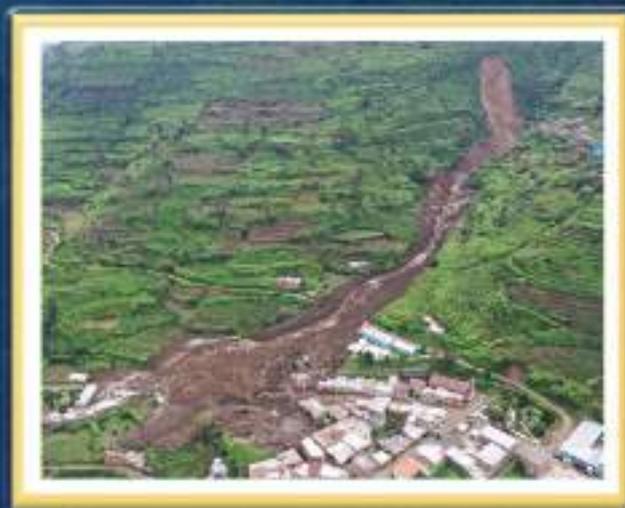


DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7393

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN EL CENTRO POBLADO LA PERLA

Departamento Lima
Provincia Huaral
Distrito Atavillos Bajo



JUNIO
2023

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN EL CENTRO POBLADO LA PERLA

Distrito Atavillos Bajo, provincia Huaral, departamento Lima

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

Equipo de investigación:

*Norma L. Sosa Senticala
Ely Ccorimanya Challco
Segundo A. Núñez Juárez
Max Chavez Chicoma*

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2023). Evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa en el centro poblado La Perla. Distrito Atavillos Bajo, provincia Huaral, departamento Lima, informe técnico N° A7393. Ingemmet, 47 p.

ÍNDICE

| | |
|---|-----------|
| RESUMEN..... | 1 |
| DEFINICIONES | 2 |
| 1. INTRODUCCIÓN | 5 |
| 1.1. Objetivos del estudio..... | 5 |
| 1.2. Antecedentes y trabajos anteriores | 5 |
| 1.3. Aspectos generales | 7 |
| 1.3.1. Ubicación | 7 |
| 1.3.2. Población | 7 |
| 1.3.3. Accesibilidad | 7 |
| 1.3.4. Clima | 9 |
| 1.3.5. Zonificación sísmica | 11 |
| 2. ASPECTOS GEOLÓGICOS..... | 12 |
| 2.1. Unidades litoestratigráficas..... | 12 |
| 2.1.1. Grupo Calipuy (PN-c)..... | 12 |
| 2.1.2. Depósitos Cuaternarios | 13 |
| 3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS..... | 16 |
| 3.1. Pendientes del terreno | 16 |
| 3.2. Índice topográfico de Humedad | 17 |
| 3.3. Unidades geomorfológicas..... | 21 |
| 3.2.1. Vertiente coluvio-deluvial (V-cd):..... | 22 |
| 3.2.3. Subunidad de vertiente aluvio-torrencial (P-at)..... | 23 |
| 3.2.4. Subunidad de terraza aluvial (T-al)..... | 24 |
| 3.2.5. Subunidad de terraza fluvial (T-fl) | 24 |
| 4. PELIGROS GEOLÓGICOS | 25 |
| 4.1. Peligros geológicos por movimientos en masa | 25 |
| 4.1.2. Características visuales del evento..... | 26 |
| 4.1.8. Factores condicionantes | 34 |
| 4.1.9. Factores detonantes o desencadenantes | 34 |
| 4.1.10. Factores antrópicos | 34 |
| 4.1.11. Daños por el deslizamiento..... | 34 |
| 4.1.12. Análisis de perfil del deslizamiento | 35 |
| 5.1. Sector Piscocoto..... | 39 |
| 5.1.1. Recomendaciones | 39 |
| 5.2. Sector Chunchuncocha..... | 39 |
| 5.2.1. Recomendaciones | 39 |

| | |
|---------------------------------|-----------|
| 5.3. Sector Pallac | 40 |
| 6. CONCLUSIONES..... | 41 |
| 7. RECOMENDACIONES..... | 42 |
| 8. BIBLIOGRAFÍA..... | 41 |
| ANEXO 1: MAPAS..... | 44 |

RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligro geológicos por movimientos en masa, realizado en el centro poblado La Perla, perteneciente a la jurisdicción distrital Atavillos Bajo, provincia Huaral, departamento Lima. Con este trabajo, el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – Ingemmet, cumple con una de sus funciones que consiste en brindar asistencia técnica en peligros geológicos para los tres niveles de gobierno.

Según Reporte Complementario N° 4763 - 29/5/2023/ COEN - INDECI / 17:30 horas (Reporte N° 42), menciona que el 13 de abril de 2023, a 11:00 horas aproximadamente, se registró una avalancha de detritos, en la margen derecha del río Anasmayo.

La avalancha de detritos, activo en la actualidad, abarca un área aproximada de 4 ha. La longitud de escarpe de donde se inicia la avalancha es de 80 m, el ancho en la parte inicial varía entre 45 a 60 m, la altura de arranque es 18 m. El material al desprenderse se canalizó por una quebrada S/N y se desplazó hacia el centro poblado La Perla, destruyendo toda la infraestructura que encontró a su paso, tal como viviendas, centro educativo, terrenos de cultivo, vías de acceso al centro poblado, postes de tendido eléctrico y cortó la vía La Perla.

El sector evaluado está compuesto por andesitas, dacitas y riolitas color gris, con presencia de diques granodiorítico. Se encuentra moderadamente a altamente meteorizada, medianamente fracturado, con espaciamentos muy próximos entre sí (2 – 0.20 m) y aberturas entre 1,0 a 4,0 mm, llegando a formar esporádicamente bloques con diámetros hasta de 1 m; lo que permite mayor infiltración y retención de agua de lluvia al terreno, originando inestabilidad en las laderas.

Las geoformas identificadas corresponden a montañas volcánicas, así como a piedemonte (vertiente coluvio-deluvial), con depósito de deslizamiento, y planicie (aluvial y fluvial). Las laderas presentan pendientes que van de moderada a muy escarpada (15° a >45°); mientras que las terrazas aluviales ubicadas en ambos márgenes de río Anasmayo van de llano a moderados (0° a 15°).

Los factores condicionantes de la avalancha de detritos 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 como canales de riego sin revestimiento; así como las surgencias de aguas subterráneas, que saturan los suelos e inestabilizan las laderas. Como factor detonante, se tienen la ocurrencia de lluvias intensas y/o prolongadas, como la que ocurrió el 13 de abril 2023, fue de 47.8 mm.

Por las condiciones geológicas, geomorfológicas geohidrológicas y geodinámicas, el centro poblado La Perla, **donde ocurrió la avalancha de detritos y área aledañas, se considera como Zona Crítica y de Peligro Muy Alto**. Se recomienda la reubicación de la zona afectada, 29 viviendas, para ello se dan las siguientes alternativas al sector Piscocoto, Pallac y Chunchucocha, así como realizar el EVAR correspondiente.

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 (Hungr 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.

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).

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, huacos, 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).

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) en zonas que tengan elementos vulnerables.

Atendiendo la declaratoria de emergencia en Atavillos Bajo, según Decreto Supremo D.S. N° 035-2023-PCM, por parte del Gobierno Peruano; es en el marco de nuestras competencias que se realiza la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa en el centro poblado La Perla.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designó a la Ingeniera Norma Sosa Senticala, Geóloga Ely Ccorimanya Chalco y practicante Max Chávez Chicoma, para realizar la evaluación de peligros geológicos respectiva, la cual se efectuó del 18 al 20 de abril del 2023. Para los trabajos de campo se realizaron coordinaciones con INDECI y alcalde Distrital de Atavillos Bajo.

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

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

1.1. Objetivos del estudio

El presente trabajo tiene como objetivos:

- a) Evaluar y caracterizar los peligros geológicos por movimientos en masa en el centro poblado La Perla.
- b) Determinar los factores condicionantes y desencadenantes de la ocurrencia de peligros geológicos.
- c) Proponer medidas de prevención, reducción y mitigación ante peligros geológicos evaluados en la etapa de campo.

