

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7591

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR DESLIZAMIENTOS EN EL SECTOR DE PALCA

Departamento: Ancash

Provincia: Huari

Distrito: Pontó



ENERO
2025

Distrito Pontó, provincia Huari, departamento Lima



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

Equipo técnico:

Norma L. Sosa Senticala

Referencia bibliográfica

Sosa, N .(2025). *Evaluación de peligros geológicos por deslizamientos en el sector de Palca. Distrito Pontó, provincia Huari, departamento Áncash*. Lima: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico, Informe técnico A7591, 45 p.

ÍNDICE

RESUMEN.....	1
1. INTRODUCCIÓN	2
1.2. Antecedentes y trabajos anteriores	2
1.3. Aspectos generales	4
1.3.1. Ubicación	4
1.3.2. Población	6
1.3.3. Accesibilidad	6
1.3.4. Clima	6
1.3.5. Zonificación sísmica.....	7
1.3.6. Fallas activas.....	7
2. DEFINICIONES	9
3. ASPECTOS GEOLÓGICOS.....	11
3.1.Unidades litoestratigráficas.....	12
3.1.1.Formación Jumasha (Ks-j).....	12
3.1.2.Formación Crisnejas (Ks-j)	13
3.1.3.Depósitos Cuaternarios	13
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS.....	16
4.1. Pendientes del terreno	16
4.2. Índice topográfico de Humedad	17
Vertiente coluvio-deluvial (V-cd)	20
Vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd)	20
Vertiente coluvial (V-co).....	20
Piedemonte aluvio torrencial (P-at).....	20
3.3.2. Vertiente coluvio-deluvial (V-cd):.....	21
4.3.4.Vertiente aluvio-torrencial (P-at).....	21
4.3.5.Terraza aluvial (T-al)	22
5. PELIGROS GEOLÓGICOS	22
5.1. Peligros geológicos por movimientos en masa	22
5.1.2. Factores condicionantes	35
5.1.3.Factores desencadenantes	35
5.1.4.Factores antrópicos	36
5.1.5. Daños ocasionados por los deslizamientos	36
5.1.6. Análisis de perfil del deslizamiento	36
6. CONCLUSIONES.....	38
7. RECOMENDACIONES.....	39

8. BIBLIOGRAFÍA.....	40
ANEXO 1: MAPAS.....	41

RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa, tipo deslizamientos, derrumbes, caída de rocas, flujos y procesos de erosión, en el sector de Palca, distrito de Pontó, provincia Huari, departamento de Ancash. Con este trabajo, el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – Ingemmet, contribuye de esta forma con entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno mediante el reconocimiento, caracterización y diagnóstico del peligro geológico.

En el sector de Palca, en abril del 2023; enero y setiembre del 2024, se reactivaron deslizamientos de tipo rotacional. Los eventos denominados como D(a)8, D(a)7, D(a)6 y D(a)5 presentan escarpas con longitudes que van de 45 a 151 m, con anchos entre 11 a 85 m, los desniveles entre la escarpa y pie comprenden de 54 a 136 m.

En el contexto litológico, afloran calizas intercaladas con limoarcillitas de color gris claro a beige, las cuales se encuentran moderadamente a altamente meteorizadas, y medianamente a muy fracturadas, con espaciamientos muy próximas entre sí (1 – 0.05 m) y aberturas abiertas (1,0-8,0 mm), que llegan a formar esporádicamente bloques con diámetros hasta de 1 m, que generan depósitos cuaternarios.

Las unidades geomorfológicas identificadas corresponden a montañas sedimentarias y vertientes, cuyos rangos de pendiente van desde moderadas a muy escarpadas (15° a >45°). Este rango de pendientes es el resultado de una intensa erosión y desgaste de la superficie terrestre. Sobre la ladera se tiene material suelto disponible de fácil erosión, que puede ser removido por efecto de la gravedad y/o acción del agua de escorrentía.

En abril del 2023; enero y setiembre del 2024, se reactivaron algunos deslizamientos rotacionales del sector de Palca. Los deslizamientos **D(a)8, D(a)7, D(a)6 y D(a)5** presentan escarpas con longitudes entre 45 a 151 m, con ancho entre 11 a 85 m, el desnivel entre la escarpa y pie van de 54 a 136 m.

Se considera que los principales factores condicionantes para la ocurrencia de movimientos en masa son las características litológicas: rocas de mala calidad con altos grados de fracturamiento y meteorización, presencia de depósitos inconsolidados, pendientes del terreno que permiten que el material suelto disponible se erosione y remueva fácilmente y factores antrópicos como la actividad agrícola, presencia de canales no revestidos que favorecen la infiltración de agua al terreno, aumentando la presión de poros y disminuyendo la resistencia de los depósitos.

El factor desencadenante para la ocurrencia de movimientos en masa del sector Palca y alrededores, corresponde a lluvias intensas y/o excepcionales como las registradas en los meses de diciembre – abril 2024 la actividad antrópica (riego indiscriminado, corte de ladera), así como la actividad sísmica.

Por las condiciones geológicas, geomorfológicas geohidrológicas y geodinámicas, el sector Palca, donde se reactivó los deslizamientos y área aledañas, se considera como **Zona Crítica** y de **Peligro Alto**. ante deslizamientos, derrumbes, caída de rocas y flujos, que podrían afectar viviendas, vías de comunicación, canales de riego y cultivos ante lluvias intensas y/o prolongadas o sismos. Se recomienda evitar el riego de cultivos por inundación, considerar cambio del trazo de la vía, así como realizar el EVAR correspondiente.

1. INTRODUCCIÓN

El Ingemmet, ente técnico-científico que desarrolla a través de los proyectos de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR) "Servicio de asistencia técnica en la evaluación de peligros geológicos a nivel nacional (ACT. 16)", contribuye de esta forma con entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno mediante el reconocimiento, caracterización y diagnóstico del peligro geológico.

Atendiendo la solicitud de la Municipalidad Distrital de Pontó, según Oficio N°128-2024-MDP/A; es en el marco de nuestras competencias que se realiza la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa y otros peligros geológicos del sector Palca.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designó a la Ingeniera Norma Sosa Senticala, para realizar la evaluación de peligros geológicos respectiva, la cual se efectuó el 24 de setiembre del 2024. Para los trabajos de campo se realizaron coordinaciones con el alcalde y personal de la Oficina de Gestión de Riesgo de Desastre de la Municipalidad Distrital de Pontó.

La evaluación técnica se realizó en tres etapas: etapa de pre-campo con la recopilación de antecedentes e información geológica y geomorfológica del INGEMMET; etapa de campo a través de la observación, toma de datos (sobrevuelos dron, puntos GPS, tomas fotográficas), cartografiado, recopilación de información y testimonios de población local afectada; y para la etapa final de gabinete se realizó el procesamiento de toda información terrestre y aérea adquirida en campo, fotointerpretación de imágenes satelitales, cartografiado e interpretación, elaboración de mapas, figuras temáticas y redacción del informe.

Este informe se pone a consideración de la Municipalidad Distrital de Pontó e instituciones técnico normativas del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres – Sinagerd, como el Instituto Nacional de Defensa Civil – INDECI y el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastre - CENEPRED, a fin de proporcionar información técnica de la inspección, conclusiones y recomendaciones que contribuyan con la reducción del riesgo de desastres en el marco de la Ley 29664. 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 del sector Palca.
- b) Determinar los factores condicionantes y desencadenantes de la ocurrencia de peligros geológicos.
- c) Proponer medidas de prevención, reducción y mitigación ante peligros geológicos evaluados en la etapa de campo.

1.2. Antecedentes y trabajos anteriores

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

- A) Zavala et al., (2009). En el mapa de susceptibilidad a movimientos en masa a escala 1/250,000, publicado en el Boletín N° 38: Riesgo Geológico en la Región Ancash de la Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, de acuerdo al mapa regional de susceptibilidad¹ por movimientos en masa, a escala 1: 250 000, se evidencia que el sector Palca se encuentra en **zonas de susceptibilidad Media** (figura 1). Así mismo contiene el inventario de peligros geológicos en la región Ancash, con un total de 2129 ocurrencias.
- B) Valdivia & Mamani (2003). En la “Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Huari (19-i); describe las unidades litoestratigráficas caracterizadas en el mapa geológico a escala 1/100 000, diferenciando en el contexto litológico local afloramientos de rocas sedimentarias de la Formación Jumasha.
- C) Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2021). Evaluación de peligro geológico por deslizamiento en el sector Culluchaca. Distrito de Pontó, provincia Huari, región Ancash. Lima: Ingemmet, Informe Técnico A7153, 35 p. do de mencionan que en el sector Palca afloran rocas sedimentarias de la Formación Jumasha.

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.

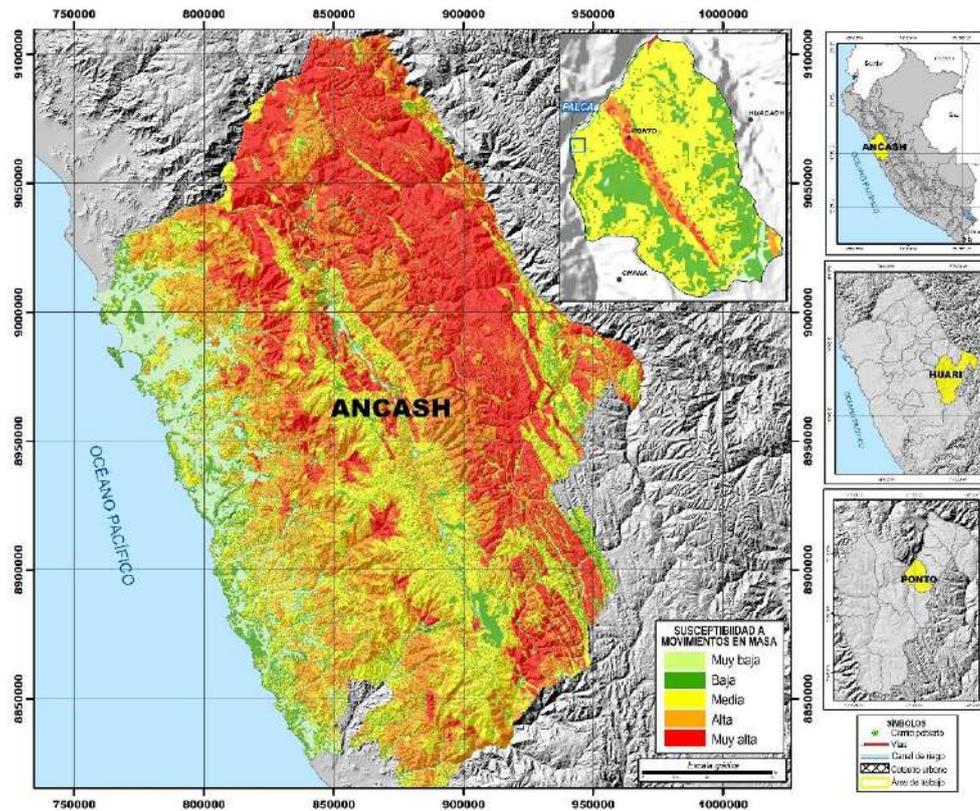


Figura 1: Susceptibilidad por movimientos en masa del distrito de Pónto y alrededores.
Fuente: Zavala et al., (2009).

1.3. Aspectos generales

1.3.1. Ubicación

El sector Palca, se ubica en la margen derecha del río Puchca, políticamente pertenece al distrito Pónto, provincia Huari, departamento Ancash (figura 2).

Cuenta con las siguientes coordenadas UTM (WGS84 – Zona 18S). Tabla 1:

Cuadro 1. Coordenadas del área de estudio.

N°	UTM - WGS84 - Zona 18L		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	276875.00	8968310.00	-9.327398°	-77.031450°
2	276875.00	8967518.00	-9.334557°	-77.031492°
3	276000.00	8967521.00	-9.334484°	-77.039455°
4	275998.00	8968308.00	-9.327370°	-77.039431°
COORDENADA CENTRAL DEL EVENTO PRINCIPAL				
	276186.00	8967863.00	-9.331403°	-77.037744°

