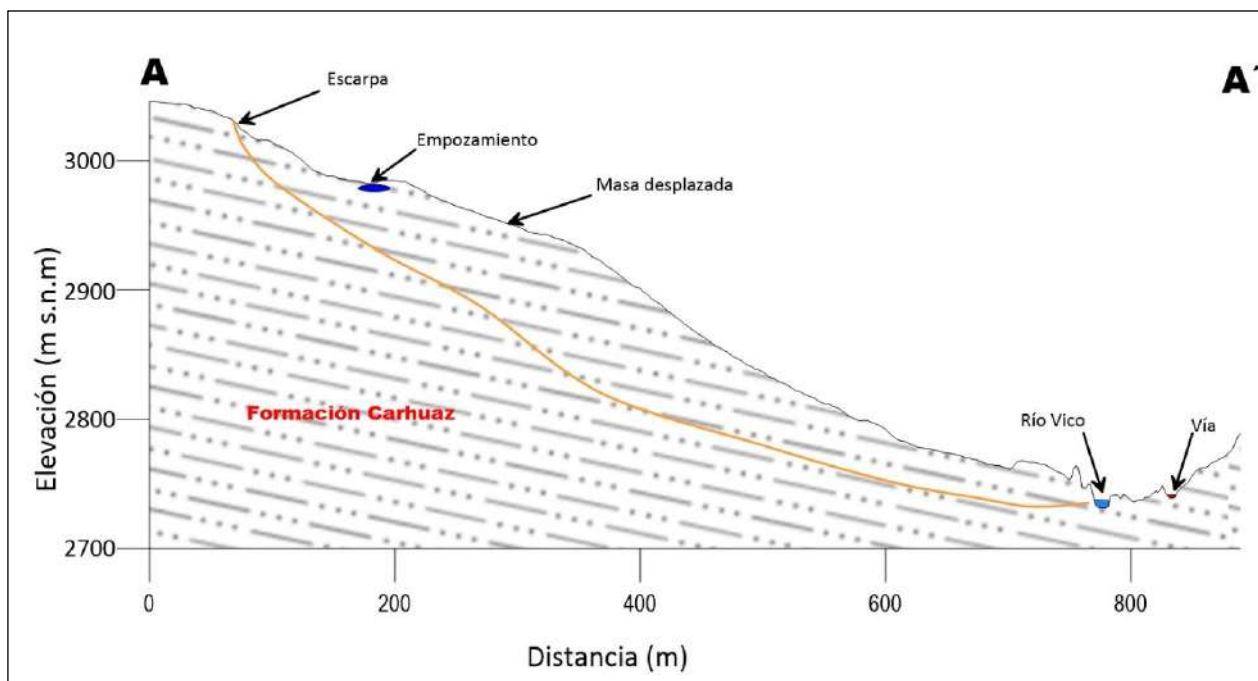
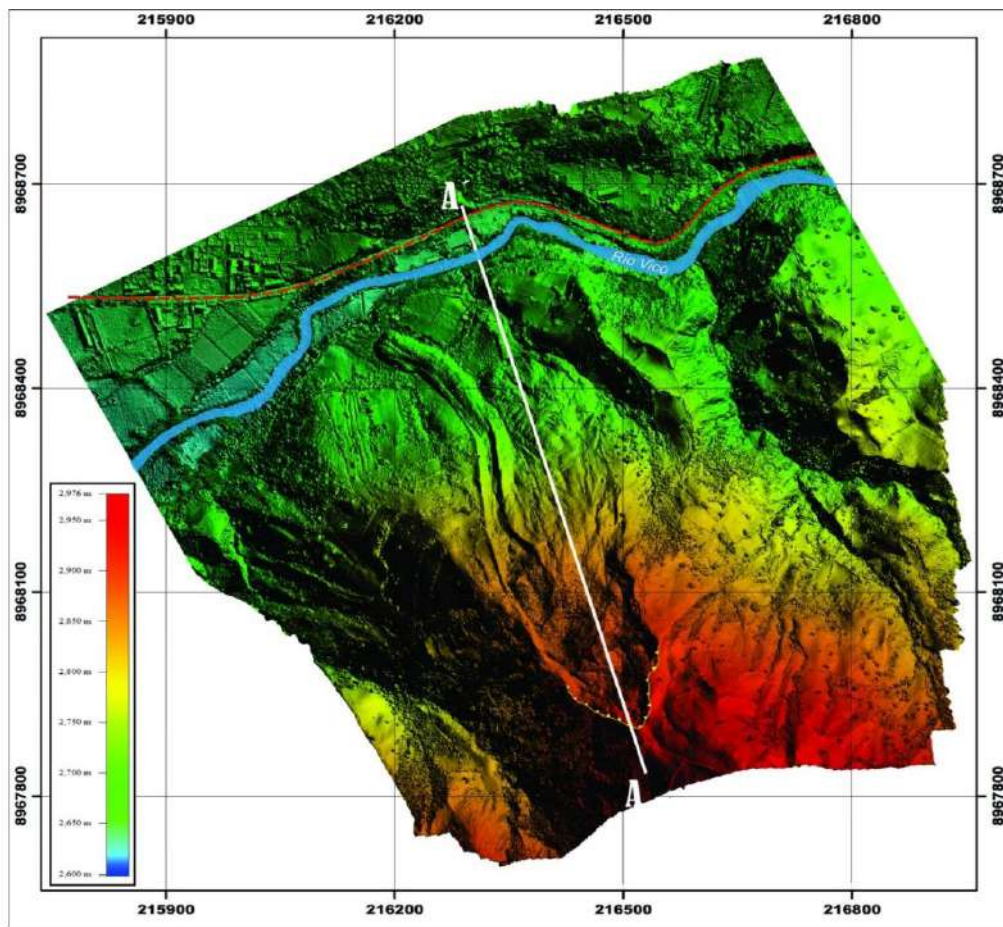


Figura 25. Esquema de sección del deslizamiento del cerro Cachipuquio, del sector Huanunca.

