

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7249

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL SECTOR RETAMAYOC, COMUNIDAD CAMPESINA SAN FRANCISCO DE HUACHO

Departamento Lima
Provincia Oyón
Distrito Pachangara



ABRIL
2022

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL SECTOR RETAMAYOC, COMUNIDAD CAMPESINA SAN FRANCISCO DE HUACHO

(Distrito Pachangara, provincia Oyón, departamento Lima)

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

Equipo de investigación:

Mauricio Antonio Núñez Peredo

Norma L. Sosa Senticala

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2022). "Evaluación de peligros geológicos en el sector Retamayoc, Comunidad Campesina San Francisco de Huacho". Distrito Pachangara, provincia Oyón, departamento Lima", informe técnico N°A7249, Ingemmet.41 p.

ÍNDICE

RESUMEN.....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	2
1.1. Objetivos del estudio	2
1.2. Antecedentes y trabajos anteriores	3
1.3. Aspectos generales	5
1.3.1. Ubicación.....	5
1.3.2. Accesibilidad.....	5
1.3.3. Clima	7
1.3.4. Zonificación sísmica	8
2. DEFINICIONES.....	9
3. ASPECTOS GEOLÓGICOS.....	10
2.1. Unidades litoestratigráficas	10
2.1.1. Formación Chicama	10
2.1.2. Depósitos cuaternarios.....	12
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS.....	14
4.1. Pendientes del terreno.....	14
4.2. Unidades geomorfológicas	14
4.2.1. Subunidad de montañas en rocas sedimentarias (RM-rs):.....	15
4.2.2. Subunidad de vertiente coluvio-deluvial (V-cd):.....	16
4.2.4. Subunidad de vertiente aluvio-torrencial (P-at).....	17
4.2.5. Subunidad Terraza aluvial (T-al)	18
4.2.6. Subunidad Terraza fluvial (T-al).....	18
4.2.7. Depósito antrópico (Dan).....	18
5. PELIGROS GEOLÓGICOS	19
4.1. Peligros geológicos por movimientos en masa.....	19
4.2. Deslizamiento, derrumbe-flujo en el sector de Retamayoc	19
4.2.1. Características visuales del evento.....	19
4.2.2. Análisis longitudinal del deslizamiento	28
4.2.3. Factores condicionantes.....	30
4.2.4. Factores detonantes o desencadenantes	30
4.2.5. Factores antrópicos	30
4.2.6. Daños por peligros geológicos	30
5. CONCLUSIONES.....	31
6. RECOMENDACIONES	32
7. BIBLIOGRAFÍA.....	33
ANEXO 1: MAPAS	34
ANEXO 2: MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN.....	39

RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa, realizado en el sector Retamayoc, de la Comunidad Campesina San Francisco de Huacho, que pertenecen a la jurisdicción distrital de Pachangara, provincia Oyón, departamento Lima. Con este trabajo, el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – Ingemmet, cumple con una de sus funciones que consiste en brindar asistencia técnica de calidad e información actualizada, confiable, oportuna y accesible en geología en los tres niveles de gobierno.

Las unidades litoestratigráficas que afloran en las zonas evaluadas y alrededores, son principalmente de origen sedimentario, correspondiente a la Formación Chicama, con sus miembros Cabracancha y Churín, compuesta de limoarcillitas esquistosas, intercaladas con areniscas, muy fracturadas con espaciamentos próximas entre sí (0.06 – 0.20 m), aberturas abiertas (1.0-5.0 mm) y altamente meteorizadas.

Las geoformas identificadas corresponden a montañas modeladas en rocas sedimentarias y geoformas de piedemonte (vertiente con depósitos de deslizamiento, coluvio–deluvial y aluvio torrencial) que conforman laderas de montañas con pendientes variables que van desde fuerte (15° a 25°) a muy fuerte (25° a 45°).

El 13 de diciembre del 2019, a 3.9 km al noroeste de la Comunidad Campesina San Francisco de Huacho, se presenta un proceso de movimiento en masa cuyas características de avance sugieren que se trata del inicio de un deslizamiento de tipo rotacional con las siguientes características: 2 escarpes sucesivas de 1.6 y 0.9 km de longitud y un desplazamiento horizontal de hasta 134 m hacia el suroeste. Al pie del deslizamiento, se desarrolló un movimiento complejo de tipo derrumbe-flujo, asociado al cambio litológico y de pendiente.

Se le atribuye como factor detonante, las lluvias intensas registradas en la zona, con umbrales de 39.2 mm por día, coadyuvados y sumados a ellos las características de sitio como: Substrato rocoso muy fracturado y altamente meteorizado, presencia de suelos inconsolidados de fácil erosión y remoción, laderas con pendientes muy fuertes (25°-45°) a muy escarpadas (>45°). Así como la ejecución de cortes de talud para la apertura de nuevas trochas carrozables, además de la aplicación de un sistema de riego inadecuado en la zona inestable.

La presencia de grietas de tracción, en dirección paralela a la escarpa principal, con desniveles de terreno que varían entre 0.60 a 1.10 m; así como las surgencias de agua identificados en el cuerpo del derrumbe-flujo, son evidencias de movimientos continuos y permanentes de masas hacia el valle del río Checras, con actividad progresiva hacia el noreste

Por las condiciones geológicas, geomorfológicas y dinámicas mencionadas anteriormente, el sector Retamayoc se considera como **Zona Crítica** y de **Peligro Muy Alto** a la ocurrencia de deslizamientos, derrumbes y flujos, susceptibles hacer reactivados con lluvias intensas y/o prolongadas.

Finalmente, se brinda algunas recomendaciones a fin de que las autoridades competentes pongan en práctica, como restringir el tránsito vehicular y peatonal en la zona del deslizamiento, prohibir la construcción de carreteras, caminos de herradura, viviendas u otra actividad antrópica dentro y en los alrededores del cuerpo activo del deslizamiento, entre otros.

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 las solicitudes del Gobierno Regional de Lima , según Oficio N°00024-2020-GRL/GRRNGMA/ORDC/WJJT y del ANA, según Carta N° 020-2020-ANA-AAA.CF-ALA.H; es en el marco de nuestras competencias que se realiza la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa en el sector Retamayoc, Comunidad Campesina San Francisco de Huacho.

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 durante los días 21 y 22 de febrero del presente año en coordinación con el alcalde de la Comunidad Campesina San Francisco de Huacho y el presidente del Centro Poblado de Huacho.

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 a consideración del Gobierno Regional de Lima, Autoridad Nacional del Agua 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 y caracterizar los peligros geológicos por movimientos en masa en el sector Retamayoc, Comunidad Campesina San Francisco de Huacho.
- 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° 76, Serie C, Geodinámica e Ingeniería Geológica: “Peligro Geológico en la región Lima” (Luque *et al.*, 2020). Este informe cataloga el área de estudio como una zona crítica sujeta a la erosión de laderas, deslizamientos y derrumbes. Así mismo, los autores señalan que hacia ambos márgenes del río Checras se aprecian movimientos en masa antiguos y activos, evidenciando una alta actividad geodinámica en la zona.

Así mismo, el presente boletín muestra el mapa regional de susceptibilidad por movimientos en masa, a escala 1:500 000, donde la Comunidad Campesina San Francisco de Huacho y alrededores, se localizan en zonas de susceptibilidad 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) Informe técnico N°A6640 “Peligro geológicos en el sector Gayayniyocc” (Luque & Núñez, 2013). Este informe concluye que el área de estudio es muy activa, con la presencia de deslizamientos, derrumbes, flujos de detritos (huaicos) y erosión en cárcavas. Según los autores las causas para el caso de deslizamientos fueron las filtraciones de agua provenientes de las malas técnicas de regadío (por gravedad), presencia de rocas sedimentarias muy alteradas, acciones de corte de talud de terreno y pendiente de las laderas. Las caídas, derrumbes y erosión en cárcavas suceden en materiales sueltos de laderas ubicadas en ambos márgenes.
- C) Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Oyón (22-j) – cuadrante III, (Romero & Latorre, 2003). Este estudio es el resultado obtenido de la actualización del cuadrángulo de Oyón, a escala 1:50 000, 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 una secuencia de areniscas cuarzosas, limoarcillitas, calizas y yesos de la Formación Chicama, miembros Cabracancha y Churín.
- D) Boletín N° 26, Serie A, Carta Geológica Nacional: “Geología de los cuadrángulos de Barranca, Ambar, Oyon, Huacho, Huaral y Canta” escala 1:100 000 (Cobbing, J., 1973). Describe la geología de la zona de estudio y alrededores que corresponde principalmente a rocas sedimentarias la Formación Chimú.

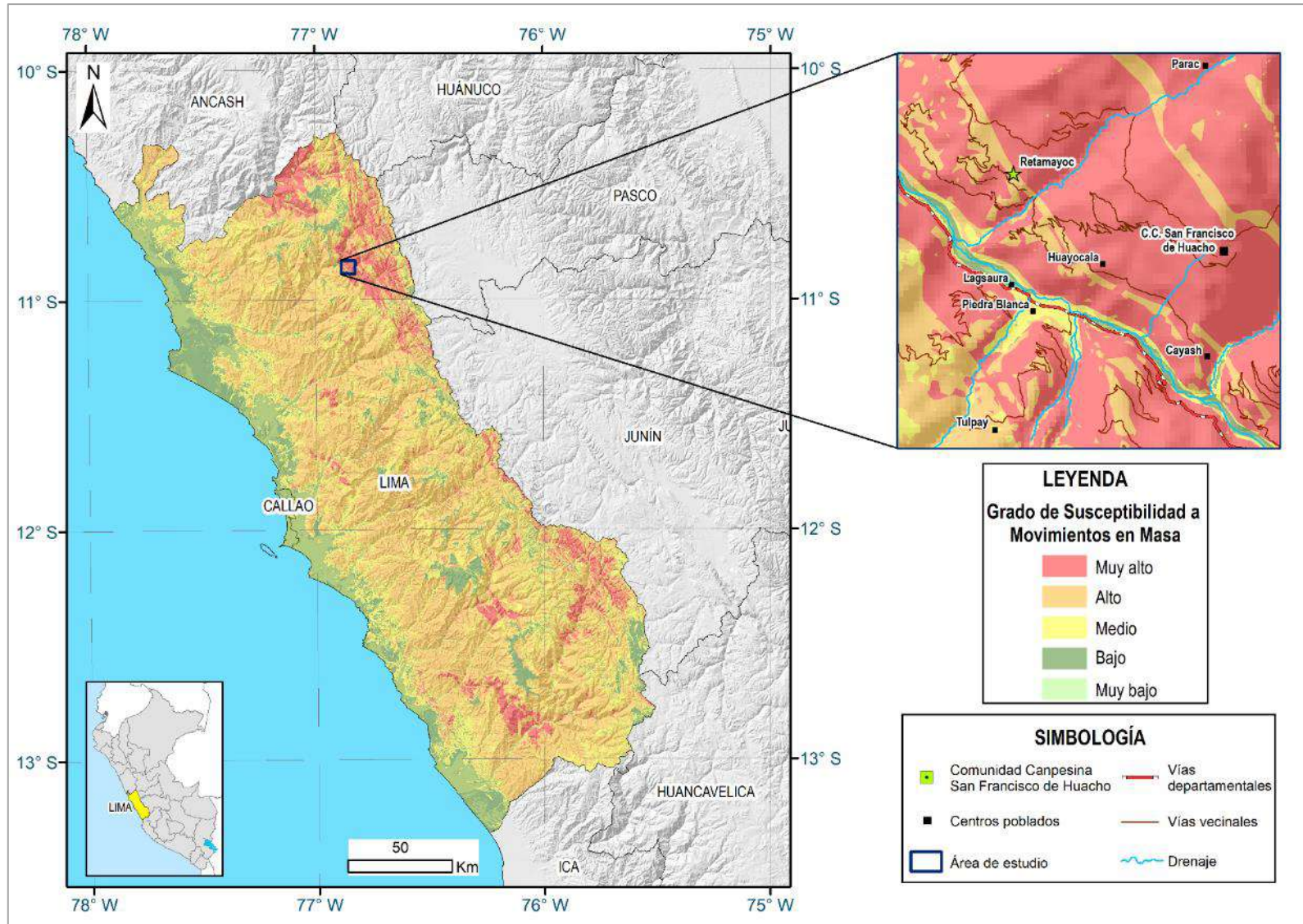


Figura 1: Susceptibilidad por movimientos en masa del sector de Retamayoc, Comunidad Campesina San Francisco de Huacho y alrededores. **Fuente:** Luque et al., 2020.

