

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7286

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL SECTOR CASHAUCRO

Departamento Lima
Provincia Oyón
Distrito Oyón



JULIO
2022

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL SECTOR CASHAUCRO,
(Distrito Oyón, provincia Oyón, departamento Lima)

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

Equipo de investigación:

Ana María Pimentel Chávez

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 Cashaucro". Distrito Oyón, provincia Oyón, departamento Lima", informe técnico N°A7286, Ingemmet.41 p.

ÍNDICE

RESUMEN.....	5
1. INTRODUCCIÓN.....	6
1.1. Objetivos del estudio	6
1.2. Antecedentes y trabajos anteriores	7
1.3. Aspectos generales.....	8
1.3.1. Ubicación	8
1.3.2. Población	9
1.3.3. Accesibilidad.....	9
1.3.4. Clima.....	10
1.3.5. Zonificación sísmica	11
2. DEFINICIONES	12
3. ASPECTOS GEOLÓGICOS.....	13
3.1. Unidades Litoestratigráficas	19
3.1.1. Formación Santa (Ki-sa)	14
3.1.2. Formación Carhuaz (Ki-ca)	14
3.1.3. Formación Farrat (Ki-fa)	14
3.1.4. Formación Pariahuanca (Ki-ph).....	15
3.1.5. Depósitos cuaternarios.....	16
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	19
4.1. Pendientes del terreno.....	19
4.2. Unidades geomorfológicas.....	19
4.2.1.. Subunidad de montaña estructural en rocas sedimentarias (RME-rs)	20
4.2.2. Subunidad de vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd).....	21
4.2.3.. Subunidad de vertiente coluvio-deluvial (V-cd).....	21
4.2.4. Subunidad Terraza aluvial (T-al)	22
4.2.5.. Subunidad Terraza fluvial (T-fl)	23
5. PELIGROS GEOLÓGICOS.....	23
5.1 Peligros geológicos por movimientos en masa.....	23
5.2. Deslizamiento-flujo en el sector de Cashaucro.....	23
5.2.1. Características visuales del evento	26
5.2.2. Factores condicionantes	30
5.2.3. Factores detonantes o desencadenantes	30
5.2.4. Factores antrópicos.....	30

5.2.5. Daños por peligros geológicos	30
6. CONCLUSIONES.....	31
7. RECOMENDACIONES.....	32
8. 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 Cashaucro, que pertenecen al distrito y provincia Oyón, departamento Lima, ubicado al 3.0 Km al norte de la capital de distrito de Oyón. Con este trabajo, el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – Ingemmet, cumple con una de sus funciones que consiste en brindar asistencia técnica en peligros geológicos en los tres niveles de gobierno.

En el sector evaluado y alrededores, afloran rocas sedimentarias conformadas por limolitas, limoarcillitas, y bancos gruesos de areniscas cuarzosas, las cuales se encuentran muy fracturado y altamente meteorizado, así como la presencia de suelos inconsolidados de fácil erosión y remoción

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

Se identificó deslizamientos y caídas de rocas que afecta directamente a la localidad de Cashaucro. En la parte superior de estos, se presentan grietas de tracción en dirección paralelas al escarpe principal, con desniveles que varían de 1 a 2.5 m; así como, surgencias de agua (puquiales). Lo que indica la actividad del movimiento en masa, con movimientos hacia el cauce del río Quichas. Movimiento en masa, se considera activo y, con actividad progresiva hacia el noroeste.

Se le atribuye como factor detonante, las lluvias intensas registradas en el sector, con un máximo de 39.2 mm por día. Los factores antrópicos, como los cortes de talud para la apertura de trochas carrozables y mal sistema de riego (que saturan los suelos), contribuyen a la inestabilidad de la ladera.

Por las condiciones geológicas, geomorfológicas y dinámicas mencionadas anteriormente, el sector Cashaucro, se encuentran en una **Zona Crítica** y de **Peligro Alto** a la ocurrencia de deslizamientos y derrumbes, las cuales pueden ser desencadenados en temporadas de lluvias intensas y/o prolongadas.

Finalmente, se brinda algunas recomendaciones a fin que las autoridades competentes pongan en práctica, como restringir el tránsito vehicular (vehículos pesados), prohibir la ampliación de la vía de acceso, construcción de nuevos caminos de herradura, viviendas u otra actividad antrópica dentro del cuerpo del deslizamiento, implementar un Sistema de Alerta Temprana (SAT) para monitorear el 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) geológico (movimientos en masa, entre otros peligros geológicos) en zonas que tengan elementos vulnerables.

Atendiendo la solicitud de la Municipalidad Provincial de Oyón, según Oficio N°140-2022-ALC/PDC/MPO; es en el marco de nuestras competencias que se realiza la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa en el sector de Cashaucro, distrito y provincia de Oyón.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designó a los Ingenieros Norma Sosa Senticala y Ana María Pimentel Chávez, para realizar la evaluación de peligros geológicos respectiva, en el sector previamente mencionado, la cual se realizó el día 26 de abril del presente año, previas coordinaciones con personal de Gestión de Riesgo Municipalidad distrital de Oyón.

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), 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 las entidades encargadas en la gestión del riesgo de desastres de la Municipalidad de Oyón, 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 Cashaucro, distrito y provincia de Oyón.
- b) Determinar los factores condicionantes y desencadenantes para la ocurrencia de peligros geológicos.
- c) Proponer medidas necesarias 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 al sector evaluado, 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 hace mención 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, que incluye el sector de Cashaucro y alrededores, se localizan en zonas de susceptibilidad Muy Alta. 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 N° A5893 “Inspección de la Geoamenaza en Cashaucro” (Valenzuela, Julio 2004), el autor establece que el área de estudio es muy activa donde se produjo deslizamientos y derrumbes; además hace la mención la existencia de filtraciones producidas por lluvias estacionales, el peso de transporte pesado que circula por el sector.
- C) Boletín N° 29, Serie C, Geodinámica e Ingeniería Geológica: “Estudio de Riesgos Geológicos del Perú – Franja N°4” (Fidel, L; Zavala, B.; Núñez, S.; Valenzuela, G., 2006). En el mapa de susceptibilidad a movimientos en masa, el sector de Cashaucro se encuentra sobre una zona de muy alta susceptibilidad.
- D) 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.
- E) Boletín N° 26, Serie A, Carta Geológica Nacional: “Geología de los cuadrángulos de Barranca, Ambar, Oyón, Huacho, Huaral y Canta” escala 1:100 000 (Cobbing, J., 1973). Describe la geología del sector de estudio y alrededores que corresponde principalmente a rocas sedimentarias de las Formación Carhuaz, Farrat y Pariahuanca.

1.3. Aspectos generales

1.3.1 Ubicación

El sector de Cashaucro pertenece al distrito y provincia de Oyón, localizado a 3 km al norte de la capital de provincia de Oyón, margen izquierdo del río Quichas (figura 1).

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

Cuadro 1. Coordenadas del área de estudio.