5. CONCLUSIONES

- 1) El deslizamiento del 17 de marzo del 2022 en cerro Cachipuquio, del sector Huanunca, es de tipo rotacional, con escarpa principal de 216 m de longitud, 566 de desplazamiento vertical hacia el noroeste y saltos de hasta 6.5 m. Dicho evento generó daños y pérdidas en aproximadamente 145 m de tuberías de agua potable, 1.385962 ha cultivos de maíz, 212 m del camino de herradura, colapso árboles y podría afectar 02 de viviendas próximos al deslizamiento.
- 2) La ocurrencia de grietas transversales en dirección paralela a la escarpa principal, con desnivel de terreno que varían entre 0.20 a 6.5 m; así como las surgencias de agua identificados en el cuerpo del deslizamiento, son indicativos que la masa sigue moviéndose hacia el río Vico como movimientos activo y latente, con actividad retrogresiva hacia el noreste.
- 3) La ocurrencia de peligros geológicos por movimientos en masa en la zona evaluada está condicionada por los siguientes factores:
 - Substrato rocoso compuesto de areniscas intercaladas con lutitas, estas rocas se encuentran fracturas y moderadamente meteorizadas, que permiten infiltración y retención de agua de lluvia en el terreno, originando saturación de suelo, que podría generar inestabilidad en la ladera.
 - Presencia de suelos inconsolidados (depósitos coluvio-deluviales), adosados a las laderas de las montañas sedimentarias.
 - Laderas con pendientes moderadas (5° a 15°) a muy escarpado (>45°).
 - Acción de las aguas de escorrentía y aguas subterráneas, que aportan en la saturación del terreno.
- 4) El factor desencadenante para la ocurrencia de movimientos en masa en el cerro Cachipuquio, del sector Huanunca, se les atribuye a las lluvias intensas y/o excepcionales registradas en los meses de diciembre a abril con umbrales de 22.6 mm por día, actividad sísmica y la actividad antrópica.
- 5) Debido a las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas, el cerro Cachipuquio, es considerado como **zona crítica** y de **peligro Muy Alto** a la ocurrencia de deslizamientos, que pueden ser desencadenados en temporada de lluvias intensas.

6. RECOMENDACIONES

- 1) Evaluar la evacuación y/o reubicación de las familias que habitan las 02 viviendas muy asentadas próximas al deslizamiento, que comprenden alrededor de 25m (referencia figura 21). De igual modo se debe **prohibir** la construcción de nuevas viviendas, caminos de herradura y trochas carrozable u otra actividad antrópica dentro próximos al deslizamiento; usar señalitecas que indiquen una zona de peligro por deslizamiento y/o caída de rocas
- 2) Realizar la captación y derivación de las aguas subterráneas, mostradas en los manantes ubicados en el cuerpo del deslizamiento; las mismas que deberán ser conducidas por medio de canales revestidos hacia cauces naturales, ubicados lejos de la zona inestable.
- 3) Realizar, la revisión, cambio y/o mantenimiento de tuberías dañadas que cruzan por el cuerpo del deslizamiento, ya que presentan fugas de agua al interior de las laderas.
- 4) Promover la instalación de medidas estructurales como: construcción de zanjas de coronación por encima del escarpe principal, con el fin de que no continúe el desplazamiento de masa, trabajo que tiene que ser realizado por especialistas. Ver anexo 2: Medidas de mitigación para deslizamientos.
- 5) Realizar charlas de sensibilización y concientización del peligro y riesgo al que se encuentran expuestos en el sector Huanunca y alrededores.
- 6) Implementar un sistema de alerta temprana (SAT), en las temporadas de lluvias intensas y/o excepcionales para informar a la población involucrada, para que puedan realizar una evacuación de zonas que puedan resultar afectadas.



Ing. NORMA LLIZ SOSA SENTICALA
Especialista en Peligros
Geológicos
INGEMMET

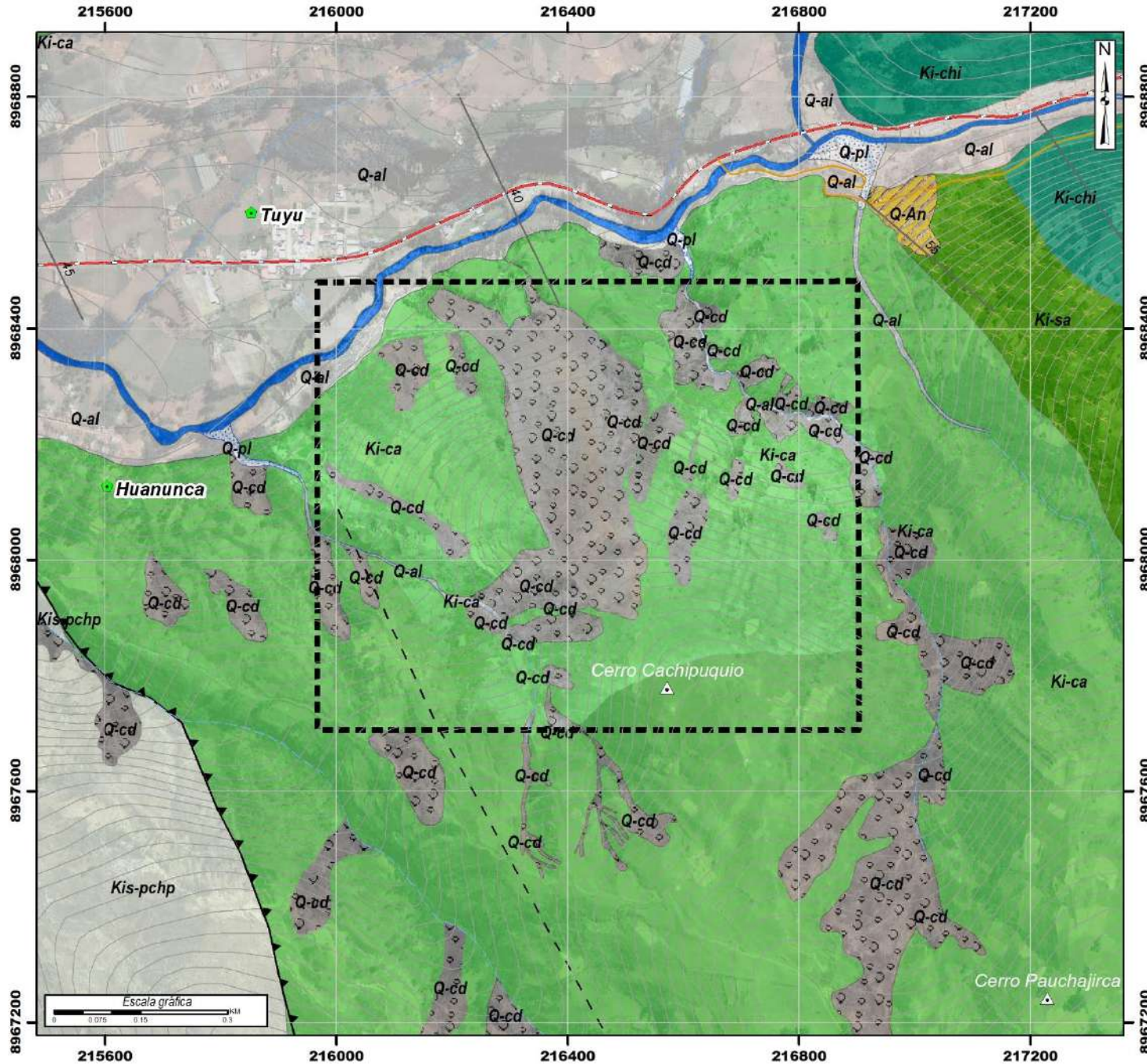


Ing. LIONEL V. FIDEL SMOLL
Director
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico
INGEMMET