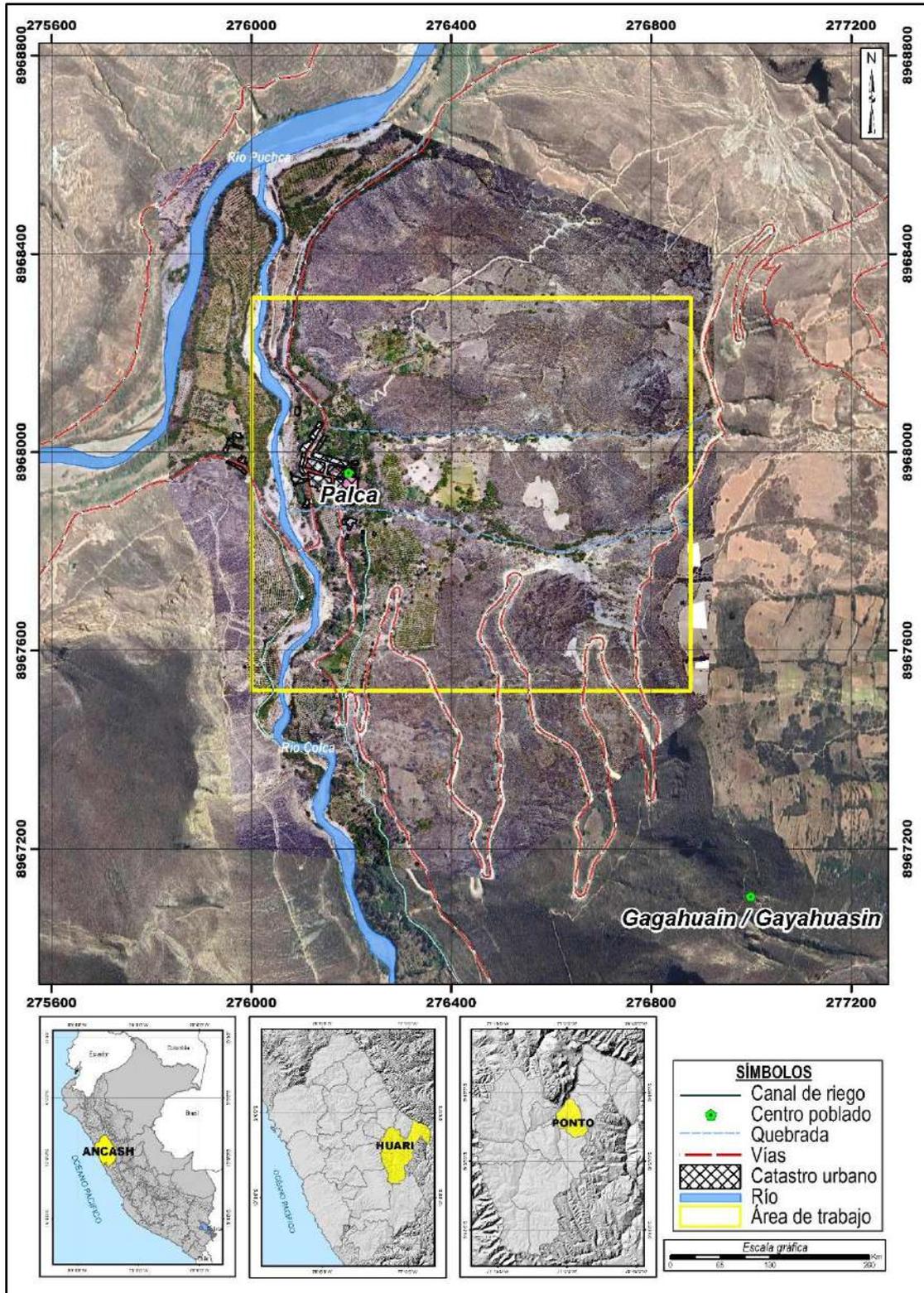


Figura 2. Ubicación del sector Palca y alrededores (Distrito Pónto, provincia Huari, Áncash)

1.3.2. Población

Según datos del Censo Nacional 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas, el sector Palca presenta una población censada de 58; hombres 29 y mujeres 29 habitantes distribuidos en un total de 25 viviendas respectivamente.

Cuadro 2: Distribución poblacional en el sector Palca.

DISTRITO	POBLADO	POBLACIÓN	VIVIENDA
Pontó	Sector Palca	58	25

1.3.3. Accesibilidad

El acceso se realizó por vía terrestre desde la ciudad de Lima, mediante la siguiente ruta (cuadro 1):

Cuadro 3. Ruta de acceso.

Ruta	Tipo de vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Lima - Catac	Carretera asfaltada	367	7 horas y 10 min
Catac – Chavín de Huántar	Carretera asfaltada	67.7	1 hora y 30 min
Chavín de Huántar - Pontó	Carretera asfaltada	53	1 hora y 55 min
Pontó - Palca	Trocha carrozable	11	25 min

1.3.4. Clima

El clima en el distrito de Pontó es muy variado, caracterizado especialmente por ser semifrío con temperaturas promedio de 07° en invierno y 19° en verano. Por otro lado, y de forma más específica, según la clasificación climática de Thornthwaite (SENAMHI, 2010), en el sector de Palca y alrededores se presenta un clima semifrío semiseco, caracterizado por una deficiencia de lluvias en otoño, invierno y primavera, con humedad relativa del 65% a 84%, calificada como húmeda.

En cuanto a la cantidad de lluvia y de acuerdo a la fuente de 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 ráster y de satélite), la precipitación máxima registrada en el periodo diciembre – abril 2024 es de 32.6 mm, (figura 3). Cabe recalcar que las lluvias son de carácter estacional, es decir, se distribuyen muy irregularmente a lo largo del año, produciéndose generalmente de noviembre a abril.

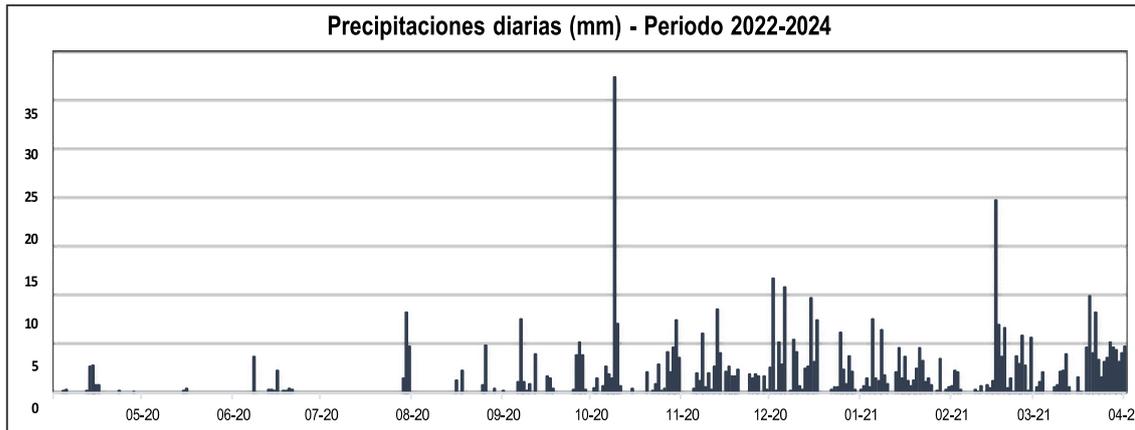


Figura 3. Precipitaciones diarias en mm, distribuidas a lo largo del último periodo 2022-2024. La figura permite analizar la frecuencia de las anomalías en las precipitaciones pluviales que inducen al desarrollo de la erosión del suelo. Fuente: Landviewer, disponible en: <https://eos.com/crop-monitoring/weather-history/field/7250174>.

La temperatura anual oscila entre máxima de 25.0°C en verano y mínima de 0.2°C en invierno. Presenta una humedad promedio de 63.3% durante casi todo el año, (Fuente: Servicio aWhere).

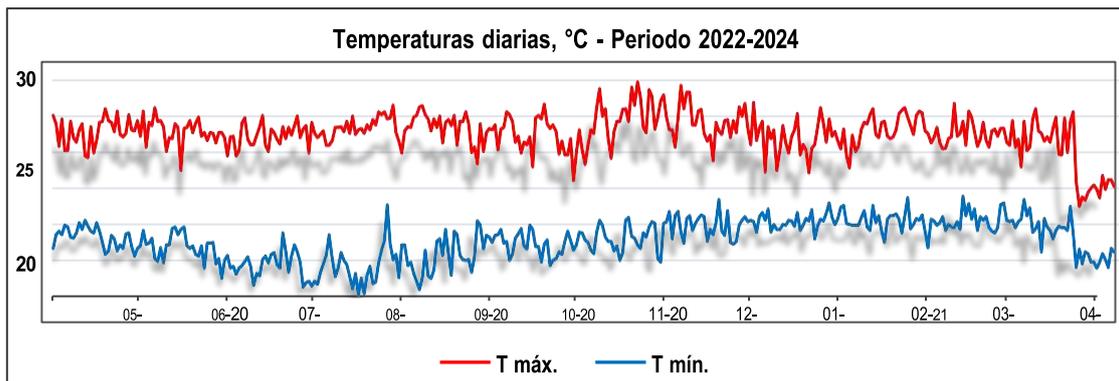


Figura 4. Temperaturas máximas y mínimas diarias, distribuidas a lo largo del último periodo 2020- 2021. La figura permite analizar a partir de datos históricos, la variedad, saltos extremos de temperatura, duración y regularidad. Fuente: Landviewer, disponible en: <https://eos.com/crop-monitoring/weather-history/field/7250174>.

1.3.5. Zonificación sísmica

De acuerdo a los niveles de zonificación sísmica en el país (figura 5); el área de estudio se ubica en la Zona 3 (sismicidad Alta), localizada desde la línea de costa hasta el margen occidental de la Cordillera de los Andes, determinándose aceleraciones de 0.35 g.

La zonificación propuesta, se basa en la distribución espacial de la sismicidad observada, las características generales de los movimientos sísmicos y atenuación de estos con la distancia epicentral, así como la información neotectónica.

A cada zona se asigna un factor Z según se indica en la Tabla 2. 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).

Tabla 2. Factores de zona Z.

Zona	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.10

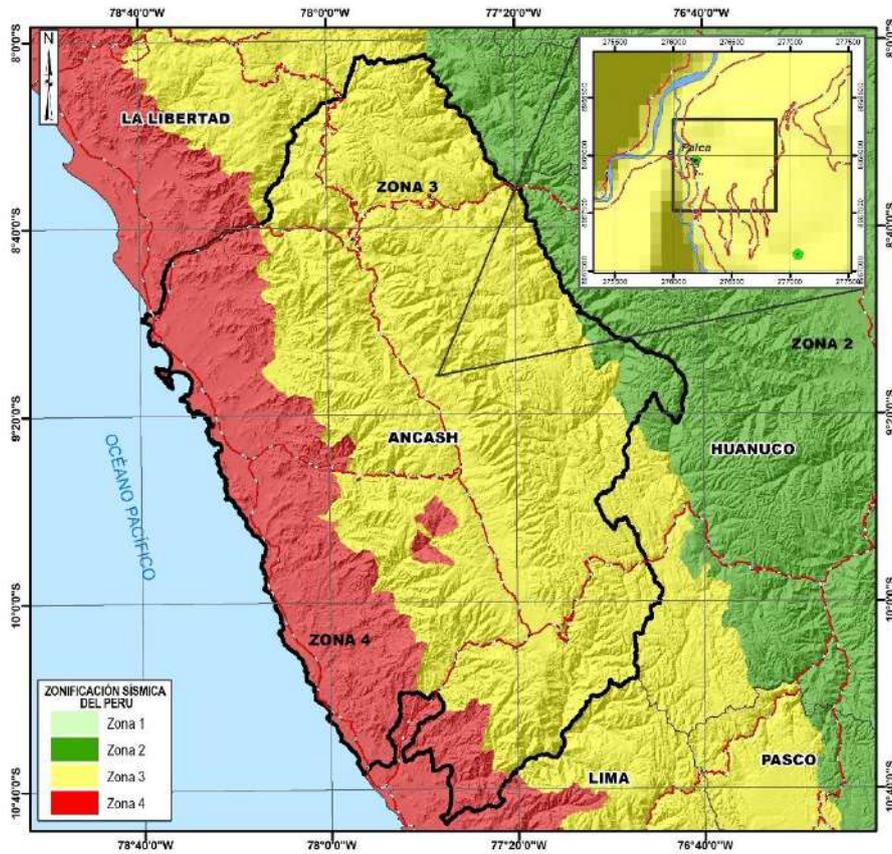


Figura 5. Zonificación sísmica del Perú.

Fuente: Norma sismorresistente NTE 030 del MVCS (2016).

1.3.6. Fallas activas

Cabe mencionar que el sector Palca se encuentra a 46.5 km al noreste de la falla de la Cordillera Blanca.

2. DEFINICIONES

El presente informe técnico está dirigido a entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno, así como personal no especializado, no necesariamente geólogos; en el cual se desarrollan diversas terminologías y definiciones vinculadas a la identificación, tipificación y caracterización de peligros geológicos; es por ese motivo, considerando como base el libro de “Movimientos en masa en la región andina: una guía para la evaluación de amenazas” del Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007), se desarrolla algunas definiciones relevantes en términos sencillos como son:

ACTIVIDAD: La actividad de un movimiento en masa se refiere a tres aspectos generales del desplazamiento en el tiempo de la masa de material involucrado: el estado, la distribución y el estilo de la actividad. El primero describe la regularidad o irregularidad temporal del desplazamiento; el segundo describe las partes o sectores de la masa que se encuentran en movimiento; y el tercero indica la manera como los diferentes movimientos dentro de la masa contribuyen al movimiento total. El estado de actividad de un movimiento en masa puede ser: activo, reactivado, suspendido, inactivo latente, inactivo abandonado, inactivo estabilizado e inactivo relicto (WP/WLI, 1993).

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

AGRIETAMIENTO: Formación de grietas causada por esfuerzos de tensión o de compresión sobre masas de suelo o roca, o por desecación de materiales arcillosos.

AVALANCHA DE DETRITOS (debris avalanches): Flujo no canalizado de detritos saturados o parcialmente saturados, poco profundos, muy rápidos a extremadamente rápidos. Estos movimientos comienzan como un deslizamiento superficial de una masa de detritos que al desplazarse sufre una considerable distorsión interna y toma la condición de flujo. Relacionado con la ausencia de canalización de estos movimientos, está el hecho de que presentan un menor grado de saturación que los flujos de detritos, y que no tienen un ordenamiento de la granulometría del material en sentido longitudinal, ni tampoco un frente de material grueso en la zona distal (Hung et al., 2001)

CÁRCAVA: Tipo de erosión concentrada en surcos que se forma por el escurrimiento de las aguas sobre la superficie de las laderas.

DERRUMBE: son desprendimientos de masas de roca, suelo o ambas, a lo largo de superficies irregulares de arranque o desplome como una sola unidad, que involucra desde pocos metros hasta decenas y centenas de metros. se presentan en laderas de montañas de fuerte pendiente y paredes verticales a subverticales en acantilados de valles encañonados. También se presentan a lo largo de taludes de corte realizados en laderas de montaña de moderada a fuerte pendiente, con afloramientos fracturados y alterados de diferentes tipos de rocas; así como en depósitos poco consolidados.

DESLIZAMIENTO: Es un movimiento, ladera abajo, de una masa de suelo o roca cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla o de una delgada zona en donde ocurre una gran deformación cortante. Varnes (1978) clasifica los deslizamientos según la forma de la superficie de falla por la cual

se desplaza el material, en traslacionales y rotacionales. Los deslizamientos traslacionales, a su vez, pueden ser planares y/o en cuña.

