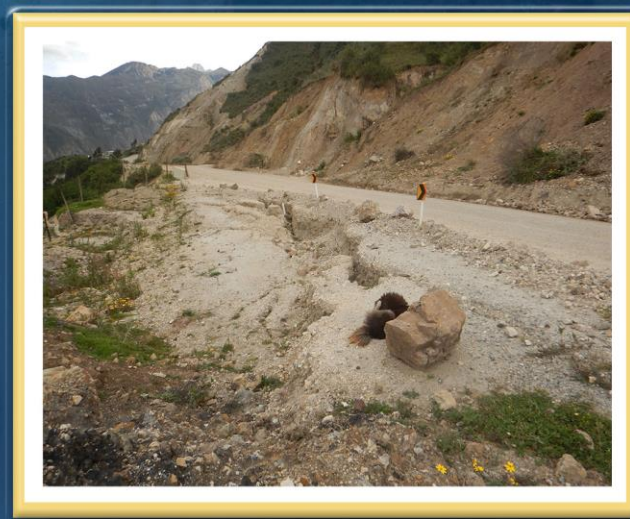
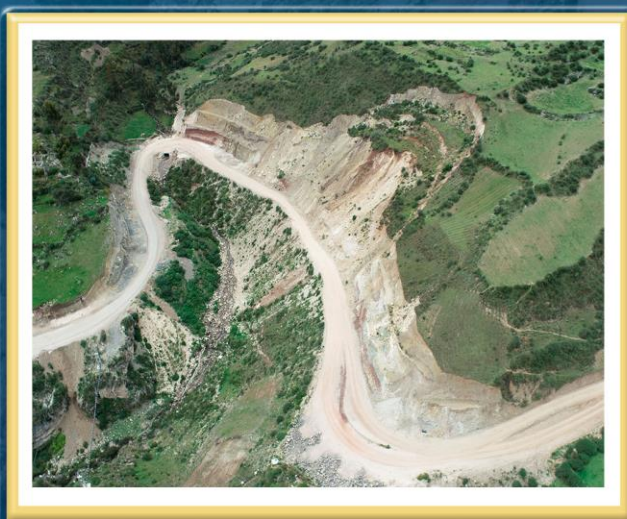


DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7291

EVALUACIÓN POR PELIGRO DE DESLIZAMIENTOS RECIENTES EN EL SECTOR PUCALLPA

Departamento Lima
Provincia Oyón
Distrito Oyón



SETIEMBRE
2022

EVALUACIÓN POR PELIGRO DE DESLIZAMIENTOS RECIENTES EN EL SECTOR PUCALLPA

(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 Luz Sosa Senticala

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2022). "Evaluación por peligro de deslizamientos recientes en el sector Pucallpa". Distrito Oyón, provincia Oyón, departamento Lima", informe técnico N°A7291, Ingemmet.45 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	10
1.3.3. Accesibilidad.....	10
1.3.4. Clima	10
1.3.5. Zonificación sísmica	11
2. DEFINICIONES	13
3. ASPECTOS GEOLÓGICOS	14
3.1 14	
3.1.2. Formación Farrat (Ki-fa)	15
3.1.3. Formación Pariahuanca (Ki-ph)	16
3.1.4. Depósitos cuaternarios	16
4.1. Pendientes del terreno	18
4.2. Unidades geomorfológicas.....	19
4.2.1 Subunidad de montaña estructural en rocas sedimentarias (RME-rs):	19
4.2.2 Subunidad de vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd).....	20
4.2.3 Subunidad de vertiente coluvio-deluvial (V-cd):.....	21
4.2.4 Subunidad de vertiente aluvio-torrencial (P-at)	22
5 PELIGROS GEOLÓGICOS.....	24
5.1. Peligros geológicos por movimientos en masa.....	24
5.2. Deslizamientos en el sector de Pucallpa, Quebrada Ucamani (Área arqueológica intangible) y alrededores	24
5.2.1. Análisis longitudinal del deslizamiento	32
5.2.2. Características visuales del evento	34
5.2.3. Factores condicionantes	35
5.2.3 Factores detonantes o desencadenantes	35
5.2.4 Factores antrópicos.....	35
5.2.5 Daños y probables daños por peligros geológicos.....	35
7. RECOMENDACIONES.....	38
8. BIBLIOGRAFÍA.....	39
ANEXO 1: MAPAS.....	40
ANEXO 2: MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN.....	45

ANEXO 3: FORMATO DE DESCRIPCIÓN DE SUELOS SUPERFICIALES 51

RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa, tipo deslizamientos y derrumbes, en sector de Pucallpa, ubicado a 2.6 Km al sureste de localidad de Oyón, distrito y provincia de Oyón, departamento Lima. Con este trabajo el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – Ingemmet, cumple con su función de brindar asistencia técnica en peligros geológicos para los tres niveles de gobierno.

El 3 de diciembre del 2021, en el sector Pucallpa se reactivó un deslizamiento rotacional que presenta dos escarpas sucesivas, con longitudes de 174 m. y 129 m. respectivamente, con desnivel entre escarpa y pie de hasta 463 m, y con dirección el sureste.

En el área afloran rocas sedimentarias de tipo limolitas con areniscas (Formación Carhuaz) que se presentan medianamente fracturadas con espaciamiento regular entre sus fracturas (0.3 a 1.0 m), y altamente meteorizadas; también areniscas cuarzosas blancas, que presentan capas de conglomerados con fragmentos de roca de formas subredondeados a redondeados de cuarzo, cuarcita (Formación Farrat) que se encuentran moderadamente meteorizadas con espaciamiento regular entre fracturas (0.3 a 0.05 m); así como calizas color gris, masivas (Formación Pariahuanca) que se encuentran medianamente fracturadas, con espaciamiento regular entre fracturas (1.0 a 0.30 m), moderadamente meteorizadas.

Las geoformas identificadas corresponden a montañas modeladas en rocas sedimentarias y de piedemonte (vertiente de deslizamiento, coluvio-deluvial, coluvial de detritos y aluvio torrencial). Las laderas de montañas presentan pendientes que van de fuerte a muy fuerte o escarpada (15° a 45°); las terrazas aluviales ubicadas en ambos márgenes del río Patón tienen pendientes que van de llanos a moderados (0° a 15°).

Los factores condicionantes del deslizamiento son: substrato rocoso muy fracturado y altamente meteorizado; presencia de suelos inconsolidados de fácil erosión y remoción; y laderas con pendiente fuertes. Los factores antrópicos tenemos cortes de talud para la apertura de trochas carrozables y filtraciones de agua proveniente del inadecuado sistema de riego, que saturan los suelos e inestabilizan las laderas.

El factor detonante del deslizamiento corresponde a lluvias intensas y/o prolongadas, como las registradas en la zona, con un máximo de 38.2 mm por día.

Por las condiciones geológicas, geomorfológicas y dinámicas mencionadas, el sector de Pucallpa, se considera como **Zona Crítica** y de **Peligro Alto** a la ocurrencia de deslizamientos y derrumbes, las cuales pueden ser desencadenados en temporadas de lluvias intensas periódicas y/o excepcionales, afectando vías de acceso y áreas de cultivo.

Finalmente, se indica algunas recomendaciones a fin de que las autoridades competentes pongan en práctica, como: drenar los puquiales, cambiar el sistema de regadío y realizar un estudio geotécnico e 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) en zonas que tengan elementos vulnerables.

Atendiendo la solicitud de la Municipalidad Provincial de Oyón según Oficio N°142-2022-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 Pucallpa, distrito de Oyón.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designó a los Ingenieros Norma Luz Sosa Senticala y Ana María Pimentel Chávez, realizar la evaluación de peligros geológicos respectiva, en la zona previamente mencionada, la cual se realizó el 28 de abril del 2022, para lo cual se coordinó con representantes de la Oficina de Gestión de Riesgo de la Municipalidad Distrital de Oyón.

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

Este informe se pone en consideración de las entidades encargadas en la gestión del riesgo de desastres de la Municipalidad Provincial 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 en el sector de Pucallpa.
- b) Determinar los factores condicionantes y desencadenantes para 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 hace mención movimientos en masa antiguos y activos, evidenciando una alta actividad geodinámica en la zona.

En este boletín además se muestra el mapa regional de susceptibilidad por movimientos en masa, a escala 1:500 000, donde se observa que el sector de Pucallpa y alrededores, se localizan en zonas de susceptibilidad Alta a Muy Alta, (figura 1). Entendiéndose, la susceptibilidad a movimientos en masa, como la propensión que tiene una determinada zona a ser afectada por un determinado proceso geológico (movimiento en masa), expresado en grados cualitativos y relativos.

- B) 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). Tras evaluar los factores condicionantes de los peligros geológicos, se hace el análisis de susceptibilidad que, con la infraestructura, densidad poblacional y las fichas de inventario permiten analizar la vulnerabilidad de los sectores que conforman la franja.

- 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 formaciones Carhuaz, Farrat y Pariahuanca que corresponden a una secuencia de limoarcillitas grises, verdes y rojas intercaladas con delgados estratos de areniscas grises, las cuales pasan en la parte superior a areniscas cuarzosas grises. Las cuales se encuentran el sector de Pucallpa.

- D) 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 de la zona de estudio y alrededores que corresponde principalmente a rocas sedimentarias de las Formaciones Carhuaz, Parihuanca (intercalación de limolitas con areniscas, estas rocas se encuentran medianamente fracturadas), Farrat (areniscas de grano grueso, presentan canales de conglomerados con clastos subredondeados a redondeados de cuarzo, cuarcita).

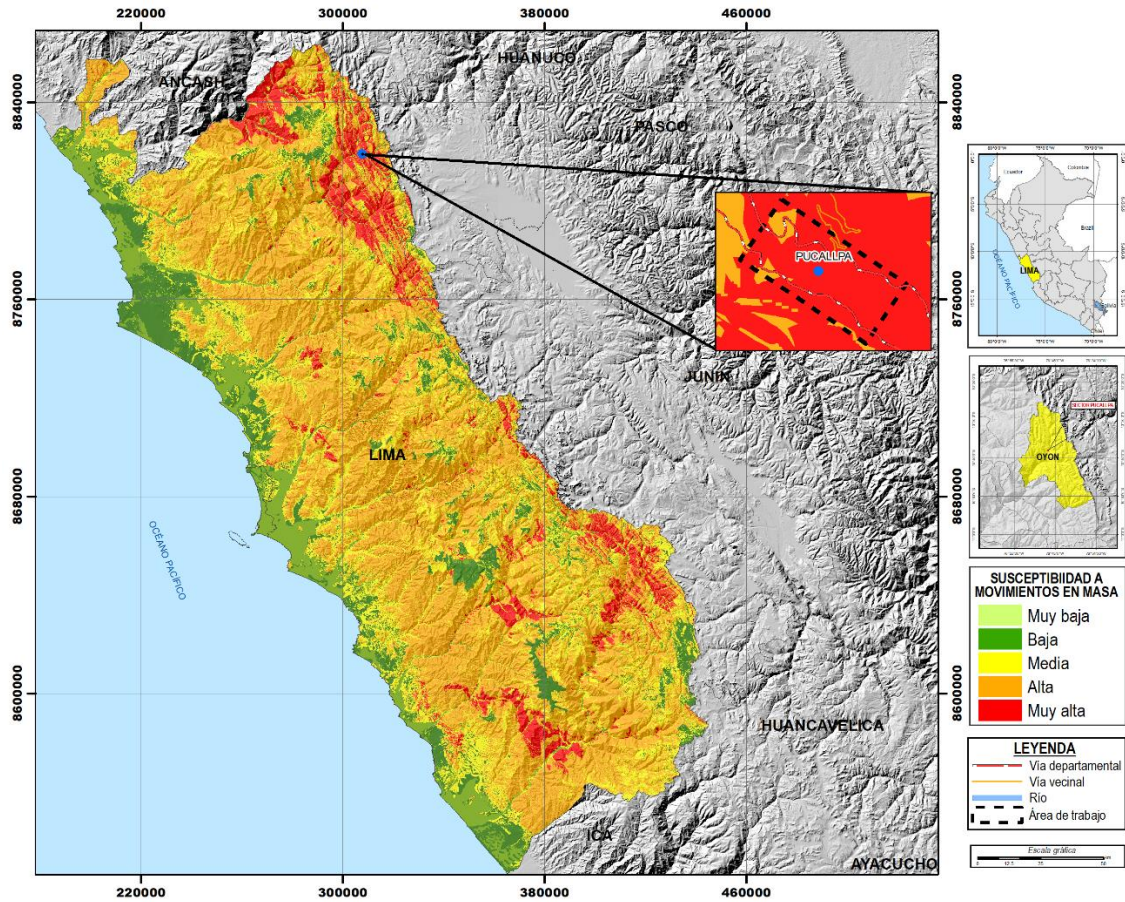


Figura 1. Susceptibilidad a movimientos en masa del sector Pucallpa y alrededores.
 Fuente: Luque et al, 2020.