1.2. Antecedentes y trabajos anteriores

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

- A) Boletín N°26, Geología de los cuadrángulos de Barranca, Ambar, Oyón, Huacho y Canta (Cobbing, 1973). Describen al volcánico Calipuy conformado una secuencia extremadamente variada, consistiendo principalmente de lavas andesíticas púrpuras, piroclásticos gruesos, tufos finamente estratificados,

basaltos, riolitas y dacitas, todos los cuales presentan variaciones laterales bastante rápidas.

B) Boletín N°12, Estudio de a cuenca del río Chancay – Huaral: Departamento de Lima, refieren a la ocurrencia de los depósitos aluviales que se presentan en la margen izquierda del río Anasmayo; así mismo indican las afectaciones que se presentan en las vías productos de los flujos de lodo que bajan en periodo de lluvias por las quebradas ubicadas entre los tramos San Agustín – La Perla.

C) Boletín N° 76, Serie C, Geodinámica e Ingeniería Geológica: “Peligro geológico en la región Lima” (Luque, G. 2020). De acuerdo al mapa regional de susceptibilidad por movimientos en masa, a escala 1: 250 000, se evidencia que el centro poblado La Perla se encuentran en **zonas de susceptibilidad Media a 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

D) GEOCATMIN- “Inventario de Peligros Geológicos a Nivel nacional”, en ese portal se detalla el inventario de peligros geológicos identificado en el tiempo a nivel nacional. Dónde se identificó una ficha inventariada con el código 43208 denominado Otros peligros con el tipo de peligro erosión fluvial en la margen derecha del río Anasmayo.

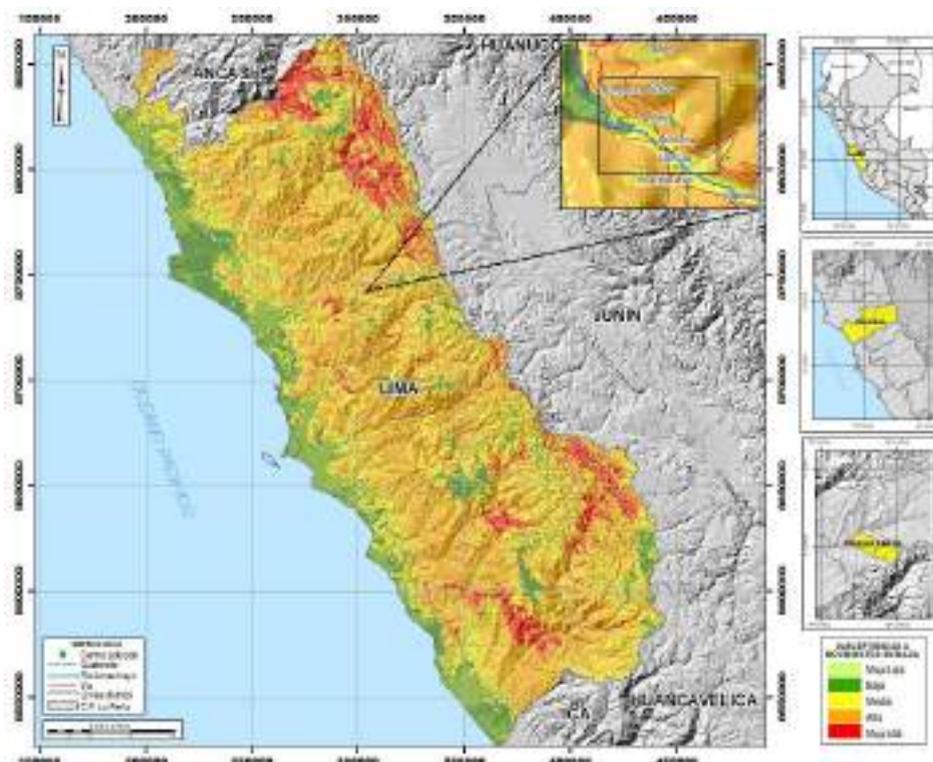


Figura 1: Susceptibilidad por movimientos en masa del centro poblado La Perla y alrededores. **Fuente:** Luque et al., (2020).

1.3. Aspectos generales

1.3.1. Ubicación

El centro poblado La Perla se ubica en la margen derecha del río Anasmayo. Políticamente pertenece al distrito Atavillos Bajo, provincia de Huaral, departamento de Lima (figura 2).

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

Tabla 1. Coordenadas del área de estudio.

| N° | UTM - WGS84 - Zona 18L | | Geográficas | |
|--|------------------------|------------|-------------|-------------|
| | Este | Norte | Latitud | Longitud |
| 1 | 304721.00 | 8742999.00 | -11.365558° | -76.789523° |
| 2 | 304719.00 | 8741563.00 | -11.378543° | -76.789601° |
| 3 | 302942.00 | 8741558.00 | -11.378460° | -76.805904° |
| 4 | 302950.00 | 8742992.00 | -11.365419° | -76.805754° |
| COORDENADA CENTRAL DEL EVENTO PRINCIPAL | | | | |
| | 303743.74 | 8742294.41 | -11.371108° | -76.798226° |

1.3.2. Población

Según el Censo Nacional 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas, el centro poblado La Perla presenta una población censada de 207; hombres 110 y mujeres 97 habitantes distribuidos en un total de 168 viviendas respectivamente.

1.3.3. Accesibilidad

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

Cuadro 1. Ruta de acceso.

| Ruta | Tipo de vía | Distancia (km) | Tiempo estimado |
|--|-------------|----------------|-------------------|
| Lima – Huaral | Asfaltada | 91 | 2 horas 10 min |
| Huaral – Zona Arqueológica Añay | Asfaltada | 51 | 1 hora |
| Zona Arqueológica Añay – Centro poblado La Perla | Afirmada | 18.5 | 55 min |