EROSIÓN DE LADERAS: Se manifiesta a manera de láminas, surcos y cárcavas en los terrenos. Un intenso patrón de estos tipos de erosiones se denomina tierras malas o bad lands. Este proceso comienza con canales muy delgados cuyas dimensiones, a medida que persiste la erosión, pueden variar y aumentar desde estrechas y poco profundas (< 1 m) hasta amplias y de varios metros de profundidad.

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

FACTOR CONDICIONANTE: Se refiere al factor natural o antrópico que condiciona o contribuye a la inestabilidad de una ladera o talud, pero que no constituye el evento detonante del movimiento.

FACTOR DETONANTE: Acción o evento natural o antrópico, que es la causa directa e inmediata de un movimiento en masa. Entre ellos pueden estar, por ejemplo, los terremotos, la lluvia, la excavación del pie de una ladera, la sobrecarga de una ladera, entre otros.

FALLA ACTIVA: importantes fuentes sismogénicas originadas en continente, estas estructuras son capaces de generar sismos con magnitudes de hasta 7 Mw. A diferencia de los sismos originados por la subducción de la placa de Nazca por debajo de la placa Sudamericana, las fallas geológicas activas presentan sismicidad superficial, es decir, tienen epicentros superficiales (<30 km aprox.), característica que hace de estas estructuras geológicas, sean muy peligrosas ante posibles reactivaciones, que pueden producir fenómenos de movimientos en masa y licuefacción de suelos.

FLUJO: Es un tipo de movimiento en masa que durante su desplazamiento exhibe un comportamiento semejante al de un fluido; puede ser rápido o lento, saturado o seco. En muchos casos se originan a partir de otro tipo de movimiento, ya se deslizamiento o una caída. Estos pueden ser canalizados (flujos de detritos o huaicos) y no canalizados (avalanchas).

FLUJO DE DETRITOS (HUAICO): Flujo con predominancia mayor de 50% de material grueso (bloques, gravas), sobre los finos, que transcurre principalmente confinado a lo largo de un canal o cauce con pendiente pronunciada.

FRACTURA: Corresponde a una estructura de discontinuidad menor en la cual hay separación por tensión, pero sin movimiento tangencial entre los cuerpos que se separan.

INACTIVO: Estado de actividad de un movimiento en masa en el cual la masa de suelo o roca actualmente no presenta movimiento, o que no presenta evidencias de movimientos en el último ciclo estacional (WP/WLI, 1993).

INACTIVO LATENTE: Movimiento en masa actualmente inactivo, pero en donde las causas o factores contribuyentes aún permanecen (WP/WPI, 1993).

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.

TALUD: Superficie artificial inclinada de un terreno que se forma al cortar una ladera, o al construir obras como por ejemplo un terraplén.

ZONA CRÍTICA: Las zonas o áreas consideradas como críticas (Fidel et al., 2006), presentan recurrencia en algunos casos periódica a excepcional de peligros geológicos y geohidrológicos; alta susceptibilidad a procesos geológicos que puede causar desastres y alto grado de vulnerabilidad.

Estado de los movimientos en masa

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

Abandonado: Estado de actividad de un movimiento en masa en el cual la causa de la inestabilidad del movimiento ha dejado de actuar (WP/WLI, 1993).

Latente: Movimiento en masa actualmente inactivo, pero en donde las causas o factores contribuyentes aún permanecen (WP/WPI, 1993).

Inactivo: Estado de actividad de un movimiento en masa en el cual la masa de suelo o roca actualmente no presenta movimiento, o que no presenta evidencias de movimientos en el último ciclo estacional (WP/WLI, 1993).

3. ASPECTOS GEOLÓGICOS

La geología del área de estudio se describe teniendo como base el mapa geológico del cuadrángulo de Huarí, hoja 29i, a escala 1/100 000 elaborado e integrado por Ingemmet (2017); donde se reconocen afloramientos de rocas sedimentarias del Cretácico y depósitos superficiales del Cuaternario. La cartografía geológica, se complementó con

trabajos de interpretación de imágenes satelitales, fotos aéreas y observaciones de campo.

3.1. Unidades litoestratigráficas

Las unidades litoestratigráficas que afloran son principalmente de origen volcánico, representados por el Grupo Calipuy; así como depósitos cuaternarios coluvio-deluvial, coluvial, proluvial, glaciario, aluvial y fluvial (**Anexo 1: Mapa 01**).

3.1.1. Formación Jumasha (Ks-j)

Valdivia & Mamani (2003) ha diferenciado tres miembros; sin embargo, por razones de escala y continuidad del mismo, lo cartografió en conjunto. La secuencia inferior de 20 a 30 m de grosor, consiste en una alternancia de limoarcillitas calcáreas negras y grises con delgados niveles de caliza, la parte media de la formación, comprende una secuencia monótona de calizas grises claros a beige en estratos medianos a gruesos.

La parte superior está compuesta por calizas negras y grises, estratificadas en bancos medianos a delgados, que se intercala con limoarcillitas grises, a veces negras. En conjunto, las calizas están replegadas, presentan fósiles y el grosor aproximadamente tiene entre 400 y 500 m.

En el área evaluada, tiene afloramientos de roca sedimentaria compuesta de calizas intercalada con limoarcillitas de color gris claro a beige, (fotografía 1 y 2), difícil de romper con el martillo de geólogo (3 golpes). Se encuentra moderadamente a altamente meteorizada, de medianamente a muy fracturada, con espaciamientos muy próximas entre sí (1 – 0.05 m) y aberturas abiertas (1,0-8,0 mm), que llegan a formar esporádicamente bloques con diámetros hasta de 1 m.



Fotografía 1. Vista panorámica tomado con dirección sur, se observa afloramiento de la Formación Jumasha, calizas intercaladas con limoarcillitas, color gris claro a beige en estratificado.



Fotografía 2. Vista de calizas medianamente a muy fracturadas, corte de talud en trocha carrozable. Coordenadas UTM N 8967728, 276785 E. cota de 2782 m s.n.m.

3.1.2. Formación Crisnejas (Ks-j)

Aflora al noroeste del sector Palca, de acuerdo con Jacay (1996), consiste predominantemente de calizas gris azuladas, margas grises y amarillentas con intercalaciones de calizas graistone; con niveles que desprenden olores algo fétidos (olor a hidrocarburo) en la parte inferior de esta formación.

3.1.3. Depósitos Cuaternarios

a) Depósito coluvio-deluvial (Q-cd):

Se localizan al pie de laderas, los cuales se generan por acción de la gravedad y acción de las aguas de escorrentía. En estos depósitos su estructura es de forma caótica, compuestos generalmente por fragmentos líticos de rocas sedimentarias, subangulosos a subredondeados con diámetros que varían entre 0.02 a 0.12 m envueltos en una matriz de arcillas, limos, y arenas (figura 6). Son producto de la meteorización de las rocas sedimentarias y removidos por procesos de movimientos en masa antiguos y con ayuda del agua de escorrentía y de las filtraciones.

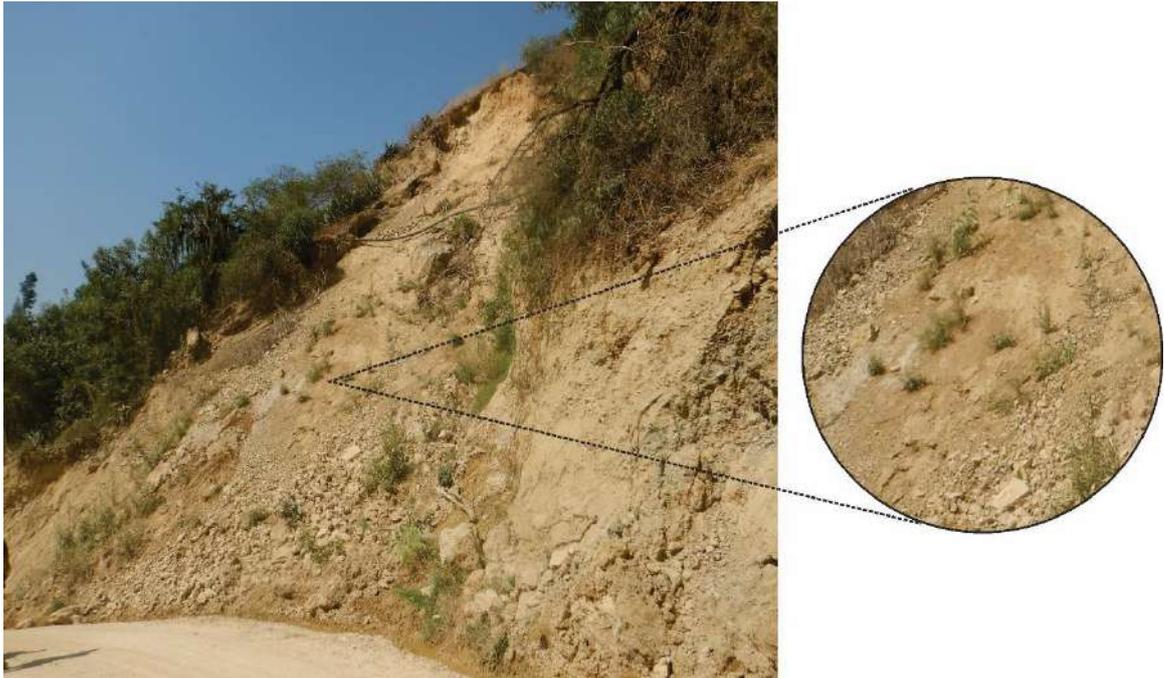


Figura 6. Depósito compuesto por fragmentos subangulosos a subredondeados y heterométricos de rocas volcánicas envueltos en una matriz de arcillas, limos y arenas.

b) Depósitos coluviales (Q-co):

Se encuentran en los flancos de los valles y corresponden principalmente a depósitos de deslizamientos antiguos y recientes; así como derrumbe. Están compuestos por bloques y cantos angulosos de tamaños variables, envueltos en una matriz areno arcillosa (figura 7).

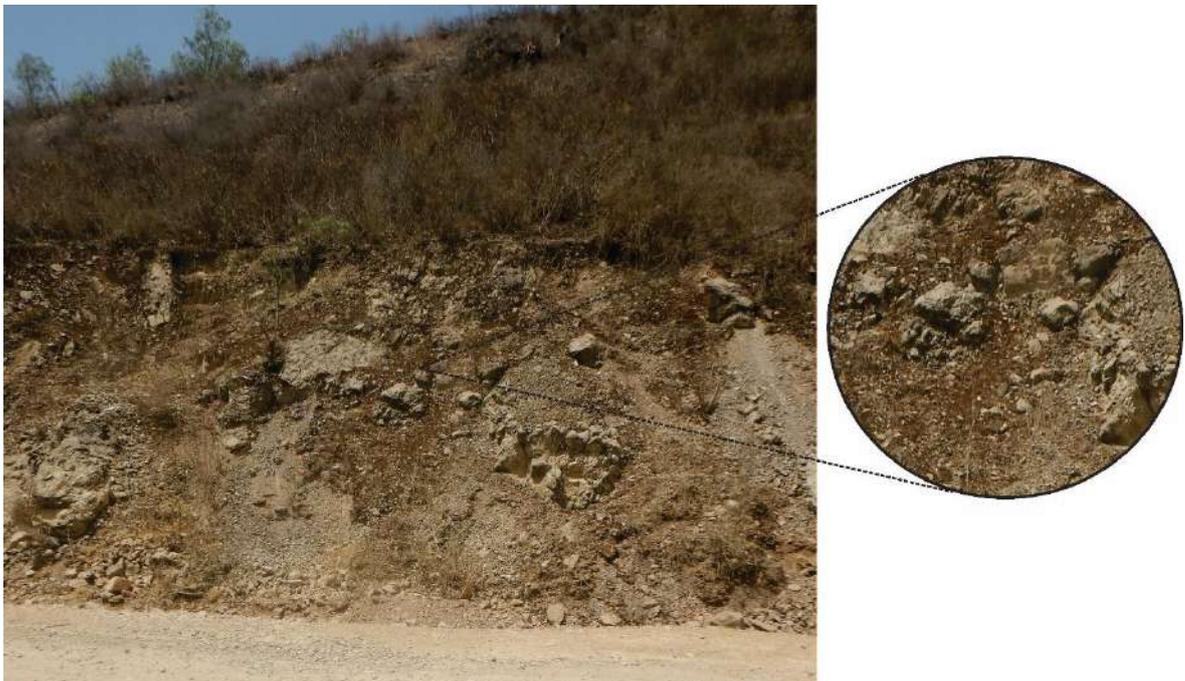


Figura 7. Vista de un depósito coluvial, compuesto de fragmentos angulosos heterogéneos.

c) Depósito proluvial (Q-pl)

Los depósitos proluviales se originan a partir de los materiales generados por flujos de detritos canalizados. Se caracteriza por presentar material detrítico suelto acumulado en los cauces de quebradas, que ante ocurrencia de precipitaciones pluviales intensas se llegan a saturar; estos depósitos pierden estabilidad y se movilizan torrente abajo, como ejemplo tenemos en ambas márgenes del río Colca y Puchca.

El material que lo constituye es heterométrico y está mal clasificado, por lo general son subangulosos a subredondeados, englobados en matriz fina (arenas y limos), permeables y medianamente consolidados. Sobre esta unidad se asienta el sector Palca; donde se observa procesos inferidos producto de la variación y/o antropizadas.

d) Depósito aluvial (Q-al)

Son depósitos semiconsolidados, acumulados en las márgenes del río Anasmayo. Corresponde a una mezcla heterogénea de gravas y arenas, subangulosos a angulosos, así como limos y arcillas; estos materiales tienen selección de regular a buena, presentándose niveles y estratos diferenciados que evidencian la actividad dinámica fluvial, (figura 8), su permeabilidad es media a alta y se asocia principalmente a terrazas aluviales, susceptibles a la erosión fluvial.