1.3. Aspectos generales

1.3.1. Ubicación

La zona de Pucallpa, pertenece al distrito y provincia de Oyón, departamento de Lima, localizado a 2.6 km al sureste de la capital de provincia de Oyón, margen derecho del río Patón (figura 2).

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

Cuadro 1. Coordenadas de la zona de estudio

N°	UTM - WGS84 - Zona 18L		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	308074	8819371	-10.675362°	-76.754709°
2	309136	8818734	-10.681175°	-76.745036°
3	308774	8818261	-10.685432°	-76.748369°
4	307671	8818887	-10.679717°	-76.758418°
COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA				
C	307980	8818859	-10.679986°	-76.755595°

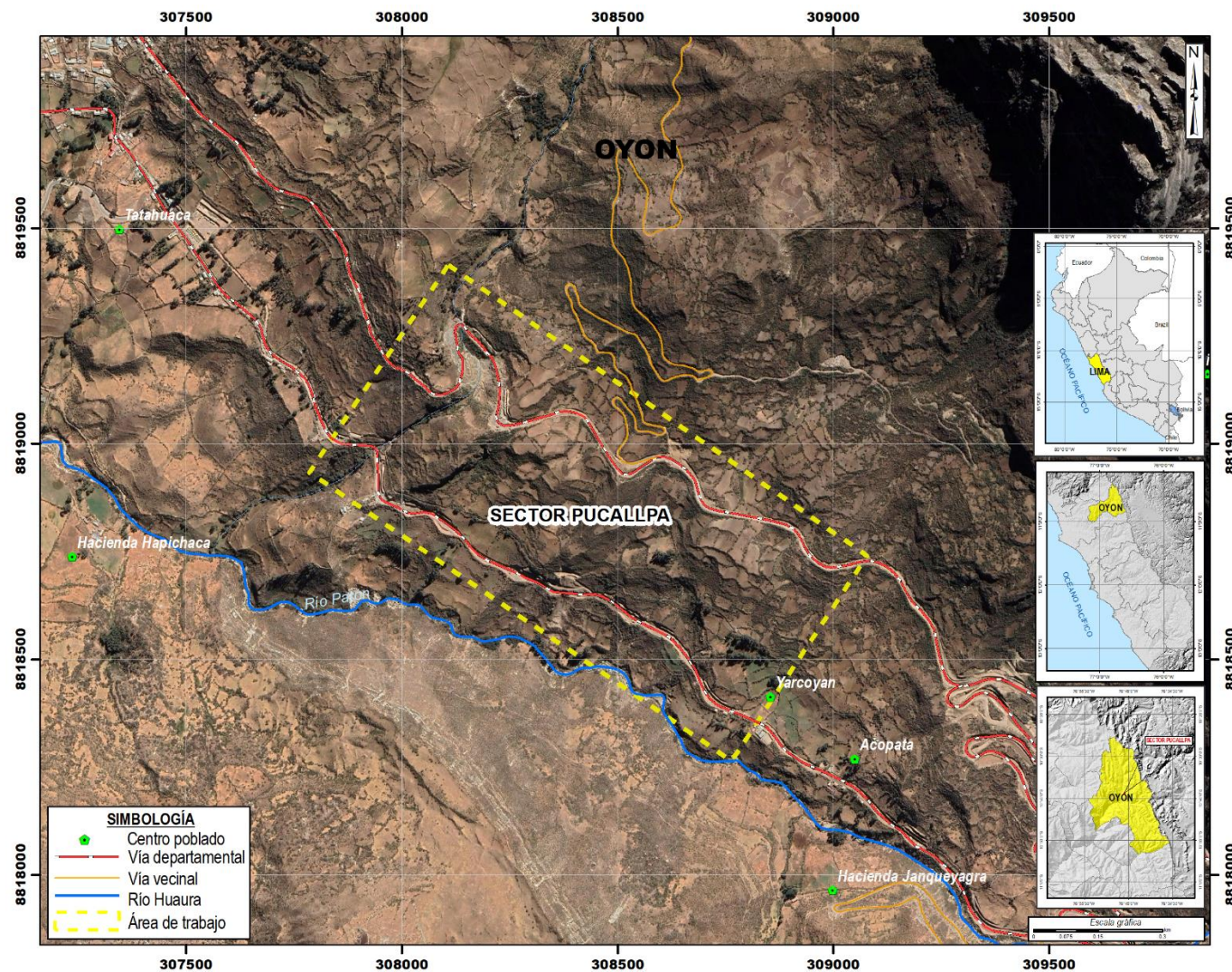


Figura 2. Ubicación del sector de Pucallpa y alrededores.

1.3.2. Población

Según el Censo Nacional 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidad Indígenas, la población del distrito de Oyón con una población de 12,812 habitantes que se constituye de un 53.23% varones y 46.77 mujeres. El 71.24% de la población es considerada como urbana y sólo el 28.76% rural.

1.3.3. Accesibilidad

El acceso se realizó por vía terrestre desde la ciudad de Lima mediante la siguiente ruta, (cuadro 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	48 min
Oyón - Pucallpa	Trocha carrozable	2.6	10 min

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.

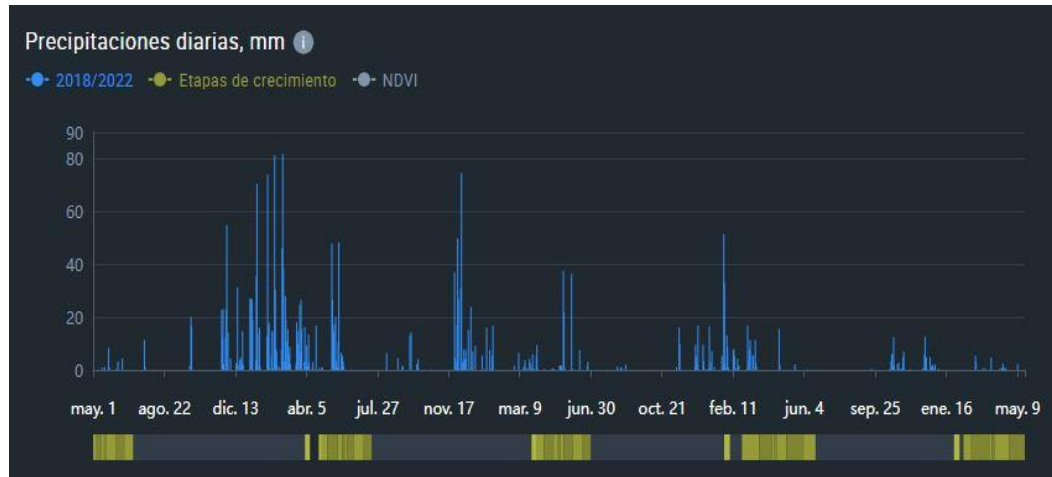


Figura 3. Precipitaciones máximas diarias en mm, distribuidas a lo largo del periodo 2018-2022. La figura permite analizar la frecuencia de las anomalías en las precipitaciones pluviales que inducen al desarrollo de la erosión del suelo.

Fuente: Landviewer,; <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,; <https://crop-monitoring.eos.com/weather-history/field/7843417>.

1.3.5. Zonificación sísmica

La zonificación propuesta en la figura 5, 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

Localizando el área de estudio 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.

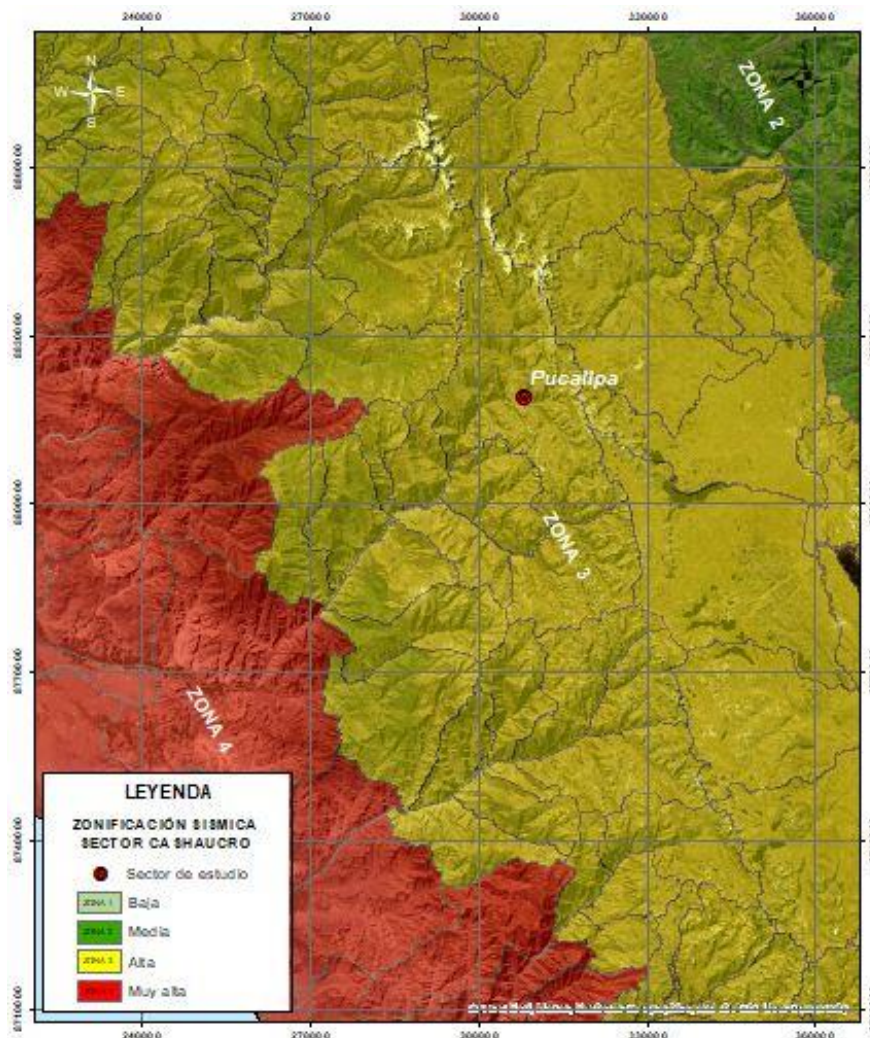


Figura 4. Zonificación sísmica del Perú. Fuente: Alva (1984).

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 dentro del área son de origen sedimentario y comprenden limolitas, limoarcillitas y areniscas de la Formación Carhuaz; Formación Farrat (areniscas) de la Formación Farrat y calizas grises de la Formación Pariahuanca (calizas grises); así como depósitos recientes coluvio-deluvial, coluvial, aluvial, fluvial, correspondientes al Cretáceo (anexo 1 – Mapa 01).