N°	UTM-WGS-ZONA 18s		GEOGRÁFICAS	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	305814	8823168	-10.640921°	-76.775166°
2	306476	8823137	-10.641236°	-76.769118°
3	306328	8822445	-10.647484°	-76.770506°
4	305523	8822429	-10.647587°	-76.777864°
COORDENADA CENRAL D ELA ZONA EVALUADA				
C	305969	8822763	-10.644590°	-76.773770°

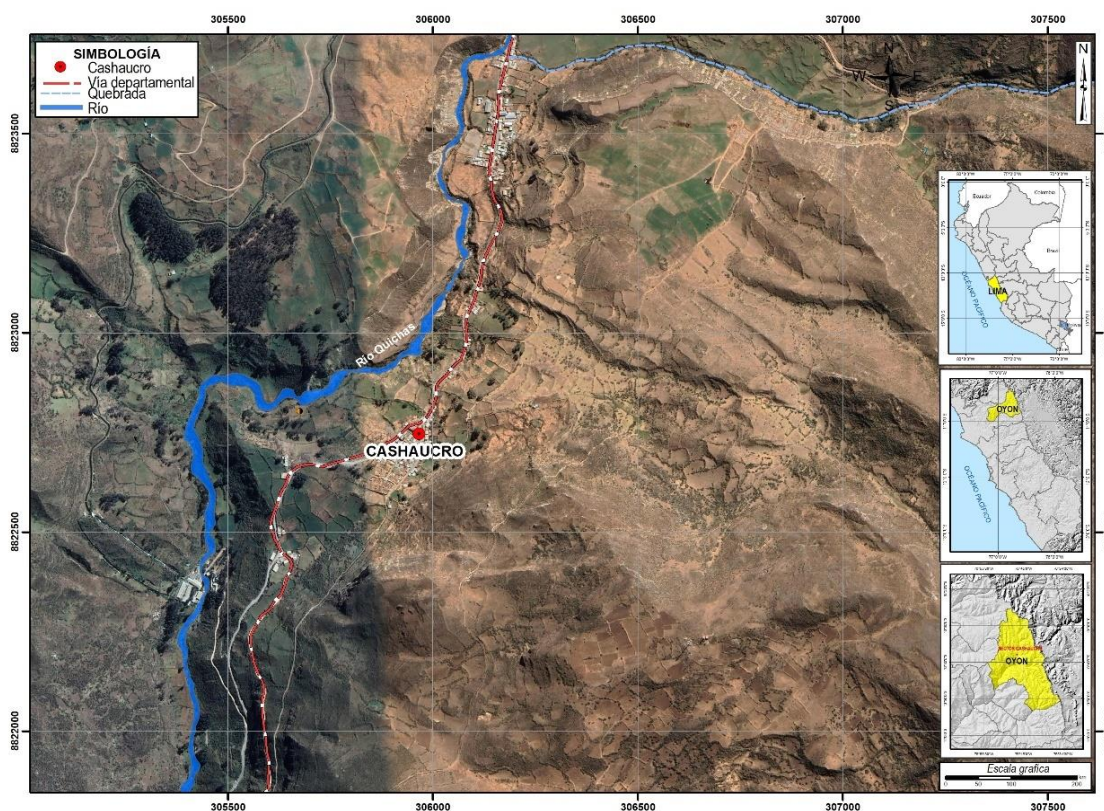


Figura 1. Ubicación del sector en estudio.

1.3.2 Población

Según el Censo Nacional 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidad Indígenas, la población del sector Cashaucro es de 59 habitantes, distribuidos en un 51 % de varones y un 49 % mujeres; con un total de 64 viviendas.

1.3.3 Accesibilidad

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

Cuadro 2. Ruta de acceso.

Ruta	Tipo de vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Lima – Chancay	Asfaltada	89	2 horas 3 min
Chancay - Churín	Asfaltada	130	2 horas 8 min
Churín – Oyón	Trocha carrozable	29	0 horas 48min
Oyón - Cashaucro	Trocha carrozable	4	15 min

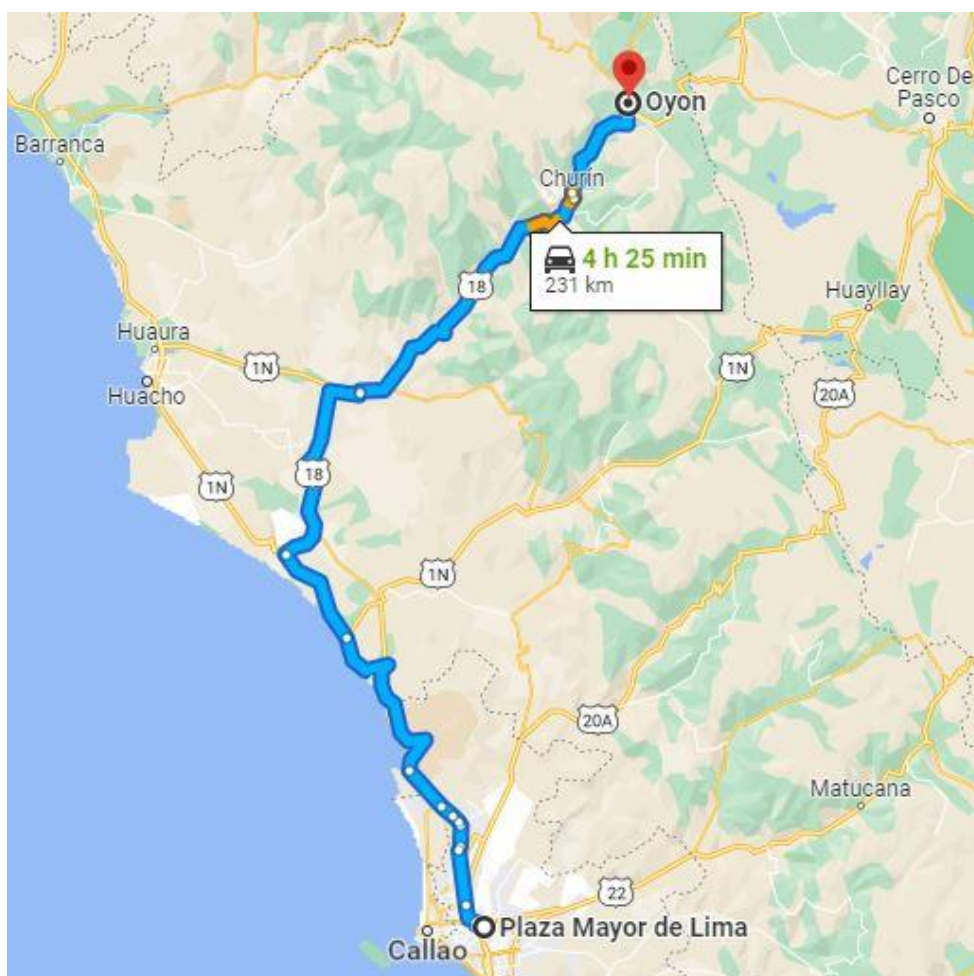


Figura 2. Ruta de acceso al sector de evaluación.

1.3.4. Clima

Según la clasificación climática de Thornthwaite (SENAMHI, 2020), la provincia de Oyón presenta un clima lluvioso con humedad abundante en todas las estaciones del año y semifrío.

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 2018-2022 fue de 38.2 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.

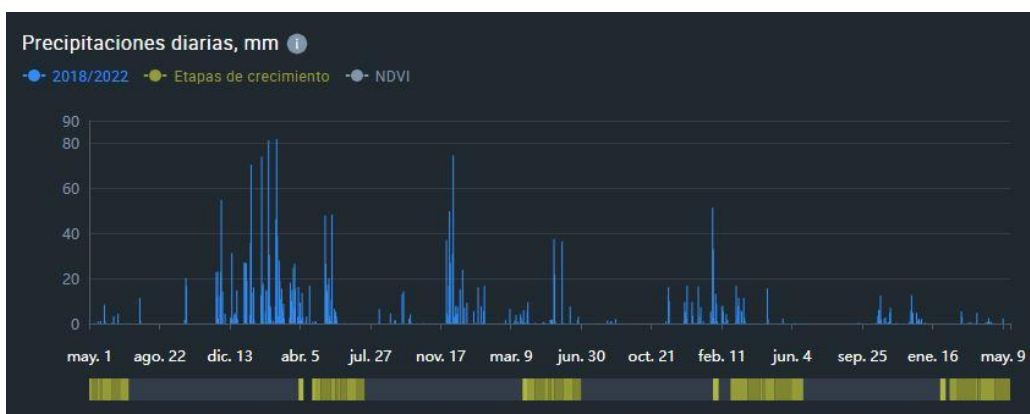


Figura 3. Precipitaciones máximas diarias en mm, distribuidas a lo largo del periodo 2018-2022. La figura permite analizar la frecuencia de las anomalías en las precipitaciones pluviales que inducen al desarrollo de la erosión del suelo. **Fuente:** Landviewer, disponible en: <https://crop-monitoring.eos.com/weather-history/field/7843417>.