1.3. Aspectos generales

1.3.1. Ubicación

El sector Retamayoc pertenece a la Comunidad Campesina San Francisco de Huacho; localizada a 1.45 kilómetros al noreste del río Checras (margen derecha), muy cerca a la confluencia con el río Huaura, en el distrito Pachangara, provincia Oyón y departamento de Lima (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	299497.76	8801705.19	- 10.83°	- 76.83°
2	299484.68	8796592.61	- 10.88°	- 76.83°
3	293751.71	8796607.28	-10.88°	- 76.89°
4	293764.78	8801719.85	-10.83°	-76.89°
COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL				
C	295194.59	8799798.61	-10.85°	-76.87°

Según el Censo Nacional 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas, la Comunidad Campesina San Francisco de Huacho no presenta población censada y el total de viviendas (101) se encuentran desocupadas; esto como consecuencia de la migración de población rural hacia la capital del distrito (Churín) en busca de mejores condiciones de vida.

1.3.2. Accesibilidad

El acceso se realizó por vía terrestre desde la sede central de Ingemmet (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 – Chancay	Asfaltada	88.7	2 horas 10 min
Chancay - Churín	Asfaltada	130	2 horas 16 min
Churín – San Francisco de Huacho	Trocha carrozable	19.5	0 horas 46 min

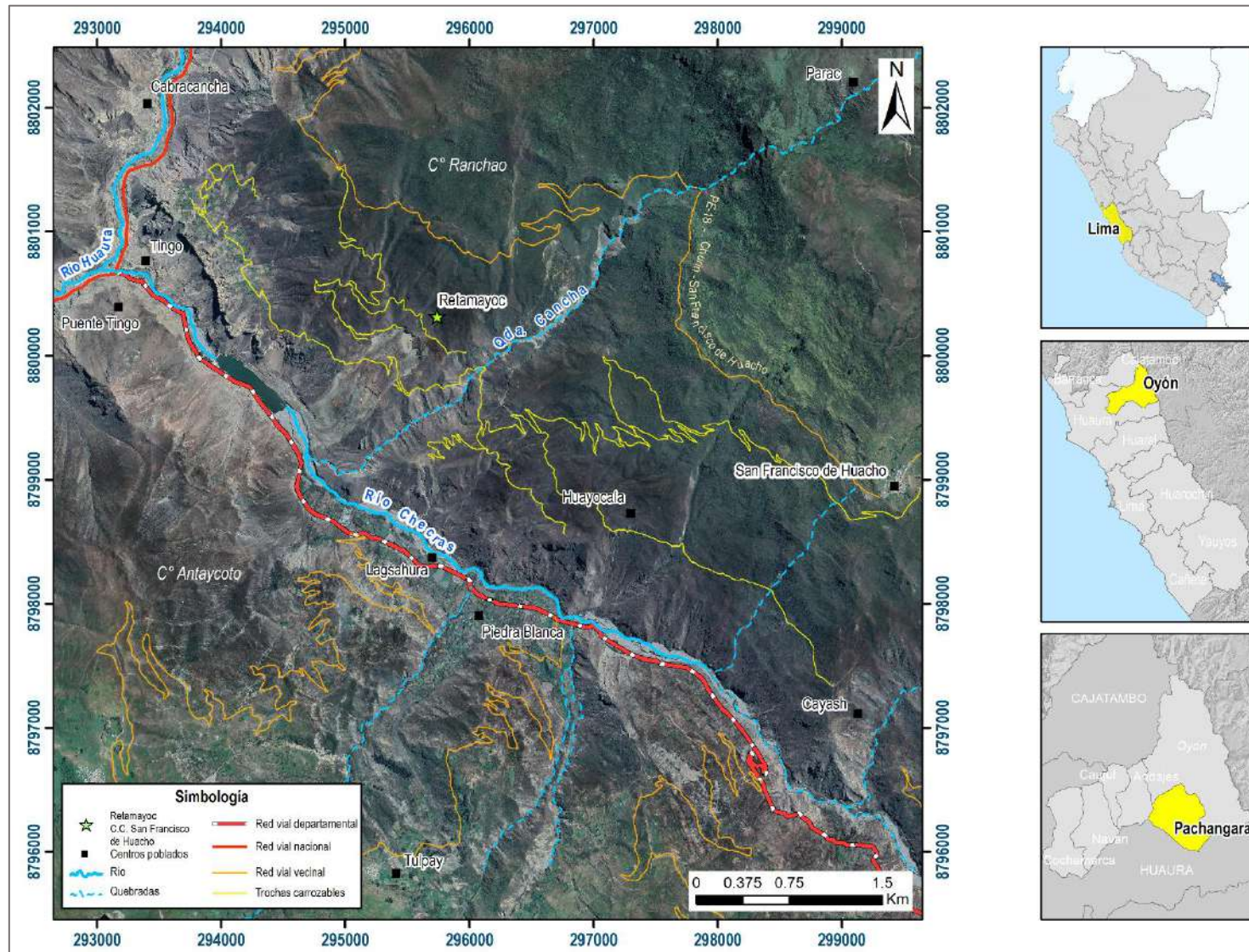


Figura 2: Ubicación del sector de Retamayoc, Comunidad Campesina de Huacho y alrededores.

1.3.3. Clima

Según la clasificación climática de Thornthwaite (SENAMHI, 2020), la Comunidad Campesina de Huacho presenta un clima semiseco y templado, con deficiencia de lluvias en otoño, invierno y primavera.

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 39.2 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 abril.

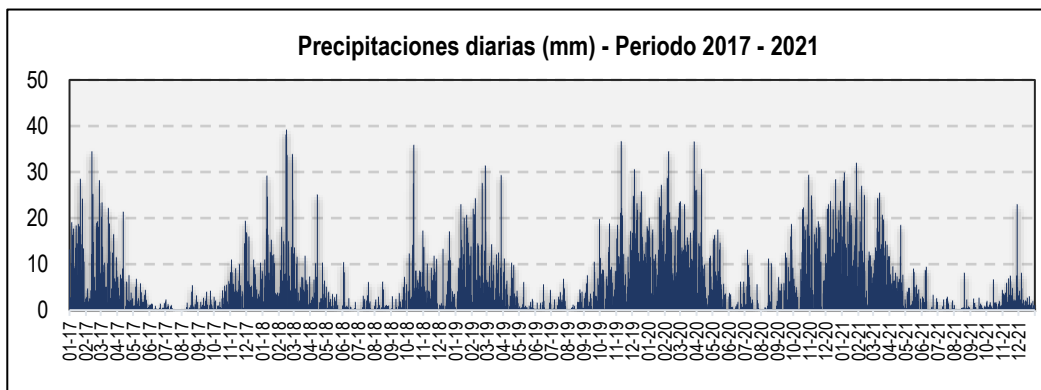


Figura 3. Precipitaciones máximas diarias en mm, distribuidas a lo largo del periodo 2017-2021. La figura permite analizar la frecuencia de las anomalías en las precipitaciones pluviales que inducen al desarrollo de la erosión del suelo. **Fuente:** Landviewer, disponible en: <https://crop-monitoring.eos.com/weather-history/field/7843417>.

La temperatura anual oscila entre un máximo de 22.0°C en verano y un mínimo de -5.0°C en invierno (figura 4). Así mismo, presenta una humedad promedio de 72.9% durante casi todo el año, (Servicio aWhere).

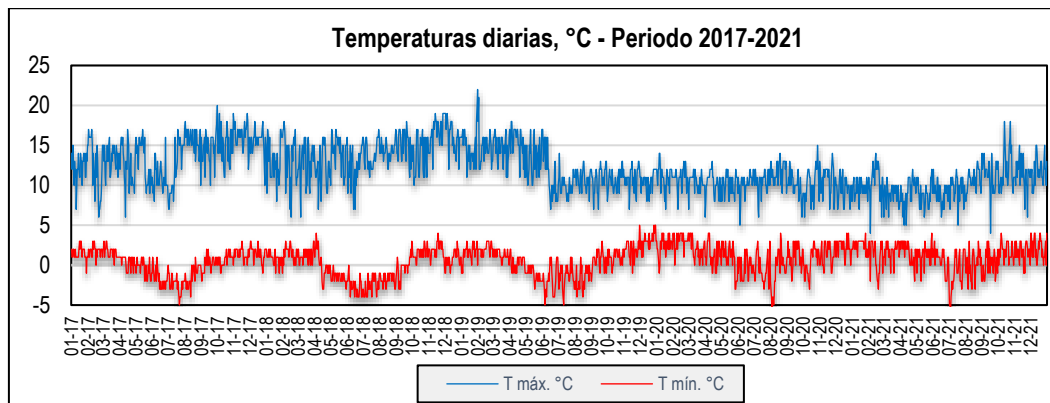


Figura 4. Temperaturas máximas y mínimas diarias, distribuidas a lo largo del periodo 2017-2021. La figura permite analizar la variedad, saltos extremos de temperatura, duración y regularidad. **Fuente:** Landviewer, disponible en: <https://crop-monitoring.eos.com/weather-history/field/7843417>.

1.3.4. Zonificación sísmica

De acuerdo a los niveles de zonificación sísmica en el Perú (figura 5); 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.

La zonificación propuesta, se basa 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. Este 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).

Cuadro 3. Factores de zona Z.