3.1.1. Formación Carhuaz (Ki-ca)

Romero et al, 2003. Esta formación está conformada por tres a cuatro secuencias compuestas hacia la base de limoarcillitas grises, verdes y rojas intercaladas con delgados estratos de areniscas rojas y grises, que hacia la parte superior pasan a areniscas cuarzosas grises y pardas intercaladas con limoarcillitas grises y rojas.

En la zona de estudio se observó una intercalación de limolitas con areniscas, estas rocas se encuentran medianamente fracturadas (F3,) con espaciamiento regular entre sus fracturas (0.3 a 1.0 m). Además, se encuentran altamente meteorizadas (A4), es decir más de la mitad del material rocoso está descompuesto o desintegrado. Así mismo se observó limoarcillitas de color rojas, altamente meteorizadas. (figura 5 y 6). Aflorantes a lo largo de todo el tramo de la carretera Oyón – Pampahuay.



Figura 5. Vista donde se observa un intercalación de areniscas con limoarcillitas, ubicado entre las coordenadas UTM 8818839 N,308081 E, altitud de 3624 m s.n.m.



Figura 6. Se observa limoarcillitas de color rojiza altamente meteorizada, ubicado entre las coordenadas UTM 8818663 N, 308353 E, con una altitud de 3610 m s.n.m.

3.1.2. Formación Farrat (Ki-fa)

Esta unidad está compuesta principalmente por areniscas cuarzosas blancas, algunos estratos de areniscas de grano grueso, presentan canales de conglomerados con clastos subredondeados a redondeados de cuarzo, cuarcita. Estas rocas se encuentran en la margen derecha del río Patón; las cuales se encuentran moderadamente meteorizadas (F3), es decir menos del 50 % está descompuesto o desintegrado con espaciamiento regular entre fracturas (0.3 a 0.05 m), (figura 7).



Figura 7. Vista donde se puede observar areniscas intercaladas con limoarcillitas, ubicadas sobre la Formación Carhuaz.

3.1.3. Formación Pariahuanca (Ki-ph)

Según Cobbing (1973), consiste de calizas intemperizadas de color gris, masivas, que comúnmente conforman una prominencia entre la formación más suave Chulec (arriba) y las formaciones Goyllarisquizga y Carhuaz (debajo). Generalmente el grosor es muy variable, pero para la mayor parte del área es posible asignarle un grosor promedio de 50 m.

Esta formación se ubica a la margen derecha de la quebrada Ucumani; presentando rocas medianamente fracturadas (F3), con espaciamiento regular entre fracturas (0.30 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)



Fotografía 1. Se observa calizas de coloración gris, ubicados en la margen derecha de la quebrada Ucumani.

3.1.4. Depósitos cuaternarios

a) Depósito coluvio-deluvial (Q-cd):

Son aquellos depósitos que se encuentran acumulados al pie de laderas prominentes, como material de escombros, constituidos por bloques de gravas, guijarros con clastos subangulosos a angulosos y matriz areno-limosa que han sufrido transporte (agua), se presentan con cierta irregularidad en la hoja de Oyón (figura 8). Los depósitos de esta unidad son conformados por los depósitos de movimientos en masa antiguos, como son los deslizamientos, derrumbe.

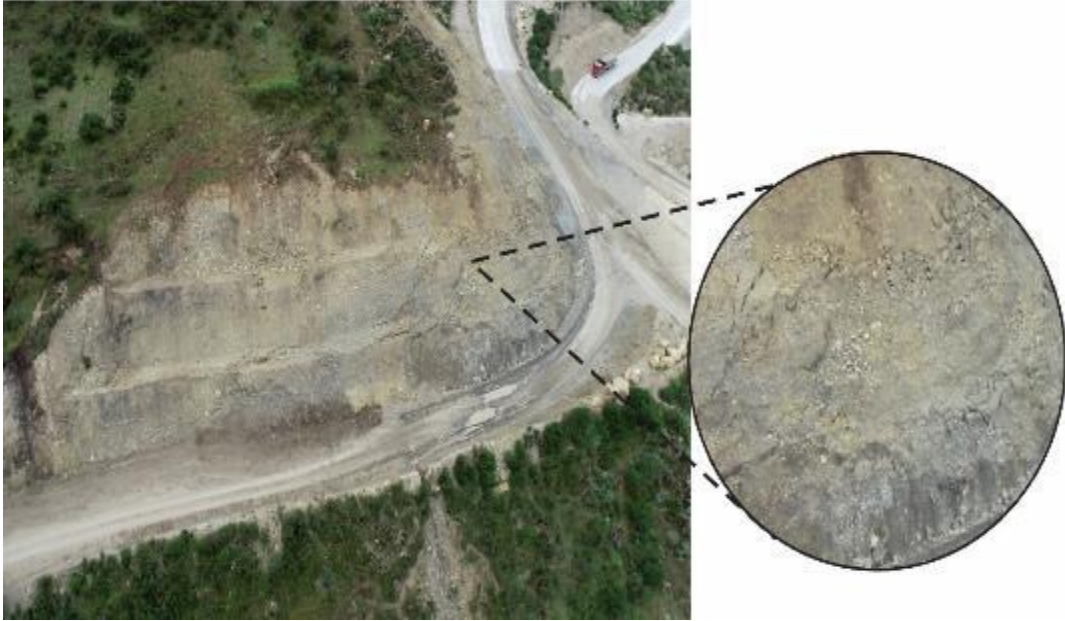


Figura 8. Material de depósito coluvio-deluvial compuestos por fragmentos de roca angulosos a subangulosos de tamaños variables, envueltos en matriz limo-arcilloso.

b) Depósito coluvial (Q-co):

Son depósitos inconsolidados, compuestos por fragmentos de roca angulosos de tamaños variables y de naturaleza litológica homogénea. (figura 9). Presentan nula o poca compactación y se encuentran acumulados al pie de taludes escarpados. Presentan escasa matriz.

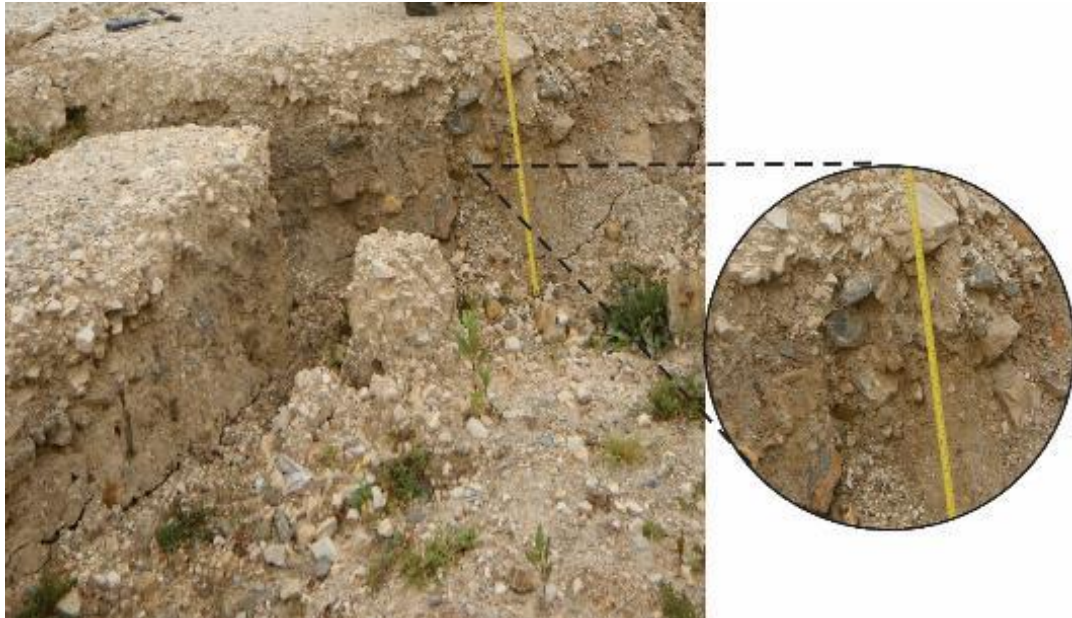


Figura 9. Vista donde se observa material inconsolidado, ubicado en una margen de la carretera de acceso a Oyón.

c) Depósito proluvial (Q-pl)

Estos 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.

d) Depósito aluvial (Q-al):

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.

Esta unidad se encuentra en ambas márgenes del río Patón, su permeabilidad es media a alta y se asocia principalmente a terrazas aluviales, susceptibles a la erosión fluvial.

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). Teniendo para la zona de Pucallpa, laderas de montañas cuyos rangos de pendientes van desde fuerte (15° a 25°) a muy fuerte (25° a 45°), 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 Patón.
5°a 15°	Moderado	Terrenos con moderada pendiente, se ubican a media ladera de las montañas sedimentarias, en este rango se asienta un 19% de la zona de estudio.
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, el 42%.

25° a 45°	Muy Fuerte	Ocupan 39% del área de trabajo, se encuentran en laderas de montañas y márgenes del río Patón. 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.

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, y el mapa regional geomorfológico a escala 1:50 000 elaborado por (Luque *et al.*, 2020). 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):

Se expone en el lado este de la región (Cordilleras Callejón, Raura, Puagjancha 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 a muy fuertes (15° a 45°); 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, cuevas y espinazos, que le dan una característica particular en las imágenes satelitales. Tienen además un alineamiento de dirección NO-SE.

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

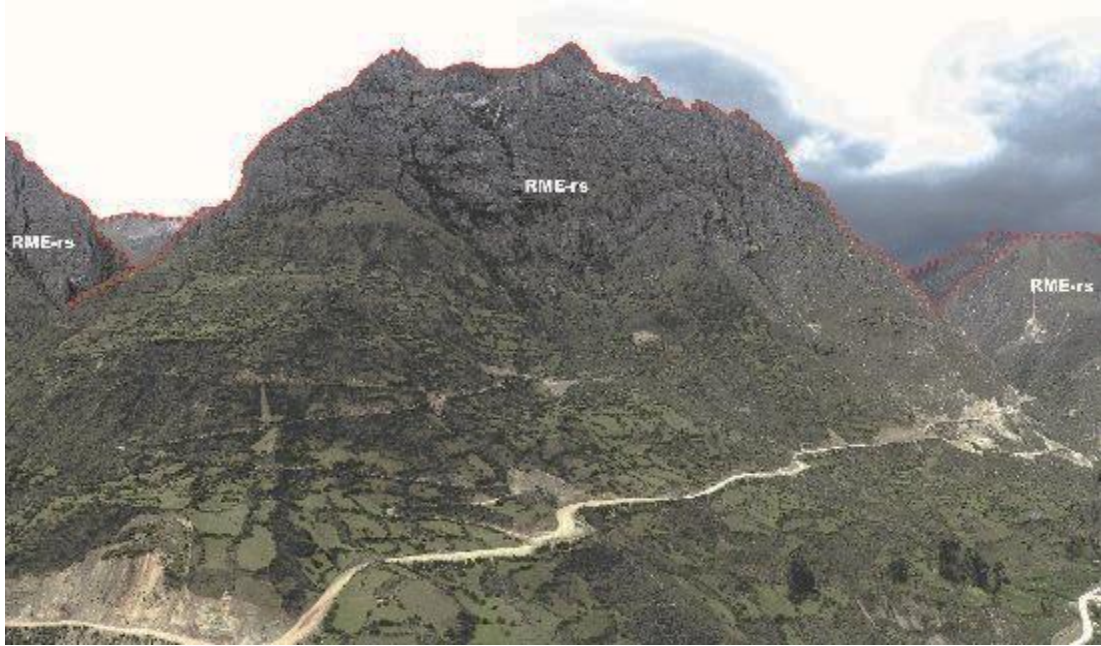


Figura 10. Vista con dirección al norte del sector de Pucallpa, donde se observa subunidad de montañas modeladas en rocas sedimentarias (RM-rs), cuyas laderas presentan pendientes de fuerte a muy fuerte (15°-45°).

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 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.

Estas geoformas se observan como cuerpos convexos de deslizamiento, depositados en las laderas del valle del río Patón, en la margen derecha específicamente donde las pendientes van de fuerte a muy fuerte, (figura 11).