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 2018-2022. 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>.

1.3.5. Zonificación sísmica

El territorio nacional se considera dividido en cuatro zonas, como se muestra en la figura 5. 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 geotectónica. 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

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.

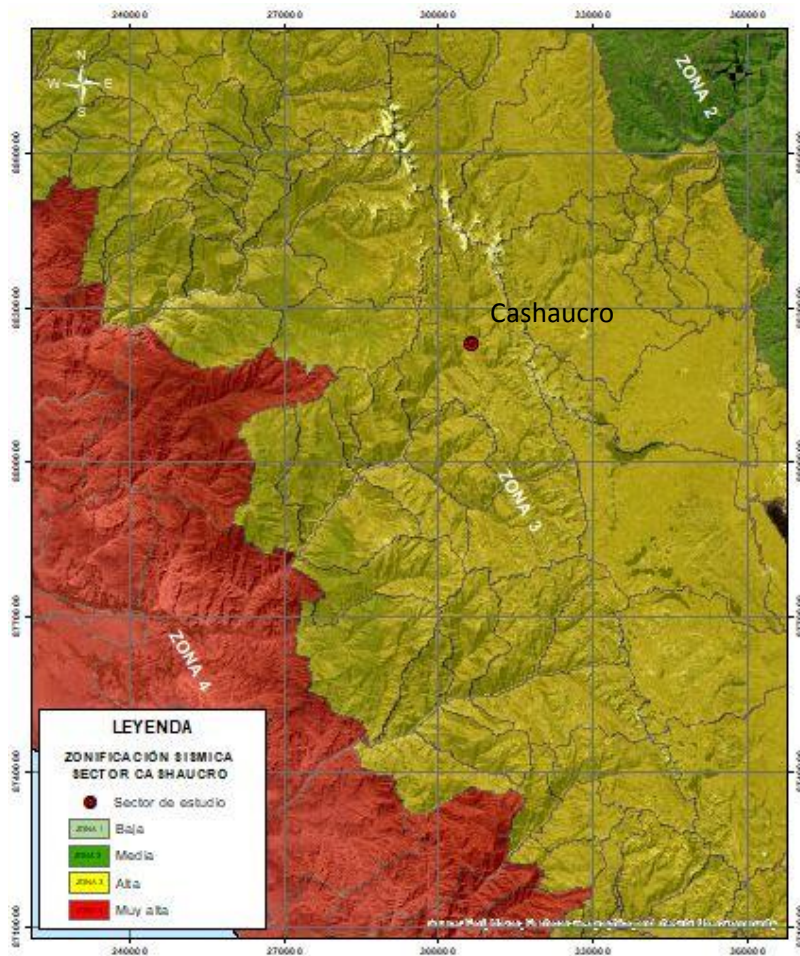


Figura 5. Zonificación sísmica del Perú. Fuente: Alva (1984).

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):

DERRUMBE: Desplome de una masa de roca, suelo o ambos por gravedad, sin presentar una superficie o plano definido de ruptura, y más bien una zona irregular. Se producen por lluvias intensas, erosión fluvial; rocas muy meteorizadas y fracturadas.

DESLIZAMIENTO: Movimiento ladera abajo de una masa de suelo o roca cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla (Cruden y Varnes, 1996). Según la forma de la superficie de falla se clasifican en traslacionales (superficie de falla plana u ondulada) y rotacionales (superficie de falla curva y cóncava).

FRACTURA: Estructura de discontinuidad menor en la cual hay separación por tensión, pero sin movimiento tangencial entre los cuerpos que se separan. Los rangos de fracturamiento rocoso, dependiendo del espaciamiento entre las fracturas, pueden ser: maciza, poco fracturada, medianamente fracturada, muy fracturada y fragmentada.

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.

3. ASPECTOS GEOLÓGICOS

La geología local, se desarrolló tomando como base los mapas geológicos de los cuadrángulos de Oyón 22j-IV, 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, Oyón, 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.

3.1. Unidades litoestratigráficas

Las unidades litoestratigráficas que afloran son principalmente de origen sedimentario de la Formación Carhuaz (limolitas, limoarcillitas y areniscas); así como depósitos recientes coluvio-deluvial, coluvial, aluvial, fluvial, correspondientes al Cretáceo (anexo 1 – Mapa 01).

3.1.1. Formación Santa (Ki-sa)

Dentro de la presente área de trabajo la Formación Santa mantiene un espesor constante de 150 mts. Consiste en calizas azul o gros finamente estratificada, con algunos horizontes de calizas arcillosas, ocasionalmente nódulos de chert aplanados y abundantes fragmentos de conchas.

Normalmente descansa en concordancia sobre las areniscas Chimú; pero, como se indicó anteriormente, en el área de Churín está separada de esta por una pequeña secuencia de lutitas. Wilson (1963) ha notado que en el Norte del Perú los contactos de la formación Santa son discordantes, tanto con la unidad infrayacente (chimú) como la suprayacente (Carhuaz), fenómeno que no ha sido observado en el área del presente estudio.

3.1.2. Formación Carhuaz (Ki-ca)

Está conformada por tres a cuatro secuencias compuestas por limoarcillitas grises, verdes y rojas intercaladas con delgados estratos de areniscas grises, las cuales pasan en la parte superior a areniscas cuarzosas grises y pardas intercaladas con limoarcillitas (Romero, *et a.*, 2003)

En el sector de estudio afloran rocas sedimentarias, conformados por una secuencia de limolitas, arenisca intercaladas con limoarcillitas de coloración gris, con evidencias de calizas, cuyos taludes han sufrido desprendimiento de bloques de hasta 3 m. (fotografías 1 y 2)

Estas rocas se encuentran medianamente fracturadas (F3), con espaciamiento regular entre 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.



Fotografía 1. Vista tomada con dirección al este, donde se observa afloramientos de la Formación Carhuaz, conformado por una secuencia de areniscas y limolitas. Estas rocas se presentan medianamente fracturas y moderadamente meteorizadas



Fotografía 2. Se observa bloques de calizas color gris.

3.1.3. Formación Farrat (Ki-fa)

Esta unidad está compuesta principalmente por areniscas cuarzosas blancas. Algunos estratos presentan grano grueso, subredondeados a redondeados de cuarzo, cuarcita.

Estas rocas se encuentran muy fracturadas (F4), con espaciamiento regular entre fracturas (0.3 a 0.05 m), además se encuentran altamente meteorizadas (A4), es decir más del 50 % está descompuesto o desintegrado, (fotografía 3).



Fotografía 3. Vista panorámica tomada con dirección sureste, donde se observa afloramientos de la Formación Farrat, conformados por areniscas de color beige altamente meteorizadas.