7. BIBLIOGRAFÍA

- Alva, J.; Meneses, J. & Guzmán, V. (1984) - Distribución de máximas intensidades sísmicas observadas en el Perú (en línea). Congreso Nacional de Ingeniería Civil, 5, Tacna, 11 p. (consulta: 5 noviembre 2017). Disponible en: http://www.jorgealvahurtado.com/files/redacis17_a.pdf
- Chira, J.; Guerra, K.; Rivera R. & Vargas, L. (2006) - Prospección geoquímica regional en las subcuencas de la vertiente del Pacífico, Paralelos 9°00' a 10°00'. Ingemmet. Boletín, Serie B: Geología Económica, 16, 108 p., 2 mapas.
- De La Cruz & Chacaltana, (2003). Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Carhuaz (19-h), Escala 1:100 000, Ingemmet, 16 p.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI (2017) – Directorio Nacional de Centros Poblados. Censos Nacionales 2017: XII de Población; VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas. (Consulta: Junio 2021). Disponible en: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1_541/index.htm
- Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007) Movimientos en Masa en la Región Andina: Una guía para la evaluación de amenazas. Servicio Nacional de Geología y Minería, Publicación Geológica Multinacional, No. 4, 432 p., 1 CD-ROM. <https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/2830>
- Perú. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2016) - Decreto supremo N° 003-2016-VIVIENDA: Decreto supremo que modifica la norma técnica E.030 “diseño sismoresistente” del reglamento nacional de edificaciones, aprobada por decreto supremo N° 011-2006-VIVIENDA, modificada con decreto supremo N° 002-2014-VIVIENDA. El Peruano, Separata especial, 24 enero 2016, 32 p.
- Servicio Nacional de Meteorológica e Hidrológica, SENAMHI (2020) – Mapa de clasificación climática del Perú (Texto). Lima, Perú. Disponible en: <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2185020/Climas%20del%20Per%C3%BA%3A%20Mapa%20de%20Clasificaci%C3%B3n%20Clim%C3%A1tica.pdf> .
- Wilson, J., Reyes, L., Garayar S., Julio (1995), Geológica Nacional: “Geología de los cuadrángulos de Pallasca, Tayabamba, Corongo, Pomabamba, Carhuaz y Huari. Hojas 17-h, 17-i, 18-h, 18-i, 19-h, y 19-i Boletín N° 60, Serie A, Carta Geológica, Ingemmet.
- Zavala, B. Valderrama, P., Pari, W., Luque, G., & Barrantes, R. (2009), Riesgos Geológicos en la región Ancash, Ingemmet, Boletín N° 38, Serie C, Geodinámica e Ingeniería Geológica, 38 mapas, 280 p., 18 mapas. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12544/243>

ANEXO 1: MAPAS



LEYENDA

Era	Sistema	Unidades litoestratigráficas
Cenozoico	Cuaternario	 Q-al Depósito aluvial
		 Q-pl Depósito proluvial
		 Q-cd Depósito coluvio-deluvial
		 Q-An Depósito antropico
Mesozoico	Cretácico	 Ki-ca Formación Carhuaz
		 Ki-sa Formación Santa
		 Ki-chi Formación Chimú
		 Ki-pchp Formación Pariahuanca, Chúlec, Pariatambo

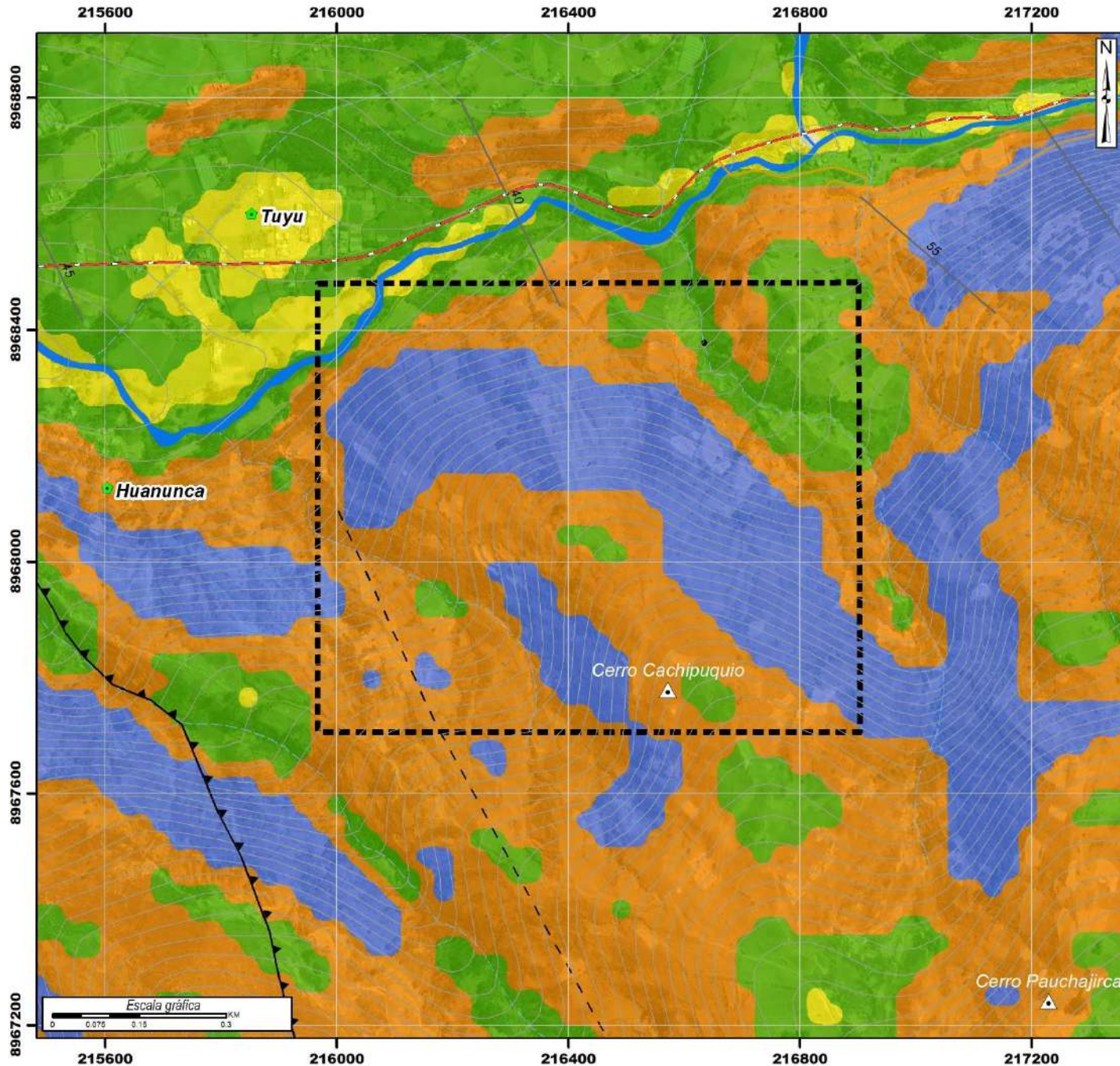
INGEMMET
INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALURGICO

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLOGICO

DEPARTAMENTO: ANCASH
PROVINCIA: CARHUAZ
DISTRITO: MARCARA

MAPA GEOLOGICO

Escala: 1/8,000	Elaborado por: Sosa, N.	MAPA 01
Proyección: UTM Zona 18 Sur	Datum: WGS 84	
Versión digital 2022	Impreso: Julio, 2022	



SIMBOLOGÍA

- Centro poblado
- Via departamental
- Via vecinal
- Quebrada
- Río
- Área de trabajo
- ▲ Cerro
- Curvas de nivel
- ▲ Falla inversa
- Buzamiento

RANGOS DE PENDIENTE

0° - 1°	Terreno llano
1° - 5°	Terreno inclinado con pendiente suave
5° - 15°	Pendiente moderada
15° - 25°	Pendiente fuerte
25° - 45°	Pendiente muy fuerte o escarpada
>45°	Terreno muy escarpado

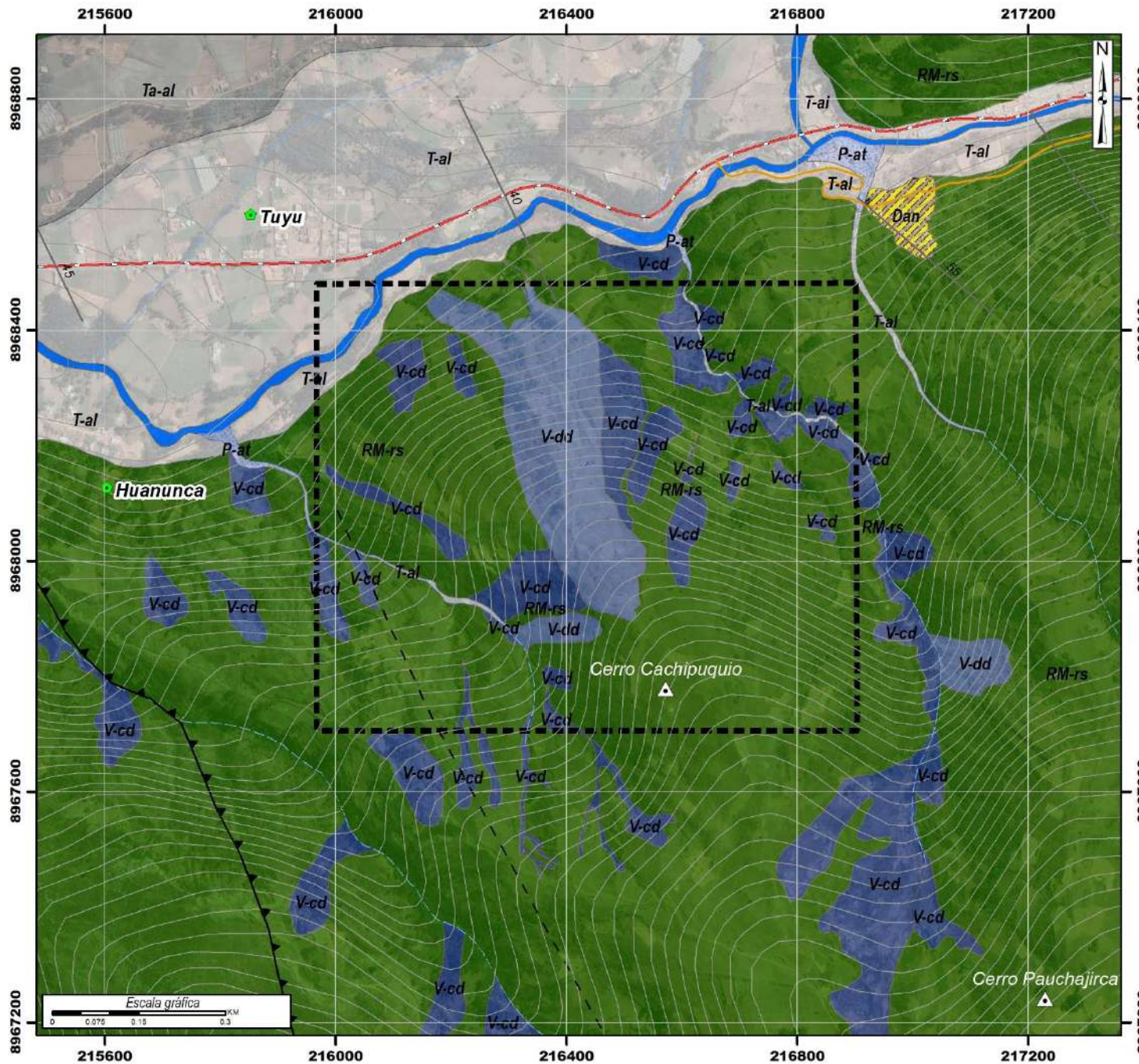
INGEMMET
INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALURGICO

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

DEPARTAMENTO: ANCASH
PROVINCIA: CARHUAZ
DISTRITO: MARCARA

MAPA DE PENDIENTE

Escala: 1/9,000	Elaborado por: Sosa, N.	MAPA 02
Proyección: UTM Zona 18 Sur	Datum: WGS 84	
Versión digital 2022	Impreso: Julio, 2022	