Zona	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.10

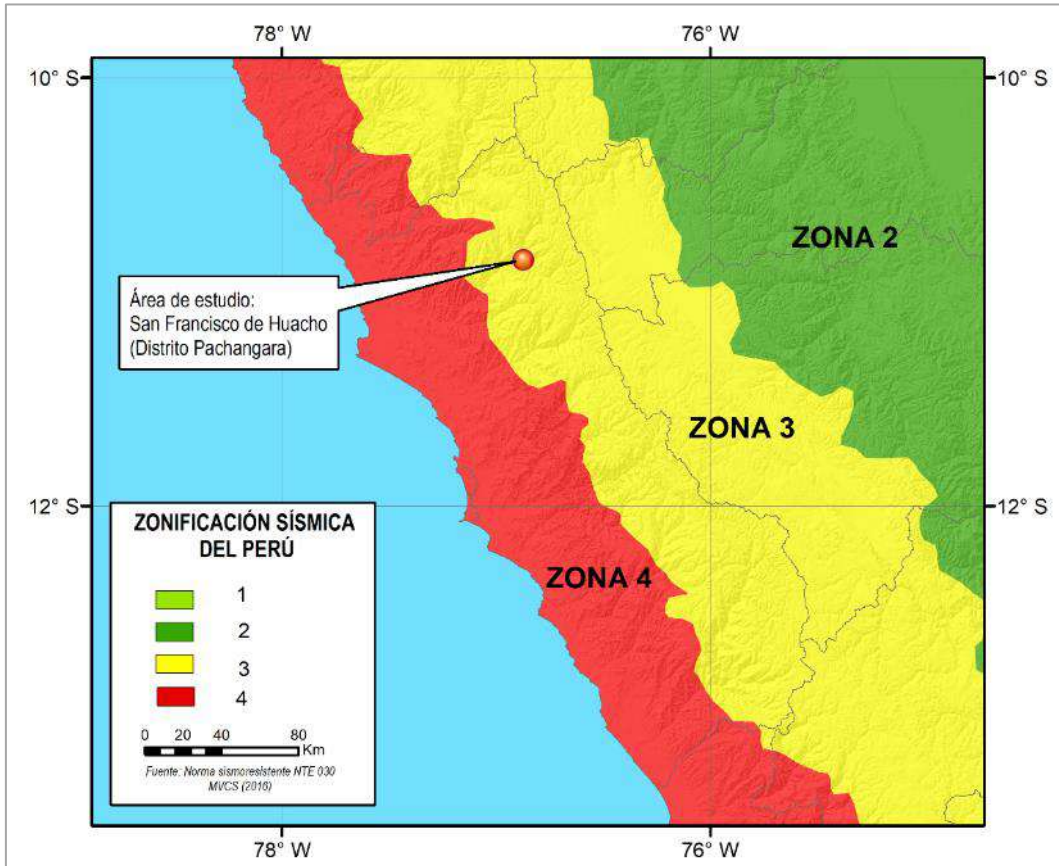


Figura 5. Zonificación sísmica del Perú. Fuente: Alva (1984).

2. 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):

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.

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 sea 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.

3. ASPECTOS GEOLÓGICOS

La geología local, se desarrolló teniendo como base los mapas geológicos de los cuadrángulos de Oyón 22j-III, a escala 1: 50,000 (Navarro, *et al.* 2013), así como la referencia de: “Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Oyón (22-j) – cuadrante III (Romero & Latorre, 2003) y el Boletín N° 26: “Geología de los cuadrángulos de Barranca, Ambar, Oyon, Huacho, Huaral y Canta” a escala 1:100 000 (Cobbing, J., 1973), 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, representado por la Formación Chicama; así como depósitos recientes coluvio-deluvial, proluvial, coluvial, aluvial, fluvial y antrópico, (anexo 1 – mapa 01).

2.1.1. Formación Chicama

Aflora extensamente en los valles de los ríos Checras y Huara. De acuerdo con Romero y Latorre (2003), esta formación puede dividirse claramente en dos miembros:

a. Miembro CabracanCHA (Js-pm3):

Corresponde a la parte inferior de la Formación Chicama. Se trata de una secuencia de aproximadamente 400 m, localizada a media ladera de ambas márgenes del Río Checras. Consiste de secuencias compuestas mayormente por areniscas cuarzosas blancas a grises, intercaladas con limoarcillitas gris oscuras a negras conteniendo delgados estratos de areniscas finas limosas, (figura 6).

Estas rocas se encuentran medianamente fracturadas F3, con espaciamiento regular entre sus fracturas (0.3 a 1.0 m). Además, se encuentran moderadamente meteorizadas A3, es decir menos de la mitad del material rocoso está descompuesto o desintegrado

b. Miembro Churín (Js-t/i4):

Corresponde a la parte superior de la Formación Chicama. Se trata de una secuencia de aproximadamente 600 m de grosor. Litológicamente está compuesta de una secuencia de limoarcillitas grises a negras, esquistas, intercaladas en estratos delgados de areniscas grises.

El substrato rocoso se encuentra muy fracturado F4, con espaciamientos próximas entre sí (0.06 – 0.20 m), aberturas abiertas (1,0-5,0 mm) y además se presentan altamente meteorizado A4 (figura 7). Estas características permiten mayor infiltración y retención de aguas subterráneas, lo que condiciona manantes o surgencias de agua identificadas en la etapa de campo.



Figura 6. Vista panorámica tomado con dirección al suroeste, donde se observa el afloramiento de la Formación Chicama, miembro Cabracancho, conformado por una secuencia de areniscas cuarzosas intercaladas con limoarcillitas (líneas punteadas en color amarillo). Estas rocas se presentan medianamente fracturadas y moderadamente meteorizadas.



Figura 7. A. Sustrato rocoso conformado por una secuencia de limoarcillitas grises a negras, esquistosas, intercaladas en estratos delgados de areniscas grises, de la Formación Chicama, miembro Churín. **B.** Detalle de las limoarcillitas grises las cuales se encuentran muy fracturadas, con espaciamentos próximas entre sí (0.06 – 0.20 m), aberturas abiertas (1,0-5,0 mm) y además se presentan altamente meteorizado.

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.



Figura 8. Material de depósito coluvio-deluvial compuestos por fragmentos de roca angulosos a subangulosos de tamaños variables (0.04 a 0.07), envueltos en una matriz limo-arcillosos.

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. Sus 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.

c. Depósito coluvial (Q-cl):

Son depósitos inconsolidados, compuestos por fragmentos de roca angulosos de tamaños variables y de naturaleza litológica homogénea. Presentan nula o poca compactación y se encuentran acumulados al pie de taludes escarpados.

d. Depósito aluvial (Q-al):

Son depósitos semi-consolidados, estos últimos por acumulación de material transportado por el río Checras. 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.

e. Depósito fluvial (Q-fl):

Conformados por gravas y arenas mal seleccionadas en matriz areno-limosa. Se le puede apreciar en el curso principal del río Checras, formando parte de la llanura de inundación, así como de terrazas fluviales (figura 10, fotografía 3). Su granulometría está compuesta por bloques (10%), gravas (30%), arenas (45%) y limos (15%).

f. 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 depositación ante la construcción de terraplenes originado por los trabajos de excavación de un túnel ejecutados por la empresa SN POWER CHEVES, (figura 9).



Figura 9. Vista del fondo del valle del Río Checras, en la cual se puede distinguir hasta 3 depósitos cuaternarios. Los depósitos fluviales (Q-fl) conformados por gravas y arenas mal seleccionadas en una matriz areno-limosa; por encima, los depósitos aluviales (Q-al) semi-consolidados resultado de la acumulación de material transportado por el río y depósitos antropógenos (Q-an), originado por la acción del hombre en la construcción de terraplenes.

4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

4.1. 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 sector Retamayoc de la Comunidad Campesina San Francisco de Huacho, se localizan en laderas de montañas cuyos rangos de pendientes van desde fuerte (15° a 25°) a muy fuerte (25° a 45°). 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°-1°	Llano (0.04%)	Son terrenos llanos cubiertos por depósitos cuaternarios que se distribuyen principalmente a lo largo de terrazas aluviales.
1°a 5°	Inclinación suave (1.07%)	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 Checras.
5°a 15°	Moderado (10.82%)	Terrenos con moderada pendiente, se ubican principalmente al pie de las laderas de montañas sedimentarias, quebradas y fondo de valles.
15°a 25°	Fuerte (29.47%)	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.
25°a 45°	Muy Fuerte (54.81%)	Ocupan áreas muy grandes. Se encuentran en laderas de montañas y márgenes del río Checras. En este rango de pendiente, generalmente se registran procesos de derrumbes y deslizamientos.
>45°	Muy escarpado (3.79%)	Ocupa áreas muy reducidas, distribuidas a lo largo de laderas.

4.2. 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).

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

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).

4.2.1. 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 Chicama. Las montañas cubren gran parte de la zona de estudio, cuyas laderas de pendientes fuerte a muy fuerte varían de 15° a 45°. En la parte alta son disectados por una red de drenaje dendrítica, resaltando principalmente la quebrada Cancha. El sector Retamayoc, se encuentra rodeado por estos lineamientos montañosos (Figura 10).

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



Figura 10. Vista de la subunidad de montañas modeladas en rocas sedimentarias (RM-rs), cuyas laderas presentan pendientes de fuerte a muy fuerte (15°-45°) y disectada por la quebrada Cancha.

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:

4.2.2. 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 derrumbes y deslizamientos.

Compuestos principalmente por fragmentos líticos de limoarcillitas y areniscas con diámetros que varían de 0.045 m a 0.07 m, angulosos a subangulosos envueltos en una matriz de limos y arcillas. Estas geoformas se encuentran ampliamente desarrolladas en las laderas de ambos márgenes del río Checras, con pendientes predominantes de muy fuerte a muy escarpado (25° - $>45^\circ$) y fáciles de remover.

4.2.3. 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 11).

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



Figura 11. Vista de las subunidades de vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd) ubicado frente al sector de Retamayoc y la subunidad coluvio-deluvial (V-cd) ubicado al pie de ladera de montañas sedimentarias.

4.2.4. 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 12).

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 12. 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 Checras.

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.

4.2.5. 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 Checras. 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 13).

4.2.6. Subunidad Terraza fluvial (T-fl)

Depósitos dejados por las corrientes actuales de los ríos cuando disminuyen la pendiente y la capacidad de carga de sedimentos. Litológicamente está compuesto por fragmentos rocosos heterogéneos (bolos, cantos gravas, arenas, etc.) que son transportados por la corriente del río Checras a grandes distancias, se depositan formando terrazas bajas, también conformando la llanura de inundación o el lecho de los ríos.



Figura 13. Vista del valle del río Checras, donde se puede distinguir las subunidades de terrazas fluvial y aluvial con pendientes ligeramente inclinado (1° a 5°) y sobre la cual se desarrolla actividad agrícola. A sus flancos se puede apreciar laderas de fuerte pendiente con depósitos coluvio-deluviales producto de movimientos de ladera.

D) Geformas particulares

4.2.7. Depósito antrópico (Dan)

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

5. PELIGROS GEOLÓGICOS

Los peligros geológicos identificados en el sector Retamayoc 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

Los depósitos de movimientos en masa evidencian la geodinámica de la zona en el pasado y están claramente diferenciables en el área de estudio.

Para Luque & Nuñez (2013) el área presenta grandes depósitos de movimientos en masa antiguos-prehistóricos (deslizamientos y flujos) en ambas márgenes del río Checras. Además, los autores reconocen cicatrices de escarpas de deslizamientos antiguos y zonas de arranque asociados a depósitos de caídas de rocas y derrumbes.