3.1.4. Formación Pariahuanca (Ki-ph)

Consiste de calizas de color gris, masivas, que comúnmente conforman una prominencia entre la Formación Chulec (más suave) y las formaciones Goyllarisquizga y Carhuaz (mayor resistencia). Generalmente el grosor es muy variable, pero para la mayor parte del área es posible asignarle un grosor promedio de 50 m. Wilson (1963) ha encontrado variaciones entre 210 y 54 metros dentro del área mapeada.

Esta formación se ubica al sureste del sector de Cashaucro, estas rocas se encuentran medianamente fracturadas F3, con espaciamiento regular entre fracturas (0.3 a 1.0 m), además se encuentra moderadamente meteorizada (A3), es decir menos de la mitad del material rocoso está descompuesto o desintegrado, (fotografía 4)



Fotografía 4. Vista panorámica tomada con dirección sureste, donde se observa afloramientos de la Formación Farrat, conformados por areniscas de color beige altamente meteorizadas.

3.1.5. Depósitos cuaternarios

a. Depósito coluvio-deluvial (Q-cd):

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 0.03 a 0.09 m envueltos en una matriz limo-arcilloso, (figura 6). Son producto de la meteorización de rocas sedimentarias y removidos por procesos de movimientos en masa.



Figura 6. Material del depósito coluvio-deluvial compuesto por fragmentos de roca anguloso a subangulosos de tamaños variables, envueltos en una matriz limo-arcilloso.

b. Depósito coluvial (Q-cl):

Son depósitos inconsolidados, compuestos por fragmentos de roca angulosos de tamaños variables y de naturaleza litológica homogénea. (figura 7). Presentan nula o poca compactación y se encuentran acumulados al pie de taludes escarpados.



Figura 7. Depósitos coluviales provenientes de movimientos de masa antiguas, ubicadas al costado de la carretera Cashaucro a la mina Raura.

c. Depósito aluvial (Q-al):

Son depósitos producto de la acumulación de material transportado por el río Quichas, (figura 8). 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.



Figura 8. Vista del fondo de valle del río Quichas, donde se observan depósitos aluviales en ambas márgenes del río.

d. 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 Quichas, formando parte de la llanura de inundación, así como de terrazas fluviales. Estos depósitos son de fácil erosión.

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 Cashuacro, 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	Son terrenos llanos cubiertos por depósitos cuaternarios que se distribuyen principalmente a lo largo de terrazas aluviales.
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 Quichas.
5°a 15°	Moderado	Terrenos con moderada pendiente, se ubican principalmente al pie de las laderas de montañas sedimentarias, quebradas y fondo de valles, es en este rango donde se asienta el sector de Cashuacro.
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.
25°a 45°	Muy Fuerte	Ocupan áreas muy grandes. Se encuentran en laderas de montañas y márgenes del río Quichas. En este rango de pendiente, generalmente se registran procesos de derrumbes y deslizamientos.
>45°	Muy escarpado	Ocupa áreas muy reducidas, distribuidas a lo largo de laderas.

Fuente: Ingemmet, 2020

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 (Luque, et al, 2020).

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 el sector evaluado y alrededores se han identificado 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 montaña estructural en rocas sedimentarias (RME-rs):

Relieve montañoso estructural en rocas sedimentarias (RME-rs). Se expone en el lado este de la región (Cordilleras Callejón, Raura, Puagjanca y La Viuda), de regular zona de distribución de relieve en la región. Incluye laderas de montañas estructuralmente plegadas donde aún se conservan rasgos de las estructuras originales, a pesar de haber sido afectadas por procesos de denudación (anticlinales y sinclinales). Las pendientes de las laderas varían desde moderadas hasta abruptas y erosionadas, y alcanzan alturas de hasta 4900 m s. n. m.

Localmente, pueden reconocerse alineamientos montañosos compuestos por secuencias estratificadas, plegados y/o con buzamientos de las capas que controlan la pendiente de las laderas. Se encuentran conformando anticlinales, sinclinales, cuestas y espinazos, que le dan una característica particular en las imágenes satelitales. Tienen además un alineamiento de dirección NO-SE.

Se presenta en partes altas del sector de Cashaucro, hacia la margen izquierda del Río Quichas.

Sus relieves se encuentran asociadas a procesos dominantes de erosión de laderas, deslizamientos, derrumbes y flujos. (figura 9).



Figura 9. Vista de la subunidad de montañas en rocas sedimentarias (RME-rs), cuyas laderas presentan pendientes de fuerte a muy fuerte (>45°).

4.2.2 Subunidad de vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd)

Son 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.

Estas geoformas se observan como cuerpos convexos de deslizamiento, depositados en las laderas del valle del río Quichas, en la margen izquierda específicamente donde las pendientes van de moderadas a muy fuertes, (figura 10)



Figura 10. Vista de la subunidad de vertiente de deslizamiento (V-dd), ubicado en la margen izquierda del río Quichas, a media ladera de montañas sedimentarias.

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:

4.2.3 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 derrumbes y deslizamientos.

Compuestos principalmente por fragmentos líticos de limoarcillitas y areniscas con fragmentos 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 Quichas, con pendientes moderadas a fuertes. (figura 11)



Figura 11. Vista de la subunidad de vertiente modeladas en rocas sedimentarias (V-cd), cuyas laderas presentan pendientes de fuerte a muy fuerte (15° - 45°).

4.2.4 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 Quichas. 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 12).



Figura 12. Vista de la subunidad de terrazas aluviales ubicadas a lo largo del río Quichas.

4.2.5 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 Quichas a grandes distancias, se depositan formando terrazas bajas, también conformando la llanura de inundación o el lecho de los ríos (Figura 13).



Figura 13. Terrazas aluviales de corta extensión en el sector de Cashaucro.

5 PELIGROS GEOLÓGICOS

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

5.1. Peligros geológicos por movimientos en masa

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

Se reconoce en el área escarpas de deslizamientos antiguos reactivados. También se observó en la pared del escarpe caídas de rocas y derrumbes.

En este sentido, el presente informe 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.

5.2. Deslizamiento-flujo en el sector de Cashaucro

Valenzuela, (2004) en su inspección de geoamenaza en Cashaucro, indica que el evento se inició el 29 de mayo del 2004, señalando que el evento no había generado la

pérdida de vidas humanas; sin embargo, comprometía la estabilidad de la vía, debido a las lluvias estacionales podría generarse una nueva escarpa algunos metros por encima de la actual, generando el acelero de los vehículos de transporte pesado, así mismo hace mención de la infiltración de agua por lluvias estacionales, aguas de regadío canalizadas sin revestimiento y aguas servidas provenientes de las viviendas.

El deslizamiento que afecta al sector de Cashaucro se encuentra ubicado a 2.5 km al norte de la ciudad de Oyón a 0.7 km al noroeste de la hidroeléctrica de Cashaucro; de acuerdo a las versiones de los pobladores se reactivó en enero de 2022

El evento afectó recientemente un tramo de la vía Oyón – Cashaucro en 27 m., según el reporte de la Junta de Regantes. Además, menciona que 11 viviendas se encuentran deshabitadas, productos de los agrietamientos que presentan.

Los deslizamientos identificados presentan las siguientes características

- a) Deslizamiento (A):
 - Deslizamiento de tipo rotacional, (reciente o antiguo)
 - Escarpa de forma elongada
 - Longitud de escarpa 285 m.
 - Salto principal entre 10-15 m.
 - Distancia entre la escarpa y el pie de 430 m.

- b) Deslizamiento (B).
 - Deslizamiento de tipo rotacional, (reciente o antiguo)
 - Escarpa de forma elongada.
 - Longitud de escarpe 875 m.
 - Salto principal entre 25 a 30 m.
 - Distancia entre la escarpa y el pie de 2.0 km.
 - Al pie de este deslizamiento se generaron las reactivaciones llegando hasta el río Quichas.