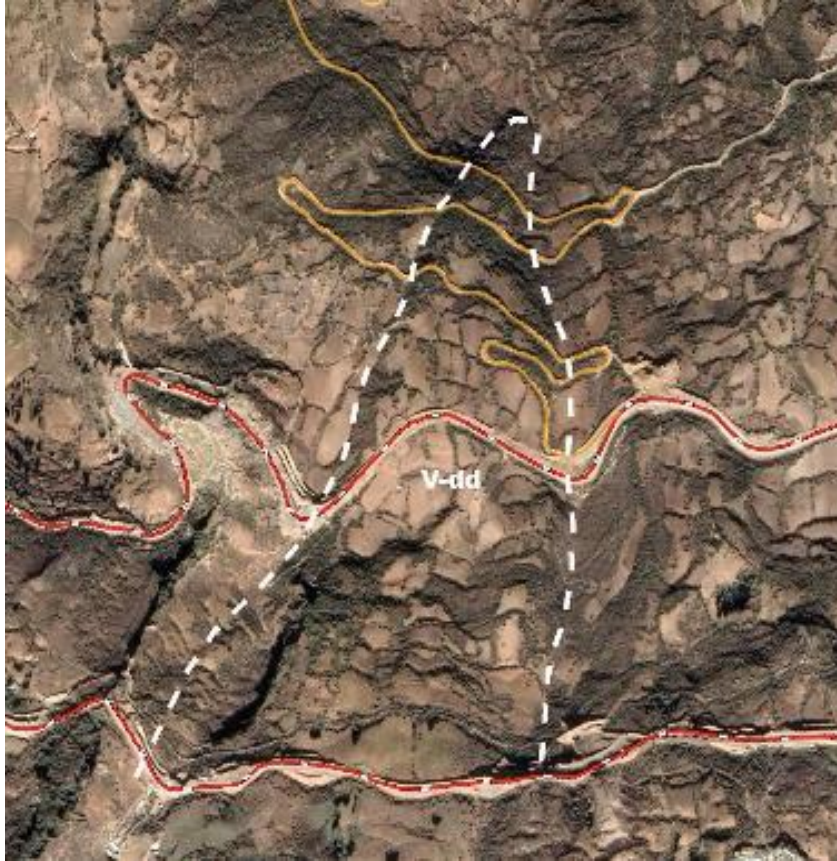


Figura 11. Vista de la subunidad de vertiente de deslizamiento (V-dd), ubicado en el margen derecho del río Patón, ubicado a media ladera de montañas sedimentarias, (Imagen del Google Earth, 2020).

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 Patón, con pendientes moderadas a fuertes. (figura 12).



Fotografía 5. Vista de la subunidad de vertiente coluvio-deluvial (V-cd), cuyas laderas presentan pendientes de moderadas (5° a 15°) a fuertes (15° a 25°).

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 13). Esta unidad es susceptible a remoción por flujo de detritos (huaicos) ubicado principalmente en la desembocadura de la quebrada Ucumani.

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°), están compuestas por fragmentos de roca de diferente granulometría (bolos, cantos, gravas con matriz de arenas y limos), depositadas en ambas márgenes del río Patón, (figura 14). Sobre estos terrenos se desarrollan cultivos.



Figura 13. 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 Ucumani, que discurre hacia el río Patón (Imagen Google Earth, 2020).



Figura 14. Vistas donde se presenta a) en dirección noroeste: terrazas donde se desarrollan cultivos b) vista con dirección noreste: terrazas aluviales muy pequeñas, ubicadas en ambos márgenes del río Patón.

5 PELIGROS GEOLÓGICOS

Los peligros geológicos identificados en la zona evaluada y alrededores corresponden a movimientos en masa (anexo 1 – mapa 4).

5.1. Peligros geológicos por movimientos en masa

El término movimientos en masa incluye todos aquellos movimientos ladera abajo de una masa de roca, de detritos o de tierras, por efecto de la gravedad (Cruden, 1991 en PMA: GCA, 2007).

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 et al (2020) el sector de Pucallpa, presenta grandes depósitos de movimiento en masa antiguos y reactivados, de deslizamiento, derrumbes; y laderas con procesos de erosión

La caracterización y descripción de los eventos aquí mencionados, se realizaron en base a la información obtenida durante trabajos de campo, señalados con un cartografiado geológico y geodinámico, observación y descripción morfométrica in situ; complementado con toma de 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 de Google Earth de los años 2017, 2019 y 2020.

Además de ello, se tiene como referencia del mapa de susceptibilidad a la ocurrencia de movimientos en masa, a escala 1:50 000 (Luque et al., 2020), que la zona es considerada de muy alta susceptibilidad. A continuación, se describen los eventos identificados y clasificados en el área de estudio:

5.2. Deslizamientos en el sector de Pucallpa, Quebrada Ucamani (Área arqueológica intangible) y alrededores

Según las autoridades de la Oficina de Gestión de Riesgo de Desastre de la Municipalidad Distrital de Oyón, en el sector de Pucallpa el 3 de diciembre del 2021, en el sector Pucallapa, ocurrió un deslizamiento, que está localizado en las coordenadas UTM 8818866 N, 307959 E y 3614 m s.n.m. (figura 15); específicamente a 2.6 km de la localidad de Oyón.

Presenta una escarpa semicircular, de 174 m de longitud, saltos que varían de 2 a 3.5 m, y desnivel entre la escarpa y el pie de 463 m considerado como **(E1)** (Figura 15). Dicho deslizamiento trajo consigo la obstrucción de 50 m aprox. y cierre de la carretera Pampahuay – Oyón, por un espacio de 30 días.

El deslizamiento generó un agrietamiento que cortó la carretera; el cual se encuentra sellado actualidad se evidenció a un costado de la carretera aperturas de 0.45 a 0.55 m; Al momento de la evaluación de campo, la carretera se encuentra rehabilitada, tiene un ancho de (10.5 m).; sin embargo, se puede evidenciar a 2 m de la carretera en dirección al río una grieta con profundidades visibles de hasta 1 m (figura 15,16 y 17).

Dichas reactivaciones en el cuerpo del deslizamiento, denominado como **(E2)**, presentan una escarpa elongada con una longitud de 129 m, saltos de 1 a 1.8 m, (figura 17 y 18), la misma que presenta agrietamientos de 0.2 a 0.5 cm.

En la figura 19, se hace una comparación de imágenes satelitales obtenidas del Google Earth de los años: octubre 2016, diciembre 2019 y abril del 2022 (esta última tomada con dron). Cabe precisar que en los dos primeros años la trocha no estaba pavimentada; como se presenta actualmente afirmada.



Figura 15. Vista del deslizamiento de Pucallpa, con escarpas sucesivas: E1 y E2.



Figura 16. Agrietamiento en carretera, al momento del deslizamiento, el cual llegó a medir 45 cm; la cual fue sellada; a 1 m de la carretera se visualiza el agrietamiento, con un poco de variación (línea entrecortada de color rojo).



Figura 17. Vista de la escarpa (E2) de forma elongada, con saltos de hasta 1.8 m, ubicado en coordenadas UTM 8818864 N, 307990 E, altitud de 3617 m s.n.m.



Figura 18. Vista de imágenes multitemporales para los años 2016 (A), 2019 (B) y 2022 (C); donde se observa la evolución de erosión y movimiento en masa (deslizamiento) así como el tipo y estado de carretera en evaluación (trocha a afirmada)

En la margen izquierda de la quebrada Ucumani¹ se identificó un deslizamiento rotacional (**E3**), localizado en las coordenadas UTM 8819207 N, 308208 E, altitud 3743 m s.n.m (figura 19); presenta una escarpa elongada, con una longitud de 245 m, saltos de 2 a 3 m y desnivel entre la escarpa y el pie de 119 m. Según versión de los pobladores, desde el año 2019 se viene presentando este evento, los cuales impactaron y destruyeron las banquetas para estabilización de laderas. (figura 20 y 21).

¹ Quebrada Ucumani área arqueológica intangible (Camino prehispánico).



Figura 19. Vista del deslizamiento rotacional (E3) (delimitado con línea amarilla), margen izquierda de la quebrada Ucumani, en ladera de pendiente muy fuerte (25° a 45°).



Figura 20. Vista de imágenes multitemporales obtenidas de Google Earth y tomadas por dron; para los años 2016 (A), 2019 (B) y 2022 (C); donde se observa la evolución de erosión y movimiento en masa (deslizamiento) desde el 2019 a la actualidad



Figura 21. Vista de medidas correctivas (banquetas) erosionadas.

El deslizamiento (**E4**), con coordenadas UTM 818546 N, 308589 E, 3610 m s.n.m.; en la parte baja del terraplén de carretera, presenta una escarpa con longitud de 20 m, saltos de hasta 90 cm, que avanzan en dirección hacia el río Patón (figura 22).

Actualmente la vía tiene señaléticas por tema de seguridad; y sobre cuya plataforma se pequeñas grietas encima de la escarpa.



Figura 22. Vista del deslizamiento (**E4**), con agrietamientos en 2.6 m de la vía,

Finalmente, el deslizamiento (**E5**), con coordenadas UTM 8818595 N, 308549 E, 3617 m s.n.m., presenta una escarpa con longitud de 381 m, saltos entre 2 a 3 m, y desnivel entre la escarpa y el pie de 124 m. Cabe resaltar que en la ladera se tienen cultivos de alfalfa, regados con sistema de aspersión. (figura 23)



Figura 23. Vista del deslizamiento rotacional (**E5**), que se desplaza en dirección sur; por donde emana agua subterránea por el cuerpo del evento

En varios puntos del sector Pucallpa se evidencian aguas subterráneas, que emanan en la ladera; y un canal generado naturalmente de 15 m aprox. que no cuenta con revestimiento, los cuales estarían aportando y contribuyendo en la saturación del suelo, (figura 24). Estos son permanentes, desde hace más de 10 años, según los pobladores; los mismos que poseen otros puntos de desfogue, que se parecían en el corte de talud.

Cuando los eventos mencionados se activan, el sector es intransitable, podría interrumpir el tránsito. Por otro lado, se observó el colapso del canal de concreto en una longitud de 15 m, el cual pasaba por encima de los deslizamientos mencionados líneas arriba.



Figura 24. Vista de emanaciones de agua en diferentes puntos de la zona de (A, B, C y D) y colapso de canal de concreto 15 m y tubería de derivación de agua (E y F).

En el área de influencia del deslizamiento E5, en la vía asfaltada, se generaron agrietamientos entre 0.02 a 0.05 m, con longitudes de hasta 2 m, (figura 25), (coordenadas UTM 8818554 N, 308611 E, 3613 m s.n.m.) las mismas que continúan acentuándose por el sobrepeso de los vehículos de carga pesada.

Además de todas estas evidencias de deslizamientos aquí citados (E1, E2, E3, E4, E5) en la zona de estudio se presentan grandes deslizamientos antiguos; dos de los cuales (*código de inventario 53871 y 44185*), fueron identificadas por Ingemmet en el estudio “Peligro Geológico en la región de Lima”.



Figura 25. Vista de agrietamiento en vía pavimentada, por el movimiento del cuerpo del deslizamiento (A, B, C y D).

5.2.1. Análisis longitudinal del deslizamiento

En el perfil A-A' muestra el proceso del movimiento en masa que se inicia en la escarpa principal del deslizamiento antiguo (E1), ubicado a 3.785 m de elevación, muestra el cuerpo de un deslizamiento reactivado (E2) de tipo rotacional generado a partir de un deslizamiento antiguo, el cual se originó sobre depósitos coluvio-deluvial, compuesto por bloques 20%, arenas 20%, arcillas 25%, limos 15% y gravas 20% guijarros con clastos subangulosos a angulosos y matriz areno-limosa que han sufrido transporte. El estado del movimiento es activo caracterizado por presentar Longitud de la escarpa: 129 m, con un desnivel entre escarpa y pie del deslizamiento de 65 m.