En este sentido, la caracterización de estos eventos, se realizó en base a la información obtenida durante los trabajos de campo, donde se identificaron los tipos de movimientos en masa a través del cartografiado geológico y geodinámico, basado en la observación y descripción morfométrica in situ; de igual modo se tomó datos GPS, fotografías a nivel de terreno y levantamiento fotogramétrico con dron, a partir del cual se obtuvo un modelo digital de terreno y un ortomosaico con una resolución de 0.20 y 0.10 cm/pixel respectivamente, complementada con el análisis de imágenes satelitales.

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

4.2. Deslizamiento, derrumbe-flujo en el sector de Retamayoc

De acuerdo con versiones de los pobladores, el 13 de diciembre del 2019, se inició un movimiento en masa (deslizamiento, derrumbe-flujo) en el sector denominado Retamayoc, ubicado a 3.9 km al noroeste de la Comunidad Campesina San Francisco de Huacho y a 1.3 km al este de la hidroeléctrica de Statkraft.

El evento generó la destrucción de tres tramos de trocha carrozables las cuales pasaban por el cuerpo del deslizamiento, destruyó cultivos de paltas, duraznos, damasco y terrenos de alfalfa. Así mismo afectó tuberías de riego y podría afectar a nuevos tramos de carretera aperturados después del evento.

4.2.1. Características visuales del evento

Las características de avance sugieren que se trata, en un inicio, de un deslizamiento de tipo rotacional, caracterizada por un escarpe principal de forma muy irregular y continua y el cual se comporta como un derrumbe-flujo al pie del deslizamiento.

El deslizamiento presenta dos escarpas sucesivas; el primero y principal (E1), se muestra de forma irregular y continua con una longitud de escarpa de 1.6 km y saltos verticales que varían de 6 a 10 m. La escarpa secundaria (E2) es de forma irregular y discontinua con una longitud de 0.9 km y saltos verticales que varían entre 7 y 12 m., (figuras 14 y 15).

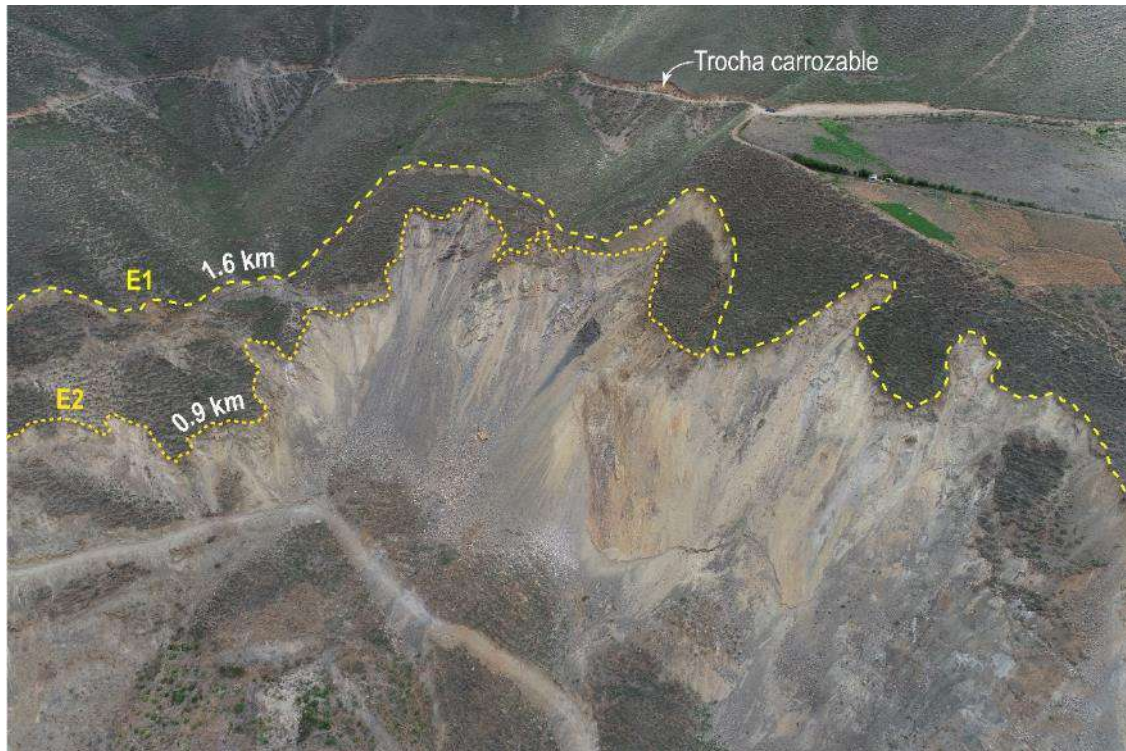


Figura 14. Vista de escarpes sucesivas E1 (principal) y E2 (secundaria) de forma muy irregular y continua, con longitud de escarpa de 1.6 km y 0.9 km.



Figura 15. Vista en la cual se observa los saltos verticales tanto de las escarpas principal y secundaria del deslizamiento ocurrido el 13 de diciembre del 2019, en el sector Retamayoc.

La masa deslizada (con dirección preferente al suroeste), empieza desde los 2670 m. con un ancho promedio de 390 m y una longitud de aproximadamente 500 m; se moviliza en una ladera de pendiente variable de 15° a 35°, (**figura 16**). El movimiento involucra un desplazamiento vertical de 80 m de suelos de tipo graba arcillo-limoso, producto de la meteorización de rocas sedimentarias (Formación Chicama – miembro Churín) removidos por el deslizamiento.

La superficie de falla es rotacional y la velocidad de movimiento es lento. La distribución o actividad es retrogresivo, cuyas grietas trasversales presentan longitudes que varían entre 5 a 100 m; aperturas que en algunos casos alcanza hasta los 22 cm y profundidades visibles que varían entre los 0.7 a 1.5 m. Además, se puede distinguir grietas longitudinales con aperturas de 0.05 a 0.08 m, con dirección al río Checras.

La evidencia más clara del movimiento, son los vestigios de trocha carrozable observados en el cuerpo del deslizamiento, los cuales registran desplazamientos de hasta 134m hacia el suroeste y asentamientos que varían entre 8 a 10 m, (figura 17).

Según versión del alcalde del Centro Poblado San Francisco de Huacho, estas trochas datan de 10 a 12 años de antigüedad, las cuales fueron construidas por la misma comunidad para ser utilizadas como vías rápidas entre Churín y el Centro Poblado de Huacho.

Al realizar una comparación multitemporal de tres imágenes satelitales (febrero y junio del 2019, mayo 2021) y el ortomosaico actual obtenido mediante sobrevuelos de dron (febrero 2022), se puede distinguir que el área es afectada por constantes cortes de talud, con las siguientes características:

- Entre febrero y junio del 2019, se puede distingue un nuevo tramo de carretera de 425 m lineales.
- Para junio del 2019 y mayo del 2021 (después del evento) se vuelve aperturar un nuevo tramo de carretera de 820 m lineales.
- Por último, entre mayo del 2021 y febrero del 2022 se puede apreciar un nuevo tramo aperturado de 483 m lineales en el mismo cuerpo del deslizamiento.

De este último análisis, se puede contabilizar que el evento del 13 de diciembre del 2019 destruyó un total de 1.79 km lineales de trocha carrozable, (figura 18).

Así mismo, hacia la corona del deslizamiento se puede visualizar grietas de tracción, en dirección paralela a la escarpa principal, con saltos verticales entre 0.60 a 1.10 m, cubiertos por la vegetación (figura 19).

Todos estos rasgos observados en campo son indicativos que la masa deslizada sigue moviéndose hacia el valle del río Chacras como un movimiento activo y latente, con actividad progresiva hacia el noreste. Si bien es cierto el movimiento es de velocidad lenta, pero las lluvias intensas y/o prolongadas; así como la infiltración de las aguas puede acelerar el proceso.



Figura 16. Características visuales y dimensiones del proceso de deslizamiento que afectó el sector Retamayoc de la Comunidad Campesina San Francisco de Huacho.



Figura 17. Vestigios de la trocha carrozable (flechas blancas) evidenciados en el cuerpo del deslizamiento. A. Presenta la destrucción de 215 m lineales de trocha carrozable. B. Muestra la destrucción de 135 m líneas de trocha.

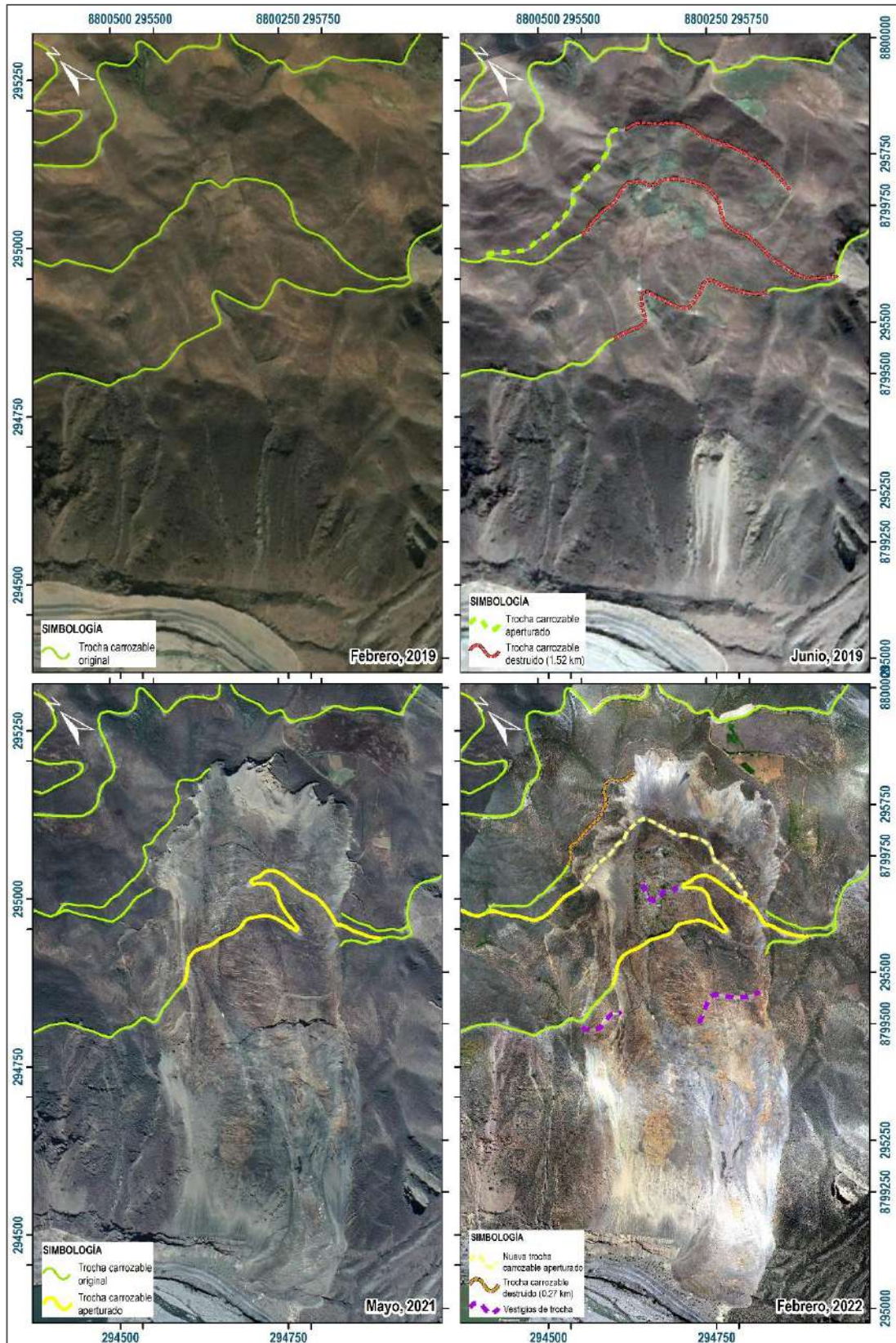


Figura 18. Vista de 4 imágenes multitemporales antes del evento (febrero y junio del 2019) y postevento (mayo 2021 y febrero 2022), en la cual se observa la destrucción de 3 tramos de trocha carrozable (1.79 km) y la construcción de nuevos tramos de carretera en el cuerpo del deslizamiento activo.