- c) Deslizamiento (C) ubicado en la parte alta del sector Pomamayo.
 - Deslizamiento de tipo rotacional
 - Escarpa de forma semicircular.
 - Longitud de escarpe de 297 m.
 - Salto principal 10 m.
 - Distancia entre la escarpa y el pie de 660 m, (Figura 14).
 - Avance de tipo retrogresivo.

Cuadro 5. Deslizamientos en el sector Cashaucro

Deslizamiento	Coordenadas UTM WGS84 (punto en escarpa principal)		
	Norte	Este	Cota (m s.n.m)
A	8822420	306195	3800
B	8822213	307700	4243
C	8823295	306713	3714

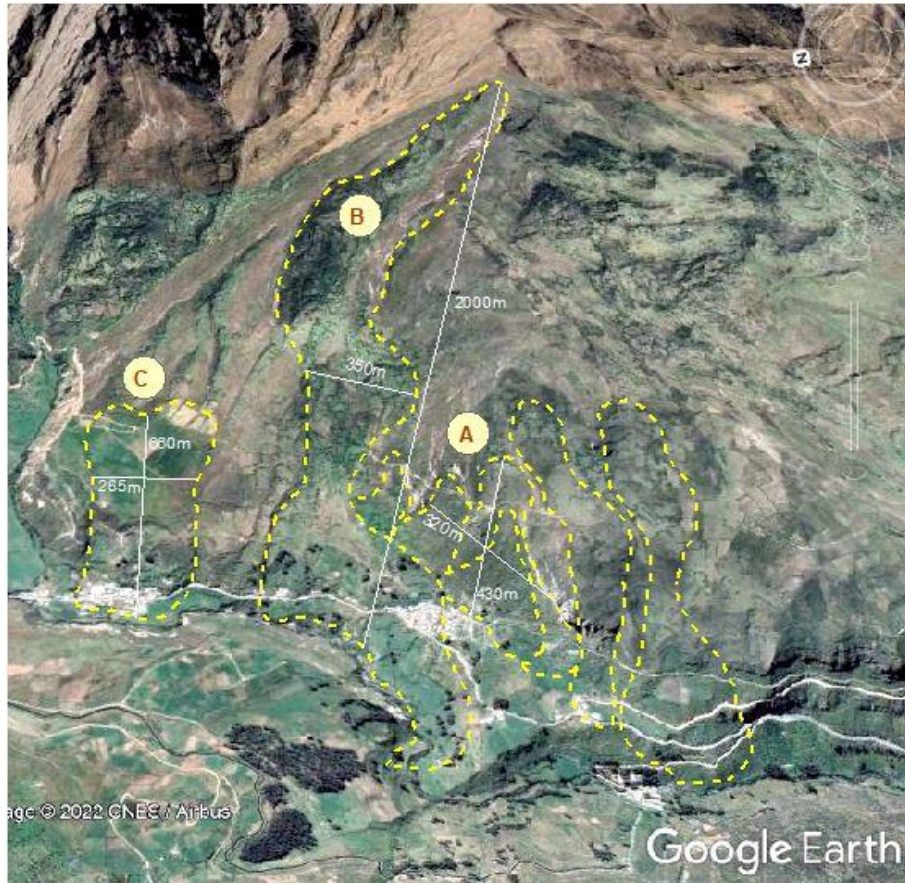


Figura 14. Vista de los deslizamientos ubicados en la margen izquierda del río Quichas, las cuales se delimitaron con líneas amarillas entrecortadas.

En el cuerpo del deslizamiento se identificaron escarpes secundarios con saltos de 1 a 2.8 m. (figura 15), los cuales están cubiertas por cultivos de alfalfa y pastos.



Figura 15. Se observa bloque de rocas sedimentarias que oscilan de 2 a 4.2 m, que llegaron a afectar a dos viviendas, actualmente dichas viviendas repusieron sus techos de calamina, que fueron afectadas.

Los deslizamientos A y B afectan directamente al sector de Cashaucro; en el escarpe del deslizamiento A, se generó caída de rocas que afectó 2 viviendas (Figura 16); en el

material caído se tienen bloques con dimensiones comprendidas entre 2 m 4.2 m de diámetro. Esto se observó al este del cementerio de Cashaucro.



Figura 16. Se observa bloques de rocas sedimentarias con tamaños entre 2 a 4.2 m, que llegaron a afectar a dos viviendas, actualmente dichas viviendas repusieron sus techos de calamina, que fueron afectadas.

5.2.1 Características visuales del evento

Los deslizamientos identificados en el sector Cashaucro, presentan las siguientes características y dimensiones:

Deslizamiento A:

- Estado de la actividad: Reactivado
- Deslizamiento de tipo: Rotacional
- Forma de la escarpa principal: Semicircular (figura 17)
- Superficie de rotura: Semicircular y alargada.
- Longitud de la escarpa: 285 m
- Desnivel entre escarpa y pie: 430 m
- Salto de escarpa principal, comprendido entre: 10 a 15 m

Deslizamiento B:

- Estado de la actividad: Reactivado
- Deslizamiento de tipo: Rotacional
- Forma de la escarpa principal: Elongada (figura 18)
- Superficie de rotura: Elongada y alargada.
- Longitud de la escarpa: 875 m
- Desnivel entre escarpa y pie: 2.0 km.
- Salto de escarpa principal, comprendido entre: 25 a 30 m

Deslizamiento C

- Estado de la actividad: Reactivado
- Deslizamiento de tipo: Rotacional
- Forma de la escarpa principal: Semicircular (figura 19)

- Superficie de rotura: Elongada y alargada.
- Longitud de la escarpa: 297 m
- Desnivel entre escarpa y pie: 660 m.
- Salto de escarpa principal, comprendido entre: 10 m



Figura 17. Se observa la escarpa principal del deslizamiento A, en la parte superior de sector Cashaucro.



Figura 18. Se observa la escarpa principal del deslizamiento B, en la margen izquierda del río quichuas, se identificó reactivaciones al pie del evento que llegaron hasta el río Quichuas.



Figura 19. Vista del deslizamiento C, ubicado en la parte alta del sector Pomamayo.

En el sector de estudio se identificaron la mayor parte de canales sin revestimiento (figura 20), lo cual está contribuyendo a la saturación del suelo; así como cultivos de alfalfa que utiliza constantemente riego, esto contribuye con la saturación del terreno. Podemos observar filtraciones de agua en diferentes puntos del sector evaluado que se debe tomar en consideración (figura 21)



Figura 20. Casi la totalidad los canales se encuentran sin revestimiento en este sector.



Figura 21. Filtraciones en diferentes puntos del sector en estudio (A) filtraciones dentro de vivienda., (B) Filtraciones en la parte alta de muro de contención; (C y D) se observa filtraciones producidas por lluvias que filtran hacia lados de carretera, las mismas que en su mayoría no presentan canales de drenaje.

5.2.2 Factores condicionantes

Factor litológico-estructural

- Substrato rocoso compuesto de compuestas por limoarcillitas grises, verdes y rojas intercaladas con delgados estratos de areniscas grises, medianamente fracturadas (F3), con espaciamiento regular entre fracturas (0.3 a 1.0 m), además se encuentran moderadamente meteorizadas (A3), lo que permite mayor infiltración y retención de agua de lluvia al terreno, originando inestabilidad en las laderas.
- Suelos inconsolidados (depósitos coluvio-deluviales, coluviales), desarrolladas en las laderas de ambas márgenes del río Quichas, compuestos principalmente por fragmentos líticos de limoarcillitas y areniscas, angulosos a subangulosos envueltos en una matriz de limos y arcillas, producto de la meteorización de rocas sedimentarias y removidos por el deslizamiento.