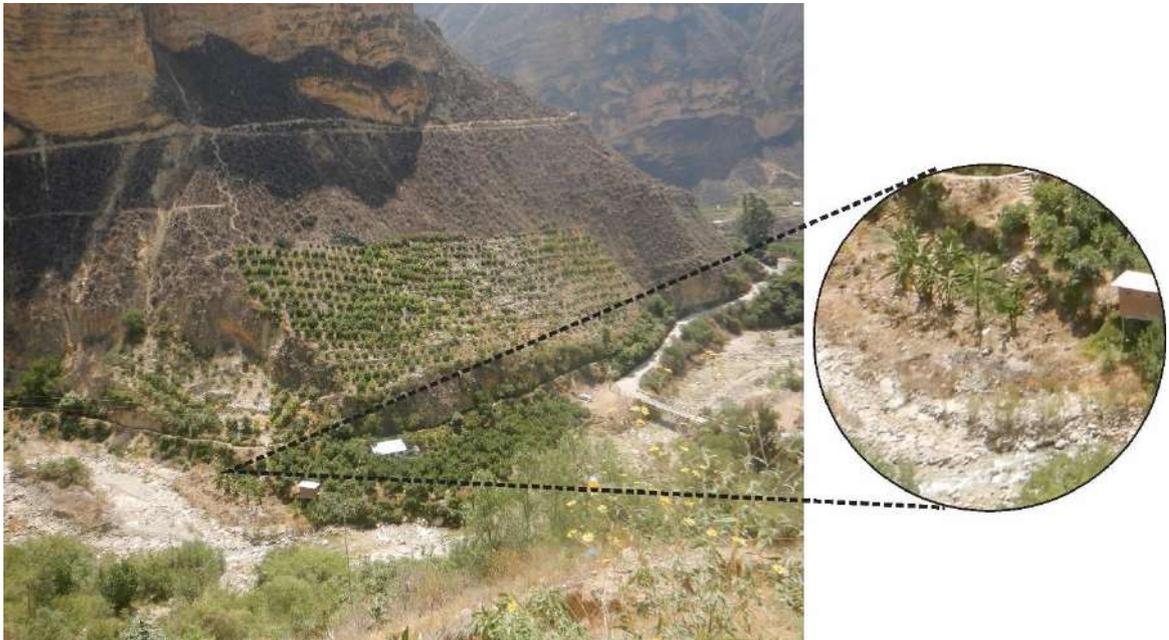


Figura 8. Vista donde se observan depósitos aluviales en ambas márgenes del río Colca, donde se asientan algunas viviendas y se desarrolla la agricultura.

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 Palca, se localizan en laderas de montañas cuyos rangos de pendientes van desde moderado (5° a 15°) a muy escarpado (> 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 3:

Cuadro 3. Rango de pendientes del terreno.

Pendiente	Rango	Descripción
0°-1°	Llano	Son terrenos llanos cubiertos por depósitos cuaternarios que se distribuyen principalmente a lo largo de terrazas aluviales, fluviales y cimas de montañas. Estos terrenos presentan, erosiones fluviales e inundaciones de tipo fluvial y pluvial (especialmente en periodo de lluvias intensas y excepcionales). Presenta el sector aledaño al río Colca y Puchca.
1°a 5°	Inclinación suave	Terrenos planos a ligeramente ondulados que se distribuyen a lo largo de planicies. Estos terrenos están sujetos a, erosiones fluviales e inundaciones de tipo fluvial y pluvial (especialmente en periodo de lluvias intensas y excepcionales.) Las quebradas que confluyen en el río Colca, que presentan este tipo de pendientes, así como zonas aledañas.
5°a 15°	Moderado	Terrenos con moderada pendiente, se ubican principalmente al pie de las laderas de montañas sedimentarias, quebradas; donde se asienta el sector Palca. Estos terrenos están sujetos a deslizamientos, reptación de suelos, derrumbes y movimientos complejos.
15°a 25°	Fuerte	Ocupan áreas muy grandes. Son 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, donde se registran procesos de deslizamiento, erosión y derrumbes.
25°a 45°	Muy Fuerte	Se encuentran en laderas de montañas y márgenes de las partes altas del río Colca en este rango se generó deslizamientos, derrumbes y caída de rocas.
>45°	Muy escarpado	Ocupa áreas muy reducidas, distribuidas a lo largo de laderas y cumbres de montañas. Estos terrenos están sujetos a Las caídas de rocas, avalancha de rocas y derrumbes se inventariaron en terrenos con pendientes abruptas.

Fuente: Ingemmet.

En la figura 9, se muestra el mapa de pendientes de sector Palca, elaborado en base al modelo de elevación digital (con 0.096 m/píxel de resolución) resultado del levantamiento fotogramétrico con dron en la zona de estudio.

A nivel general, la pendiente del terreno en el área de los deslizamientos, varían de 15° a > 45°, los cuales se categorizan desde moderada hasta muy escarpado (mapa 2), cabe mencionar que el centro poblado se asienta dentro de estos rangos.

4.2. Índice topográfico de Humedad

El índice topográfico de humedad (TWI) permite identificar los lugares potenciales donde se concentra la humedad o las zonas de acumulación de aguas de escorrentía superficial. La obtención de este indicador fue realizada mediante una secuencia de análisis de modelos digitales de terreno (MDT) de alta resolución y precisión (obtenido de la fotogrametría del dron) y procesados en SAGA GIS.

Debido a eso, en la zona de la avalancha de detritos (figura 10), se observó que la mayor cantidad de acumulación de agua discurre por la quebrada s/n, producto de la presencia de manantes y los canales de riego, que discurren directamente a la zona de arranque y en varias direcciones, hasta el cuerpo de la avalancha de detritos, lo que sugiere que, en incrementos de precipitaciones pluviales, la posibilidad de un incremento de la inestabilidad y producirse nuevos desprendimientos es alta.

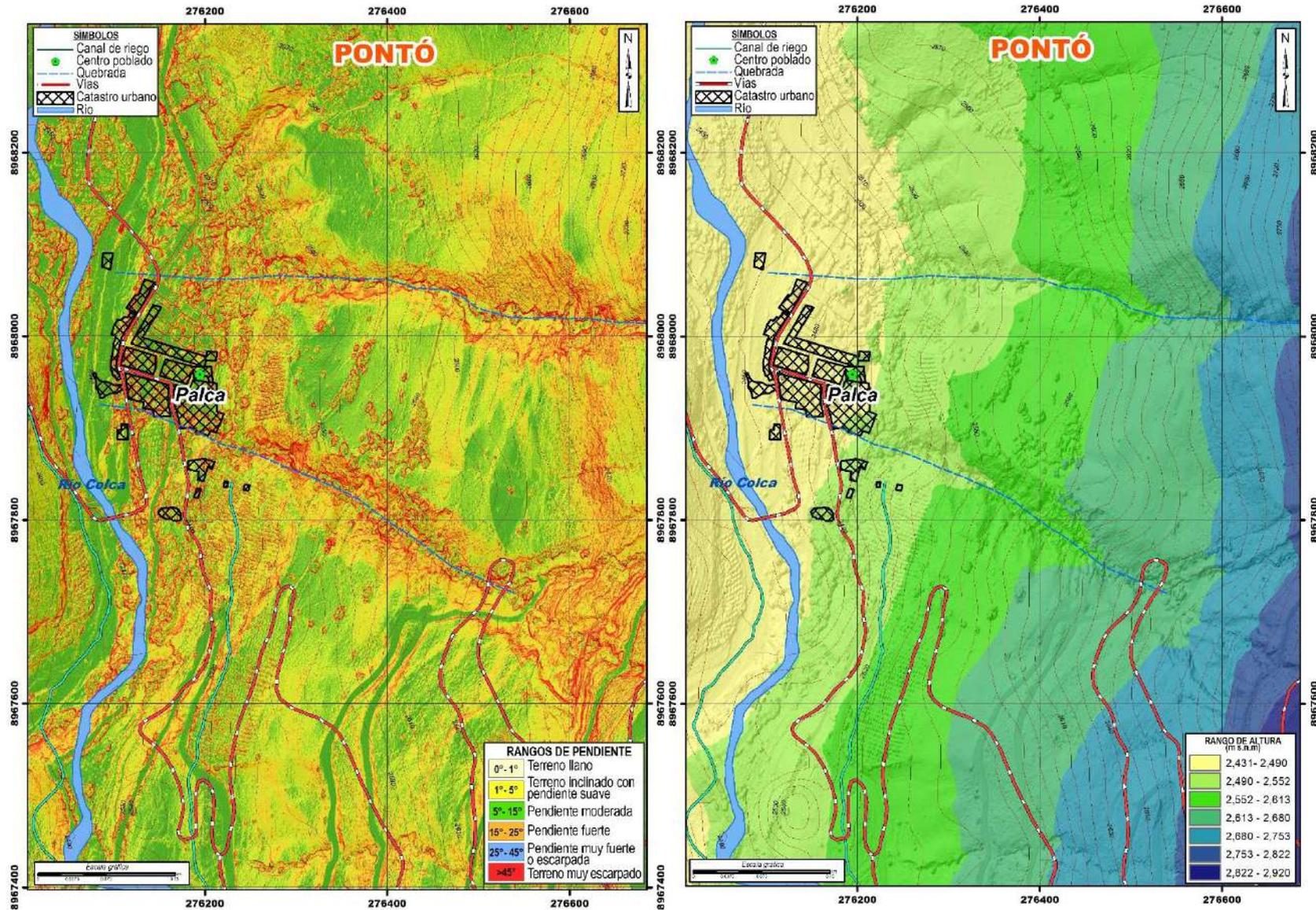


Figura 9. Pendiente y elevación del sector Palca y alrededores, generado en base al modelo de elevación digital, obtenido en base del levantamiento fotogramétrico con dron .

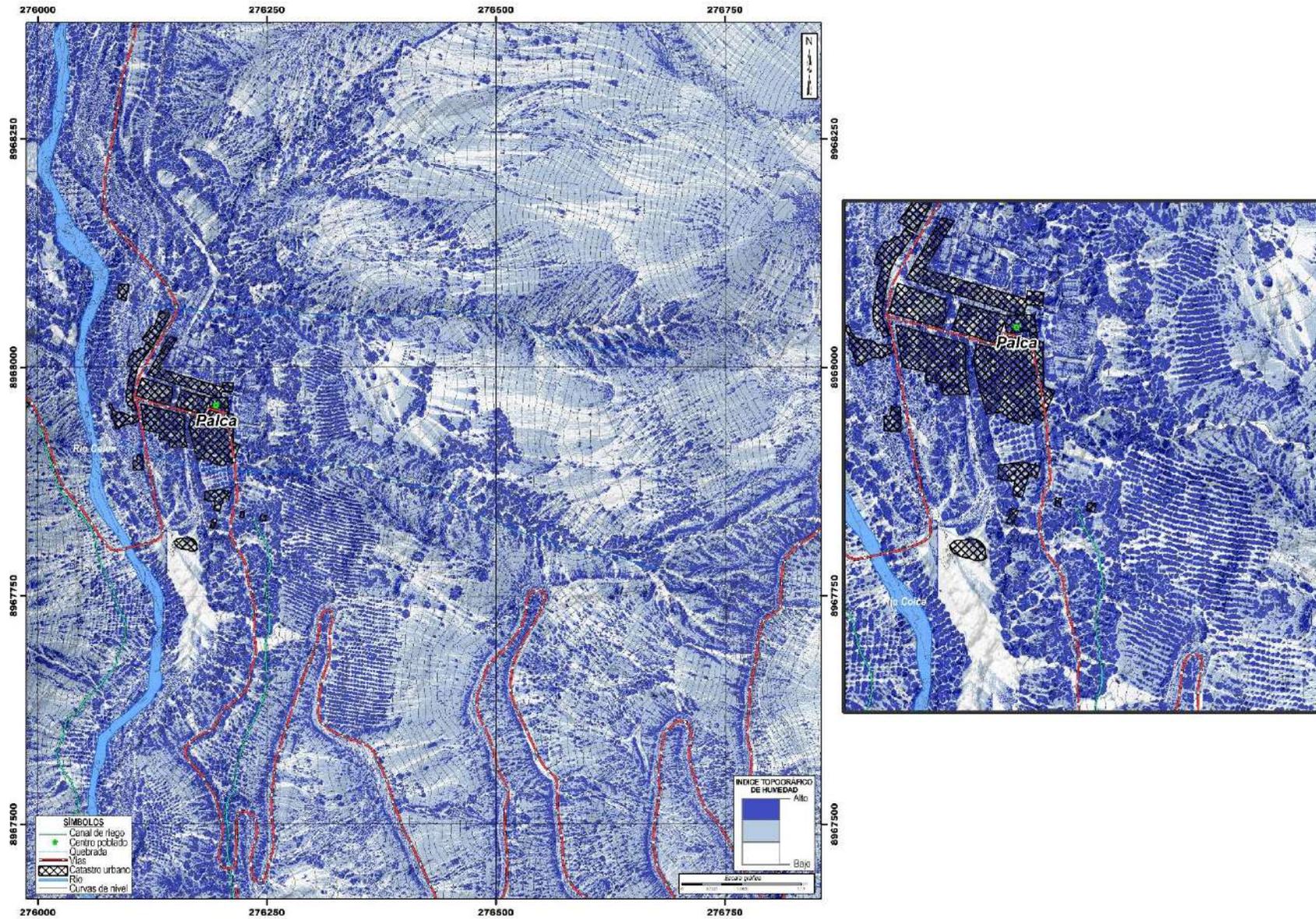


Figura 10. Mapa de la acumulación de agua (TWI) del sector Palca y alrededores.

4.3. Unidades geomorfológicas

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; además se usó como referencia el mapa geomorfológico regional a escala 1: 250 000 elaborado por Ingemmet.

En la zona evaluada y alrededores se han diferenciado las siguientes geoformas (Ver Cuadro 4)

Cuadro 4. Unidades y subunidades geomorfológicas

Unidades geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional	
Unidad	Subunidad
Montaña	Montañas estructurales en rocas sedimentaria (REM-rs)
Unidades geomorfológicas de carácter depositacional o agradacional	
Unidad	Subunidad
Vertiente o piedemonte	Vertiente coluvio-deluvial (V-cd)
	Vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd)
	Vertiente coluvial (V-co)
	Piedemonte aluvio torrencial (P-at)
Unidad	Subunidad
Planicie	Terraza aluvial (T-al)

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).