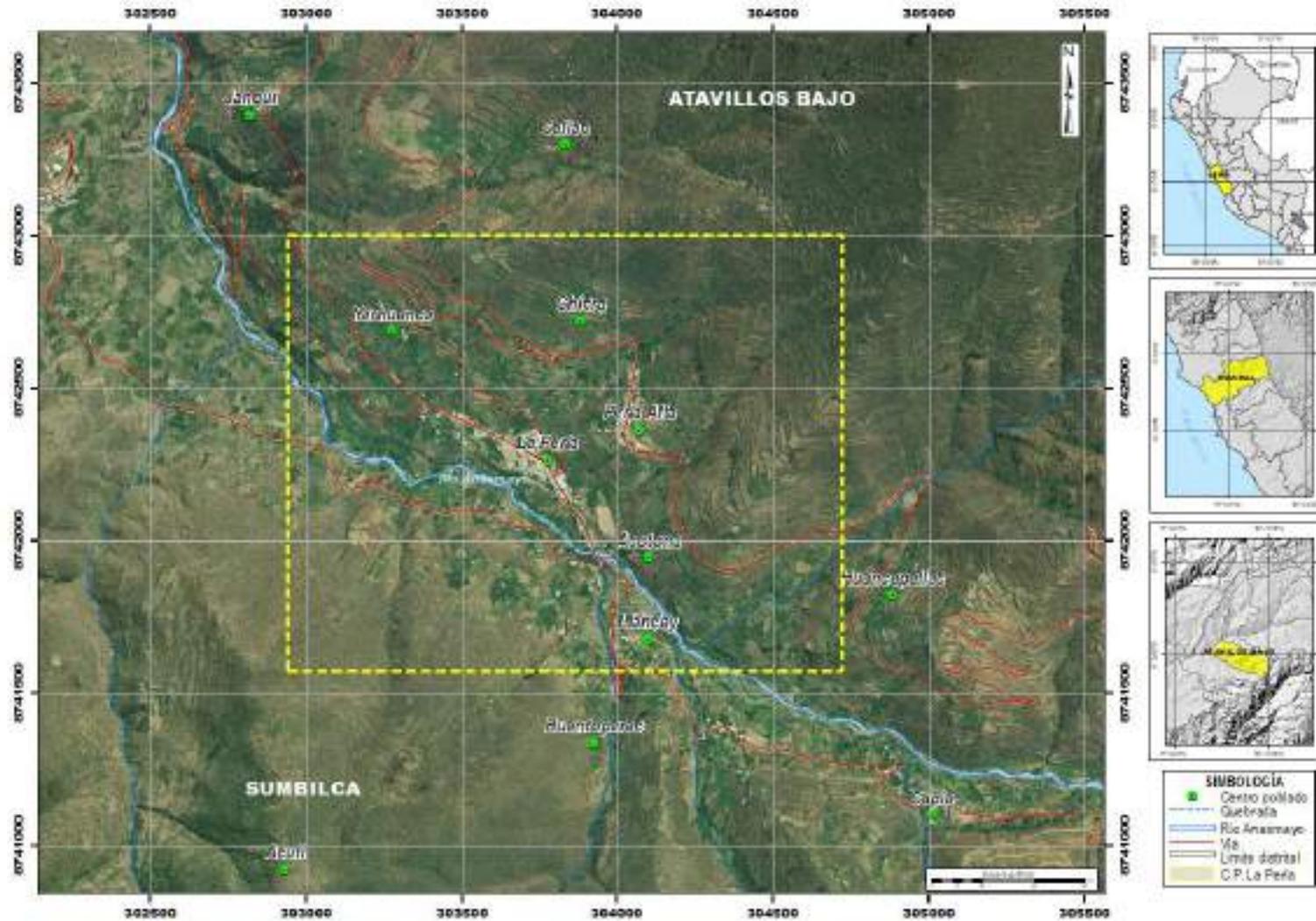


Figura 2: Ubicación del centro poblado La Perla y alrededores (distrito Atavillos Bajo, provincia de Huaral, departamento Lima).

1.3.4. Clima

Según la clasificación climática de Thornthwaite (SENAMHI, 2020), el centro poblado La Perla presenta un clima semiseco, semifrío, con deficiencia de lluvias en otoño, invierno y primavera, con humedad relativa calificada como húmeda.

En cuanto a la cantidad de lluvia, según datos meteorológicos y pronóstico del tiempo del servicio de aWhere (que analiza los datos de 2 millones de estaciones meteorológicas virtuales en todo el mundo, combinándolos con datos ráster y de satélite), la precipitación máxima registrada en el periodo marzo – abril 2023 fue de 47.8 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.

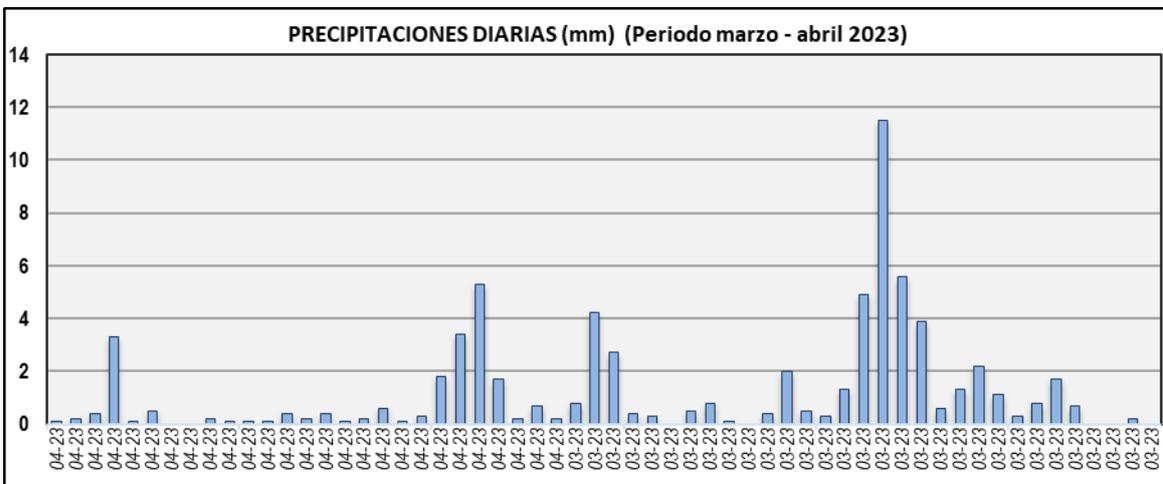


Figura 3. Precipitaciones máximas diarias en mm, distribuidas a lo largo del periodo marzo – abril 2023 La figura permite analizar la frecuencia de las anomalías en las precipitaciones pluviales que inducen al desarrollo de la erosión del suelo. **Fuente:** Landviewer, disponible en: <https://crop-monitoring.eos.com/weather-history/field/8574840>.

La temperatura anual oscila entre un máximo de 26.0°C en verano y un mínimo de 19.0°C en invierno (figura 4). Así mismo, presenta una humedad promedio de 74.5% durante casi todo el año (Servicio aWhere).

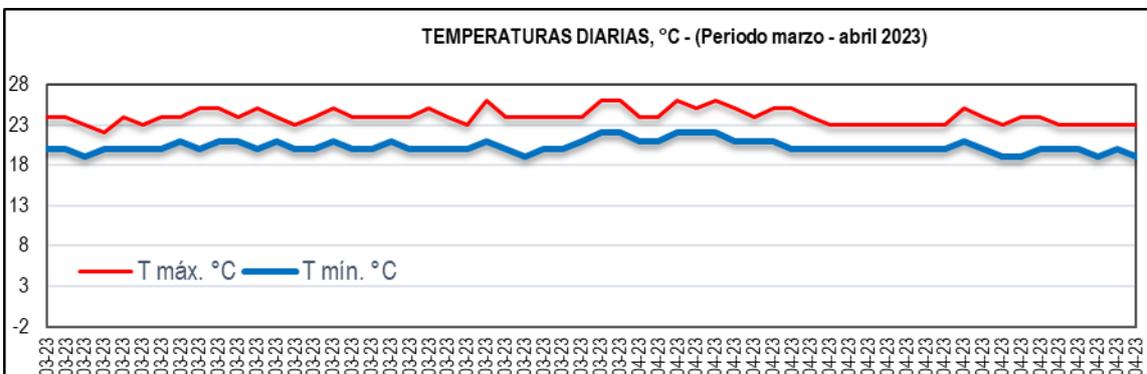


Figura 4. Temperaturas máximas y mínimas diarias, distribuidas a lo largo del periodo marzo – abril 2023. La figura permite analizar la variedad, saltos extremos de temperatura, duración y

regularidad. **Fuente:** Landviewer, disponible en: <https://crop-monitoring.eos.com/weather-history/field/8574840>.

1.3.5. Zonificación sísmica

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

La zonificación propuesta, se basa en la distribución espacial de la sismicidad observada, las características generales de los movimientos sísmicos y atenuación de estos con la distancia epicentral, así como la información neotectónica. A cada zona se asigna un factor Z según se indica en 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).

2. ASPECTOS GEOLÓGICOS

La geología del área de estudio se describe teniendo como base el mapa geológico de los cuadrángulos de Barranca, Ambar, Oyón, Huacho y Canta (Cobbing, 1973) a escala 1: 100,000, así como la información contenida en el Boletín N°12, Estudio de la cuenca del río Chancay – Huaral: Departamento de Lima, (Davila & Celi, 1994). De igual manera, esta información se complementó con trabajos de interpretación de imágenes de satélite, vuelos de dron y observaciones de campo.

2.1. Unidades litoestratigráficas

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

2.1.1. Grupo Calipuy (PN-c)

En esta zona la formación no es potente, teniendo quizás unos 500 m., lo que demuestra que ha sido afectada por una gran actividad erosiva si se hace una comparación regional, corroborado por remanentes que permiten inferir que anteriormente debió cubrir, por lo menos, gran parte de la zona, (Cobbing, 1973).

En el área evaluada, tiene afloramientos de roca volcánica compuesta de andesitas, dacitas y riolitas de color gris, (figura 6), y presencia de diques granodiorítico, (figura 7), muy difícil de romperla con el martillo de geólogo (5 golpes). Se encuentra moderadamente a altamente meteorizada, de poco a medianamente fracturado, con espaciamientos muy próximas entre sí (2 – 0.20 m) y aberturas abiertas (1,0-4,0 mm), que llegan a formar esporádicamente bloques con diámetros hasta de 1 m.