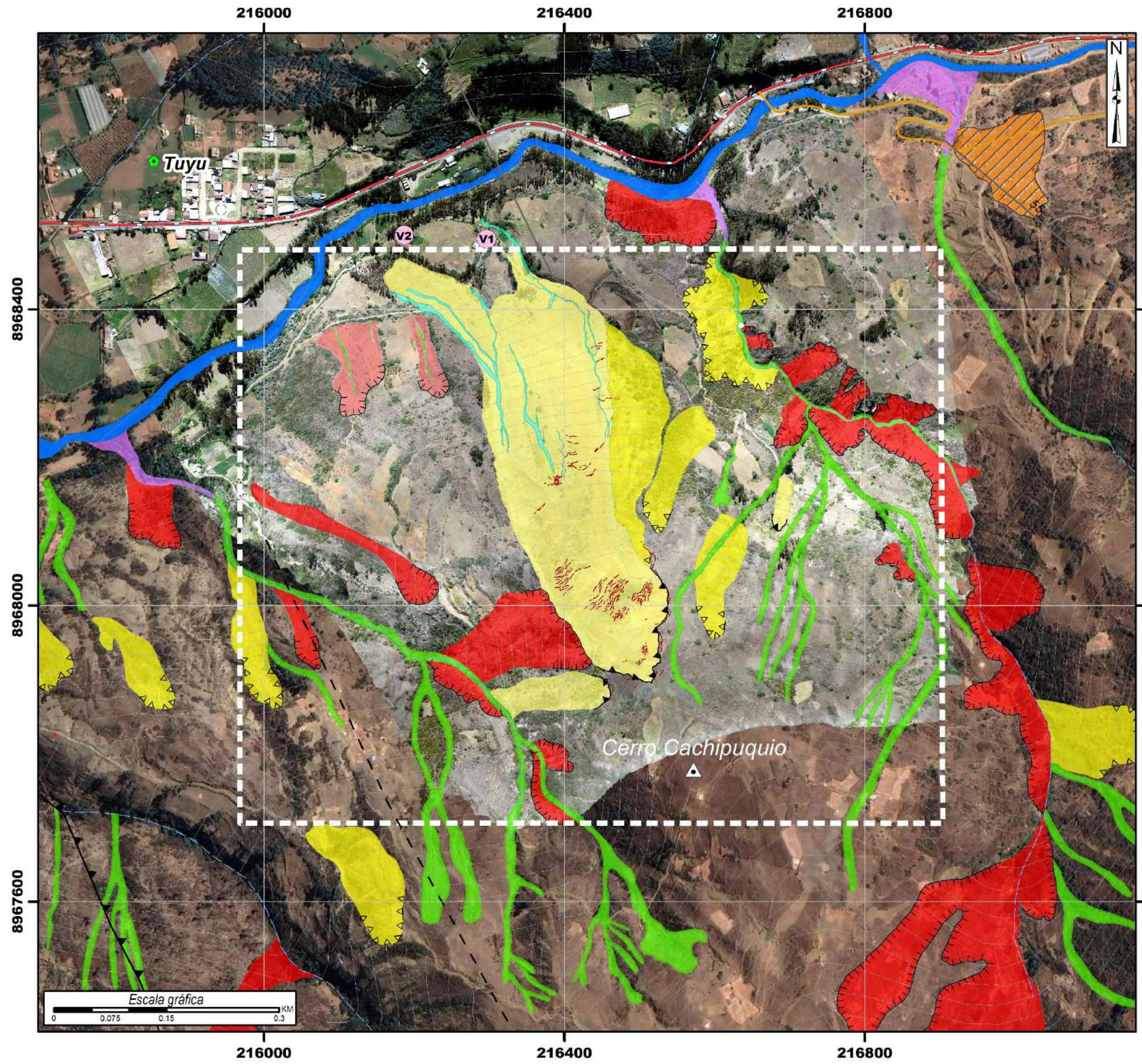
LEYENDA	
Código	Unidades geomorfológicas
RM-rs	Montaña en roca sedimentaria
V-dd	Vertiente con deposito de deslizamiento
V-cd	Vertiente coluvio-deluvial
P-at	Vertiente aluvio-torrencial
Ta-al	Terraza aluvial
T-al	Terraza alta aluvial
Dan	Déposito antropico

INGEMMET
 INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALURGICO
 DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

DEPARTAMENTO: ANCASH
 PROVINCIA: CARHUAZ
 DISTRITO: MARCARA

MAPA GEOMORFOLÓGICO

Escala: 1/9,000	Elaborado por: Sosa, N.	MAPA 03
Proyección: UTM Zona 18 Sur	Datum: WGS 84	
Versión digital 2022	Impreso: Julio, 2022	



SIMBOLOGÍA

- Centro poblado
- Vía departamental
- Vía vecinal
- Quebrada
- Río
- Área de trabajo
- ▲ Cerro
- Curvas de nivel
- ▲ Falla inversa
- Buzamiento
- V1 Viviendas expuestas

LEYENDA

- Deslizamiento activo
- Deslizamiento antiguo
- Derrumbe activo
- Derrumbe antiguo
- Erosión de ladera
- Flujo

Trama

- Derrumbe
- Deslizamiento activo
- Deslizamiento antiguo
- Grieta
- Filtración
- Empozamiento
- Cantera

SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO
DIRECCIÓN DE GEOLÓGIA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

DEPARTAMENTO: ANCASH
PROVINCIA: CARHUAZ
DISTRITO: MARCARÁ

**MAPA DE PELIGROS
GEOLÓGICOS**

Escala: 1/7 000	Elaborado por: Sosa, N.	MAPA 04
Proyección: UTM Zona 18 Sur	Datum: WGS 84	
Versión digital 2022	Impreso: Julio, 2022	

ANEXO 2: MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN

Zanjas horizontales. Son paralelas al talud y se sitúan al pie de este. Son útiles los drenes en forma de espina de pescado (figura 1), que combinan una zanja drenante según la línea de máxima pendiente con zanjas secundarias (espinas) ligeramente inclinadas que convergen en la espina central. Su construcción y mantenimiento en zonas críticas debe tener buena vigilancia.



Figura 1. Drenaje tipo espina de pescado (Modificado, Sosa 2019)

Muros de gravedad. Son los muros más antiguos, conforman elementos pasivos en los que el peso propio es la acción estabilizadora fundamental (figuras 2 y 3). Se construyen de hormigón en masa, pero también existen de ladrillo o mampostería y se emplean para prevenir o detener deslizamientos de pequeño tamaño. Sus grandes ventajas son su facilidad constructiva y bajo costo.

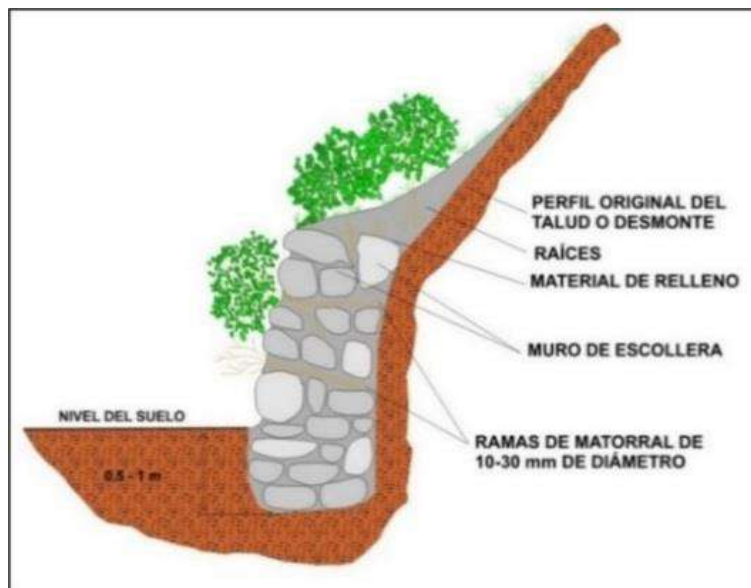


Figura 2. Muros de gravedad de piedra seca.
 Fuente: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, (2000)