4.3.1. Montaña estructural en roca sedimentaria (RME-rs):

La morfología de esta subunidad geomorfológica se debe al plegamiento de las rocas superficiales de la corteza terrestre y que todavía conservan rasgos reconocibles de las estructuras originales a pesar de haber sido afectadas por procesos denudacionales.

Su asociación litológica es principalmente sedimentaria, corresponden a las formaciones Jumasha y Crisnejas; estructuralmente, se presenta como alineamientos montañosos compuestos por secuencias bien estratificadas, plegadas con buzamientos de las capas que controlan la pendiente. las que varían de 15° a >45° (figura 11). El sector Palca se encuentra en la margen derecha del río Colca. Asociadas a deslizamientos, caídas, derrumbes y procesos de erosión de laderas.

B) Unidad de Piedemonte

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

4.3.2. 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 (figura 11). Los principales agentes formadores de esta subunidad son los procesos de erosión de suelos, la gravedad, las lluvias, el viento, agua de escorrentía superficial y son altamente susceptibles a sufrir procesos geodinámicos como deslizamientos y derrumbes.

Compuestos principalmente por fragmentos líticos de limoarcillitas y areniscas con diámetros que varían de 3.5 a 9 cm, angulosos a subangulosos envueltos en una matriz de limos y arcillas. Estas geoformas se encuentran ampliamente desarrolladas en las laderas de las quebradas con pendientes predominantes de muy fuerte a muy escarpado (25° - >45°) y fáciles de remover.

4.3.3. Vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd)

Zonas de acumulaciones en ladera originadas por procesos de movimientos en masa antiguos y recientes. Generalmente su composición litológica es homogénea; con materiales inconsolidados a ligeramente consolidados compuestos de: bolos (15%), cantos (5%), gravas (30%), arenas (25%), limos (25%), de corto a mediano recorrido (figura 11)

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 observaron como cuerpos de deslizamientos antiguos depositados en las laderas superiores del río Colca, con pendientes van de moderada a muy fuerte (10° a >45°).

4.3.4. Vertiente aluvio-torrencial (P-at)

Corresponden a planicies inclinadas a ligeramente inclinadas y extendidas, posicionadas al pie de las laderas, 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.

Esta unidad es susceptible a flujos (avalancha de detritos, huaicos) que desembocan próximos al río Colca. (figura 11). En los depósitos se distinguen bloques de roca con diámetros de 1 a 2 m, producto del acarreo proveniente de los flujos de detritos.

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.

4.3.5. Terraza aluvial (T-al)

Son porciones de terreno alargado a ligeramente inclinado (1° a 5°), con altura relativamente marcada. Se encuentran en ambas márgenes de los ríos Colca y Puchca (figura 11). 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 en temporadas de lluvias excepcionales.

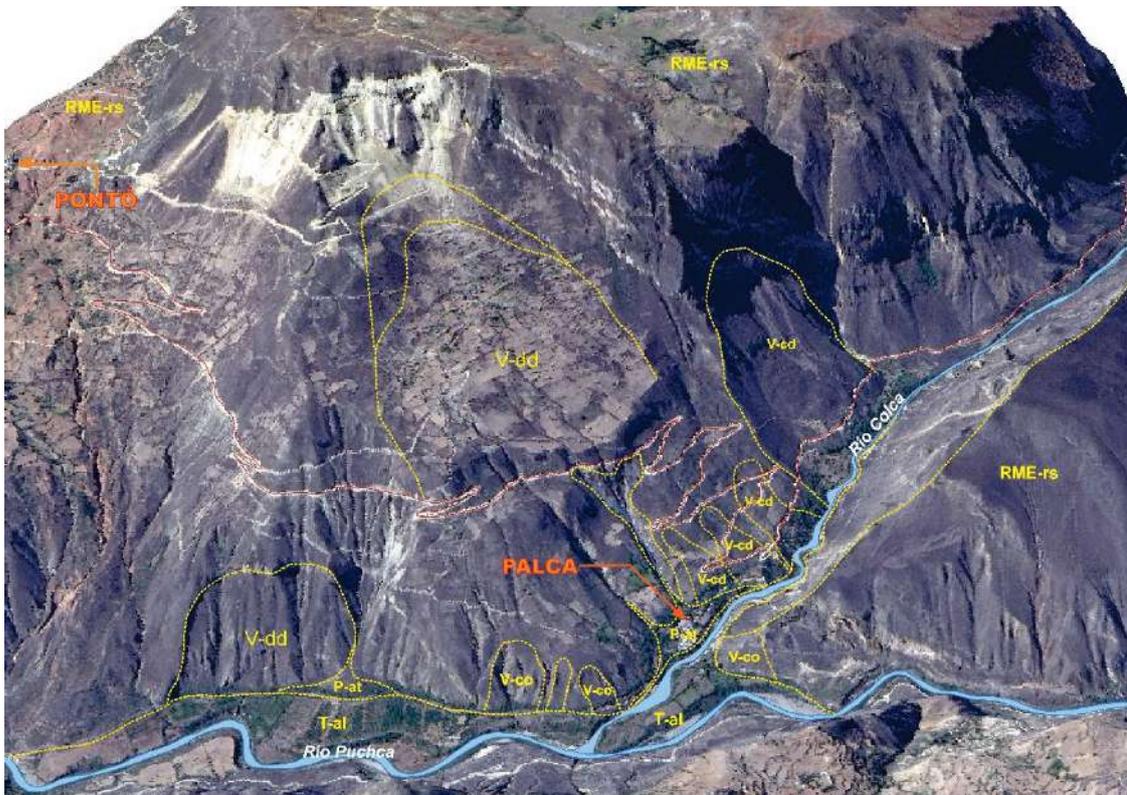


Figura 11. Vista aérea, se observa unidades geomorfológicas que se identificaron en el área de estudio: relieve de montaña estructural en roca sedimentaria (RME-rs), vertiente coluviol-deluvial (V-cd), vertiente de deslizamiento (V-dd), vertiente coluvial (V-co) y terraza aluvial (T-al) dentro del área de estudio.

5. PELIGROS GEOLÓGICOS

Los peligros geológicos activos e inactivos latentes identificados en el sector Palca y alrededores corresponden a los subtipos agrupados en la clase de movimientos en masa de tipo deslizamientos, derrumbes, caída de rocas y otros peligros geológicos de tipo erosión en cárcava (**Anexo 1: Mapa 4**).

5.1. Peligros geológicos por movimientos en masa

La caracterización de estos eventos, se realizó en base a la información obtenida durante los trabajos de campo, donde se identificaron movimientos en masa, 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 0.15 y 0.05 cm/pixel respectivamente, complementada con el análisis de imágenes satelitales.

Según el inventario de peligros geológicos Ingemmet, (2019), en este sector se cartografiaron flujos de detritos al pie de una de las quebradas que desembocan al río Palca con el código de inventario **(145221008)** con la siguiente descripción: Afecta a piscigranja y camino rural en 80 m, otro punto de inventario está próximo al puente Palca **(145221009)** de un flujo de detritos con una descripción: el flujo destruyó Molino, así como, otro punto de procesos de erosión de ladera ubicado al sureste, con código de inventario **(35442)** con descripción: afectación a terrenos de cultivo y por último se tiene un punto de inventario **(145221129)** al noreste de Palca, donde se identificó un deslizamiento tipo rotacional.

5.1.1. Deslizamientos en el sector Palca

El área de estudio presenta una geodinámica muy activa en ambos márgenes del río Colca, representada por deslizamientos antiguos y reactivados, derrumbes, caídas de rocas y depósitos de flujo de detritos antiguos, así como erosión de laderas (cárcavas).

En el cuadro 5, se detalla los deslizamientos (antiguos y activos), que se ubican en la margen derecha del río Colca.

Cuadro 5. Ubicación de los deslizamientos del área evaluada.

N°	CODIGO	COORDENADAS UTM (WGS-84)			ACTIVIDAD DEL EVENTO
		Norte	Este	Altitud (m s.n.m)	
1	D(a)1	8967794	276186.	2727	Activo
2	D(a)2	8967575	276450	2798	Activo
3	D(a)3	8967372	276527	2762	Activo
4	D(a)4	8967796	276185	2475	Activo
5	D(a)5	8967766	276203	2480	Activo
6	D(a)6	8967744	276217	2488	Activo
7	D(a)7	8967698	276224	2502	Activo
8	D(a)8	8967618	276257	2528	Activo
9	D(a)9	8966753	276783	2739	Activo
10	D(a)10	8968010	277315	2973	Activo
11	D(a)11	8968746	276900	2548	Activo
12	D(an)12	8968179	276819	2785	Antiguo
13	D(an)13	8967134	276908	2794	Antiguo
14	D(an)14	8967528	277841	3142	Antiguo
15	D(an)15	8967452	278059	3242	Antiguo

En la figura 12 se muestra el comportamiento geodinámico de la ladera, ubicado en la margen derecha del río Colca, todos los deslizamientos identificados son de tipo rotacional (figura 13) como se muestra en el gráfico.



Figura 12. Deslizamientos reactivados en los dos últimos años, los cuales generaron afectación en la vía de comunicación. Se aprecia vegetación característica de la zona.

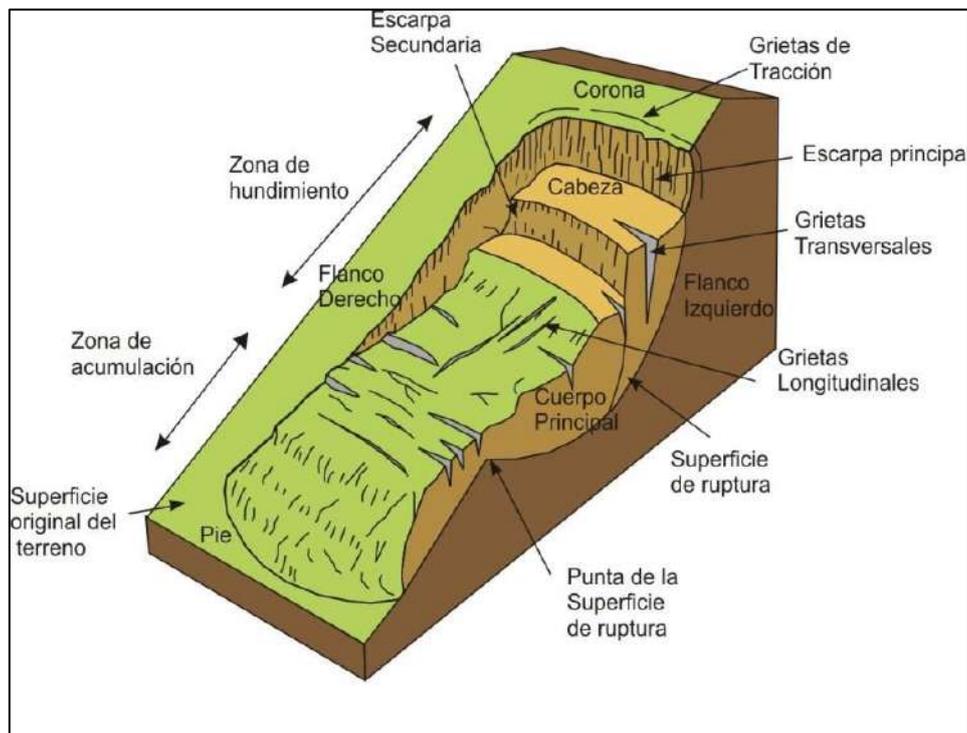


Figura 13. Partes de un deslizamiento de tipo rotacional. (Modificado de: Cruden & Varnes), 1996).

A continuación, se describirán los deslizamientos reactivados recientemente:

a) Deslizamiento de tipo rotacional D(a)8:

Se generó el 18 de setiembre del 2024, en las coordenadas UTM N 8967618, E 276257, a una altitud de 2528 m s.n.m. Afectó la vía Ponto - Palca por 6 horas interrumpiendo el tránsito vehicular y peatonal, así como terrenos de cultivos de palta, alfalfa y pastizales (figura 13)

Según información de la población el evento se generó por la sobrecarga proveniente del canal de riego que no presenta revestimiento, por lo cual el agua se infiltra fácilmente. Otra de las causas es el riego por inundación desmedido que realizan para los cultivos paltas.

Así mismo se observó tuberías de PVC que cruza por el cuerpo del deslizamiento (figura 14)



Figura 13. Vista del deslizamiento D(a)8, que va en dirección noreste, hacia el río Colca, en la imagen se observa como el material deslizado cubre parte de la vegetación.



Figura 14. Se observa tuberías que son utilizadas para el riego, posterior a la afectación de un tramo del canal de riego sin revestimiento.