Figura 19. Vista de grietas de tracción paralelas a la corona del deslizamiento, con saltos verticales de 0.90 m a 1.1 m, que evidencian el avance retrogresivo del deslizamiento.

Al pie del deslizamiento, como consecuencia del cambio litológico (areniscas cuarzosas de la Formación Chicama – miembro Cabracancha), el cambio brusco de pendiente (que pasa de pendiente fuerte (15°-25°) a pendiente muy escarpada (>45°) y el agua que se filtró de la parte superior del area inestable (evidenciado por dos filtraciones de agua) se generó un proceso de movimiento en masa complejo denominado como derrumbe-flujo.

El derrumbe nace sobre los 2565 m. con una longitud y una altura de arranque de 540 m y 478 m respectivamente (figura 20). El tipo de rotura es planar y la forma de arranque es irregular y discontinua. La disposición del depósito se da en forma de canchales con la dirección de movimiento de suroeste, hacia el río Checras.

Por otro lado, el flujo de tierra empieza sobre los 2460 m, y en mayor porcentaje desde los 2364 m, debido a dos surgencias de agua (SA), (cuadro 5, figura 21) evidentemente controlados por el fracturamiento de la roca y cambio litológico (cobertura de depósitos superficiales), saturado eventualmente por aguas provenientes del riego de cultivos de las partes más altas.

Cuadro 5. Ocurrencias de surgencias de agua registradas en campo.

N°	COORDENADAS UTM			Ocurrencias
	Norte	Este	Cota	
SA 1	8799516	295005	2205	Surgencia de agua
SA 2	8799502	295049	2225	Surgencia de agua



Figura 20. Características visuales y dimensiones del proceso de derrumbe que afectó el sector Retamayoc de la Comunidad Campesina San Francisco de Huacho.

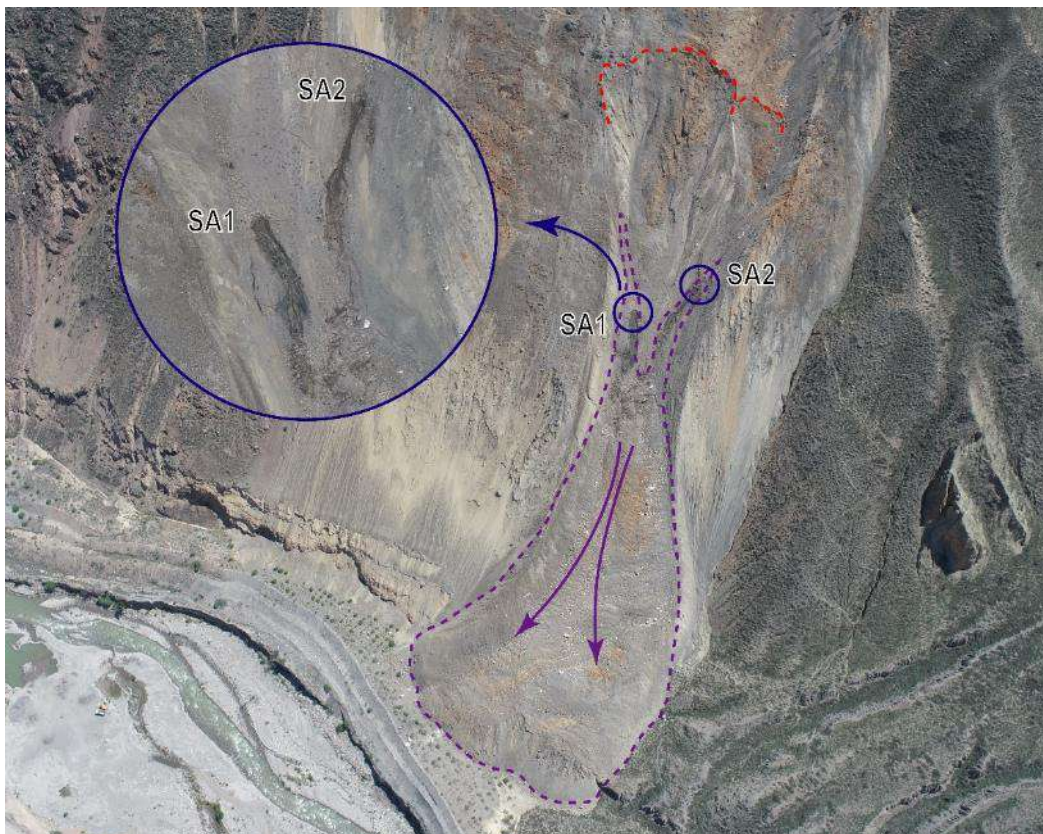


Figura 21. Características visuales del flujo, condicionado por dos surgencias de agua evidentemente controlados por el fracturamiento de la roca y cambio litológico. Las características más resaltadas del depósito son: Forma de cono/abanico, abarca un área de 0.035 km² y una altura de 356 m, compuesto principalmente de material fino (>50%), homogéneo y la afectación de 0.58 ha de cultivo.

Sin embargo, las surgencias de agua también podrían estar condicionadas por tuberías de irrigación que pasan por debajo de la trocha por encima de la corona del deslizamiento, (fotografía 1).



Fotografía 1. Tuberías de irrigación que pasan por encima de la corona del deslizamiento.

Por último, es importante destacar que, después del evento del 2019, se está volviendo a desarrollando la actividad agrícola en la zona, esto evidenciado por las plantaciones de palta que se disponen en el cuerpo del deslizamiento, y la instalación de tuberías para el riego de estas, (fotografía 2).



Fotografía 2: Se observa el desarrollo de la actividad agrícola después del evento del 13 de diciembre del 2019.

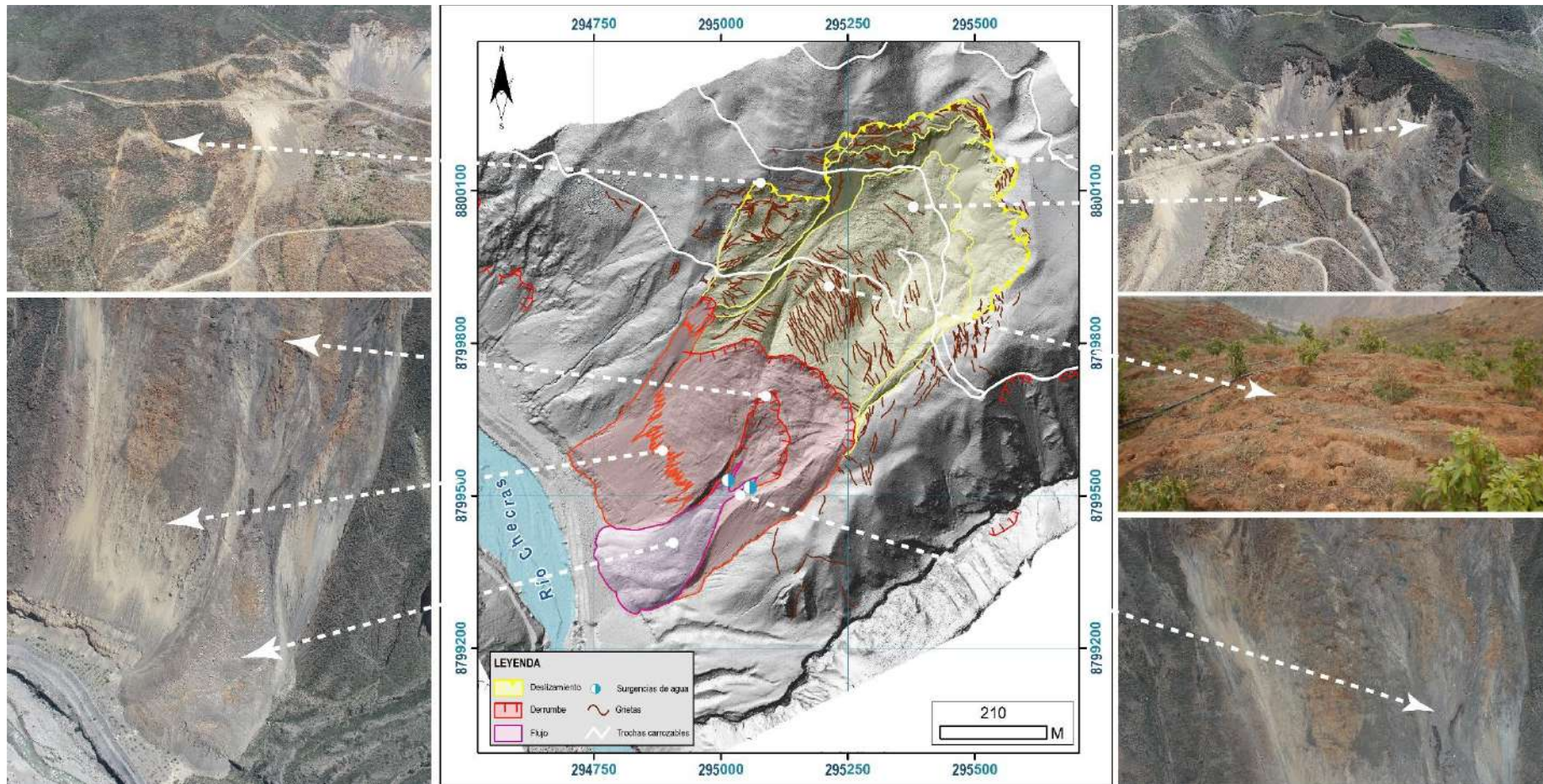


Figura 22. Cartografiado de procesos geológicos del sector de Retamayoc, Comunidad Campesina de Huacho.

4.2.2. Análisis longitudinal del deslizamiento

Con el MDT (Modelo Digital del Terreno) de resolución 0.20 m/px, obtenido mediante levantamiento fotogramétrico aéreo con dron, en el sector Retamayoc, se ha realizado dos perfil transversales (figura 23), sobre el cual se realiza un análisis del relieve del terreno antiguo (2019) con el relieve post evento (2022), destacado las siguientes características:

- En el perfil A-A´ muestra el proceso del movimiento en masa que se inicia en el escarpe principal del deslizamiento a los 2750 m. hasta los 2670 m., seguido por una zona de acumulación hasta la base del evento, donde inicia el derrumbe a los 2565 m, condicionado principalmente por el cambio litológico y de pendiente.
- En el perfil B-B´ muestra el proceso del movimiento en masa que se inicia en el escarpe principal del deslizamiento a los 2650 m. hasta los 2560 m., seguido por una zona de acumulación hasta la base del evento, donde inicia el derrumbe a los 2545 m.