La zona de estudio se asienta sobre intercalación de limolitas con areniscas de la Formación Carhuaz con bloque de hasta 2.8 m a 0.50 m, estas rocas se encuentran medianamente fracturadas, con espaciamiento regular entre sus fracturas (0.3 a 1.0 m). Además, se encuentran altamente meteorizadas (A4), el factor detonante son las fuertes lluvias, se observó la existencia de filtraciones de aguas subterráneas en el cuerpo del deslizamiento, de manera que el efecto del agua infiltra 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 entre moderado (5°- 15°) a muy fuerte (25°-45°). Este proceso afectó parte de la vía Oyo – Pampahuay, obstruyendo el pase vehicular.

Por último, es importante destacar que después el ampliación y apertura de nuevas vías, algunos deslizamientos se reactivaron, como se muestra en la figura 26.

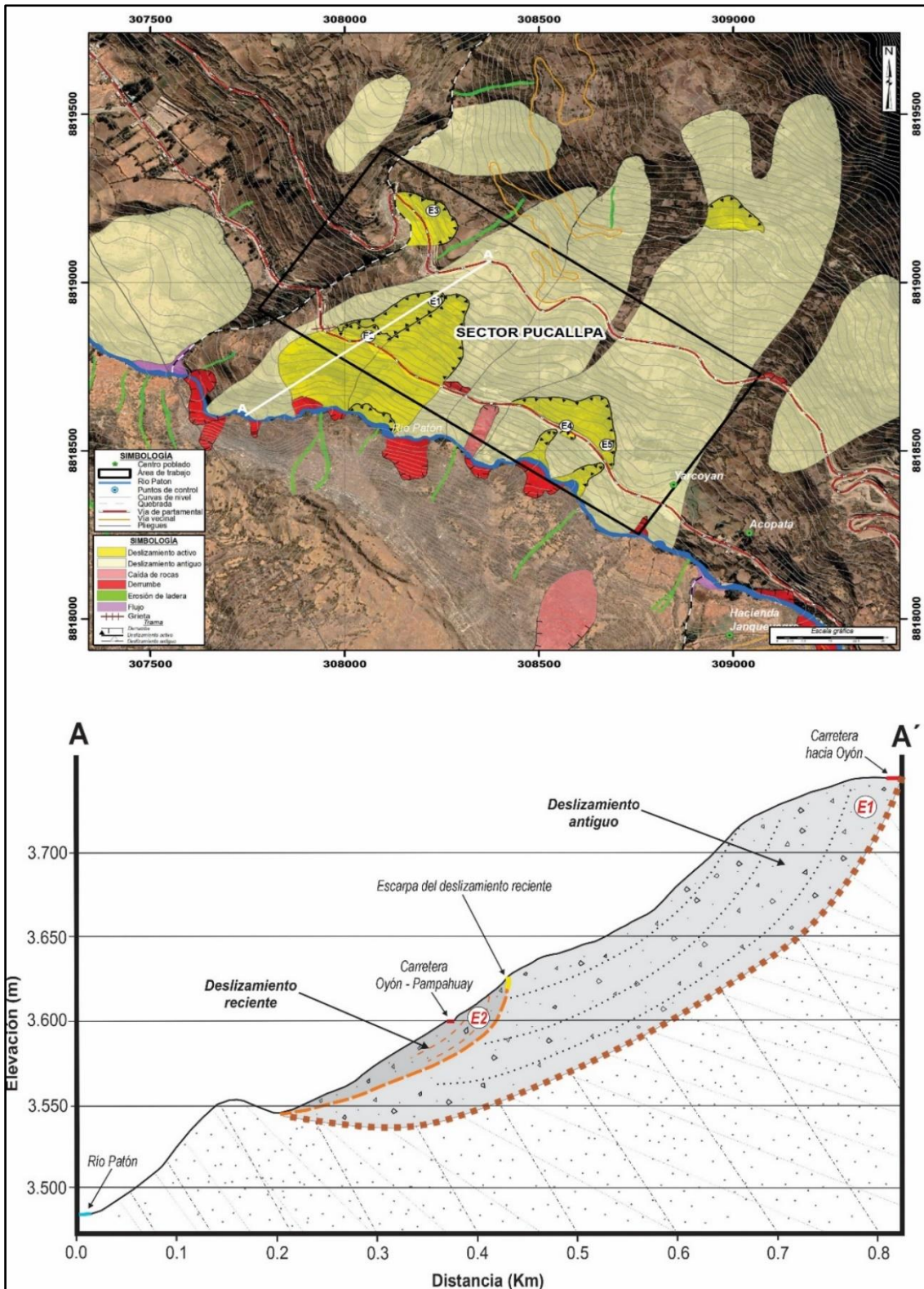


Figura 26. Perfil longitudinal A-A' con el cartografiado de peligros geológicos por movimientos en masa en el sector Pucallpa.

5.2.2. Características visuales del evento

Los deslizamientos identificados en la zona de Pucallpa, presentan las siguientes características y dimensiones:

Deslizamiento (E1):

- Estado de la actividad: Reactivado
- Deslizamiento de tipo: Rotacional
- Forma de la escarpa principal: Semicircular
- Superficie de rotura: Semicircular y alargada.
- Longitud de la escarpa: 174 m.
- Desnivel entre escarpa y pie: 463 m.
- Salto de escarpa principal, comprendido entre: 2 a 3.5 m.

Deslizamiento (E2):

- Estado de la actividad: Activo
- Deslizamiento de tipo: Rotacional
- Forma de la escarpa principal: Elongada
- Superficie de rotura: Elongada y alargada.
- Longitud de la escarpa: 129 m.
- Desnivel entre escarpa y pie: 65 m.
- Salto de escarpa principal, comprendido entre: 1 a 1.8 m.

Deslizamiento (E3):

- Estado de la actividad: Activo
- Deslizamiento de tipo: Rotacional
- Forma de la escarpa principal: Elongada
- Superficie de rotura: Elongada y alargada.
- Longitud de la escarpa: 245 m.
- Desnivel entre escarpa y pie: 119 m.
- Salto de escarpa principal, comprendido entre: 2 a 3 m.

Deslizamiento (E4):

- Estado de la actividad: Activo
- Deslizamiento de tipo: Rotacional
- Forma de la escarpa principal: Elongada
- Superficie de rotura: Elongada y alargada.
- Longitud de la escarpa: 20 m.
- Desnivel entre escarpa y pie: 14 m.
- Salto de escarpa principal, comprendido entre: 0.80 m.

Deslizamiento (E5):

- Estado de la actividad: Reactivado
- Deslizamiento de tipo: Rotacional
- Forma de la escarpa principal: Elongada
- Superficie de rotura: Elongada y alargada.
- Longitud de la escarpa: 381 m.
- Desnivel entre escarpa y pie: 124 m.
- Salto de escarpa principal, comprendido entre: 2 a 3 m.

5.2.3. Factores condicionantes

Factor litológico-estructural

- Presencia de un substrato rocoso de limoarcillitas, intercaladas con estratos de areniscas grises, medianamente fracturadas (F3), con espaciamiento regular entre fracturas (0.3 a 1.0 m), y moderadamente meteorizadas (A4), cuyas características facilitan la infiltración y retención de agua de lluvia al terreno, originando inestabilidad en las laderas.
- Presencia de depósitos coluvio-deluviales, coluviales y aluviales, dispuestos en ambas márgenes de las laderas del río Patón, que son de fácil erosión. Están conformados de fragmentos líticos de limoarcillitas y areniscas, angulosos a subangulosos envueltos en una matriz de limos y arcillas, resultado de la meteorización del substrato rocoso, generan material disponible y susceptible a removerse

Factor geomorfológico

- Presencia de montañas estructurales en rocas sedimentarias, cuyas laderas presentan pendiente fuerte (15°-25°) a muy fuerte (25°-45°); sobre las cuales el material suelto se erosiona y remueve 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 estacionales y/o excepcionales, del orden de 38.2 mm, 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, lo que corresponde a una zona de sismicidad alta.

5.2.4 Factores antrópicos

- Cortes de talud si criterio de control litológico y de ángulo de corte, para la ampliación y apertura de nuevas vías.
- Malas técnicas de riego de terrenos de cultivo, que satura suelos, así como la falta de drenaje de las surgencias de aguas subterráneas.
- Vía utilizada para tránsito de carga pesada.

5.2.5 Daños y probables daños por peligros geológicos

- El deslizamiento (E1 y E2) destruyeron parte del canal de riego de concreto en un tramo de 15 m
- Obstrucción y erosión en tres tramos de la vía Pampahuay-Oyón (a 72 m en la margen izquierda de la quebrada Ucumani; podría afectar 320 m; A 150 m del sector Yarcoyan podría afectar 305 m; así como 184 m en la parte alta de la quebrada Ucumani.

- Podría afectar al paisaje arqueológico: Camino Prehispánico (sector Paccha), que se encuentra al costado de la quebrada Ucumani a menos de 15 m del deslizamiento.
- Podría afectar cultivos de alfalfa en un área 0.0552 ha.
- Podría afectar 8 alcantarillas de concretos ubicadas a lo largo de la vía, construidas recientemente.
- Podría afectar a 2 viviendas ubicadas dentro de los cuerpos de deslizamientos.

6. CONCLUSIONES

- a) En la vía Pampahuay - Oyón se identificaron un total de 5 deslizamientos rotacionales, que la afectan en un tramo de 300 m.
- b) El principal deslizamiento, ocurrido el 3 de diciembre del 2021, en el sector Pucallpa, presenta dos escarpas sucesivas (E1 y E2) con longitudes de 174 m y 129 m y desplazamientos del escarpe al pie del deslizamiento de 463 m y 65 m, con desplazamientos hacia el suroeste respectivamente.
- c) La ocurrencia de escarpas paralelas a la escarpa principal, son indicativos que el deslizamiento tiene un avance progresivo, la masa sigue moviéndose hacia el valle del río Patón.
- d) Los deslizamientos han afectado tres tramos de la vía Pampahuay-Oyón (300 m). Puede afectar al Camino Prehispánico del sector Paccha, ubicado a 15 m de la quebrada Ucumani; terreno de cultivo de alfalfa en un área 0.0558 ha, 8 alcantarillas de concreto y 2 viviendas.
- e) La ocurrencia de peligros geológicos por movimientos en masa en la zona evaluada 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 depósitos coluvio-deluviales y coluviales (inconsolidados), que se encuentran sobre laderas de montañas, con pendientes fuertes (15°-25°) a muy fuertes (25°-45°), donde el material suelto puede ceder cuesta abajo.
 - Acción de las aguas de escorrentía que saturan el terreno.
 - Cortes de talud realizados en trazos de carreteras.
 - Existencia de varios puntos de emanación de aguas subterráneas, sin drenaje
 - Malas técnicas de riego de cultivo, que contribuyen con la saturación del suelo.
- f) El factor desencadenante para la ocurrencia de movimientos en masa en la zona de Pucallpa, se debe a las lluvias intensas y/o excepcionales registradas entre los meses de diciembre a abril, con umbrales de 38.2 mm por día y la configuración sísmica de alta sismicidad (Zona 3)
- g) Debido a las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas, el sector evaluado, es considerado como **Zona crítica** y de **Peligro Muy Alto** a la ocurrencia de deslizamientos, sujetos a desencadenarse con lluvias intensas estacionales y/o excepcionales.