Características visuales del evento

Se trata de un deslizamiento rotacional, el cual presenta las siguientes características:

- Escarpa principal con longitud: 58 m.
- Estado de la actividad del movimiento: Activo
- Forma de la escarpa principal: Semicircular
- Superficie de rotura: Elongada, irregular.
- Salto de la escarpa, comprendido entre 1.5 m, con dirección noreste.
- Desnivel entre escarpa y pie: 136 m.
- Ancho del cuerpo del deslizamiento, varía entre 18 a 35 m.
- Tipo de avance: Retrogresivo (por las grietas encontradas en la parte posterior del escarpe principal).

b) Deslizamiento de tipo rotacional D(a)7

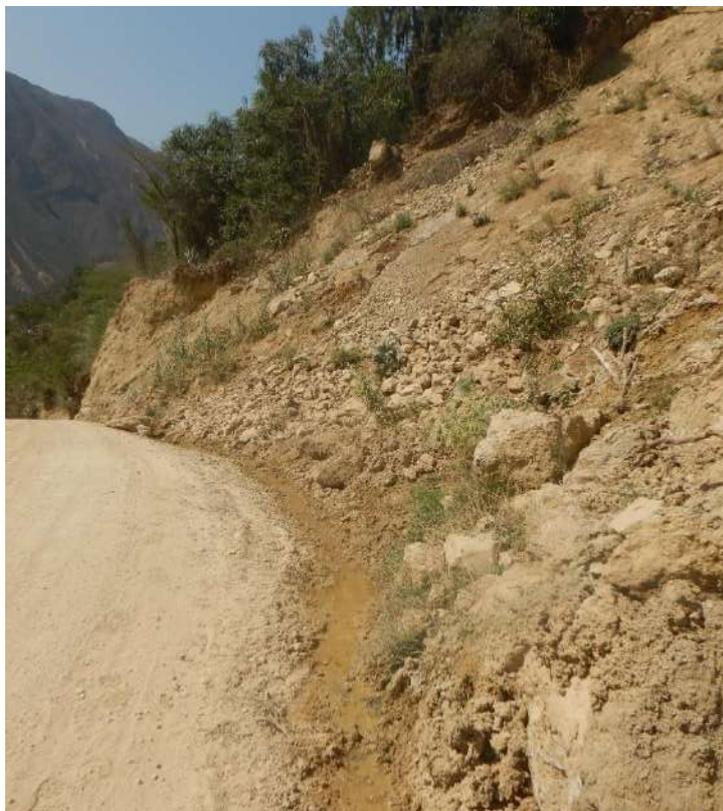
Se generó el 25 de enero del 2024, en las coordenadas UTM N 8967698, E 276224, a una cota de 2502 m. El evento afectó la vía por 24 horas. (figura 15).

El canal de riego sin revestimiento, cruza por medio del cuerpo del deslizamiento; así mismo se evidenció ojos de agua subterránea, según indican los pobladores esta es permanente y en temporadas de lluvia se incrementa.

La cuneta ubicada a un costado de la vía, se encuentra obstruida por el material deslizado (fotografía 3).



Figura 15. Vista del deslizamiento, se evidenciaron ojos de agua en el cuerpo del deslizamiento.



Fotografía 3. Se observa cuneta sin revestimiento ubicada en el cuerpo del deslizamiento, cabe mencionar que esta es obstruida constantemente con el material desplazado.

Características visuales del evento

Deslizamiento rotacional, presenta las siguientes características:

- Longitud de escarpa principal: 151 m.
- Estado de la actividad del movimiento: Activo
- Forma de la escarpa principal: Elongado
- Superficie de rotura: Elongada, irregular.
- Salto de la escarpa, comprendido entre 2 m, con dirección noreste.
- Desnivel entre escarpa y pie: 108 m.
- Ancho del cuerpo del deslizamiento, varía entre 85 a 110 m.
- Tipo de avance: Retrogresivo (por las grietas encontradas en la parte posterior del escarpe principal).

c) **Deslizamiento de tipo rotacional D(a)6**

Este evento se reactivó el 4 abril del 2023, entre las coordenadas UTM N 8967744, E 276217, altitud de 2488 m s.n.m.

El evento afectó la vía de acceso y cuneta en un tramo de 7 m, además, se evidencio que la parte de la escarpa está cubierta con vegetación y en la parte del cuerpo del deslizamiento hay presencia de ojos agua subterránea, el cual discurre hacia la vía. (figura 16)



Figura 16. Vista del deslizamiento rotacional; actualmente se evidencia presencia de agua emanada desde el cuerpo del deslizamiento.

Características visuales del evento

Deslizamiento rotacional con las siguientes características:

- Escarpa principal con longitud de 53 m.
- Estado de la actividad del movimiento: Activo
- Forma de la escarpa principal: Elongado
- Superficie de rotura: Elongada, irregular.
- Salto de la escarpa, comprendido entre 1 m, con dirección noreste.
- Desnivel entre escarpa y pie: 75 m.
- Ancho del cuerpo del deslizamiento, varía entre 22 m.
- Presenta filtración en el cuerpo del deslizamiento

d) **Deslizamiento de tipo rotacional D(a)5**

Este deslizamiento se reactivó el 4 de abril del 2023, afectó la vía Palca – Ponto en 25 m, por tres días. Se ubica en las coordenadas UTM N 8967744, E 276217 a una altitud de 2488 m (figura 17)

Actualmente se evidencia el enrocado en la plataforma, pero se evidenció que las rocas instaladas, se encuentran un poco sueltas, estas podrían ser debido a la sobrecarga que se genera con el tránsito vehicular (figura 18).

Cabe mencionar que, según información de la población, este evento se inició con pequeños desplazamientos de suelo, que se generaban periódicamente en temporadas de lluvia, afectando parte de la vía de acceso al poblado Palca – Pontó.



Figura 17. Vista del escarpe del deslizamiento rotacional, que afectó la vía de acceso a Pontó y otros sectores.

Características visuales del evento

Deslizamiento rotacional, presenta las siguientes características:

- Escarpa principal con longitud: 45 m.
- Estado de la actividad del movimiento: Activo
- Forma de la escarpa principal: Elongado
- Superficie de rotura: Elongada, irregular.
- Salto de la escarpa, comprendido entre 1.5 m, con dirección noreste.
- Desnivel entre escarpa y pie: 54 m.
- Ancho del cuerpo del deslizamiento, varía entre 11 a 24 m.



Figura 18. Se observa en las fotografías de la parte de arriba de post evento (abril 2023), las cuales fueron proporcionadas por el personal de la Oficina de Gestión de Riesgo de Desastre. Donde se evidencia que el deslizamiento se llevó 1.3 m de la plataforma, y en la fotografía de la parte baja, se evidencia enrocado de la plataforma.

Así mismo se evidenció grietas longitudinales en la vía Palca - Pontó, se mencionan las más representativas:

- **Primer sector:** Entre las coordenadas N 8967600, E 276274, estas grietas tienen longitudes entre 1 a 3 m, con aberturas de 0.5 a 5 cm y profundidades visibles de 0.5 a 3 cm, se ubican próximas a la vía y otras con dirección suroeste, (figura 19) también se identificó un reservorio de concreto que actualmente se encuentra fuera de servicio.



Figura 19. Grietas con longitudes que van de 1 a 3 m en dirección suroeste.

- **Segundo sector:** Se ubica entre las coordenadas UTM N 8967660 E 276261, este sector es el más preocupante, porque se identificaron grietas con longitudes de

hasta 30 m, con aberturas de hasta 20 cm, y profundidades visibles de hasta 0.35 m los cuales se visualizaron al costado y medio de la vía (figura 20 y 21). Algunas grietas han sido selladas, sin embargo, reaparecieron debido a las lluvias estacionales y la sobrecarga por el tránsito vehicular.



Figura 20. Grietas transversales recientes que están afectando la vía de acceso Palca – Pontó (fotografías a, b y f), y que cruzan por la vía (fotografía c, d y e); actualmente se evidencia que las grietas que fueron selladas, los pobladores del sector indican que estas se identificaron hace dos años, y se presentan en la temporada de lluvia.



Figura 21. En este sector esta grieta llego a afectar un tramo de 1 m, entre las coordenadas UTM N8967613, E 276289. Se ubica en medio de la vía, fue sellada el 18 de setiembre del 2024, pero actualmente se está volviendo a activar.

Tercer sector: Esta se ubica entre las coordenadas UTM N 8967757, E 276201, específicamente a 140 m del puente Palca, actualmente se evidenciaron grietas con longitud de hasta 3.4 m, aberturas de hasta 0.8 cm y profundidades visibles de 0.5 cm (figura 22).

Además, en los trabajos de campo se observó, que el suelo se encuentra saturado por el escurrimiento de agua, producto de los ojos de agua y del canal de riego que se encuentra en malas condiciones, en las grietas longitudinales se están acumulando agua. Es importante mencionar que el suelo se encuentra suelto y se está desplazando en dirección NW. También se evidenció la presencia de varios deslizamientos.

Actualmente se está realizando el trabajo de sellando y limpieza de la cuneta, en este punto, por parte del personal de la municipalidad.



Figura 22. Mantenimiento de la este tramo d ela carretera,a consecuencia de las grietas y la reactivación de los deslizamientos de este sector.

Se evidenció la existencia de un canal de riego sin revestimiento, tiene un ancho de 45 cm, profundidad de 60 cm aproximadamente, al cual los pobladores del sector atribuyen la reactivación de estos deslizamientos, (fotografía 4). Este canal es usado para el riego de cultivos como: palta, alfalfa y otros, los mismos que requieren constante riego.

Según indican los pobladores el agua del canal muchas veces discurre aguas abajo, en diferentes direcciones, saturando al terreno.



Fotografía 4. Canal de riego sin revestimiento, utilizado para el riego de cultivos, ubicados en el cuerpo del deslizamiento.

5.1.2. Factores condicionantes

Se detalla los principales factores que podrían condicionar la ocurrencia de peligros geológicos y otros peligros, los cuales se detallan en el cuadro 6, el cual se detalla a continuación:

Cuadro 6. Factores condicionantes de los procesos por movimientos en masa.

FACTORES	CARACTERÍSTICAS
Litológico-estructural	<ul style="list-style-type: none"> Substrato rocoso compuesto de calizas intercaladas con limoarcillitas de color gris claro a beige, se encuentra moderadamente a altamente meteorizada, de medianamente a muy fracturado, con espaciamentos muy próximas entre sí (1 – 0.05 m) y aberturas abiertas (1,0-8,0 mm), que llegan a formar esporádicamente bloques con diámetros hasta de 1 m. En los cortes de talud se aprecian secuencias con condiciones geomecánicas muy desfavorables Suelos inconsolidados (depósitos coluvial, coluvio-deluvial, proluvial y aluvial), desarrolladas en ambas márgenes del río Colca, compuestos principalmente por fragmentos líticos de rocas sedimentarias, subangulosos a subredondeados con diámetros que varían entre 0.03 a 0.11 m envueltos en una matriz de arenas, limos y arcillas, producto de la meteorización de las rocas sedimentarias y removidos por procesos de movimientos en masa antiguos y la filtración de aguas provenientes de los ojos de agua y canales de riego sin revestimiento que se presentan en el área de estudio.
Geomorfológico	<ul style="list-style-type: none"> Se identificaron laderas de montañas en roca sedimentaria y vertientes cuyos rangos de pendientes van desde moderadas a muy escarpadas (15° a >45°). Este rango de pendientes es el resultado de una intensa erosión y desgaste de la superficie terrestre lo que permite que el material suelto disponible se erosione y remueva fácilmente pendiente abajo por efecto de la gravedad y acción de las aguas de escorrentía.

5.1.3. Factores desencadenantes

Se detalla los principales factores que podrían desencadenar la ocurrencia de peligros geológicos y otros peligros, los cuales se detallan en el cuadro 7.

Cuadro 7. Factores desencadenantes por movimientos en masa.

FACTORES	CARACTERÍSTICAS
Precipitaciones	<ul style="list-style-type: none"> Intensas precipitaciones pluviales y/o excepcionales, principalmente entre los meses de diciembre a abril.
Sismos	<ul style="list-style-type: none"> La presencia de sismos de gran magnitud, que según el Mapa de distribución de Máximas Intensidades Sísmicas (Alva & Meneses, 1984), el área de estudio se encuentra ubicada en la zona 3 que corresponde a sismicidad alta.

5.1.4. Factores antrópicos

El factor antrópico se detalla en el cuadro 8:

Cuadro 8. Factores antrópicos por movimientos en masa.

FACTORES	CARACTERISTICAS
Ocupación y actividad inadecuada del suelo por el hombre	<ul style="list-style-type: none"> • Canal de riego sin revestimiento que atraviesan por la parte media de los deslizamientos. • Emanación de agua en algunos cuerpos de deslizamiento, lo que está aportando con la saturación de terreno. • Riego desmedido del terreno (cultivos de papa, alfalfa entre otros).

5.1.5. Daños ocasionados por los deslizamientos

- Afectó 25 m de la vía Palca – Ponto, descrito en el **D(a)5**
- Podría afectar 0.87 ha. de cultivos (deslizamientos reactivados los dos últimos años)
- Podría afectar 211 m de la vía, de reactivarse los deslizamientos (D(a)4, D(a)5, D(a)6, D(a)7 y D(a)8
- Las grietas identificadas podrían afectar 121 m aprox. De la vía
- Afectó 47.5 m del canal de riego.
- Podría afectar dos viviendas, ubicadas en la margen derecha del deslizamiento D(a)1.

5.1.6. Análisis de perfil del deslizamiento

Tomando como base el levantamiento fotogramétrico con “dron” se generó el Modelo Digital de Terreno (MDT) y se elaboró un perfil transversal con el objetivo de caracterizar la morfometría de los deslizamientos de tipo rotacional D(a)5 y D(a)7 (con dirección de desplazamiento NE - SW, el cual se describe a continuación:

El perfil A-A`, corte con dirección NE-SW, muestran gráficamente el cuerpo del deslizamiento rotacional **D(a) 5**, se reactivó el 4 de abril del 2023, se inició entre las coordenadas UTM N 8967769, E 276215, (figura 27); para después emplazarse y canalizarse hacia el río Colca, presenta una escarpa elongada con longitud de 45 m, el desnivel entre la escarpa y el pie es de 54 m; con saltos de 1.5 m con dirección noroeste. Para finalmente depositarse a los 2463 m s.n.m.

Actualmente el sector presenta enrocado, como medida preventiva del evento ocurrido el año pasado; presenta grietas en la vía, lo que indicaría que continúa el movimiento.

Perfil B-B´ con dirección NE-SW, muestran gráficamente el cuerpo del deslizamiento rotacional **D(a) 7**, donde se inicia.