Figura 6. Vista de andesitas de color gris de la Formación Calipuy, ubicado a un costado del canal Callanca, ubicado entre las coordenadas UTM 8742804 N, 304280 E.



Figura 7. Se identifico dique, ubicado en la quebrada S/N, entre las coordenadas UTM 8742805 N, 304276 E, por donde discurre aguas subterráneas de forma permanente.

2.1.2. Depósitos Cuaternarios

a. Depósito coluvio-deluvial (Qh-cd):

Se localizan en forma caótica al pie de laderas por acción de la gravedad y acción de las aguas de escorrentía. Están compuestos por fragmentos líticos de rocas volcánicas, subangulosos a subredondeados con diámetros que varían entre 0.02 a 0.12 m envueltos en una matriz de arcillas, limos, y arenas (figura 8). Son producto de la meteorización de las rocas volcánicas y removidos por procesos de movimientos en masa antiguos y la filtración de aguas provenientes de los diferentes bofedales que se presentan en el área de estudio.

b. Depósito proluvial (Qh-pl):

Los depósitos proluviales se originan a partir de flujos de detritos canalizados. Cuando se tiene presencia de material detrítico suelto acumulado en las laderas y cauces que conforman las quebradas, como también bofedales; que ante ocurrencia de precipitaciones pluviales intensas se llegan a saturar; estos depósitos pierden estabilidad y se movilizan torrente abajo, como ejemplo tenemos en ambos márgenes del río Anasmayo. El material que lo constituye es heterométrico y está mal clasificado, por lo general son subangulosos a subredondeados, englobados en una matriz fina (arenas y limos), permeables y medianamente consolidados.

Se pudo evidenciar procesos inferidos producto de la variación y/o antropizadas, ubicadas en la cancha deportiva.

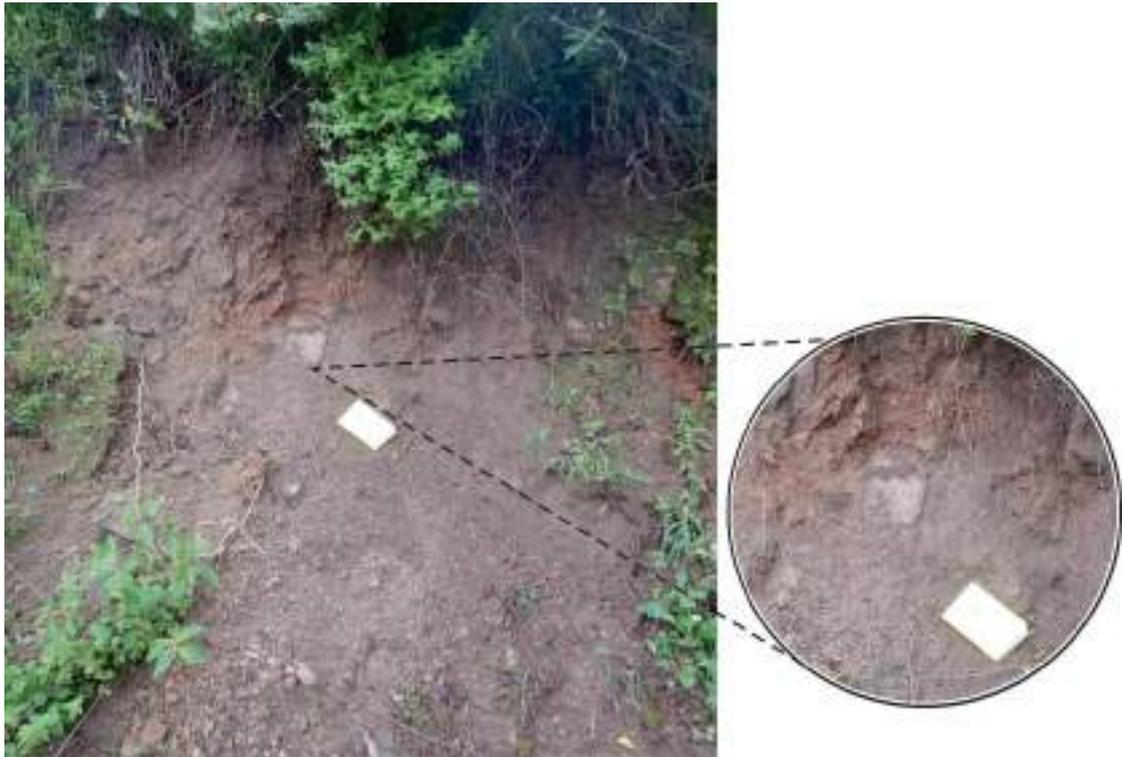


Figura 8. Depósito compuesto por fragmentos de rocas volcánicas subangulosos a subredondeados, heterométricos y envueltos en una matriz de arcillas, limos y arenas, ubicado la parte alta del centro poblado La Perla.

c. 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 9), su permeabilidad es media a alta y se asocia principalmente a terrazas aluviales, susceptibles a la erosión fluvial.

d. Depósito fluvial (Qh-fl):

Depósitos porosos no consolidados distribuidos en los valles (cauce del río Anasmayo) están conformados por bloques, gravas y arenas redondeadas provenientes de corrientes temporales de agua y lluvias. (fotografía 1)



Figura 9. Vista donde se observan depósitos aluviales en ambas márgenes del río Anasmayo, donde se asientan algunas viviendas y se desarrolla la agricultura.



Fotografía 1. Deposito fluvial, asentadas al pie de La Perla, donde puede observar bloques de formas subredondeadas con tamaños hasta 2 m.

3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

3.1. Pendientes del terreno

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

En el Anexo 1, se presenta el mapa de pendientes (mapa 2), elaborado en base a información del modelo de elevación digital de 12.5 m de resolución (USGS). De acuerdo a este mapa, el centro poblado La Perla, 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 cuando se presenta el fenómeno de El Niño). Presenta el sector aledaño al río Anasmayo. |
| 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 cuando se presenta el fenómeno de El Niño) Las quebradas que confluyen en el río Anasmayo, 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 volcánicas, quebradas; donde se asienta parte del centro poblado La Perla. 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. donde se asienta parte de los centros poblados La Perla y Perla Alta. |
| 25° a 45° | Muy Fuerte | Se encuentran en laderas de montañas y márgenes de las partes altas del río Anasmayo en este rango se generó la avalancha de detritos. En este rango de pendiente, generalmente se registran procesos de deslizamientos, derrumbes y flujos. |
| >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 las figuras 10 y 11, se muestra el mapa de pendientes de centro poblado La Perla, 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 la avalancha de detritos, varía 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.

3.2. 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 12), 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.