Factor geomorfológico

- Presencia de montañas en rocas sedimentarias, cuyas laderas presentan pendientes moderada (5°-15°) 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.

5.2.3 Factores detonantes o desencadenantes

- **PRECIPITACIONES:** Intensas precipitaciones pluviales y/o excepcionales, principalmente entre los meses de diciembre a abril,
- **SISMOS:** 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.

5.2.4 Factores antrópicos

- Mal sistema de riego en la zona inestable que saturan los suelos.
- Vehículos pesados que transitan por esta vía.
- Cortes de talud para la apertura de nuevas trochas carrozables.
- No cuentan con sistema de desagüe, que generen la construcción de silos, saturando el suelo.

5.2.5 Daños por peligros geológicos

- Afectó 27 m de la vía Oyón – Cashaucro y podría afectar nuevos tramos, ubicados en el cuerpo del deslizamiento.
- Podría afectar 13 viviendas ubicadas en el cuerpo del deslizamiento.
- Podría afectar otros cultivos de alfalfa ubicadas en el deslizamiento.
- Podría afectar 2 alcantarillas de concreto.
- Actualmente 11 viviendas se encuentran deshabitadas, producto de la presencia de agrietamientos en sus estructuras y por u tema de seguridad.

6. CONCLUSIONES

- 1) Los movimientos en masa ocurridos en el sector Cashaucro son de tipo deslizamiento-flujo, deslizamientos, caída de rocas y derrumbes.
- 2) Filtraciones de agua que provienen del riego por inundación y de canales sin revestimiento.
- 3) En el cuerpo del deslizamiento, se presentan lomeríos, hacia la parte baja, se tiene puquiales no canalizados.
- 4) La ocurrencia de escarpas paralelas a la escarpa principal, son indicativos que la masa sigue moviéndose hacia el valle del río Quichas, es decir con avance progresivo. La dirección del movimiento es hacia el noroeste.
- 5) La ocurrencia de peligros geológicos por movimientos en masa en el sector evaluado está condicionada por los siguientes factores:
 - Substrato rocoso compuesto de limoarcillitas, intercaladas con areniscas, muy fracturadas y meteorizadas, que facilitan la infiltración y retención de agua de lluvia al terreno, originando inestabilidad en las laderas.
 - Presencia de suelos inconsolidados (depósitos coluvio-deluviales), que conforman 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 realizados en trazos de carreteras.
- 6) El factor desencadenante para la ocurrencia de movimientos en masa en el sector Cashaucro, son las lluvias intensas y/o excepcionales y prolongadas registradas en los meses entre diciembre a abril con umbrales de 39.2 mm por día y a la actividad sísmica (Zona 3).
- 7) Debido a las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas, el sector, es considerado como de **peligro Muy Alto** a la ocurrencia de deslizamientos, derrumbes, que pueden ser desencadenados en temporada de lluvias intensas.

7.RECOMENDACIONES

- 1) Restringir el tránsito de vehículos pesados y considerar cambiar el tramo de carretera.
- 2) Los canales de riego deben de ser permeabilizados y canalizados hacia el río Quichas. Para lo cual deben usar tuberías de PVC o mangueras.
- 3) Cambiar el tipo de cultivos que no requieran mucha agua riego, para evitar la saturación del suelo. Usar técnicas de riego tecnificado.
- 4) Implementar el sistema de desagüe y aguas servidas, para evitar saturación con los silos y vertimientos.
- 5) Hacer un drenaje de los puquiales que se encuentren en el cuerpo del deslizamiento. Puede ser mediante un sistema de “drenaje espina de pescado”
- 6) Prohibir la construcción de carreteras, caminos de herradura, viviendas u otro tipo de infraestructura en el cuerpo del deslizamiento.
- 7) Se recomienda a las autoridades competentes, 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.
- 8) Realizar charlas de sensibilización y concientización del peligro y riesgo al que se encuentran expuestos el sector de Cashaucro y alrededores.
- 9) Implementar un Sistema de Alerta Temprana (SAT) para monitorear el deslizamiento del sector de Cashaucro. 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.



Ing. NORMA LUZ SOSA SENTICALA
Especialista en Peligros
Geológicos
INGEMMET



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

8. BIBLIOGRAFÍA

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>.

Valenzuela, G. – Inspección de la Geoamenaza en Cashaucro. INGEMMET, Informe Técnico A5893, 17p.

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. Disponible en: <https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/2571>

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>.

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

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.

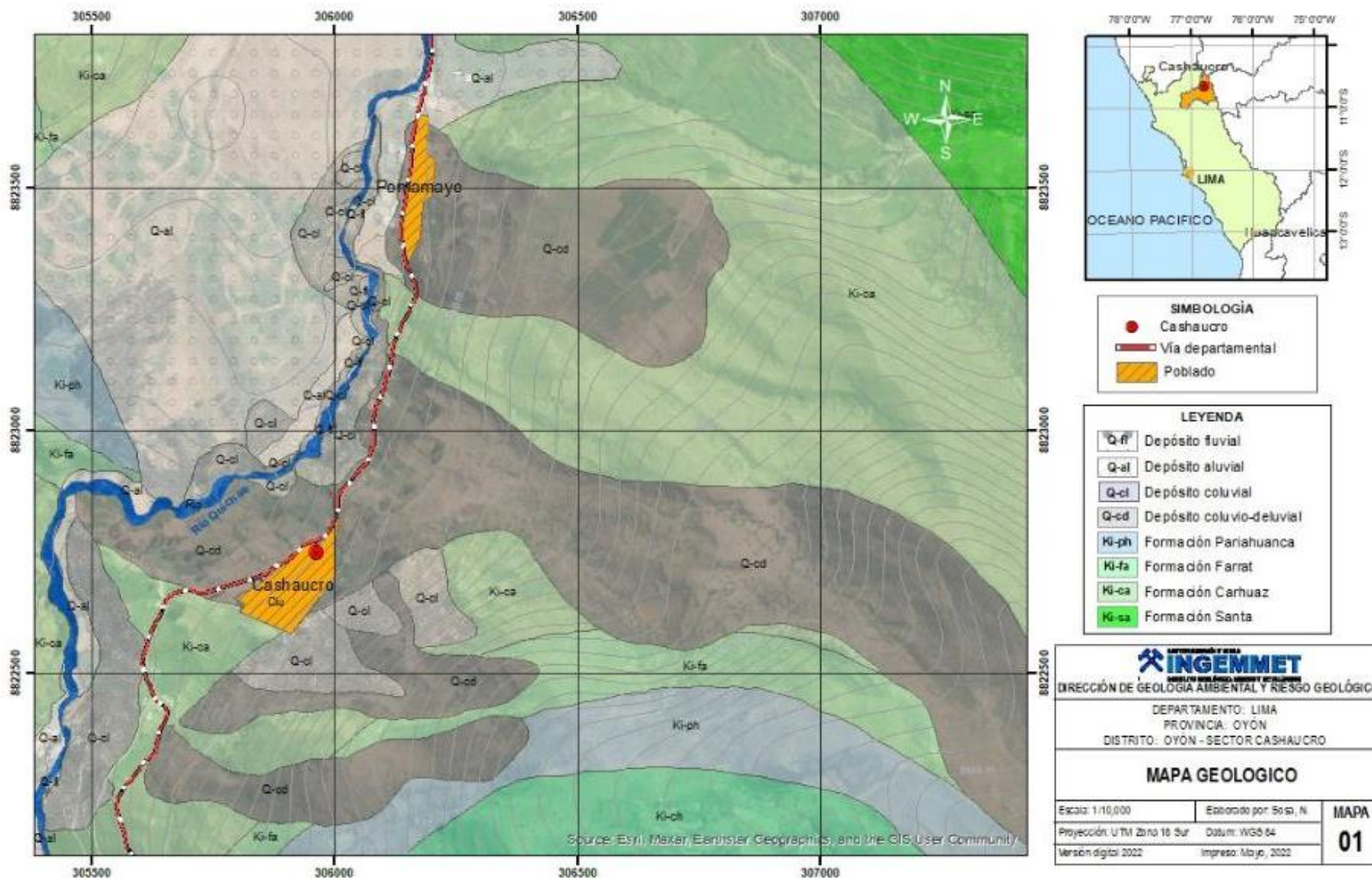
Romero, D. & Latorre, O., (2003). Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Oyón (22-j) – Cuadrante III. Escala 1/50 000. Ingemmet. Lima, Perú.