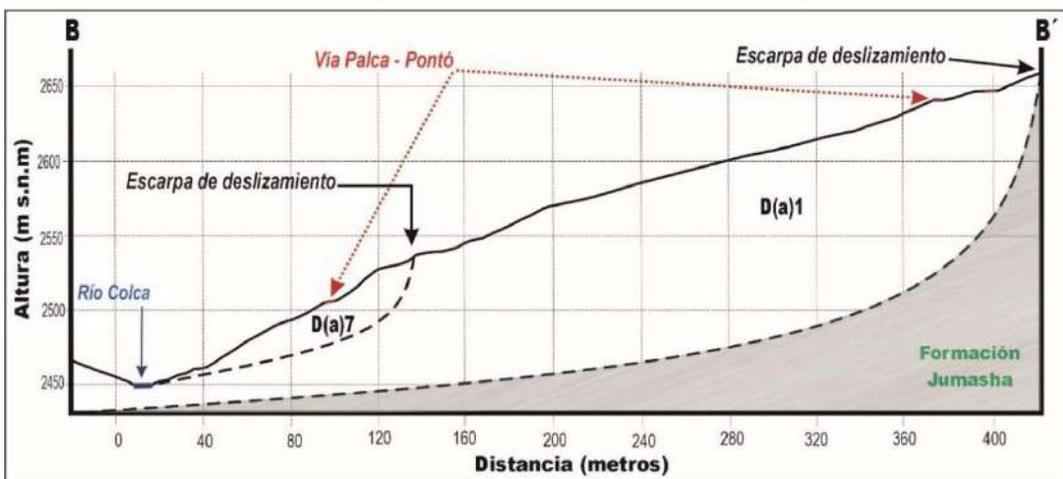
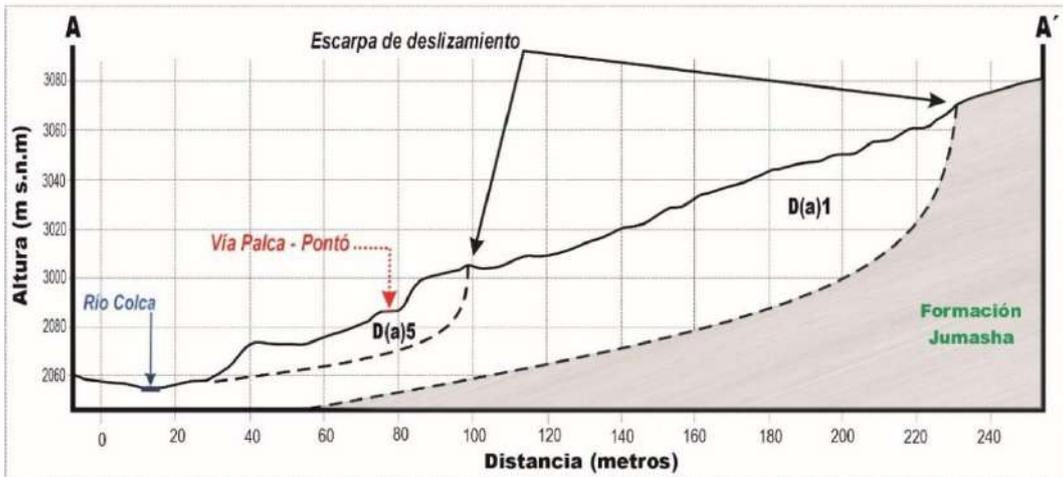


Figura 27. Corte A-A', sobre el modelo digital de terreno (MDT), el cual corta el deslizamiento D(a)5, se muestra la zona de inicio, el recorrido de la masa, así como el corte B-B' con dirección NE – SW, reactivados los dos últimos años.

6. CONCLUSIONES

- 1) En el área de estudio afloran rocas sedimentarias, compuesto de calizas intercaladas con limoarcillitas de color gris claro a beige, que se encuentran moderadamente a altamente meteorizadas, y medianamente a muy fracturadas, con espaciamientos muy próximos entre sí (1 – 0.05 m) y aberturas abiertas (1,0-8,0 mm), que llegan a formar esporádicamente bloques sueltos con diámetros hasta de 1 m.
- 2) Se tienen montañas sedimentarias, cuyas laderas presentan pendientes que van desde moderadas a muy escarpadas (15° a >45°). Este rango de pendientes es el resultado de una intensa erosión y desgaste de la superficie terrestre lo que permite que el material suelto disponible se erosione y remueva fácilmente pendiente abajo por efecto de la gravedad y acción de las aguas de escorrentía.
- 3) En abril del 2023; enero y setiembre del 2024, se reactivaron algunos deslizamientos rotacionales del sector de Palca. Los deslizamientos **D(a)8, D(a)7, D(a)6 y D(a)5** presentan escarpas con longitudes entre 45 a 151 m, con ancho entre 11 a 85 m, el desnivel entre la escarpa y pie van de 54 a 136 m.
- 4) La reactivación de los deslizamientos, mencionados líneas arriba causó daños en la vía (Palca -Pontó) y canal de riego en 47.5 m, y 0.87 ha de terrenos de cultivos de palta y alfalfa.
- 5) La ocurrencia de peligros geológicos por movimientos en masa en el sector Palca y alrededores, está condicionado por los siguientes factores:
 - Substrato rocoso compuesto de roca sedimentaria compuesta de calizas intercaladas con limoarcillitas de color gris claro a beige, se encuentra moderadamente a altamente meteorizada, de medianamente a muy fracturada; fracturamiento con espaciamientos muy próximas entre sí (1 – 0.05 m) y aberturas abiertas (1,0-8,0 mm), que llegan a formar esporádicamente bloques con diámetros hasta de 1 m.
 - Presencia de suelos inconsolidados (depósitos coluvio-deluviales, coluvial, proluviales, aluviales y proluviales), que son de fácil remoción.
 - Laderas de montañas y vertientes con pendientes moderadas a muy escarpadas (5° a > 45°).
 - Presencia de aguas subterráneas, y la acción antrópica (canal de riego sin revestimiento y riego desmedido), así como la escorrentía, que aportan en la saturación del terreno.
- 6) El factor desencadenante para la ocurrencia de movimientos en masa del sector Palca y alrededores, corresponde a lluvias intensas y/o excepcionales como las registradas en los meses de diciembre – abril 2024, la actividad antrópica (riego indiscriminado, corte de ladera), así como la actividad sísmica.
- 7) El sector Palca y alrededores donde ocurrió la reactivación de deslizamientos, se considera como **Zona Crítica** y de **Peligro Alto**, ante deslizamientos que podrían ser reactivados en temporadas de lluvias o por actividad sísmica.
- 8)

7. RECOMENDACIONES

- 1) Se recomienda evitar el riego de cultivos por inundación en las laderas que se encuentren dentro del cuerpo de los deslizamientos reactivados, con el objetivo de evitar la saturación del suelo. Considerar cambiar el tipo de cultivos (asesorarse con especialistas del Ministerio de Agricultura).
- 2) El canal de riego que pasa por el cuerpo de los deslizamientos reactivados, debe de ser con mangueras o usar tuberías de PVC, realizar mantenimientos para evitar fugas.
- 3) Prohibir la construcción de viviendas u otra infraestructura dentro de los cuerpos de los deslizamientos.
- 4) Considerar a mediano – largo plazo el cambio de trazo de vía del sector Palca hacia Ponto, el cual tiene que contar con un estudio geotécnico (trabajo que tiene que ser realizado por especialista)
- 5) Prohibir el corte de talud en el cuerpo de los deslizamientos, para el caso de la vía de acceso al distrito de Pontó.
- 6) Restringir el acceso de personas, vehículos y animales a la zona con presencia de grietas en la vía Palca - Pontó, señalar con letreros de prevención.
- 7) Para los pobladores del sector Palca y alrededores, se les debe difundir charlas de sensibilización y concientización sobre peligro geológico al que se encuentran expuestos.
- 8) Implementar un sistema de monitoreo, en las temporadas de lluvias intensas y/o excepcionales para informar a la población involucrada, para que puedan realizar una evacuación de zonas que puedan resultar afectadas.
- 9) Realizar la "Evaluación del Riesgo de Desastres Originados por Fenómenos Naturales (EVAR)", en la zona afectada y aledaña.



Ing. NORMA LUZ SOSA SENTICALA
Especialista en Peligros
Geológicos
INGEMMET

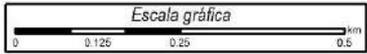
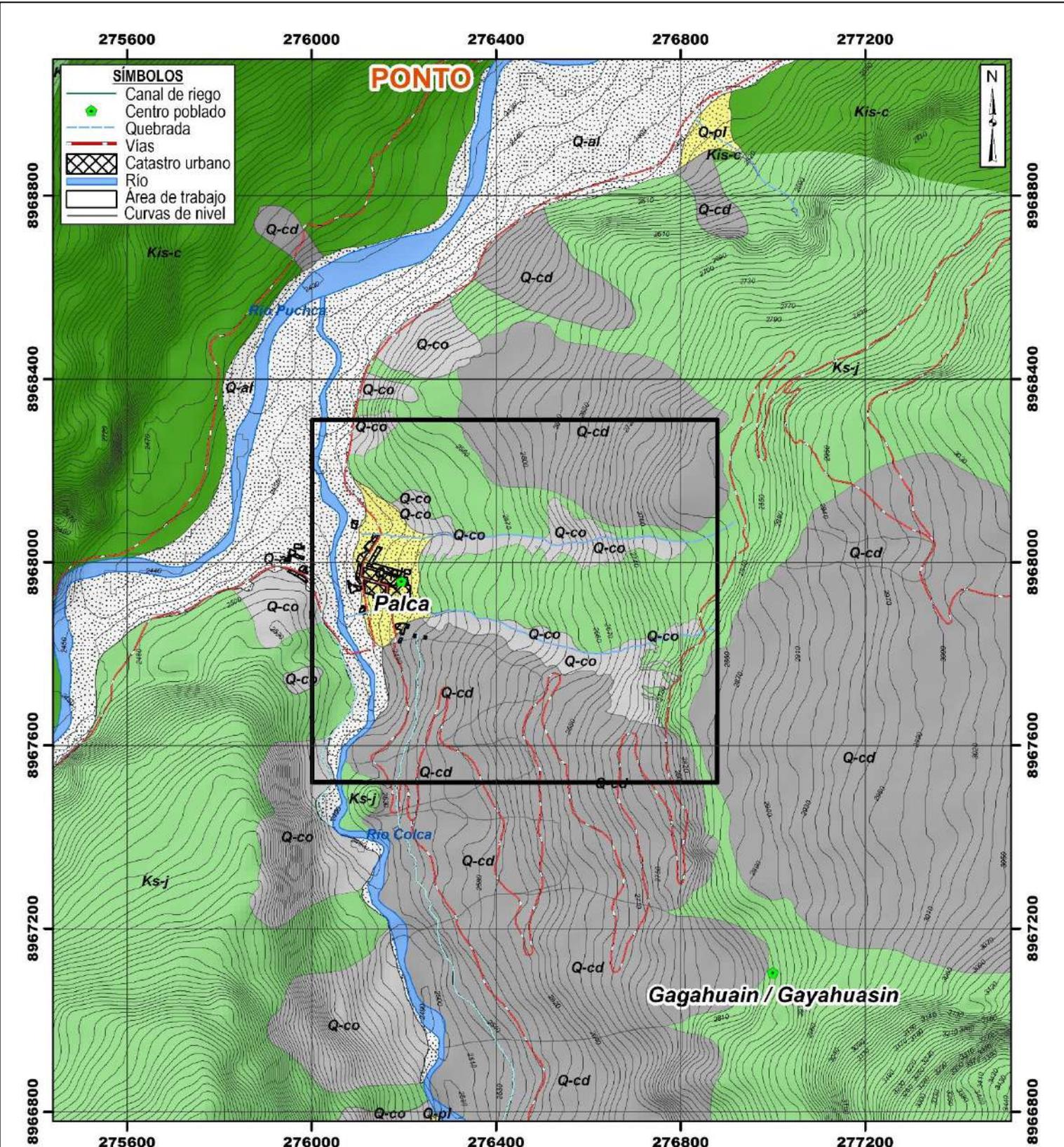


Ing. GILBERTO ZAVALA CARRIÓN
Director (e)
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico
INGEMMET

8. BIBLIOGRAFÍA

- Cruden, D. M., Varnes, D.J., (1996). Landslides types and processes, en Turner, K., y Schuster, R.L., ed., Landslides investigation and mitigation: Washintong D. C, National Academy Press, Transportati3n researchs board Special Report 247, p. 36-75.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI (2017) – Directorio Nacional de Centros Poblados. Censos Nacionales 2017: XII de Poblaci3n; VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas. (Consulta: Junio 2021). Disponible en: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1541/index.htm
- Instituto Geol3gico Minero y Metal3rgico. Direcci3n de Geología Ambiental y Riesgo Geol3gico (2021). Evaluaci3n de peligro geol3gico por deslizamiento en el sector Culluchaca. Distrito de Pont3, provincia Huari, regi3n Ancash. Lima: Ingemmet, Informe T3cnico A7153, 35 p.
- Perú. Ministerio de Vivienda, Construcci3n y Saneamiento (2016) - Decreto supremo N° 003-2016-VIVIENDA: Decreto supremo que modifica la norma t3cnica 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 Regi3n Andina: Una gui3 para la evaluaci3n de amenazas. Servicio Nacional de Geología y Minería, Publicaci3n Geol3gica Multinacional, No. 4, 432 p., 1 CD-ROM.
- Servicio Nacional de Meteorologica e Hidrol3gica, SENAMHI (2020) – Mapa de clasificaci3n 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>
- Valdivia, W. & Mamani, C. (2003). Memoria descriptiva de la revisi3n y actualizaci3n del cuadrángulo de Huari (19-i), Escala 1:100 000. Lima: Instituto Geol3gico Minero y Metal3rgico, 19p. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/2157>
- Villota, H. (2005) - Geomorfología aplicada a levantamientos edafol3gicos y zonificaci3n física de tierras. 2. ed. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 210 p.