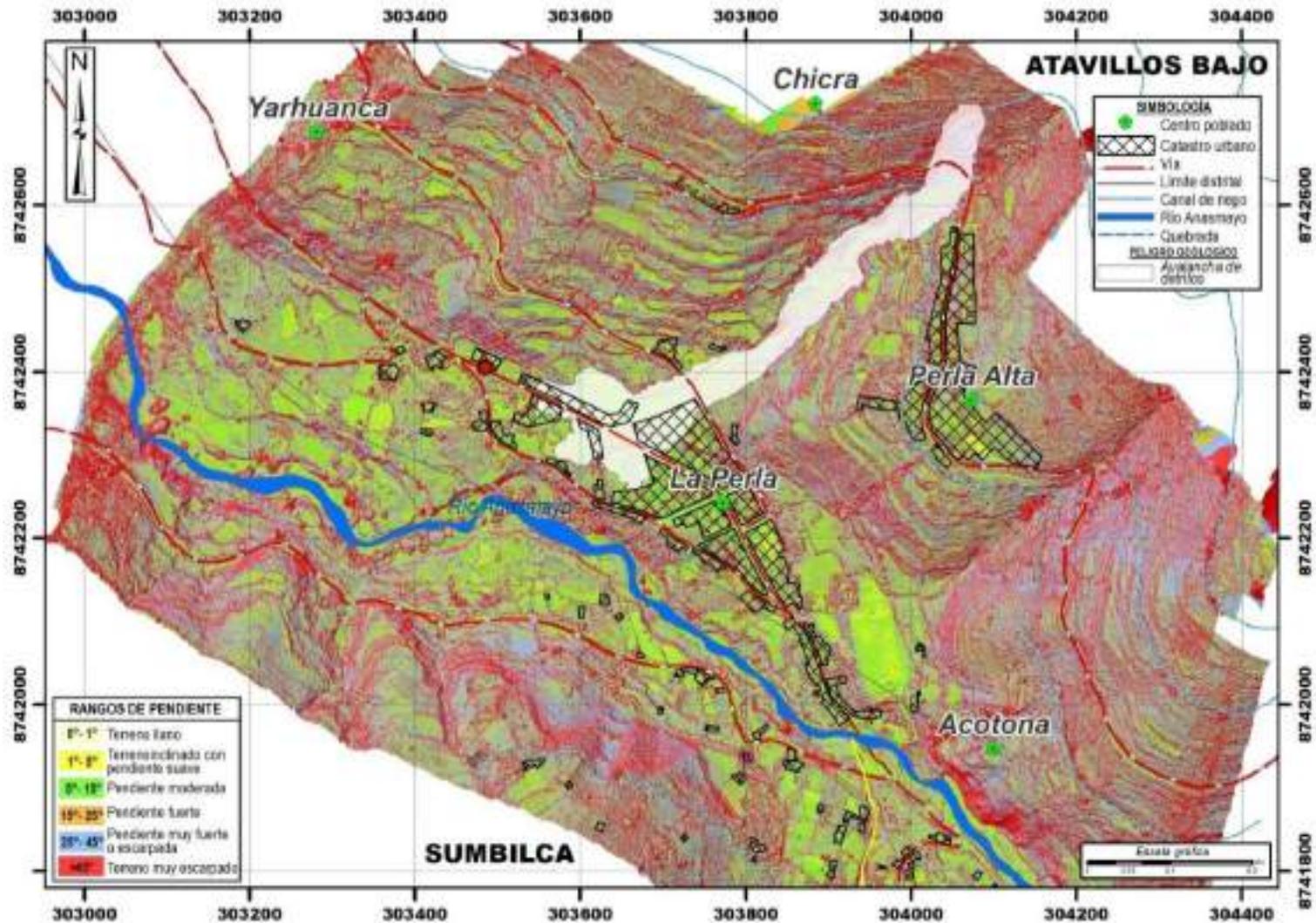


Figura 10. Pendiente del terreno realizado en base a la información obtenida del levantamiento fotogramétrico con dron en el sector La Perla y alrededores. Se aprecia la avalancha de detritos.

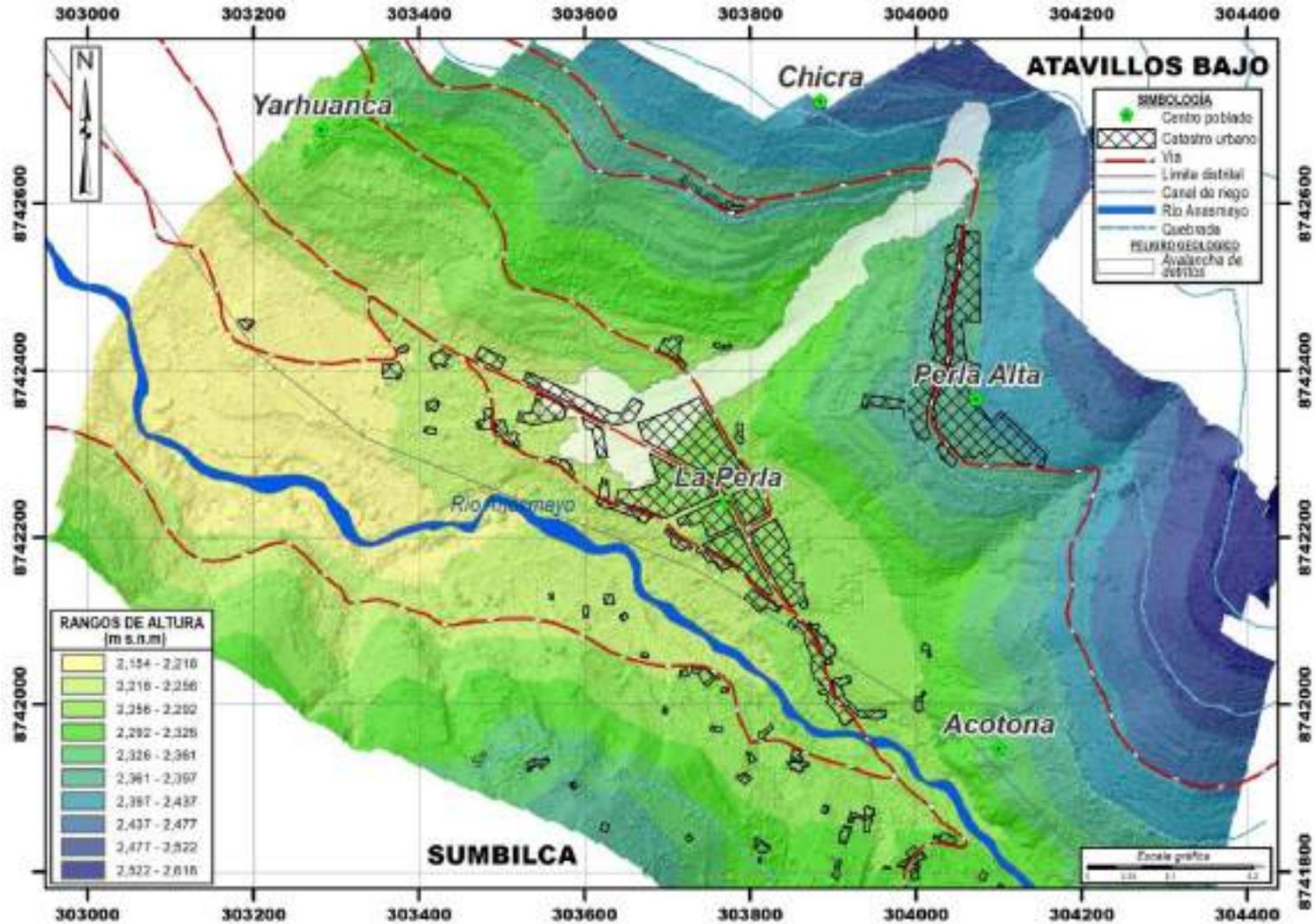


Figura 11. Elevación del terreno del poblado La Perla y alrededores, generado en base al modelo de elevación digital, obtenido en base del levantamiento fotogramétrico con dron.