A diferencia del primer perfil, se observa que a los 2460 m. se inicia un proceso de flujo que se hace más evidente a los 2364 m s.n.m. Como evidencia de ello se observó dos surgencias de agua infiltradas de la parte superior del área inestable. De manera que el efecto del agua infiltrada se combinó desfavorablemente con las propiedades físico mecánicas de los materiales cuaternarios (de naturaleza poco consolidado) y la pendiente de la ladera que en este caso se encuentra de muy fuerte (25° a 45°) a muy escarpada (>45°).

- Las evidencias de grietas de tracción encima de la corona del deslizamiento son indicativos que el proceso de movimiento en masa aún se encuentra activo y latente, con actividad progresiva hacia el noreste.

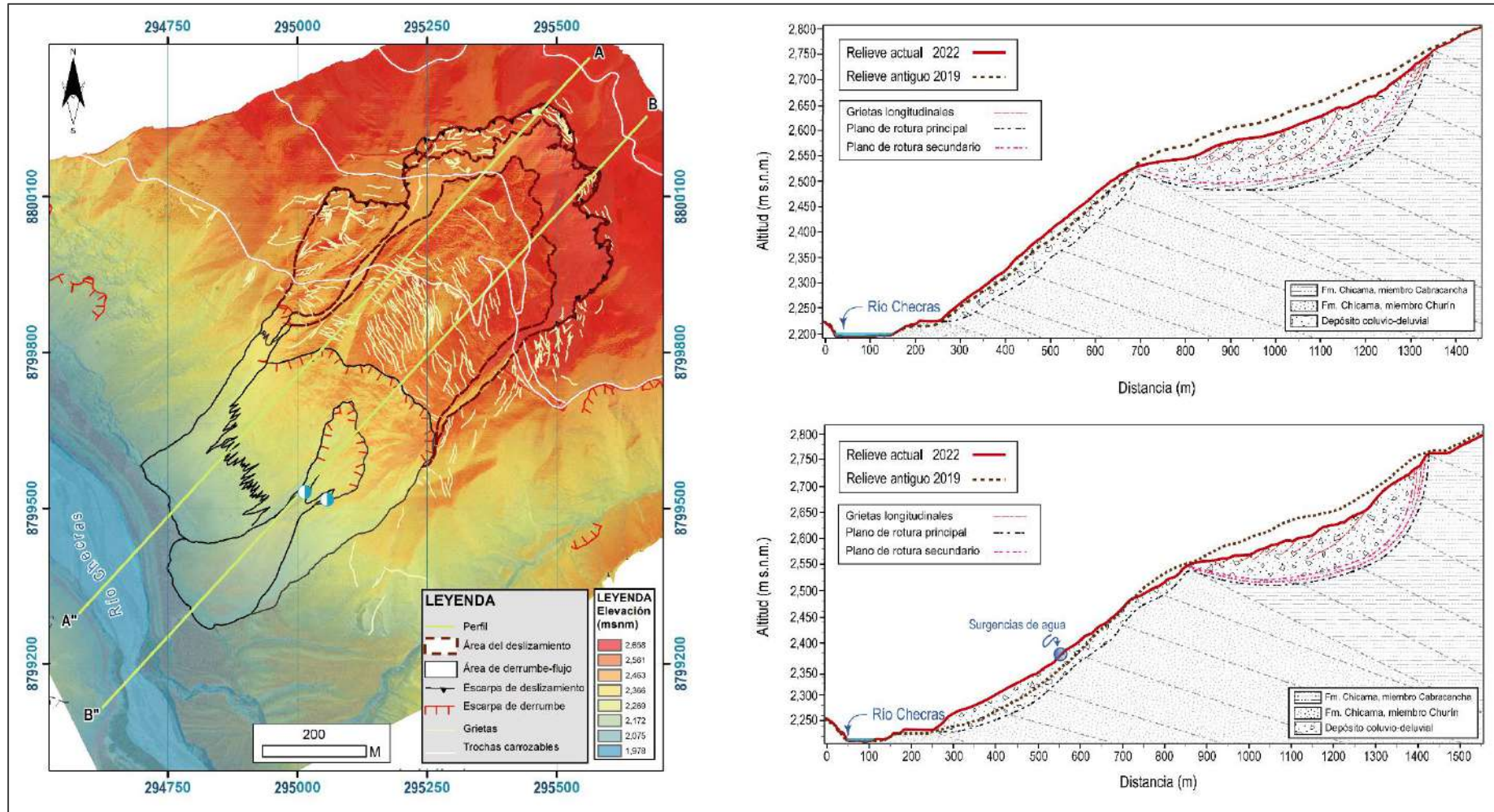


Figura 23. Perfiles longitudinales A-A' y B-B' donde se hace una comparación del relieve del año 2019 con imágenes post evento (2022).

4.2.3. Factores condicionantes

Factor litológico-estructural

- Substrato rocoso compuesto de limoarcillitas esquistosas, intercaladas en estratos delgados de areniscas, muy fracturadas y altamente meteorizadas, lo que permite mayor infiltración y retención de agua de lluvia al terreno, originando inestabilidad en las laderas.
- Suelos inconsolidados (depósitos coluvio-deluviales), desarrolladas en las laderas de ambas márgenes del río Checras, compuestos principalmente por fragmentos líticos de limoarcillitas y areniscas con diámetros que varían de 0.045 a 0.07 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

- Presencia de montañas modeladas en rocas sedimentarias, cuyas laderas presentan pendientes fuertes (15°-25°) a muy fuertes (25°-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.

4.2.4. Factores detonantes o desencadenantes

- PRECIPITACIONES: Intensas precipitaciones pluviales y/o excepcionales, principalmente entre los meses de diciembre a abril, que en el periodo 2017-2021 fue de un máximo 39.2 mm
- SISMOS: La presencia de sismos de gran magnitud, que según el Mapa de distribución de Máximas Intensidades Sísmicas (Alva & Meneses, 1984), el área de estudio se encuentra ubicada en la zona 3 que corresponde a sismicidad alta.

4.2.5. Factores antrópicos

- Cortes de talud para la apertura de nuevas trochas carrozables.
- Mal sistema de riego en la zona inestable que saturan los suelos.

4.2.6. Daños por peligros geológicos

- Destruyó tres tramos de la trocha carrozable con un total de 1.79 km lineales; así mismo, podría afectar nuevos trazos construidos después del evento del 13 de diciembre del 2019.
- Destruyó 02 viviendas (ubicadas en el cuerpo del deslizamiento).
- Destruyó cultivos de frutales (palta, durazno, damasco, así como terrenos de alfalfa), en un aproximado de 21 ha.
- Afectó tubería de riego (500 m aproximadamente).

5. CONCLUSIONES

- 1) El deslizamiento ocurrió el 13 de diciembre del 2019 en el sector Retamayoc de la Comunidad Campesina San Francisco de Huacho, es de tipo rotacional, con 2 escarpes sucesivas de 1.6 km y 0.9 km, desplazamientos verticales entre 6 m a 12 m y desplazamiento horizontal de hasta 134 m hacia el suroeste.
- 2) Al pie del deslizamiento, como consecuencia del cambio litológico y el cambio brusco de pendiente, se generó un derrumbe-flujo condicionado por el agua que se filtró de la parte superior del área inestable.
- 3) La ocurrencia de grietas de tracción en dirección paralela a la escarpa principal, con desniveles de terreno que varían entre 0.60 a 1.10 m; así como, las surgencias de agua identificados en el cuerpo del derrumbe-flujo, son indicativos que la masa sigue moviéndose hacia el valle del río Checras como un movimiento activo y latente, con actividad progresiva hacia el noreste.
- 4) El deslizamiento generó la destrucción de tres tramos de trocha carrozables las cuales pasaban por el cuerpo del deslizamiento, así como cultivos de paltas, duraznos, damasco y terrenos de alfalfa. Así mismo afectó tuberías de riego y podría afectar a los nuevos tramos de carretera aperturados después del evento.
- 5) La ocurrencia de peligros geológicos por movimientos en masa en la zona evaluada está condicionada por los siguientes factores:
 - Substrato rocoso compuesto de limoarcillitas esquistosas, intercaladas con areniscas, muy fracturadas y altamente meteorizadas, que permiten mayor infiltración y retención de agua de lluvia al terreno, originando inestabilidad en las laderas.
 - Presencia de suelos inconsolidados (depósitos coluvio-deluviales), adosados a las laderas de las montañas.
 - Laderas con pendientes fuertes (15°-25°) a muy fuertes (25°-45°).
 - Acción de las aguas de escorrentía que saturan el terreno.
 - Cortes de talud para aperturar nuevos trazos de carreteras.
- 6) El factor desencadenante para la ocurrencia de movimientos en masa en el sector Retamayoc, se atribuye a las lluvias intensas y/o excepcionales registradas en los meses de diciembre a abril con umbrales de 39.2 mm por día y la actividad sísmica.
- 7) Debido a las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas, el sector, es considerado como **zona crítica** y de **peligro Muy Alto** a la ocurrencia de deslizamientos, derrumbes y flujos, que pueden ser desencadenados en temporada de lluvias intensas.

6. RECOMENDACIONES

- 1) Restringir el tránsito vehicular y peatonal en la zona del deslizamiento, señalizando con letreros preventivos.
- 2) **Prohibir** la construcción de carreteras, caminos de herradura, viviendas u otra actividad antrópica dentro y en los alrededores del cuerpo del deslizamiento. Para las vías actuales que se encuentran en el cuerpo del deslizamiento se debe cambiar el trazo.
- 3) Las autoridades competentes deben promover la construcción de zanjas de coronación por encima del escarpe principal, con el fin de que no continúe el desplazamiento de masa. Ver anexo 2: Medidas de mitigación para deslizamientos y derrumbes.
- 4) Cambiar el tipo de cultivos en parte del deslizamiento y alrededores, que no requieran riego, para evitar la saturación del suelo. Tienen que ser coordinados con el Ministerio de Agricultura.
- 5) Los canales de riego deben de ser permeabilizados y canalizados hacia el río Checras. Para lo cual deben usar tuberías de PVC o mangueras.
- 6) Implementar un Sistema de Alerta Temprana (SAT) para monitorear el deslizamiento del sector de Retamayoc. Dicha implementación debe tener en cuenta la instalación de puntos de control geodésico, con el objetivo de tener avisos oportunos ante la ocurrencia de nuevos movimientos en masa como deslizamientos y derrumbes, estos trabajos deben de ser realizados por especialistas.
- 7) Realizar charlas de sensibilización y concientización del peligro y riesgo al que se encuentran expuestos la Comunidad Campesina San Francisco de Huacho y alrededores.
- 8) Las medidas correctivas deben implementarse, con la finalidad de reducir los efectos del deslizamiento.



Ing. NORMA LUZ SOSA SENTICALA
Especialista en Peligros
Geológicos
INGEMMET



Ing. LIONEL V. FIDEL SMÖLL
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

Cobbing, J.; (1973)- Geología de los cuadrángulos de Barranca, Ambar, Oyon, Huacho, Huaral y Canta. Servicio de Geología y Minería. Boletín N°26, 171p. Disponible en: <https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/144>.