ANEXO 1: MAPAS



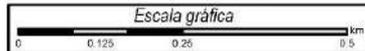
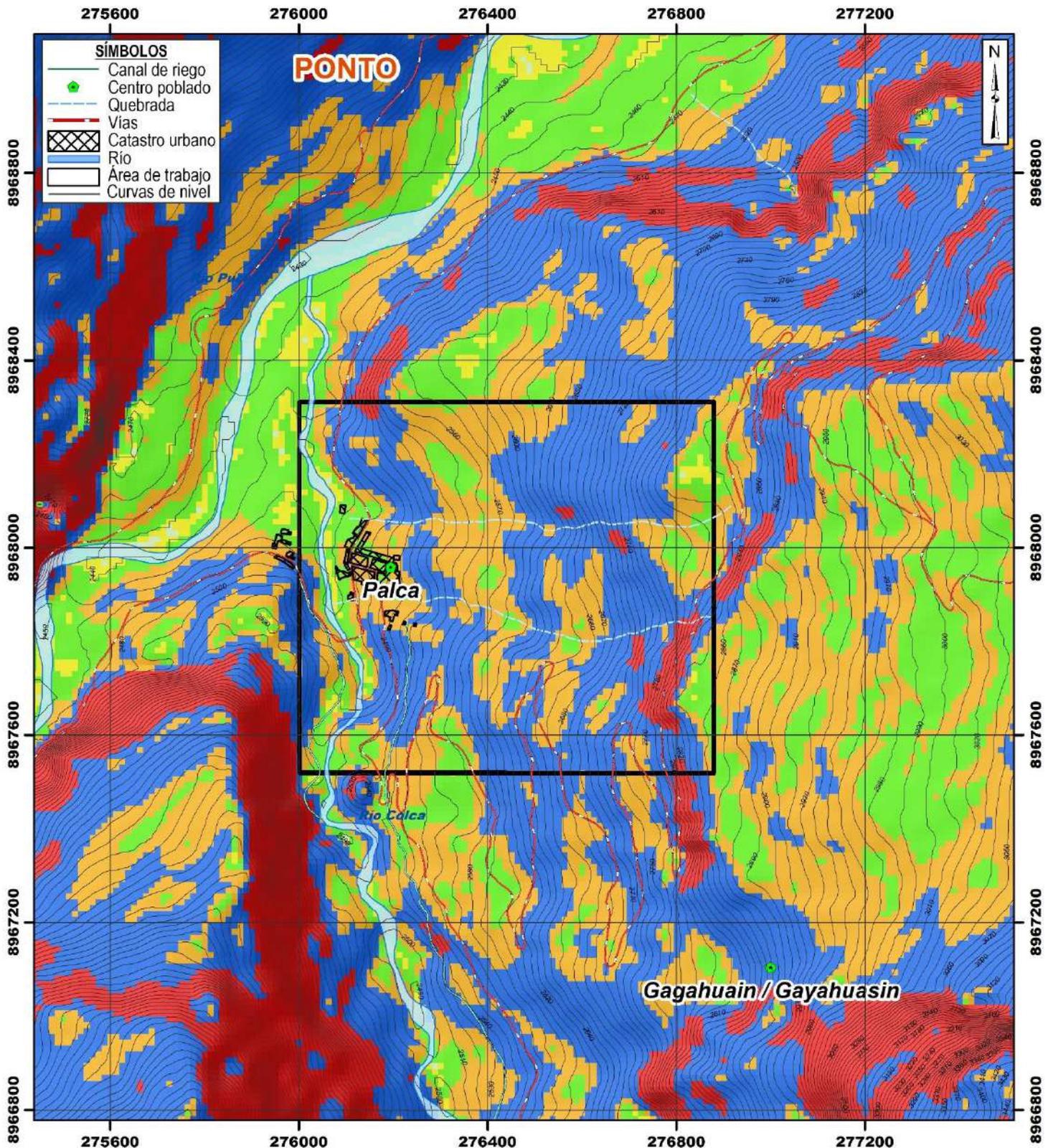
LEYENDA		
Era	Sistema	Unidades litoestratigráficas
Cenozoico	Cuaternario	Q-al Depósito aluvial
		Q-co Depósito coluvial
		Q-cd Depósito coluvio-deluvial
		Q-pl Depósito proluvial
	Cretácico	Kis-c Formación Crisnejas
		Ks-j Formación Jumasha


 INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALURGICO

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLOGICO
 DEPARTAMENTO: ANCASH
 PROVINCIA: HUARI
 DISTRITO: PONTO

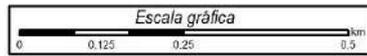
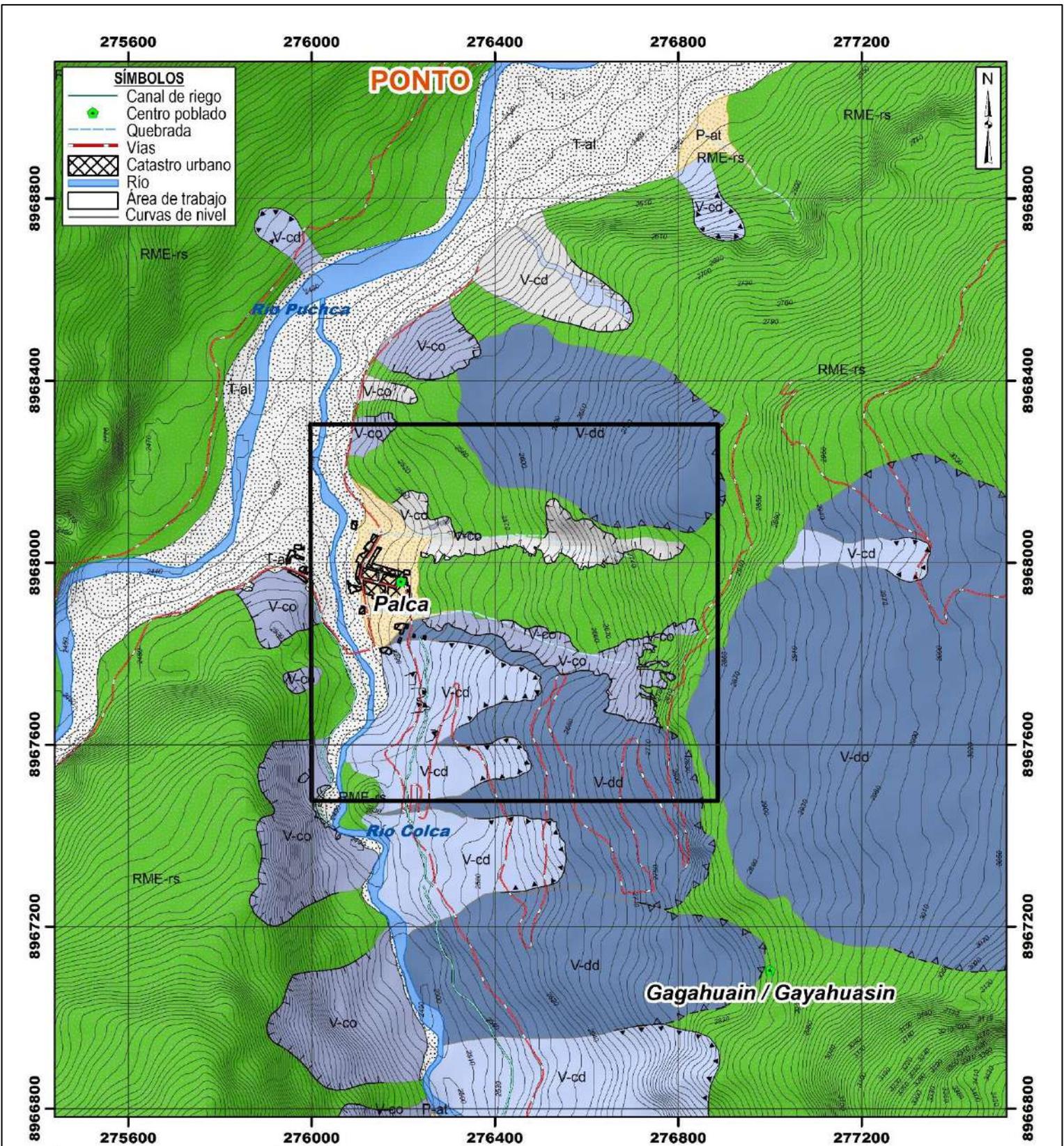
**GEOLOGÍA DEL SECTOR
 PALCA**

Escala: 1/11,000	Elaborado por: Sosa, N.
Proyección: UTM Zona 18 Sur Datum: WGS 84	
Versión digital 2024 Impreso: Octubre, 2024	



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

 INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALURGICO	
DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO DEPARTAMENTO: ANCASH PROVINCIA: HUARI DISTRITO: PONTO	
PENDIENTE DEL SECTOR PALCA	
Escala: 1/11,000	Elaborado por: Sosa, N.
Proyección: UTM Zona 18 Sur Datum: WGS 84	02
Versión digital 2024	



LEYENDA		
Unidad	Código	Unidades geomorfológicas
Montaña	RME-rs	Montaña estructural en roca sedimentaria
Vertiente o piedemonte	V-cd	Vertiente coluvio-deluvial
	V-dd	Vertiente con depósitos de deslizamiento
	V-co	Vertiente coluvial
Planicie	P-at	Piedemonte aluvio-torrencial
	T-al	Terraza aluvial


 INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALURGICO

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO
 DEPARTAMENTO: ANCASH
 PROVINCIA: HUARI
 DISTRITO: PONTO

GEOMORFOLOGÍA DEL SECTOR PALCA

Escala: 1/11,000	Elaborado por: Sosa, N.
Proyección: UTM Zona 18 Sur Datum: WGS 84	03
Versión digital 2024	

276000

276400

276800

277200

LEYENDA

-  Deslizamiento activo
-  Deslizamiento antiguo
-  Derrumbe
-  Caída de rocas
-  Erosión de ladera
-  Flujo
-  Grietas

8968400

8968000

8967600

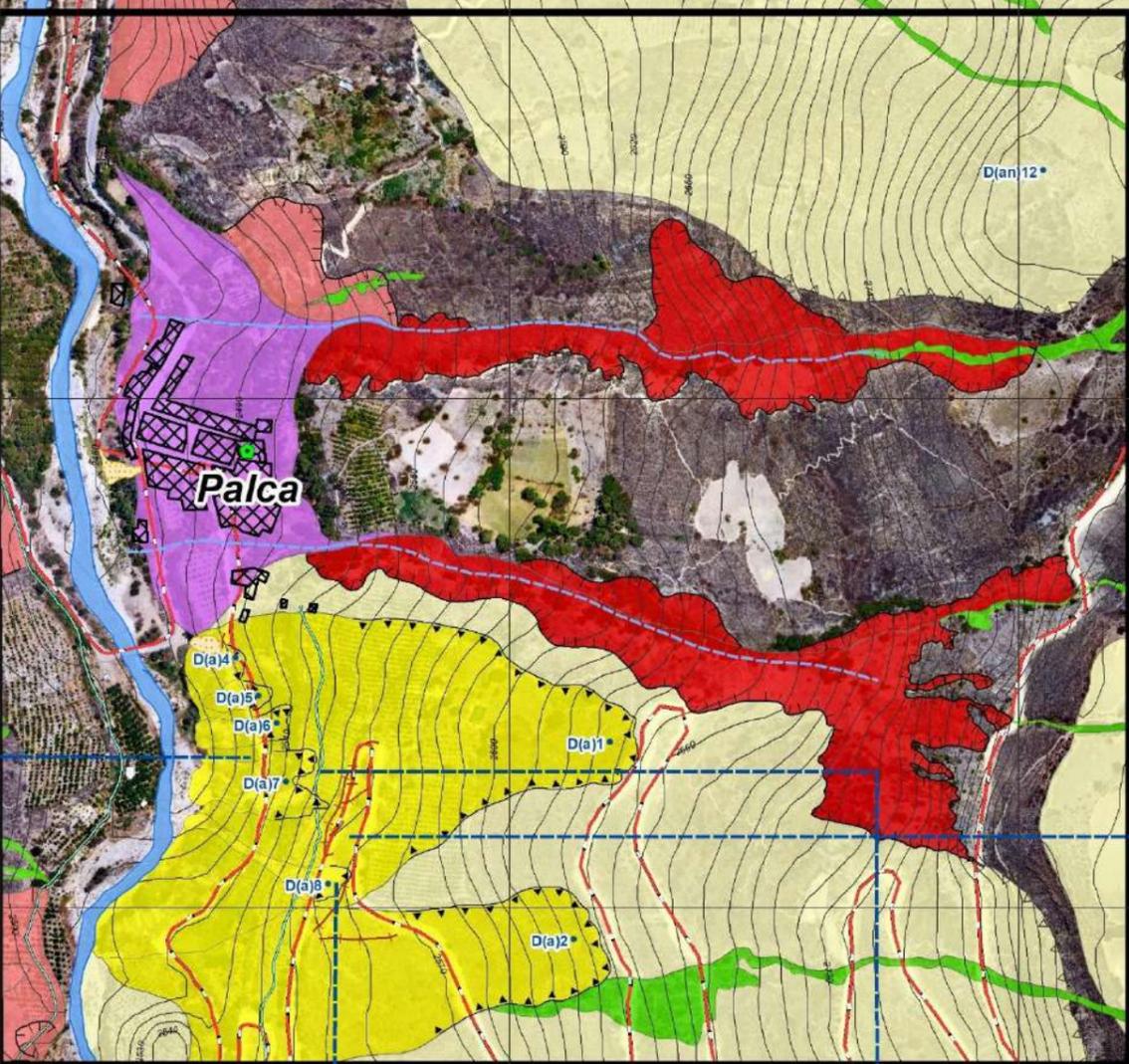
8967200

8968400

8968000

8967600

8967200



DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO
 DEPARTAMENTO: ANCASH
 PROVINCIA: HUARI
 DISTRITO: PONTO

**CARTOGRAFÍA DE PELIGROS
 GEOLÓGICOS DEL SECTOR
 PALCA**

Escala: 1/5,500 Elaborado por: Sosa, N.
 Proyección: UTM Zona 18 Sur Datum: WGS 84
 Versión digital 2024 Impreso: Octubre, 2024

04

SÍMBOLOS

-  Canal de riego
-  Centro poblado
-  Quebrada
-  Vías
-  Catastro urbano
-  Río
-  Área de trabajo
-  Deslizamientos

Escala gráfica

276000

276400

276800

277200