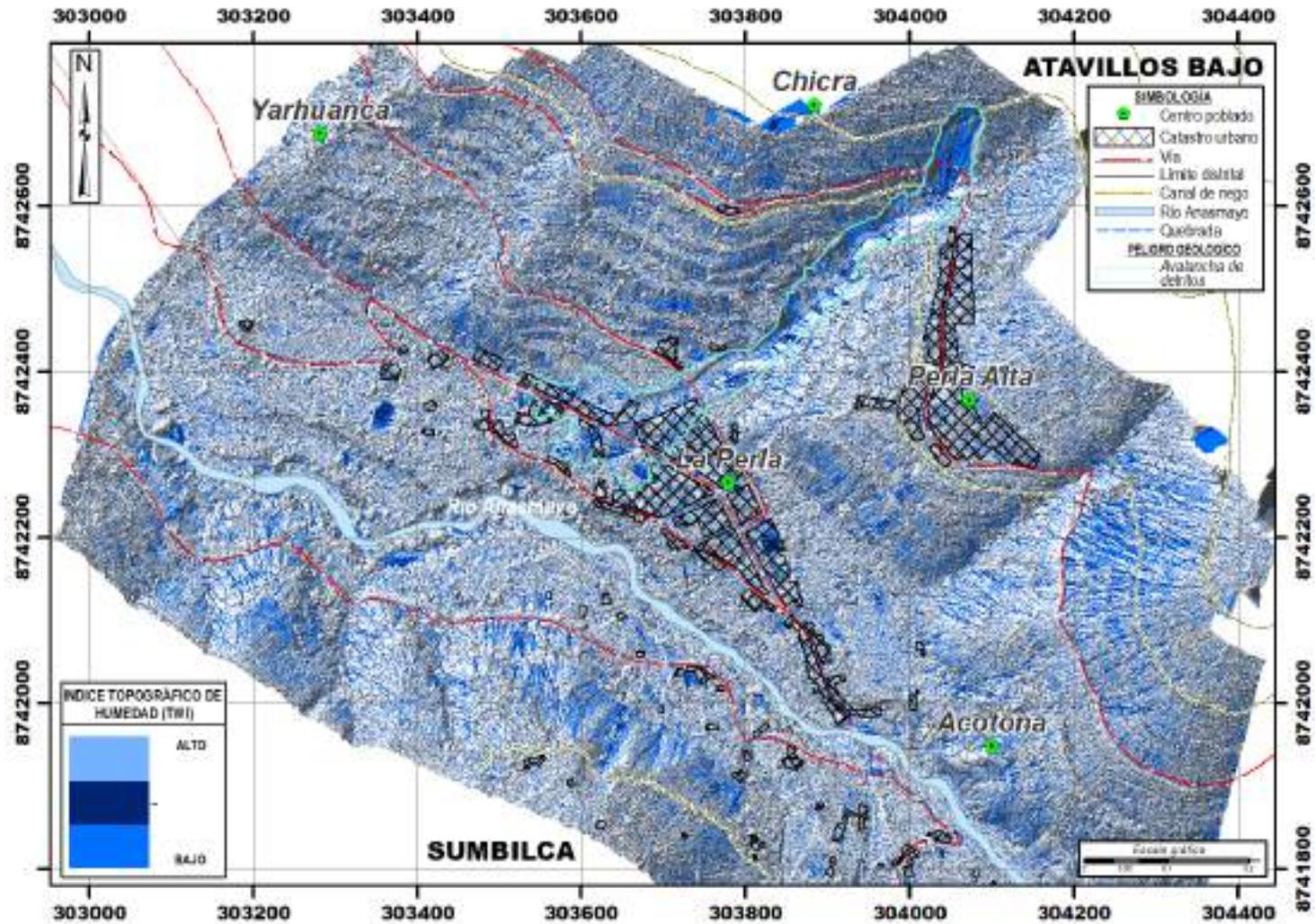


Figura 12. Mapa de la acumulación de agua (TWI) del centro poblado La Perla y alrededores.

3.3. 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 en rocas volcánicas (RM-rv) |
| Unidades geomorfológicas de carácter depositacional o agradacional | |
| Unidad | Subunidad |
| Piedemonte | Subunidad de vertiente coluvio-deluvial (V-cd) |
| | Subunidad de vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd) |
| | Subunidad de vertiente aluvio torrencial (P-at) |
| Unidad | Subunidad |
| Planicie | Terraza aluvial (T-al) |
| | Terraza fluvial (T-fl) |

Fuente: Elaboración propia

A) Unidad de Montañas

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

3.1.1. Subunidad de montañas en rocas volcánicas (RM-rv)

Corresponde a las cadenas montañosas donde los procesos denudativos (fluvio-erosionales) afectaron rocas volcánicas del Grupo Calipuy. Las montañas cubren gran parte de la zona de estudio, cuyas laderas de pendientes varían de 15° a >45°. El centro poblado La Perla, se encuentra en la margen derecha del río Anasmayo. (figura 13). Sus relieves se encuentran asociadas a deslizamientos, caídas y procesos de erosión de laderas.



Figura 13. Vista de montaña en roca volcánica donde la pendiente del terreno entre fuerte a muy escarpadas, ubicadas en ambas márgenes del río Anasmayo.

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:

3.2.1. 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 14). 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° - $>45^\circ$) y fáciles de remover.

3.2.2. Subunidad de 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 14)

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 de la quebrada Lloclla, con pendientes van de moderada a muy fuerte (10° a >45°).

3.2.3. Subunidad de 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 Anasmayo. (figura 14). En los depósitos se distinguen bloques de roca con diámetro de hasta 2 m, producto del acarreo proveniente de la avalancha de detritos.



Figura 14. Vista panorámica de la subunidad de vertiente aluvio-torrencial (P-at), formado por la acumulación de material relacionado a la avalancha de detritos y flujos (huaicos), así como de vertiente con depósito coluvio-deluvial (V-cd) ubicado a un lado de la trocha carrozable.

C) Unidad de Planicie

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

3.2.4. Subunidad de terraza aluvial (T-al)

Son porciones de terreno alargado a ligeramente inclinado (1° a 5°), con altura relativamente marcada. Se encuentran en ambas márgenes del río Anasmayo (figura 15). 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.

3.2.5. Subunidad de terraza fluvial (T-fl)

Son depósitos Cuaternarios constituidos por sedimentos transportados por la corriente de un río, en este caso por el río Anasmayo, están conformados por bolos, gravas polimícticas de formas redondeadas a subredondeadas y arenas finas, afloran a lo largo y ancho del lecho fluvial (figura 15).



Figura 15. Vista tomada con el dron donde se puede visualizar las subunidades de terrazas aluviales, terrazas aluviales bajas y terrazas fluviales ubicadas en ambas márgenes del río Anasmayo.

4. PELIGROS GEOLÓGICOS

Los peligros geológicos activos e inactivos latentes identificados en el centro poblado de a Perla y alrededores corresponden a los subtipos agrupados en la clase de movimientos en masa de tipo Flujo: Avalancha de detritos, deslizamientos, derrumbes y otros peligros geológicos de tipo erosión en cárcava (anexo 1: Mapa 4).

4.1. 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 los tipos de movimientos en masa a través del cartografiado geológico y geodinámico, basado en la observación y descripción morfométrica in situ; de igual modo se tomó datos GPS, fotografías a nivel de terreno y levantamiento fotogramétrico con dron, a partir del cual se obtuvo un modelo digital de terreno y un ortomosaico con una resolución de 0.15 y 0.05 cm/pixel respectivamente, complementada con el análisis de imágenes satelitales.

Además de ello, los caseríos evaluados están **considerado de media a alta susceptibilidad a la ocurrencia de movimientos en masa** (Luque, G. 2020):

4.1.1. Avalancha de detritos del centro poblado La Perla

Atendiendo la declaratoria de emergencia en La Perla, Atavillos Bajo (Decreto Supremo D.S. N° 035-2023-PCM) por parte de gobierno peruano; en el marco de las competencias del Ingemmet, se realizó la evaluación de la avalancha de detritos que ocurrió el 13 de abril del presente en el centro poblado La Perla, distrito Atavillos Bajo, provincia Huaral, departamento Lima.

El evento se inició en las coordenadas UTM 8742720 N, 304080 E, a una altitud de 2452 m s.n.m.

La avalancha de detritos mencionada, (figura 16), en la actualidad sigue activo, abarca un área aproximada de 4 ha. La longitud de escarpe de donde se inicia la avalancha es de 80 m, el ancho en la parte inicial varía entre 45 a 60 m, la altura de arranque es 18 m. El material al desprenderse, se canalizó por la quebrada S/N y se desplazó hacia el centro poblado La Perla, destruyendo toda la infraestructura que encontró a su paso como viviendas, centro educativo, corto la vía La Perla, terrenos de cultivo, vías de acceso al centro poblado y postes de tendido eléctrico.

Las avalanchas, a diferencia de los deslizamientos, presentan un desarrollo más rápido de la rotura. Según el contenido de agua o por efecto de la pendiente, la totalidad de la masa puede licuarse, al menos en parte, fluir y depositarse mucho más allá del pie de la ladera (Varnes, 1978).



Figura 16. Vista con dirección noreste, donde se observa la avalancha de detritos (delimitado con línea de color rojo), que afectó parte del poblado La Perla, así como las trochas carrozables de acceso hacia La Perla y Perla Alta (líneas separadas de color blanco).