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/Lib1541/index.htm.

Luque, G.; Rosado, M.; Pari, W.; Peña, F. & Huamán, M. (2020) - Peligro geológico en la región Lima. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica, 76, 298 p., 9 mapas.

Luque, G. & Núñez, S. (2013) – Peligro geológico en el Sector Gayayniyocc. Distrito Pachangara, provincia Oyón, región Lima. Lima: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, Informe Técnico A6640, 22 p. Disponible en: <https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/1679>.

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.

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.

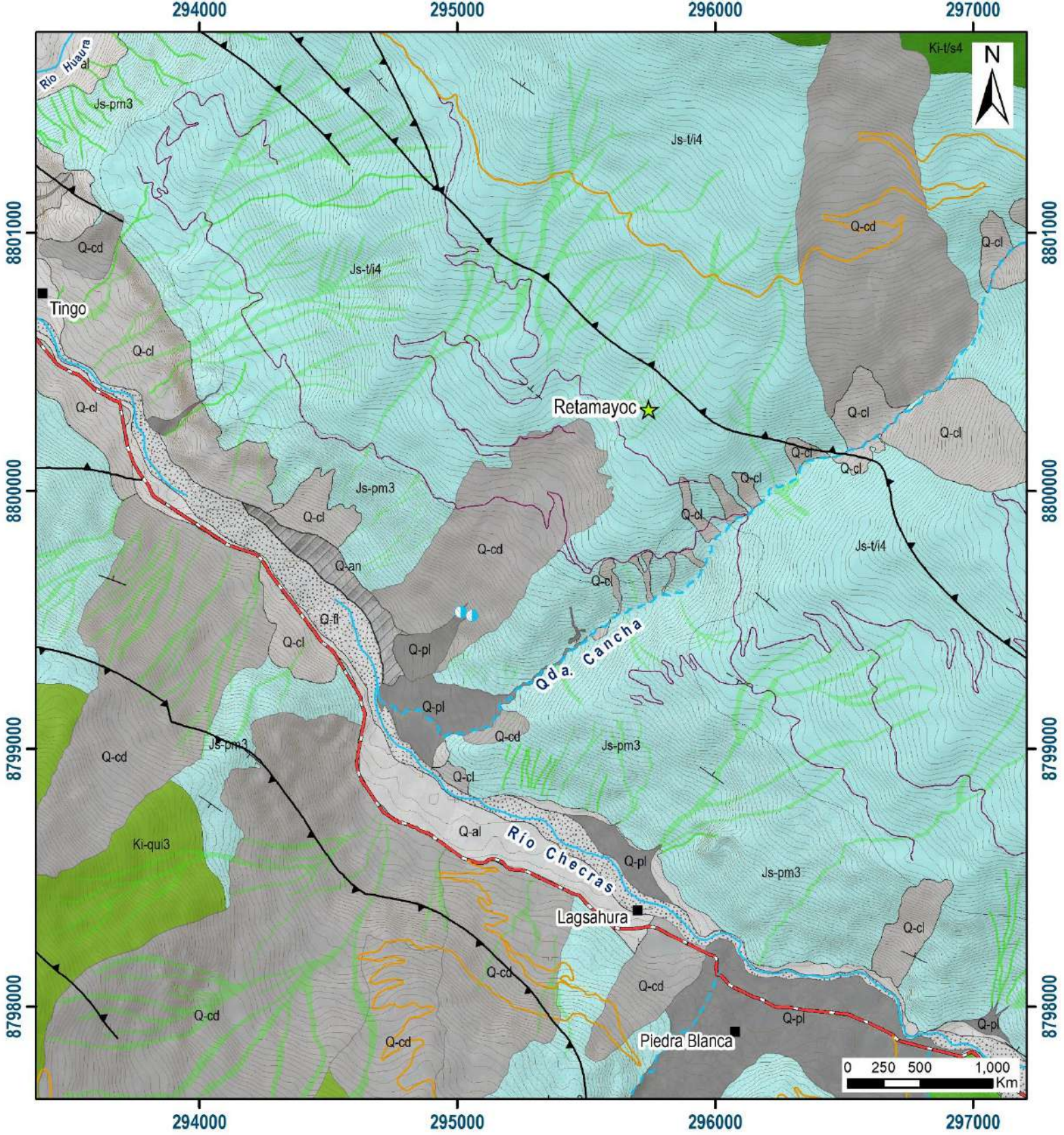
Romero, D. & Latorre, O., (2003). Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Oyón (22-j) – Cuadrante III. Escala 1/50 000. Ingemmet. Lima, Perú.

Disponible en: <https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/2167>.

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>.

Villota, H. (2005) - Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de tierras. 2. ed. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 210 p.

ANEXO 1: MAPAS



LEYENDA	
	Depósito antrópico
	Depósito fluvial
	Depósito aluvial
	Depósito coluvio-deluvial
	Depósito coluvial
	Depósito proluvial
	Grupo Casma - Fm. Quilmaná
	Grupo Chicama - Fm. Tinajones
	Fm. Chicama Miembro Churín
	Fm. Chicama - Miembro Cabracancha

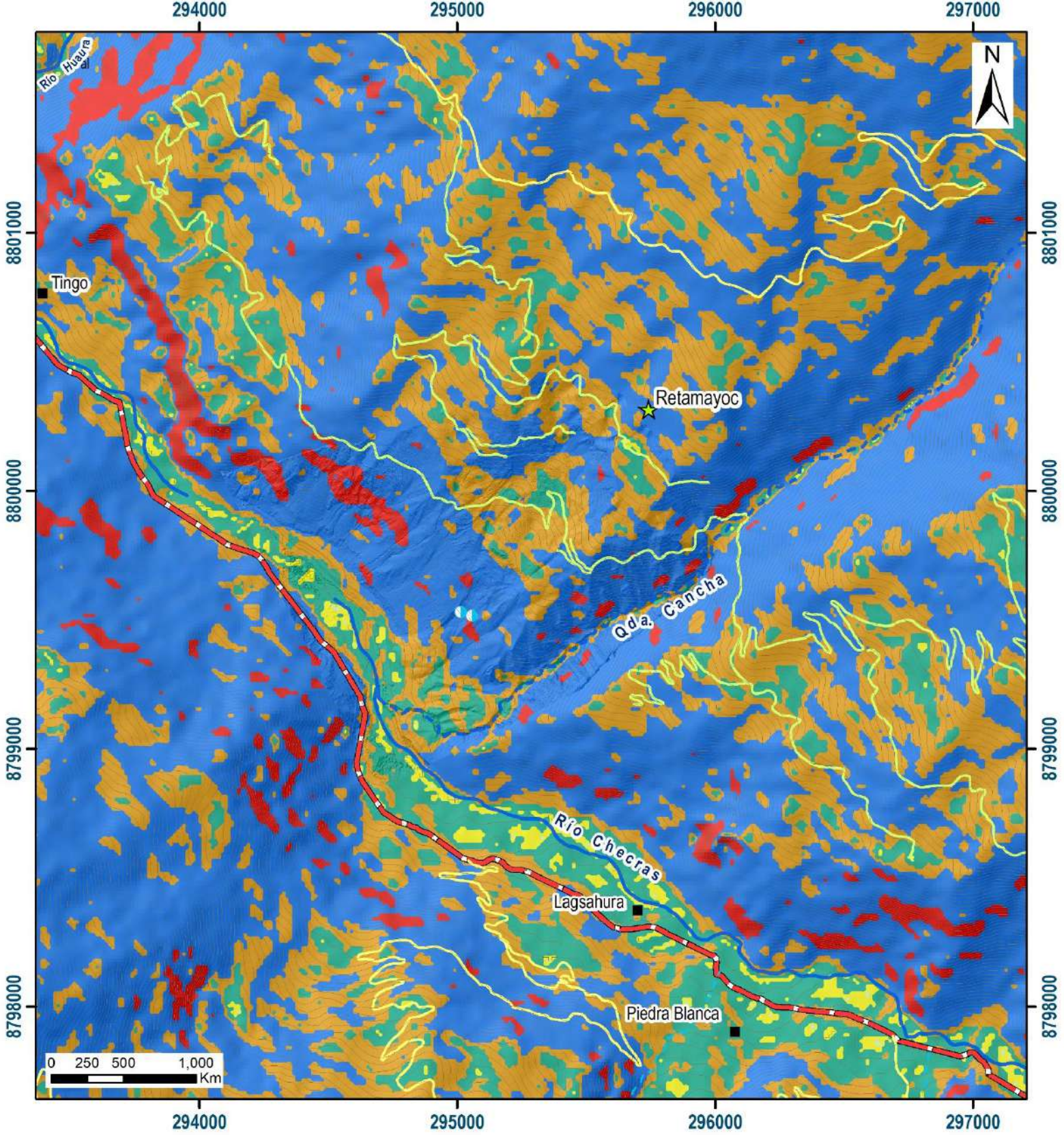
Simbología	
	Surgencias de agua
	Centros poblados
	Ríos
	Quebradas
	Red vial departa.
	Red vial vecinal
	Trocchas carrozables
	Erosión en cárcava
	Curvas de nivel
	Falla inversa de alto ángulo
	Rumbo y buzamiento