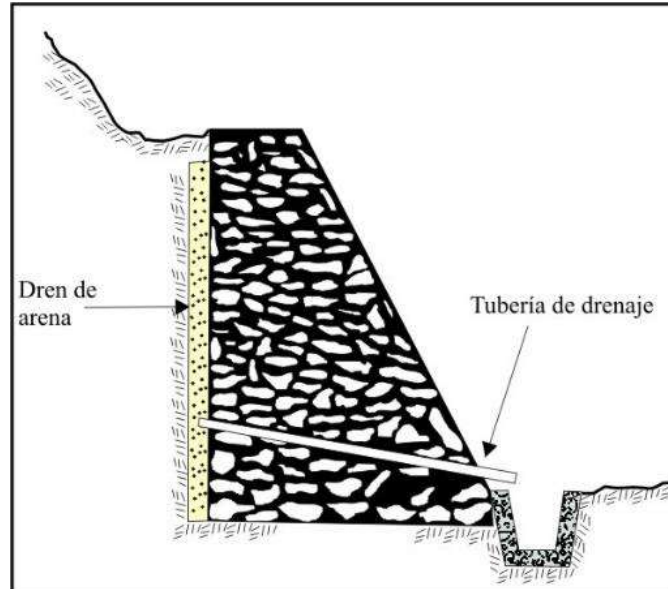


Figura 3. Muros de gravedad de piedra argamasada
 Fuente: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, (2000)

Muros de gaviones. Los gaviones son elementos con forma de prisma rectangular que consisten en un relleno granular constituido por fragmentos de roca no degradable (caliza, andesita, granitos, etc.), retenido por una malla de alambre metálico galvanizado (figura 4).

Los muros de gaviones trabajan fundamentalmente por gravedad. Generalmente se colocan en alturas bajas, aunque algunas veces se colocan en alturas medianas (hasta 25 m de alto y 10 m de ancho) y funcionan satisfactoriamente. La relación entre la altura del muro y el ancho de la base del mismo. Las ventajas que presenta son estas:

- Instalación rápida y sencilla.
- Estructuras flexibles que admiten asentamientos diferenciales del terreno.
- Sin problemas de drenaje ya que son muy permeables.
- Los empujes sobre el muro y su estabilidad al vuelco y deslizamiento se calculan de igual forma que en el caso de un muro de gravedad.

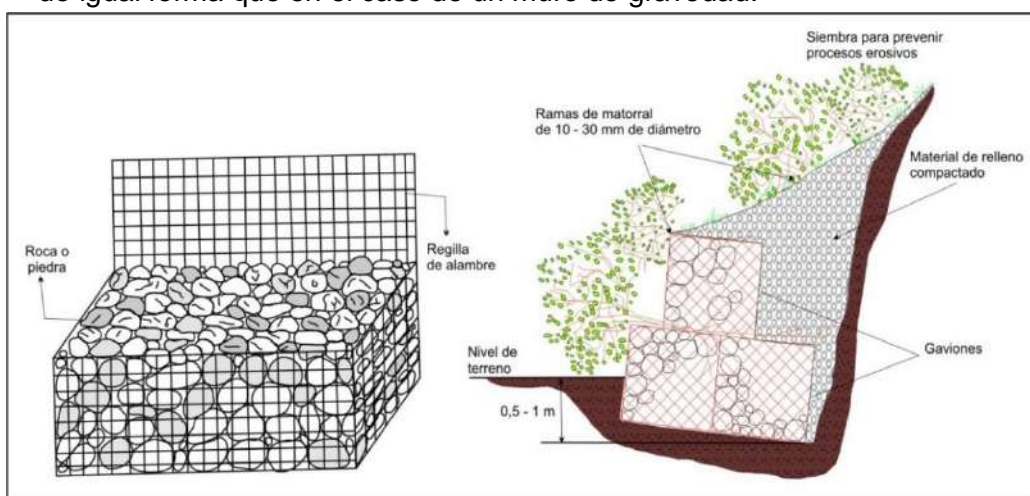


Figura 4. Muro de gavión.

Corrección por muros: se emplean frecuentemente como elementos resistentes en taludes. En ocasiones se emplean para estabilizar deslizamientos existentes o potenciales al introducir un elemento de contención al pie (figura 5). Esta forma de actuar puede tener varios inconvenientes. En primer lugar, la construcción del muro exige cierta excavación en el pie del talud, lo cual favorece la inestabilidad hasta que el muro esté completamente instalado. Por otra parte, el muro no puede ser capaz de evitar posibles deslizamientos por encima o por debajo del mismo

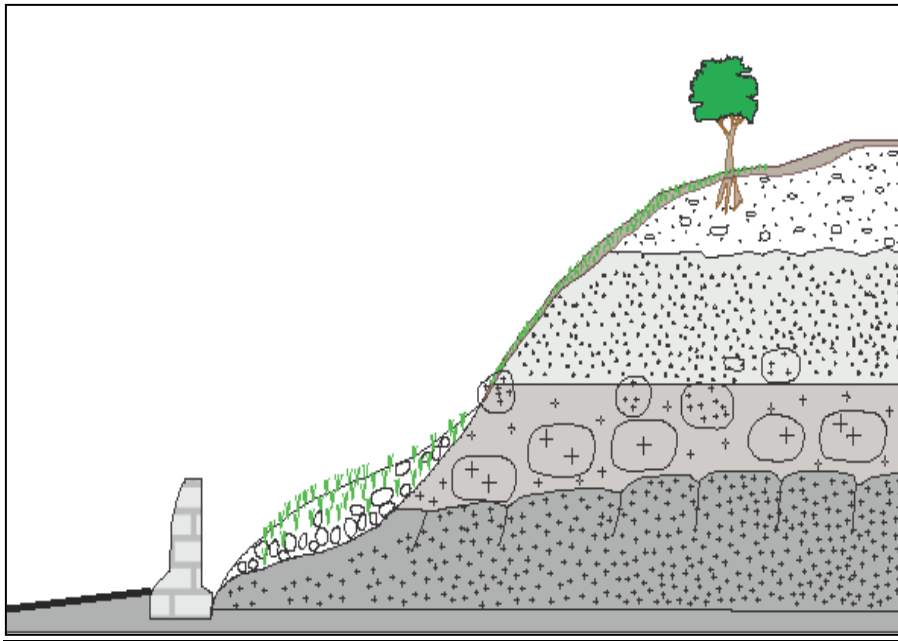


Figura 6. Esquema grafica relleno estabilizador sostenido por un muro.
 Fuente: Elaboración propia.