7. RECOMENDACIONES

- a) Implementar un Sistema de Alerta Temprana (SAT) para monitorear los deslizamientos en la zona de Pucallpa y alrededores. 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.
- b) Drenar los puquiales (ojos de agua), del cuerpo del deslizamiento y complementarlos con inspecciones locales, a fin de controlar y reducir la infiltración de agua hacia el subsuelo. Ver anexo 2 (Figura 2, Figura 3).
- c) Restringir y controlar el paso de vehículos pesados, hasta considerar un nuevo trazo de carretera, para este fin; complementado con estudio de suelos y estabilidad de taludes, los cuales deben de ser realizados por especialistas.
- d) Proponer un tipo de cultivo alternativo (que no requiera mucho riego) como lo cultivado actualmente; especialmente en parte del deslizamiento y alrededores. Además, los canales de riego existentes deben de ser permeabilizados y canalizados hacia el río Patón. Para lo cual deben usar tuberías de PVC o mangueras.
- e) Reforestar la zona, con especies nativas, con la finalidad de retener el suelo y los deslizamientos no avancen en forma progresiva; e instalar zanjas de coronación por encima del escarpe principal, con el fin de captar las aguas de escorrentía.
- f) Realizar charlas de sensibilización y concientización del peligro geológico que se encuentran expuestos la zona de Pucallpa y alrededores. Invocando a las autoridades locales competentes.
- g) Supervisar y restringir la construcción de carreteras, aperturas de caminos de herradura, construcción de viviendas y el emplazamiento de actividades antrópicas dentro y en los alrededores de los cuerpos activos de deslizamiento.



Ing. NORMA LUZ SOSA SENTICALA
Especialista en Peligros
Geológicos
INGEMMET

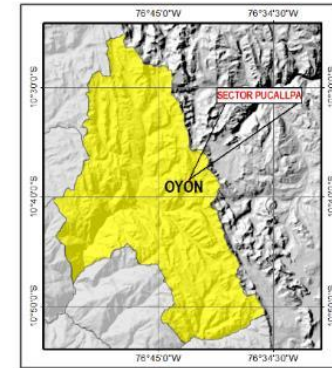
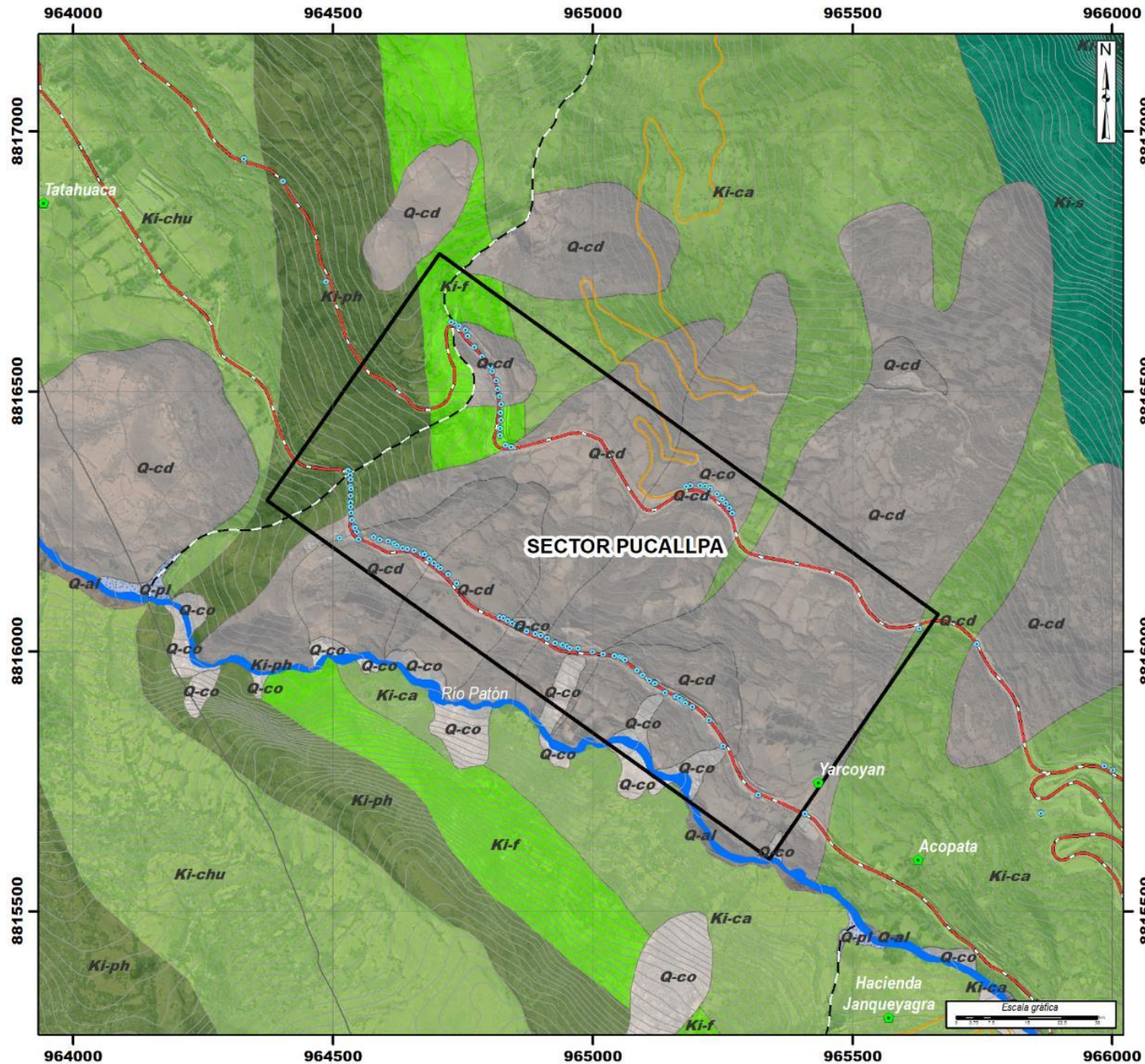


Ing. LIONEL V. FIDEL SMOLL
Director
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico
INGEMMET

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>
- 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>
- 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>
- 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
- 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%20Peru%20Mapa%20de%20Clasificaci%C3%B3n%20Clim%C3%A1tica.pdf>
- 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.
Disponible en: <https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/2830>
- Perú. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2016) - Decreto supremo N° 003-2016-VIVIENDA: Decreto supremo que modifica la norma técnica E.030 “diseño sismoresistente” del reglamento nacional de edificaciones, aprobada por decreto supremo N° 011-2006-VIVIENDA, modificada con decreto supremo N° 002-2014-VIVIENDA. El Peruano, Separata especial, 24 enero 2016, 32 p.
- 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

Era	Sistema	Unidades litoestratigráficas
Cenozoico	Cuaternario	Q-al Depósito aluvial
		Q-cd Depósito coluvio-deluvial
		Q-co Depósito coluvial
		Q-pl Depósito proluvial
Mesozoica	Cretácico	Ki-chu Formación Chúlec
		Ki-ph Formación Pariahuanca
		Ki-f Formación Farrat
		Ki-ca Formación Carhuaz
		Ki-s Formación Santa

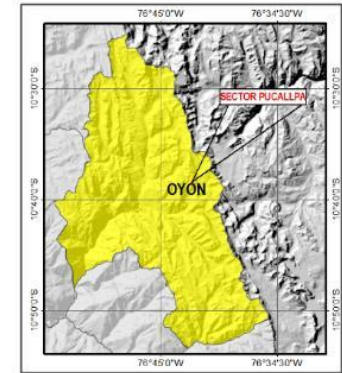
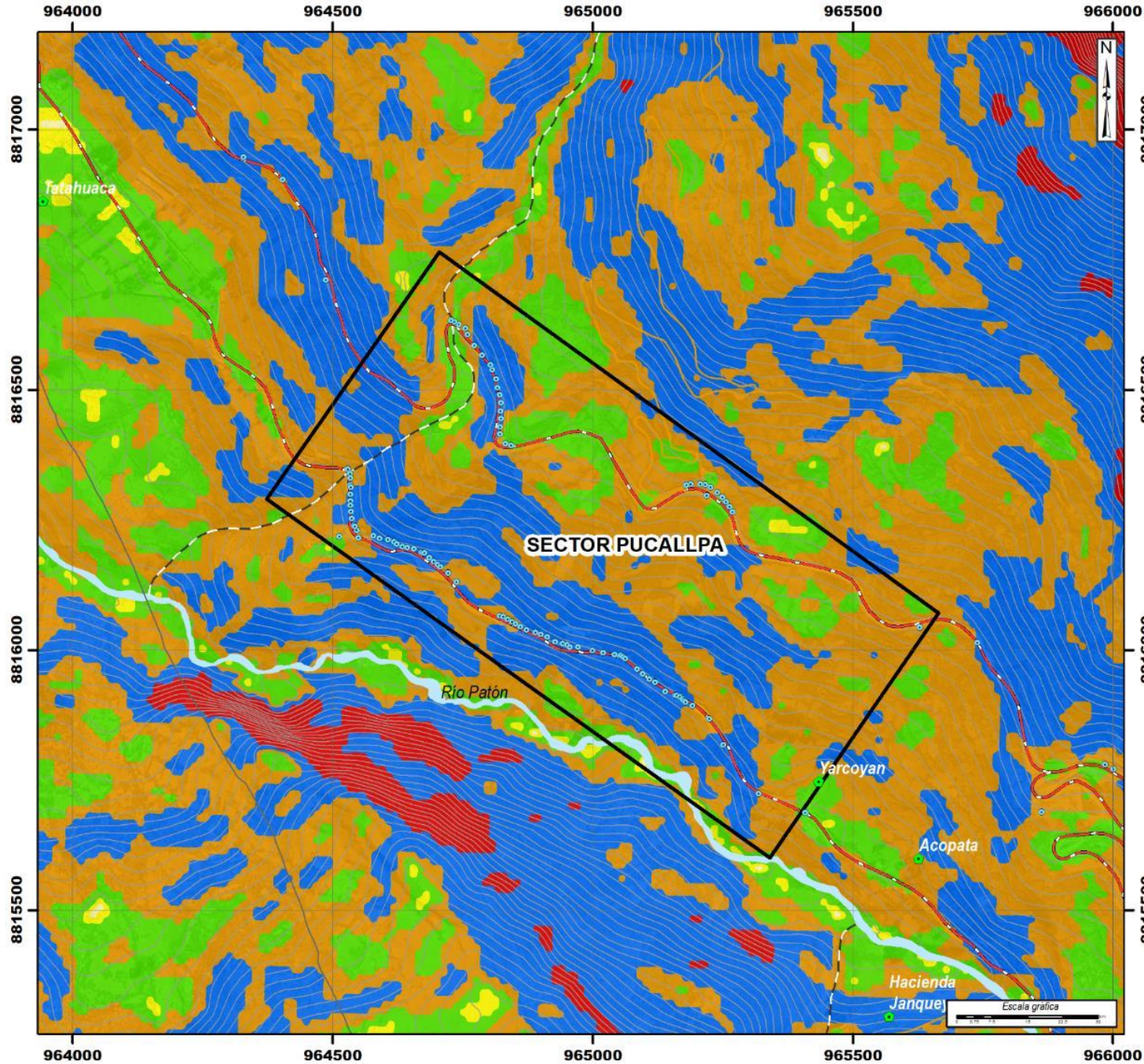
SIMBOLOGÍA

	Centro poblado
	Área de trabajo
	Río Patón
	Puntos de control
	Curvas de nivel
	Quebrada
	Vía de departamental
	Vía vecinal
	Pliques

SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO
 DIRECCIÓN DE GEOLÓGIA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO
 DEPARTAMENTO: LIMA
 PROVINCIA: OYÓN
 DISTRITO: OYÓN

MAPA GEOLÓGICO

Escala: 1/10 000	Elaborado por: Sosa, N.	MAPA 01
Proyección: UTM Zona 18 Sur	Datum: WGS 84	
Versión digital 2022	Impreso: Julio, 2022	