4.1.2. Características visuales del evento

Se trata de una avalancha de detritos, presenta las siguientes características por una escarpa principal con longitud de 80 m, (figura 17).

La avalancha de detritos que involucró depósitos coluvio-deluviales provenientes de un movimiento antiguo, presenta las siguientes características:

- Estado de la actividad del movimiento: Activo
- Forma de la escarpa principal: Semicircular
- Superficie de rotura: Elongada, irregular.
- Altura de arranque: 18 m.
- Salto de la escarpa, comprendido entre 70 m, con dirección sur.
- Desnivel entre escarpa y pie: 690 m.
- Ancho del cuerpo de la avalancha de detritos, varía entre 45 a 60 m.

- Presenta emanación de aguas subterráneas (puquiales) en el cuerpo de la avalancha de detritos (figura 18).
- Tipo de avance: Retrogresivo (por las grietas encontradas en la parte posterior del escarpe principal).

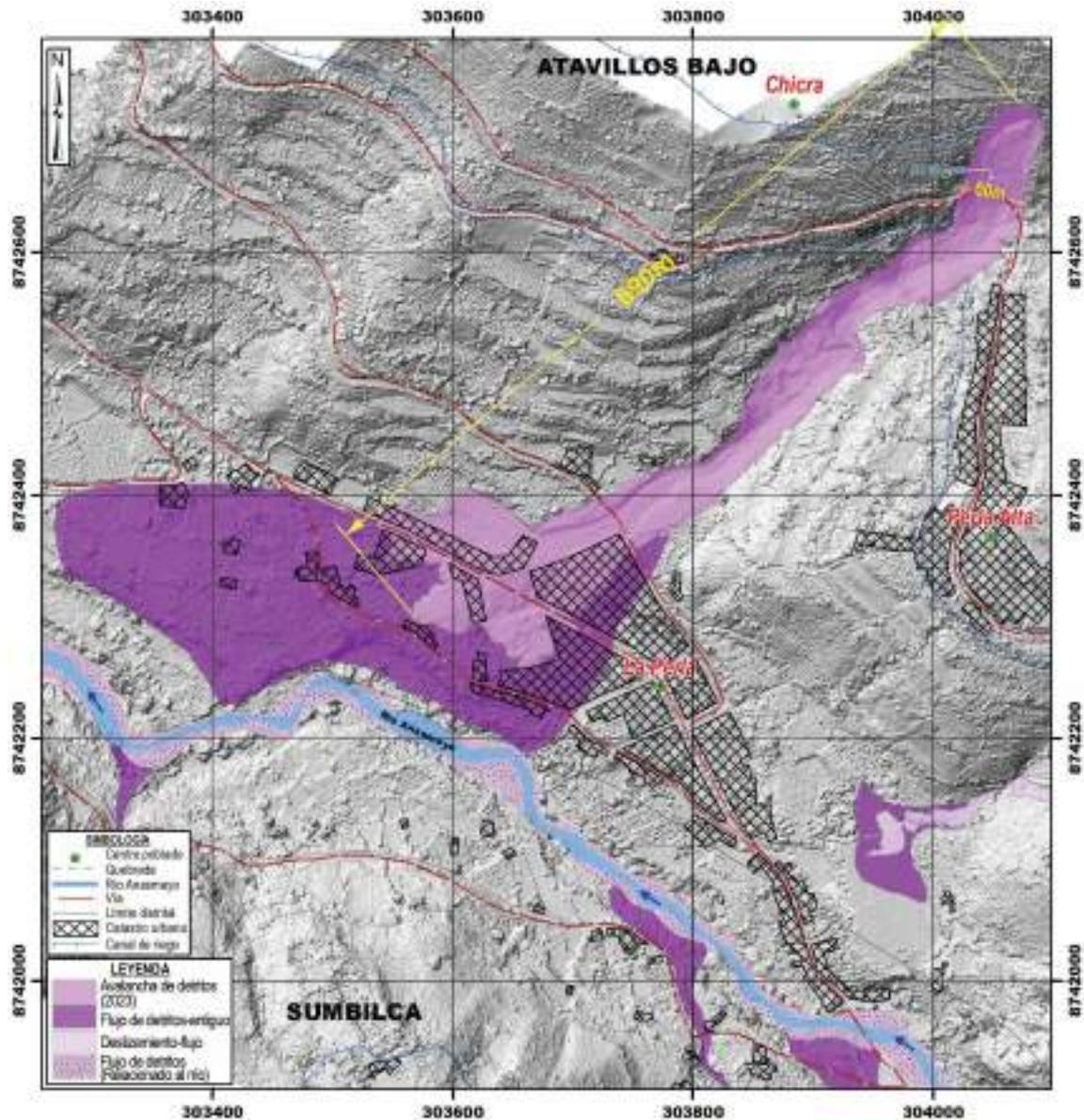


Figura 17. Vista del flujo ocurrido del centro poblado La Perla, catalogando como una avalancha de detritos, margen derecha del río Anasmayo, cabe mencionar que dentro del cuerpo de la avalancha se observó emanación de aguas subterráneas el cual está saturando el terreno.



Figura 18. Vista tomada con el dron donde se observa que en medio del cuerpo de la avalancha de detritos existe afloramiento de agua (puquial), que aportó con la saturación de suelo, así como también el discurrir de agua sobre la quebrada.

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 trocha carrozable de acceso al poblado Perla Alta, entre las coordenadas UTM 8742629 N, 304074 E, con una altitud de 2370 m s.n.m.

En la figura 19 se hace una comparación de imágenes, la primera obtenida de la plataforma Google Earth proporcionada por el Gore-Lima de marzo del 2020; donde se evidencia el inicio del evento presentando una escarpa que va en dirección hacia la quebrada S/N y el segundo obtenido con dron (Ingemmet, abril del 2023), donde se evidencia la avalancha de detritos, que afectó parte de la población La Perla.



Figura 19. Comparación de una imagen obtenida del Google Earth del año 2020 y la fotografía tomada con drone (2023). En la primera se observa viviendas asentadas varias en el cauce de la quebrada. La segunda corresponde a la tomada post evento, se observa la avalancha de detritos, el cual afectó severamente viviendas, tramos de carretera, así como terrenos de cultivos.

En la Tabla 3, se mencionan cuatro canales de riego próximos al evento (figura 20), que se detallan en el siguiente cuadro:

Tabla 3. Canales de riego

| N° | Nombre | Estado | Coordenadas UTM | | |
|----|----------------|--------------|-----------------|--------|----------------|
| | | | Norte | Este | Cota (m s.n.m) |
| 1 | Canal Callanca | Revestido | 8742797 | 304268 | 2534 |
| 2 | Canal Shañu | No revestido | 8742729 | 304072 | 2456 |
| 3 | Ramal | No revestido | 8742700 | 304042 | 2432 |
| 4 | Canal Alta | Revestido | 8742620 | 304014 | 2354 |



Figura 20. Vista de los canales próximos a la avalancha de detritos.

Los canales de riego Callanca y Alta, presentan un ancho de 40 cm, profundidad de 30 cm, con longitudes mayores a 3 km y se encuentran revestidos de concreto. Son usados para el riego de cultivos de palta, duraznos, melocotones entre otros, cabe mencionar que en algunos puntos de estos canales están en malas condiciones, por donde discurre agua abajo; también se observó obstrucciones del canal que ocasionan desborde; de esta manera saturan al terreno. (figura 21 y 22).

Los canales de riego Shañu y Ramal, no presenta revestimiento, esto favorece al discurrimiento de agua en diferentes direcciones y saturan al terreno (figura 23).



Figura 21. Canal de riego presenta deterioro en un tramo de 0.90 m lo cual permite que el agua discorra aguas abajo, ubicado entre las coordenadas UTM 8742860 N, 304013 E con una altitud de 2527 m s n.m.



Figura 22. Vista de canales Callanca y Alta, se observa que están obstruidos, producto de la acumulación de material caído (vegetación y suelo), el cual en muchas oportunidades generan desborde de dicho canal, lo cual ayuda con la saturación de suelo.



Figura 23. Canal de riego sin revestimiento, el cual está aportando con la saturación del suelo, en ambos márgenes de este canal se evidencio la presencia de grietas; las cuales pasan desapercibidas debido a la vegetación.