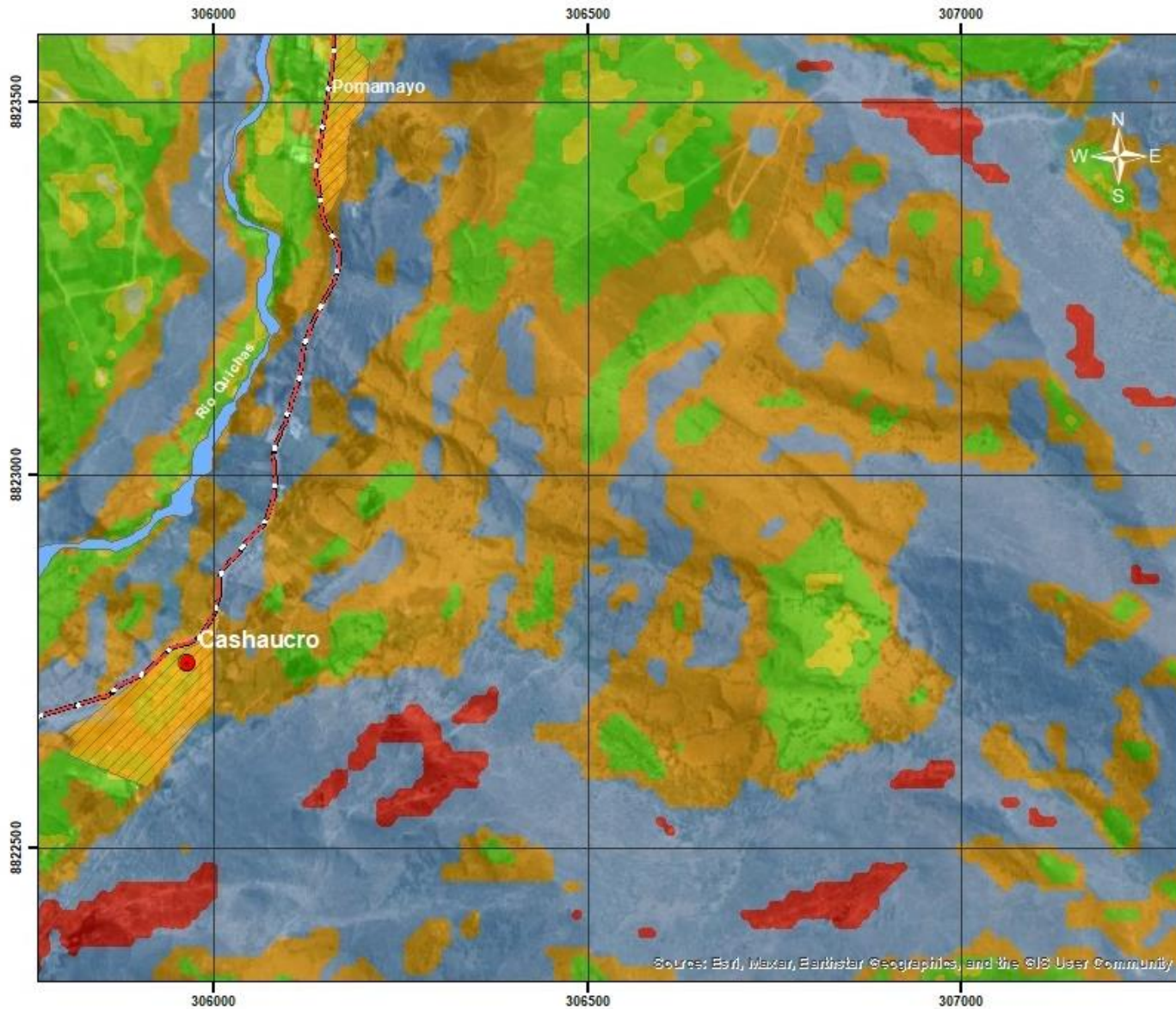
Disponible en: <https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/2167>.

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. Disponible en: <https://cupdf.com/document/geomorfologia-aplicada-a-levantamientos-edafologicos-y-zonificacion-fisica.html>

ANEXO 1: MAPAS





SIMBOLOGÍA

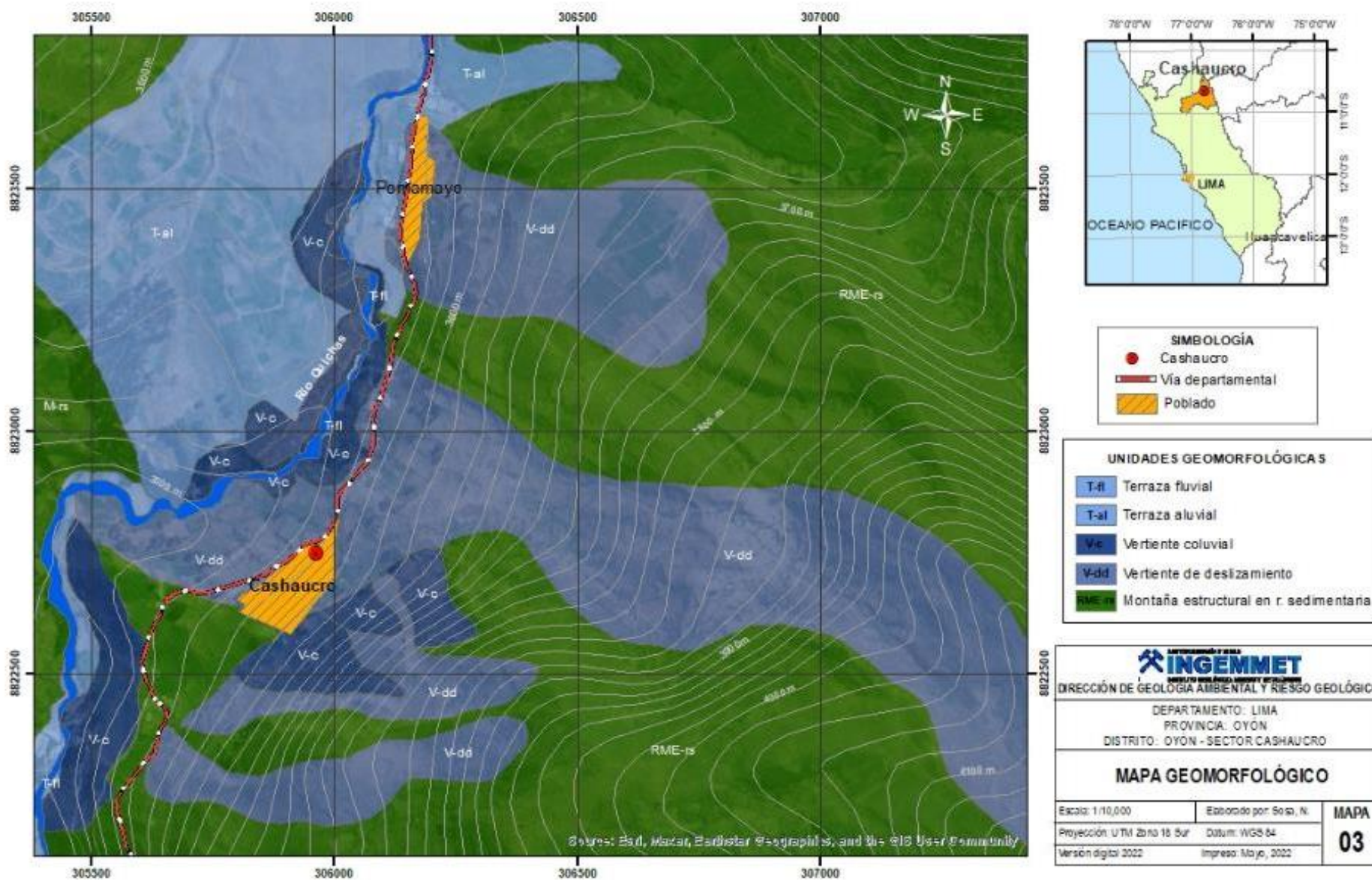
- Cashaucro
- Vía departamental
- Poblado