RANGOS DE PENDIENTE

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

SIMBOLOGÍA

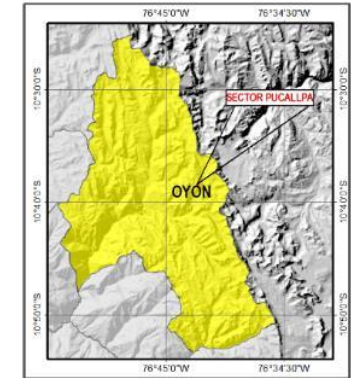
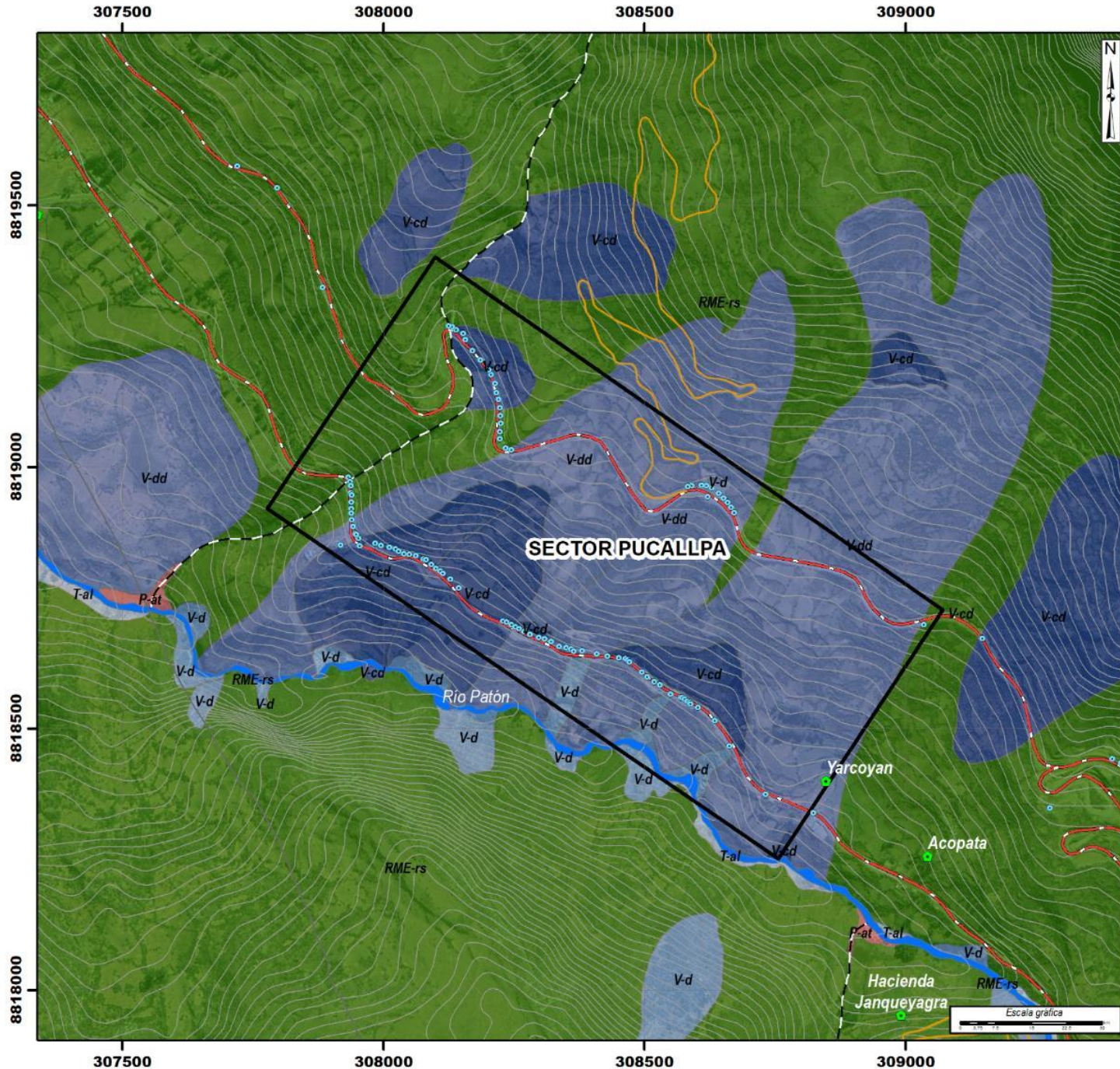
	Centro poblado
	Área de trabajo
	Río Patón
	Puntos de control
	Curvas de nivel
	Quebrada
	Vía departamental
	Vía vecinal
	Plegues

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

DEPARTAMENTO: LIMA
 PROVINCIA: OYÓN
 DISTRITO: OYÓN

MAPA DE PENDIENTES

Escala: 1/10 000	Elaborado por: Sosa, N.	MAPA 02
Proyección: UTM Zona 18 Sur	Datum: WGS 84	
Versión digital 2022	Impreso: Julio, 2022	



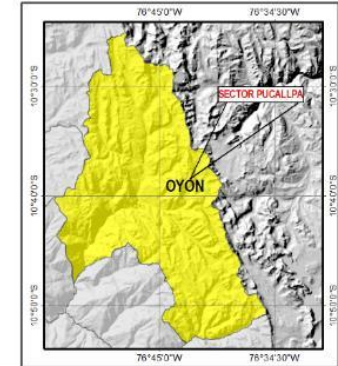
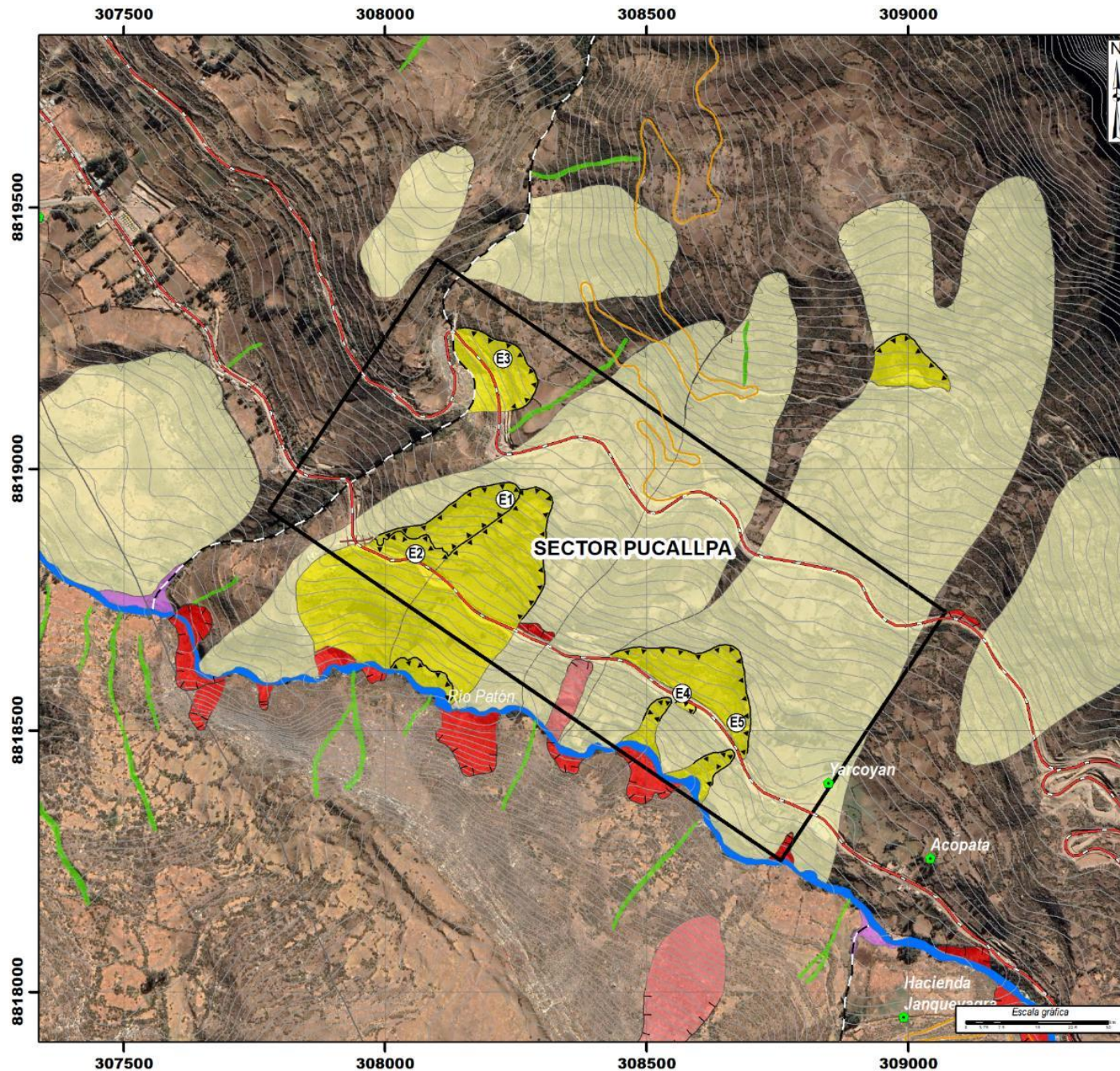
LEYENDA	
Código	Unidades geomorfológicas
RME-rs	Montaña estructural en roca sedimentaria
V-dd	Vertiente con deposito de deslizamiento
V-cd	Vertiente coluivio-deluvial
V-d	Vertiente coluivial de detritos
P-at	Vertiente aluvio-torrencial
T-al	Terraza aluvial

SIMBOLOGÍA	
	Centro poblado
	Área de trabajo
	Rio Patón
	Puntos de control
	Curvas de nivel
	Quebrada
	Via de departamental
	Via vecinal
	Pliegues

SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO
 DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO
 DEPARTAMENTO: LIMA
 PROVINCIA: OYÓN
 DISTRITO: OYÓN

MAPA GEOMORFOLÓGICO

Escala: 1/10 000	Elaborado por: Sosa, N.	MAPA 03
Proyección: UTM Zona 18 Sur	Datum: WGS 84	
Versión digital: 2022	Impreso: Julio, 2022	




 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO
DIRECCIÓN DE GEOLÓGIA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO
 DEPARTAMENTO: LIMA
 PROVINCIA: OYÓN
 DISTRITO: OYÓN

MAPA DE PELIGROS GEOLÓGICOS

Escala: 1/10 000	Elaborado por: Sosa, N.	MAPA
Proyección: UTM Zona 18 Sur	Datum: WGS 84	04
Versión digital 2022	Impreso: Julio, 2022	

ANEXO 2: MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN

A. CORRECCIÓN POR DRENAJE

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

Drenaje superficial: Su fin es recoger las aguas superficiales o aquellas recogidas por los drenajes profundos y evacuarlas lejos del talud para así evitar su infiltración (figura 1). Las aguas de escorrentía se evacúan por medio de zanjas de drenaje (cunetas de coronación), impermeabilizadas o no, y aproximadamente paralelas al talud. Estas deben situarse a poca distancia de la cresta del talud y detrás de la misma, de manera que eviten la llegada del agua a las grietas de tensión que podrían existir o no. El cálculo de la sección debe hacerse con los métodos hidrológicos.