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

DEPARTAMENTO: LIMA
 PROVINCIA: OYÓN
 DISTRITO: PACHANGARA

MAPA GEOLÓGICO

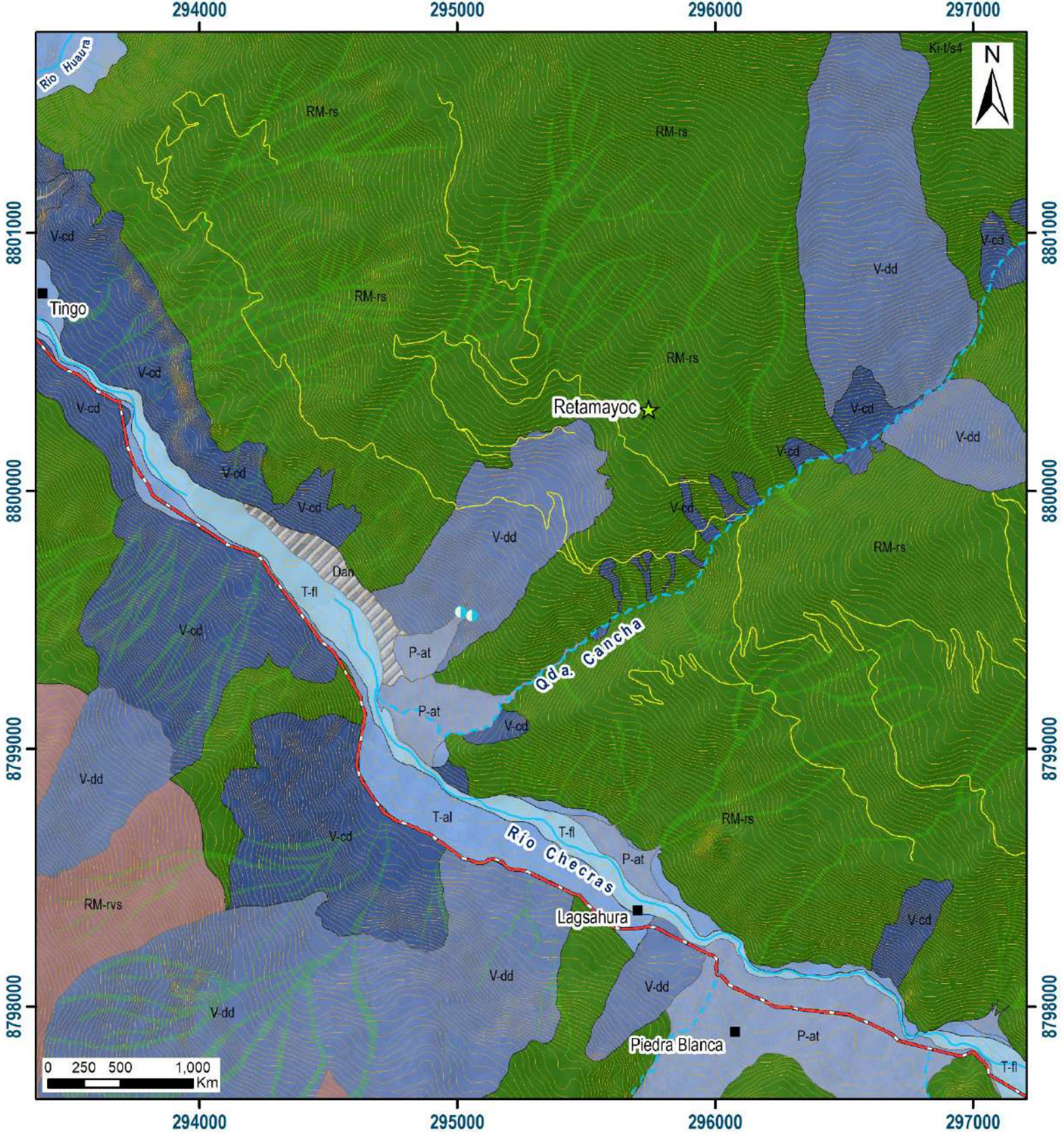
Escala: 1/20,000	Elaborado por: Nuñez, M.	MAPA 01
Proyección: UTM Zona 18 Sur	Datum: WGS 84	
Versión digital 2022	Impreso: Marzo, 2022	



RANGO DE PENDIENTES	
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

Simbología	
	Surgencias de agua
	Centros poblados
	Ríos
	Quebradas
	Red vial departa.
	Red vial vecinal
	Trocchas carrozables
	Curvas de nivel

 INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALURGICO		
DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO		
DEPARTAMENTO: LIMA PROVINCIA: OYÓN DISTRITO: PACHANGARA		
MAPA DE PENDIENTES		
Escala: 1/20,000	Elaborado por: Nuñez, M.	MAPA 02
Proyección: UTM Zona 18 Sur	Datum: WGS 84	
Versión digital 2022	Impreso: Marzo, 2022	



LEYENDA

RM-rs	Montaña en roca sedimentaria
RM-rvs	Montaña en roca volcánico-sedimentaria
V-cd	Vertiente coluvio-deluvial
V-dd	Vertiente con depósito de deslizamiento
P-at	Vertiente aluvio-torrencial
T-al	Terraza aluvial
T-fl	Terraza fluvial
Dan	Depósito antrópico

Simbología

	Surgencias de agua
	Centros poblados
	Ríos
	Quebradas
	Red vial departa.
	Red vial vecinal
	Trocchas carrozables
	Erosión en cárcava

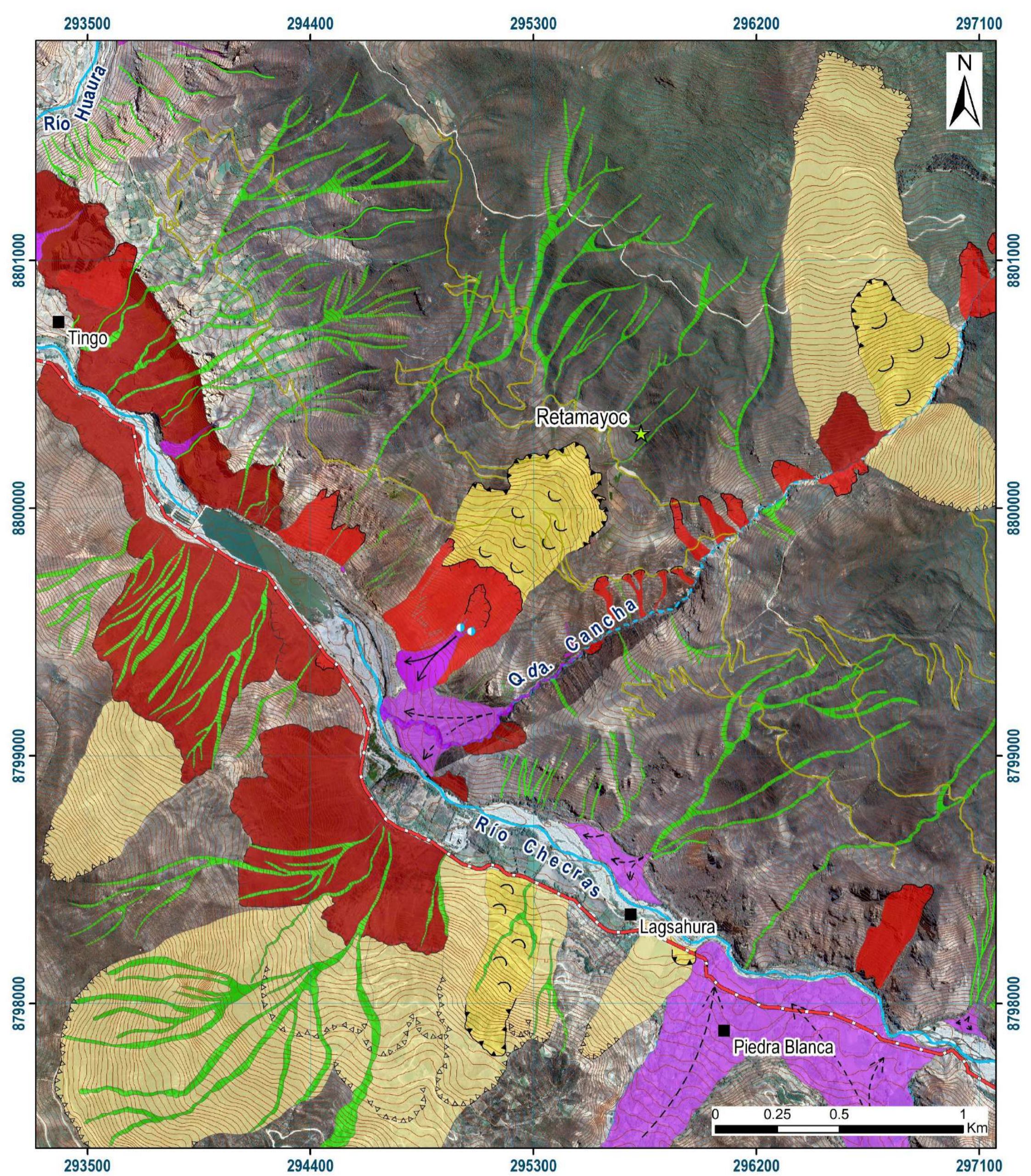
SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

DIRECCIÓN DE GEOLÓGIA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

DEPARTAMENTO: LIMA
 PROVINCIA: OYÓN
 DISTRITO: PACHANGARA

MAPA GEOMORFOLÓGICO

Escala: 1/20,000	Elaborado por: Nuñez, M.	MAPA 03
Proyección: UTM Zona 18 Sur	Datum: WGS 84	
Versión digital 2022	Impreso: Marzo, 2022	



Leyenda	
	Derrumbes antiguos
	Derrumbes recientes
	Deslizamiento antiguo
	Deslizamiento activo
	Erosión en cárcava
	Flujo de detritos
	Flujo de detritos antiguo

Trama	
	Escarpa de derrumbe antiguo
	Escarpa de derrumbe reciente
	Escarpa de deslizamiento antiguo
	Escarpa de deslizamiento activo

Simbología	
	Retamayoc
	Surgencias de agua
	Centros poblados
	Curvas de nivel
	Ríos
	Quebradas
	Red vial departa.
	Red vial nacional
	Trocchas carrozables

 INGEMMET INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO		
DIRECCIÓN DE GEOLÓGIA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO		
DEPARTAMENTO LIMA PROVINCIA OYÓN DISTRITO PACHANGARA		
MAPA DE PELIGROS GEOLÓGICOS		
Escala: 1/14000	Elaborado por: Nuñez, M.	MAPA 04
Proyección: UTM Zona 18 Sur	Datum: WGS 84	
Versión digital 2022	Impreso: Marzo, 2022	

ANEXO 2: MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN

A. Medidas de mitigación para deslizamientos y derrumbes.

1) 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.

Otras medidas son:

2) Construir zanjas de coronación

Las zanjas en la corona o en la parte alta de un talud, son utilizadas para interceptar y conducir adecuadamente las aguas de lluvias y evitar su paso por el talud. La zanja de la corona no debe construirse muy cerca del borde superior del talud para evitar que se convierta en activadora de un deslizamiento en cortes recientes; o en una nueva superficie de falla (movimiento regresivo) en deslizamientos activos; o se produzca la falla de la corona del talud o escarpe (figura 24).

Se debe tener en cuenta el mantenimiento periódico que debe efectuarse en las zanjas de coronación, a fin de evitar problemas que pueden incidir en la estabilidad del talud.

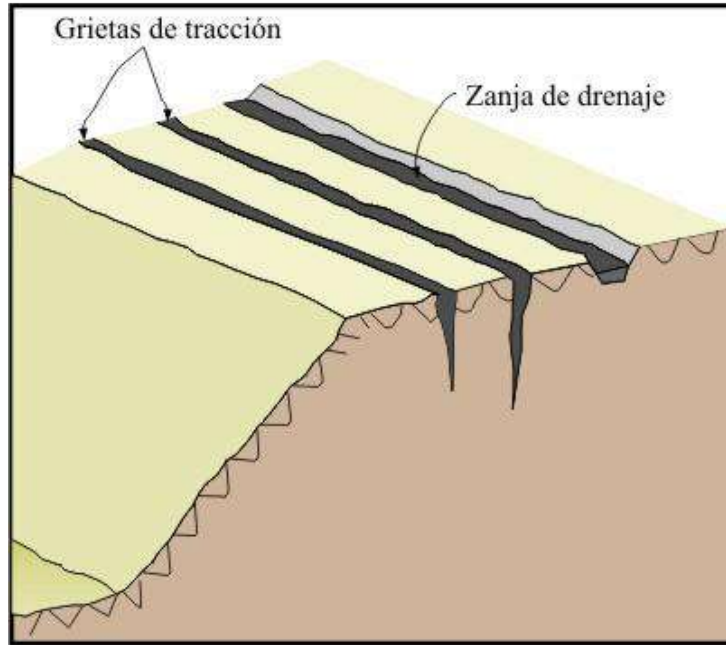


Figura 24. Canales de coronación.