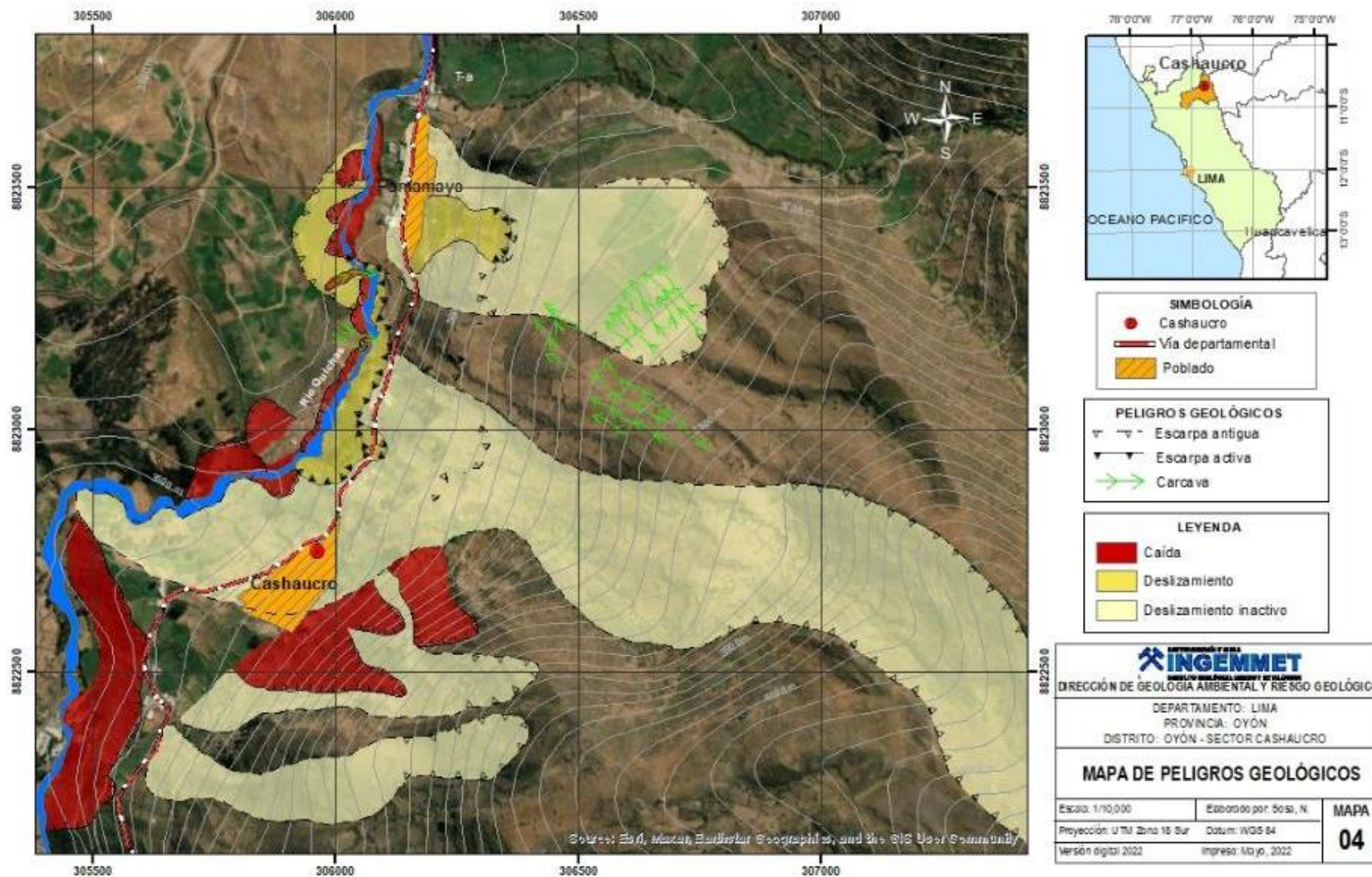
LEYENDA

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

<p>DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO</p>		
DEPARTAMENTO: LIMA PROVINCIA: OYÓN DISTRITO: OYÓN - SECTOR CASHAUCCO		
MAPA DE PENDIENTES		
Escala: 1/7,500	Elaborado por: Sosa, N.	MAPA
Proyección: UTM Zona 18 Sur	Datum: WGS 84	02
Versión digital 2022	Impreso: Mayo, 2022	

Source: Esri, Maxar, Earthstar Geographics, and the GIS User Community





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 22).

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.

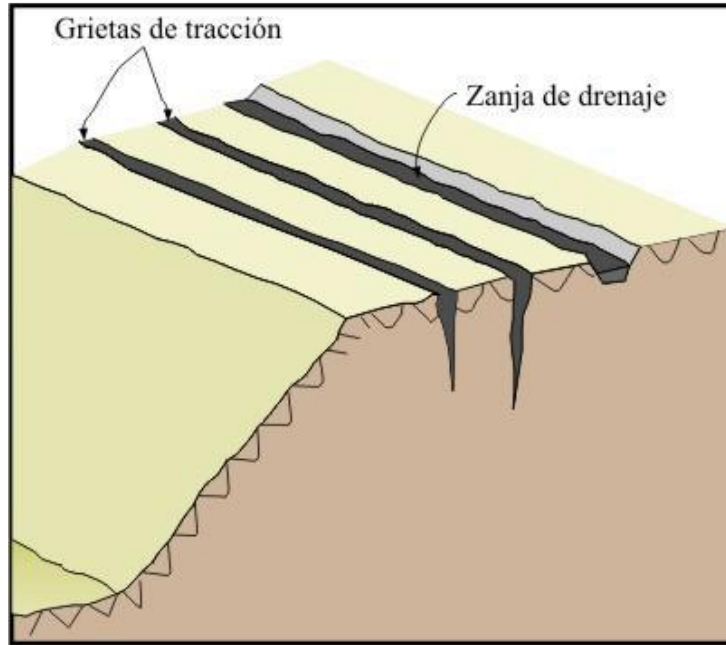


Figura 22. Canales de coronación.