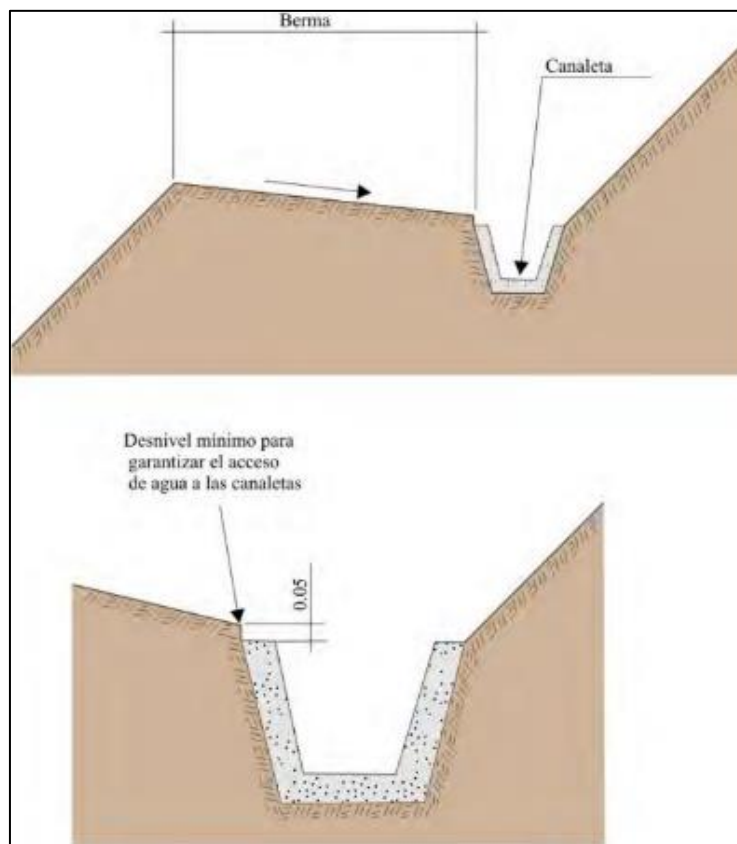


Figura 1. Detalle de una canaleta de drenaje superficial.
 Fuente: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, 2000.

Drenaje profundo: La finalidad es deprimir el nivel freático con las consiguientes disminuciones de las presiones intersticiales. Para su uso es necesario conocer previamente las características hidrogeológicas del terreno (figura 2). Se clasifican en los siguientes grupos:

Drenes horizontales: Se encuentran perforados desde la superficie del talud y son llamados también drenes californianos. Consisten en taladros de pequeño diámetro,

aproximadamente horizontales, entre 5 y 10°, que parten de la superficie del talud y que están generalmente contenidos en una sección transversal del mismo (figuras 3).

Sus ventajas son estas:

- Su instalación es rápida y sencilla.
- El drenaje se realiza por gravedad.
- Requieren poco mantenimiento.
- Es un sistema flexible que puede readaptarse a la geología del área

Sus desventajas son estas:

- Su área de influencia es limitada y menor que en el caso de otros métodos de drenaje profundo.
- La seguridad del talud hasta su instalación puede ser precaria.

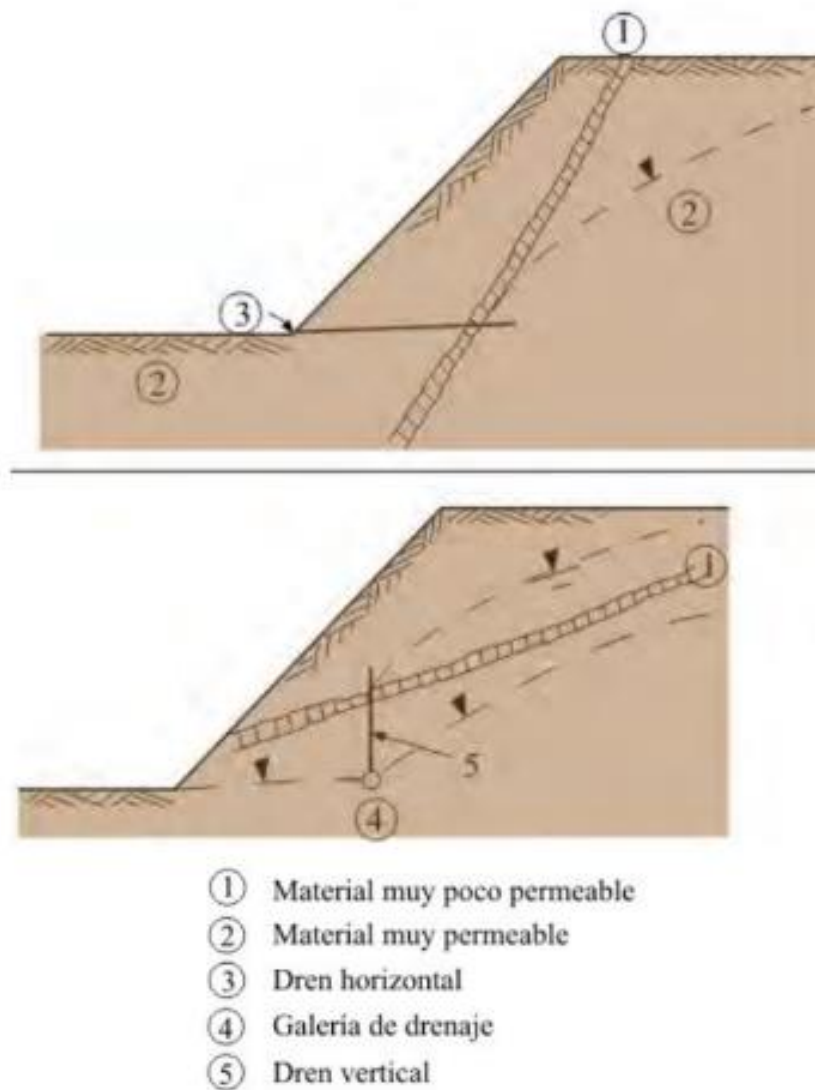


Figura 2. Disposición de sistema de drenaje en taludes no homogéneos.
 Fuente: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, 2000

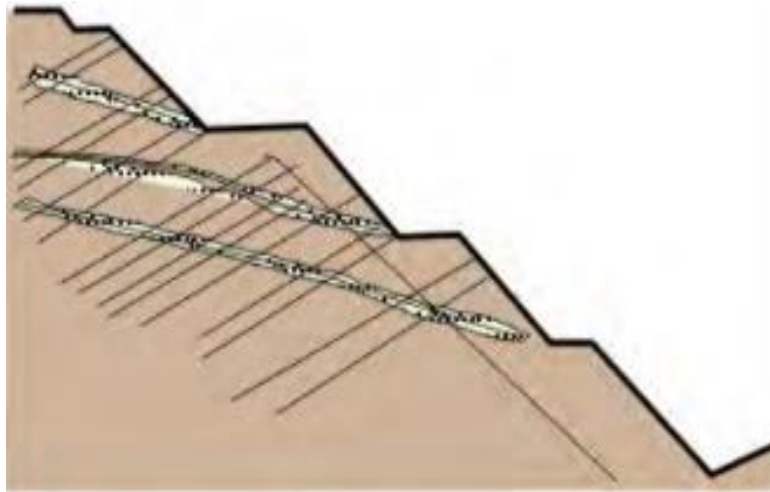


Figura 3. Esquema de drenaje de un talud por medio de drenes californianos
 Fuente: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, 2000

B. ZANJAS CON RELLENO DRENANTE

Están dispuestas en la superficie del talud o al pie de este. Consisten en zanjas rellenas de material drenante, excavadas en el talud o más allá del pie de este y cuya acción drenante se limita a profundidades pequeñas (figura 4). Pueden ser de dos tipos: Zanjas de talud. Son las que siguen la línea de máxima pendiente del talud y se aplican cuando los deslizamientos están situados a poca profundidad (figura 4).

Zanjas horizontales: Son paralelas al talud y se sitúan al pie de este. Son útiles los drenes en forma de “espina de pescado” (figura 5), que combinan una zanja drenante según la línea de máxima pendiente con zanjas secundarias (espinas) ligeramente inclinadas que convergen en la espina central. Su construcción y mantenimiento en zonas críticas debe tener buena vigilancia.



Figura 4. Posición óptima de una galería de drenaje (Hoek & Bray, 1997).
 Fuente: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, 2000

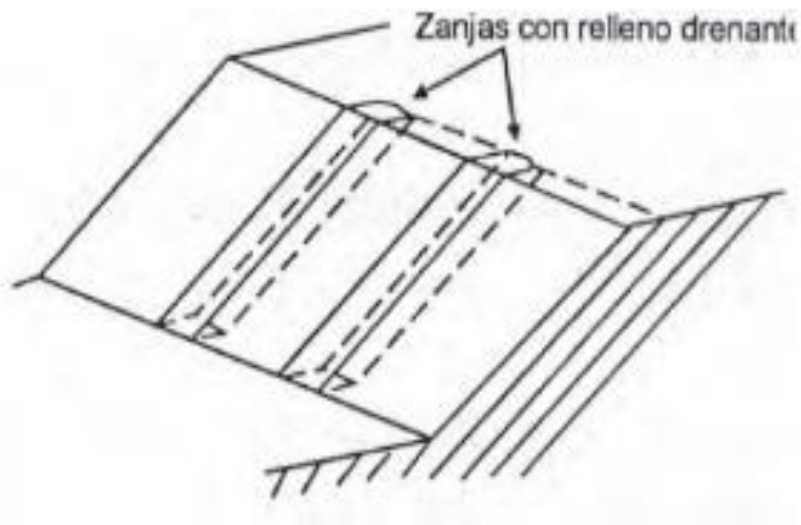


Figura 5. Zanjas de talud.

Fuente: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, 2000.

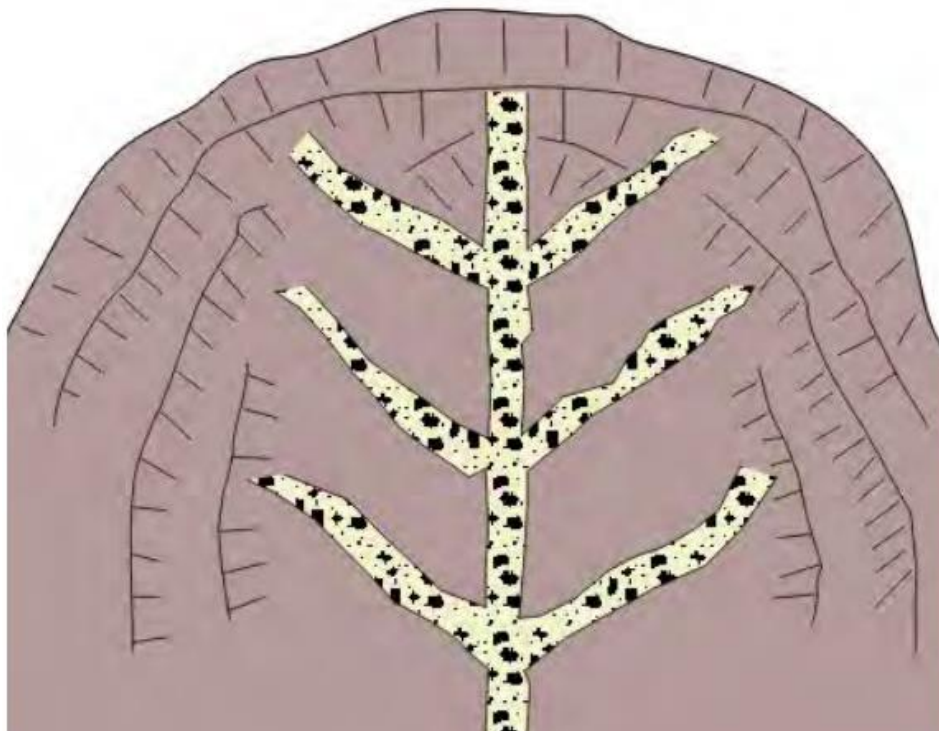


Figura 6: Drenaje tipo espina de pescado.

Fuente: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, 2000.

C. USO DE VEGETACIÓN

El efecto de la vegetación sobre la estabilidad de los taludes es muy debatido; el estado del uso actual deja muchas dudas e inquietudes y la cuantificación de los efectos de

estabilización de las plantas sobre el suelo, no ha tenido una explicación universalmente aceptada. Sin embargo, la experiencia ha demostrado el efecto positivo de la vegetación, para evitar problemas de erosión, reptación y fallas subsuperficiales (J. Suárez Díaz, 1998). Para poder analizar los fenómenos del efecto de la vegetación sobre el suelo se requiere investigar las características específicas de la vegetación en el ambiente natural que se esté estudiando. Entre los factores se sugiere analizar los siguientes:

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

ANEXO 3: FORMATO DE DESCRIPCIÓN DE SUELOS SUPERFICIALES

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