Corrección por drenaje: Este tipo de corrección se efectúa con el objeto de reducir las presiones intersticiales que actúan sobre la superficie de deslizamiento (potencial o existente), lo que aumenta su resistencia y disminuye el peso total, y por tanto las fuerzas desestabilizadoras. Las medidas de drenaje pueden ser de tipos:

- **Drenaje superficial:** Su fin es recoger las aguas superficiales o aquellas recogidas por los drenajes profundos y evacuarlas lejos del talud para así evitar su infiltración (figura 1). Las aguas de escorrentía se evacúan por medio de zanjas de drenaje (cunetas de coronación), impermeabilizadas o no, y aproximadamente paralelas al talud. Estas deben situarse a poca distancia de la cresta del talud y detrás de la misma, de manera que eviten la llegada del agua a las grietas de tensión que podrían existir o no. El cálculo de la sección debe hacerse con los métodos hidrológicos.
- **Drenaje profundo:** La finalidad es deprimir el nivel freático con las consiguientes disminuciones de las presiones intersticiales. Para su uso es necesario conocer previamente las características hidrogeológicas del terreno (figura 2). Se clasifican en los siguientes grupos:

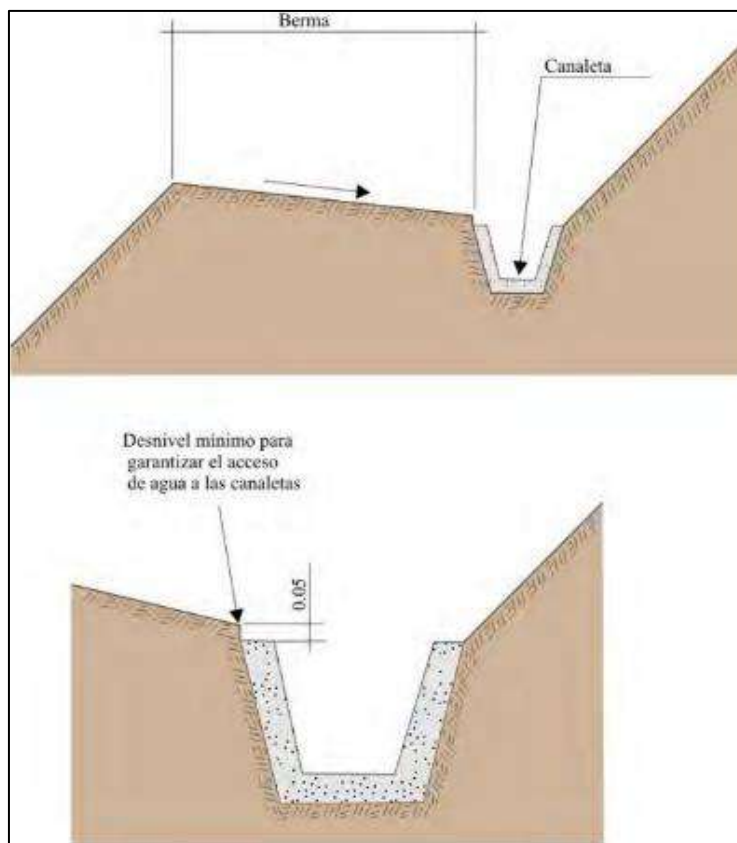


Figura 1. Detalle de una canaleta de drenaje superficial.
Fuente: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, 2000.

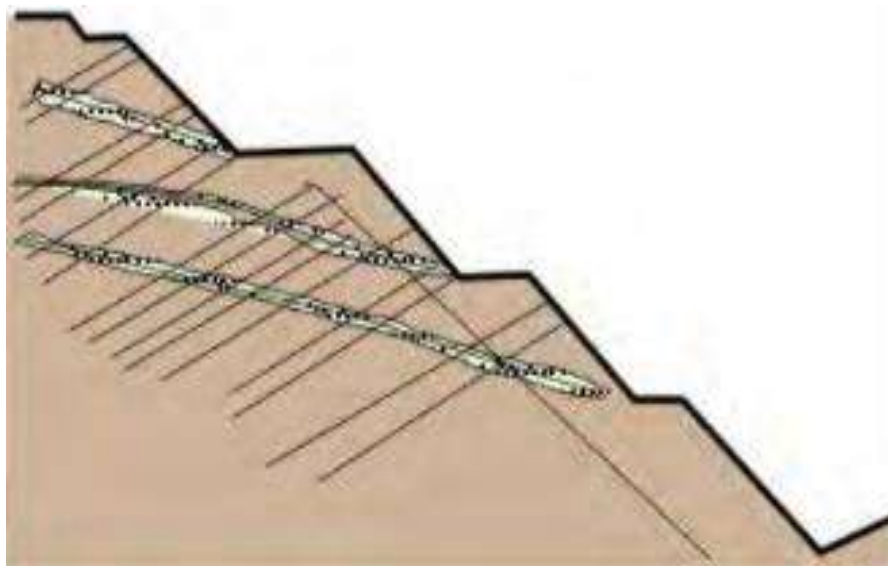


Figura 2. Esquema de drenaje de un talud por medio de drenes californianos.
Fuente: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, 2000.

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

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

ANEXO 3: FORMATO DE DESCRIPCIÓN DE SUELOS SUPERFICIALES

1) COORDENADAS: 8968054 N, 216491 E.

DESCRIPCIÓN DE FORMACIONES SUPERFICIALES													
TIPO DE FORMACIÓN SUPERFICIAL	<input type="checkbox"/>	Eluvial	<input type="checkbox"/>	Lacustre	GRANULOMETRÍA		FORMA		REDONDES		PLASTICIDAD		
	<input checked="" type="checkbox"/>	Deluvial	<input type="checkbox"/>	Marino	20	Bolos	<input checked="" type="checkbox"/>	Esférica	<input type="checkbox"/>	Redondeado	<input checked="" type="checkbox"/>	Alta plasticidad	
	<input checked="" type="checkbox"/>	Coluvial	<input type="checkbox"/>	Eólico	10	Cantos	<input type="checkbox"/>	Discoidal	<input checked="" type="checkbox"/>	Subredondeado	<input checked="" type="checkbox"/>	Med. Plástico	
	<input type="checkbox"/>	Aluvial	<input type="checkbox"/>	Orgánico	20	Gravas	<input type="checkbox"/>	Laminar	<input checked="" type="checkbox"/>	Anguloso	<input type="checkbox"/>	Baja Plasticidad	
	<input type="checkbox"/>	Fluvial	<input type="checkbox"/>	Artificial		Gránulos	<input type="checkbox"/>	Cilíndrica	<input checked="" type="checkbox"/>	Subanguloso	<input type="checkbox"/>	No plástico	
	<input type="checkbox"/>	Proluvial	<input type="checkbox"/>	Litoral	25	Arenas	<input type="checkbox"/>	Masiva	<input type="checkbox"/>	Harinoso	<input type="checkbox"/>	Materia Orgánica	Intrusivos
	<input type="checkbox"/>	Glaciar	<input type="checkbox"/>	Fluvio glacia	10	Limos	<input type="checkbox"/>	Estratificada	<input type="checkbox"/>	Arenoso	<input type="checkbox"/>	Carbonatos	Volcánicos
	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		15	Arcillas	<input type="checkbox"/>	Lenticular	<input type="checkbox"/>	Aspero	<input type="checkbox"/>	Sulfatos	Matamórficos
	COMPACIDAD												
	SUELOS FINOS			SUELOS GRUESOS								<input checked="" type="checkbox"/>	Sedimentarios
Limos y Arcillas		Arenas		Gravas		CLASIFICACIÓN TENTATIVA S.U.C.S.							
<input checked="" type="checkbox"/>	Blanda	<input type="checkbox"/>	Suelta	<input type="checkbox"/>	Suelta	SUELOS GRUESOS			SUELOS FINOS				
<input type="checkbox"/>	Compacta	<input checked="" type="checkbox"/>	Densa	<input checked="" type="checkbox"/>	Med. Consolidada	<input type="checkbox"/>	GW	<input type="checkbox"/>	GC	<input checked="" type="checkbox"/>	ML	<input type="checkbox"/>	CH
<input type="checkbox"/>	Dura	<input type="checkbox"/>	Muy Densa	<input type="checkbox"/>	Consolidada	<input checked="" type="checkbox"/>	GP	<input type="checkbox"/>	SW	<input type="checkbox"/>	CL	<input type="checkbox"/>	OH
				<input type="checkbox"/>	Muy Consolidada	<input type="checkbox"/>	GM	<input type="checkbox"/>	SP	<input type="checkbox"/>	OL	<input type="checkbox"/>	PT
						<input type="checkbox"/>	SM	<input type="checkbox"/>	SC	<input type="checkbox"/>	MH		

2) COORDENADAS: 8968617 N, 216351 E.

DESCRIPCIÓN DE FORMACIONES SUPERFICIALES													
TIPO DE FORMACIÓN SUPERFICIAL	<input type="checkbox"/>	Eluvial	<input type="checkbox"/>	Lacustre	GRANULOMETRÍA (%)		FORMA		REDONDES		PLASTICIDAD		
	<input type="checkbox"/>	Deluvial	<input type="checkbox"/>	Marino	20	Bolos	<input checked="" type="checkbox"/>	Esférica	<input checked="" type="checkbox"/>	Redondeado	<input type="checkbox"/>	Alta plasticidad	
	<input type="checkbox"/>	Coluvial	<input type="checkbox"/>	Eólico	10	Cantos	<input type="checkbox"/>	Discoidal	<input checked="" type="checkbox"/>	Subredondeado	<input type="checkbox"/>	Med. Plástico	
	<input checked="" type="checkbox"/>	Aluvial	<input type="checkbox"/>	Orgánico	20	Gravas	<input type="checkbox"/>	Laminar	<input type="checkbox"/>	Anguloso	<input checked="" type="checkbox"/>	Baja Plasticidad	
	<input type="checkbox"/>	Fluvial	<input type="checkbox"/>	Artificial	5	Gránulos	<input type="checkbox"/>	Cilíndrica	<input type="checkbox"/>	Subanguloso	<input checked="" type="checkbox"/>	No plástico	
	<input type="checkbox"/>	Proluvial	<input type="checkbox"/>	Litoral	25	Arenas	ESTRUCTURA		TEXTURA		CONTENIDO DE %		LITOLOGÍA
	<input type="checkbox"/>	Glaciar	<input type="checkbox"/>	Fluvio glacia	20	Limos	<input type="checkbox"/>	Masiva	<input checked="" type="checkbox"/>	Harinoso	<input type="checkbox"/>	Materia Orgánica	Intrusivos
	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		0	Arcillas	<input type="checkbox"/>	Estratificada	<input checked="" type="checkbox"/>	Arenoso	<input type="checkbox"/>	Carbonatos	Volcánicos
	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>	Lenticular	<input checked="" type="checkbox"/>	Aspero	<input type="checkbox"/>	Sulfatos	Matamórficos
	COMPACIDAD												
SUELOS FINOS				SUELOS GRUESOS									
Limos y Arcillas		Arenas		Gravas		CLASIFICACIÓN TENTATIVA S.U.C.S.							
<input type="checkbox"/>	Blanda	<input checked="" type="checkbox"/>	Suelta	<input checked="" type="checkbox"/>	Suelta	SUELOS GRUESOS		SUELOS FINOS					
<input checked="" type="checkbox"/>	Compacta	<input type="checkbox"/>	Densa	<input type="checkbox"/>	Med. Consolidada	<input type="checkbox"/>	GW	<input type="checkbox"/>	GC	<input type="checkbox"/>	ML	<input type="checkbox"/>	CH
<input type="checkbox"/>	Dura	<input type="checkbox"/>	Muy Densa	<input type="checkbox"/>	Consolidada	<input checked="" type="checkbox"/>	GP	<input type="checkbox"/>	SW	<input checked="" type="checkbox"/>	CL	<input type="checkbox"/>	OH
<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	Muy Consolidada	<input type="checkbox"/>	GM	<input type="checkbox"/>	SP	<input type="checkbox"/>	OL	<input type="checkbox"/>	PT
<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	SM	<input type="checkbox"/>	SC	<input type="checkbox"/>	MH	<input type="checkbox"/>	

3) COORDENADAS: 8968583 N, 216606 E

DESCRIPCIÓN DE FORMACIONES SUPERFICIALES															
TIPO DE FORMACIÓN SUPERFICIAL		Eluvial		Lacustre	GRANULOMETRÍA (%)		FORMA	REDONDES		PLASTICIDAD					
		Deluvial		Marino	25	Bolos	X	Esférica		Redondeado		Alta plasticidad			
		Coluvial		Eólico	15	Cantos		Discoidal	X	Subredondeado	X	Med. Plástico			
		Aluvial		Orgánico	20	Gravas		Laminar		Anguloso		Baja Plasticidad			
		Fluvial		Artificial	5	Gránulos		Cilíndrica	X	Subanguloso		No plástico			
							ESTRUCTURA		TEXTURA		CONTENIDO DE				
	X	Proluvial		Litoral	10	Arenas		Masiva		Harinoso		Materia Orgánica	Intrusivos		
		Glaciar		Fluvio glacia	15	Limos		Estratificada	X	Arenoso		Carbonatos	Volcánicos		
					10	Arcillas		Lenticular		Aspero		Sulfatos	Matamórficos		
	COMPACIDAD														
SUELOS FINOS				SUELOS GRUESOS											
Limos y Arcillas				Arenas		Gravas		CLASIFICACIÓN TENTATIVA S.U.C.S.							
X	Blanda	X	Suelta	X	Suelta			SUELOS GRUESOS			SUELOS FINOS				
								GW		GC	X	ML		CH	
X	Compacta	X	Densa	X	Med. Consolidada										
								X	GP		SW	X	CL		OH
	Dura		Muy Densa		Consolidada			X	GM		SP		OL		PT
					Muy Consolidada										
									SM		SC		MH		