Cabe mencionar que se identificaron grietas transversales, ubicadas sobre canal de Callanca a 0.50 m, que presentan aberturas con longitudes de hasta 1.8 m y con profundidades visibles de hasta 0.08 m. (figura 24). Es importante mencionar que el suelo se encuentra suelto y se está desplazando en dirección SW. También se evidencio la presencia de varios deslizamientos y derrumbes; presentan escarpas con longitudes promedio de 1.8 a 2.3 m, con saltos de hasta 1.5 m (figuras 25 y 26).



Figura 24. Vista de agrietamientos, próximos al canal Callanca, ubicado entre las coordenadas UTM 8742708 N, 304277 E.



Figura 25. Vista de pequeños derrumbes (líneas de color rojo) que afectan parte del canal de riego, el depósito no se aparecía (fue removido).



Figura 26. Se observó deslizamiento antiguo (delimitado con líneas separadas de color amarillo), y algunos derrumbes (líneas de color rojo), con dirección al suroeste, ubicado entre las coordenadas UTM 8742679 N, 304268 E, con una cota de 2526 m s.n.m.

4.1.8. Factores condicionantes

Factor litológico-estructural

- Substrato rocoso está compuesto de andesitas, dacitas y riolitas con diques granodiorítico. Se encuentra moderadamente a altamente meteorizada, lo que permite mayor infiltración y retención de agua de lluvia al terreno, originando inestabilidad en las laderas; de poco a medianamente fracturado, con espaciamentos muy próximas entre sí (2 – 0.20 m) y aberturas abiertas (1,0-4,0 mm), que llegan a formar esporádicamente bloques con diámetros hasta de 1 m
 - Suelos inconsolidados (depósitos coluvio-deluviales), desarrolladas en la margen derecha del río Anasmayo, compuestos principalmente por fragmentos líticos de rocas volcánicas, subangulosos a subredondeados con diámetros que varían entre 0.02 a 0.12 m envueltos en una matriz de arenas, limos y arcillas, producto de la meteorización de las rocas volcánicas y removidos por procesos de movimientos en masa antiguos y la filtración de aguas provenientes de los diferentes ojos de agua que se presentan en el área de estudio.

Factor geomorfológico

- Geomorfológicamente, el centro poblado La Perla, se localizan en laderas de montañas en roca volcánica 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 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.

Factor hidrogeológico

- AGUAS SUBTERRÁNEAS: Se tienen la presencia de puquiales, que indica la presencia de aguas subterráneas.

4.1.9. Factores detonantes o desencadenantes

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

4.1.10. Factores antrópicos

- Canales de riego que atraviesan por la parte alta y media de la avalancha de detritos, dos de estas cuentan con revestimiento y dos de ellas no; lo que podría estar aportando en la saturación de terreno.
- Riego desmedido del terreno (cultivos de papa, durazno, melocotón, alfalfa entre otros).

4.1.11. Daños ocasionados por el evento

- Postes de tendido eléctrico (5)
- Matriz de alta tensión (1)
- Viviendas destruidas (24)
- Viviendas afectadas (5)
- Vías de acceso a La Perla Alta (60 m) y La Perla (180 m)
- Personas desaparecidas (4)
- Personas fallecidas (3)
- Personas damnificadas (57)
- Institución educativa destruida (1)
- Local comunal destruido (1)
- Canal de regadío destruido (48 m)
- Canal de regadío afectado (60 m)
- Terrenos de cultivo (100 ha)

4.1.12. 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 (figura 27) con el objetivo de caracterizar la morfometría de la Avalancha de detritos 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 de la avalancha de detritos, el cual tuvo como zona de inicio la parte alta de la ladera, para después emplazarse y canalizarse por el cauce de la quebrada S/N (zona de recorrido), para finalmente depositarse sobre parte del poblado La Perla (zona de depósito), con un espesor de 9 m.

Además, se muestra la corona, y la superficie de arranque de la avalancha de detritos, cabe mencionar que la avalancha se depositó sobre un depósito antiguo de flujo de detritos (figura 28).

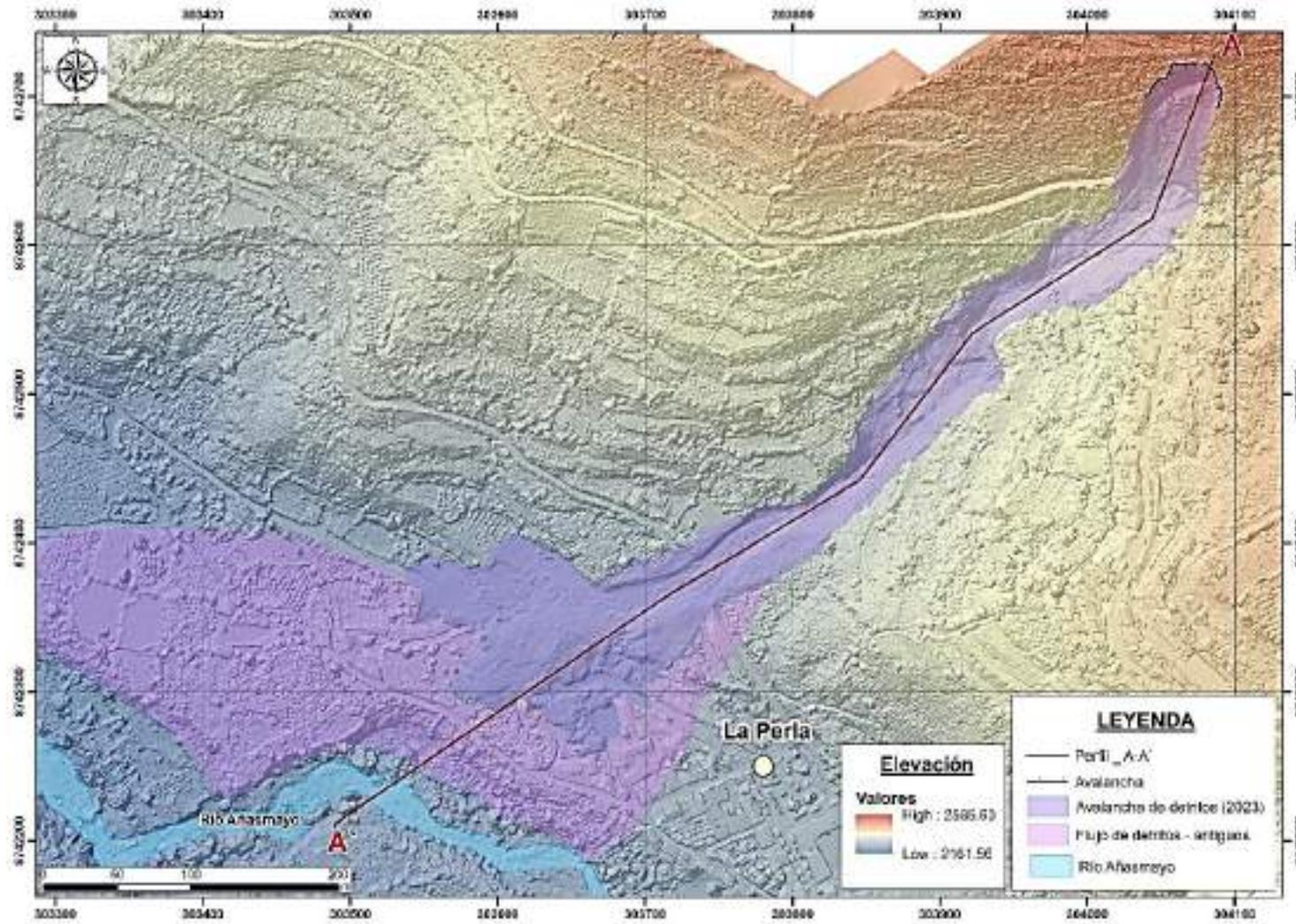


Figura 27. Corte A-A', sobre el modelo digital de terreno (MDT), el cual corta la avalancha de detritos ocurrido el 2023 y el depósito antiguo de flujo de detritos.

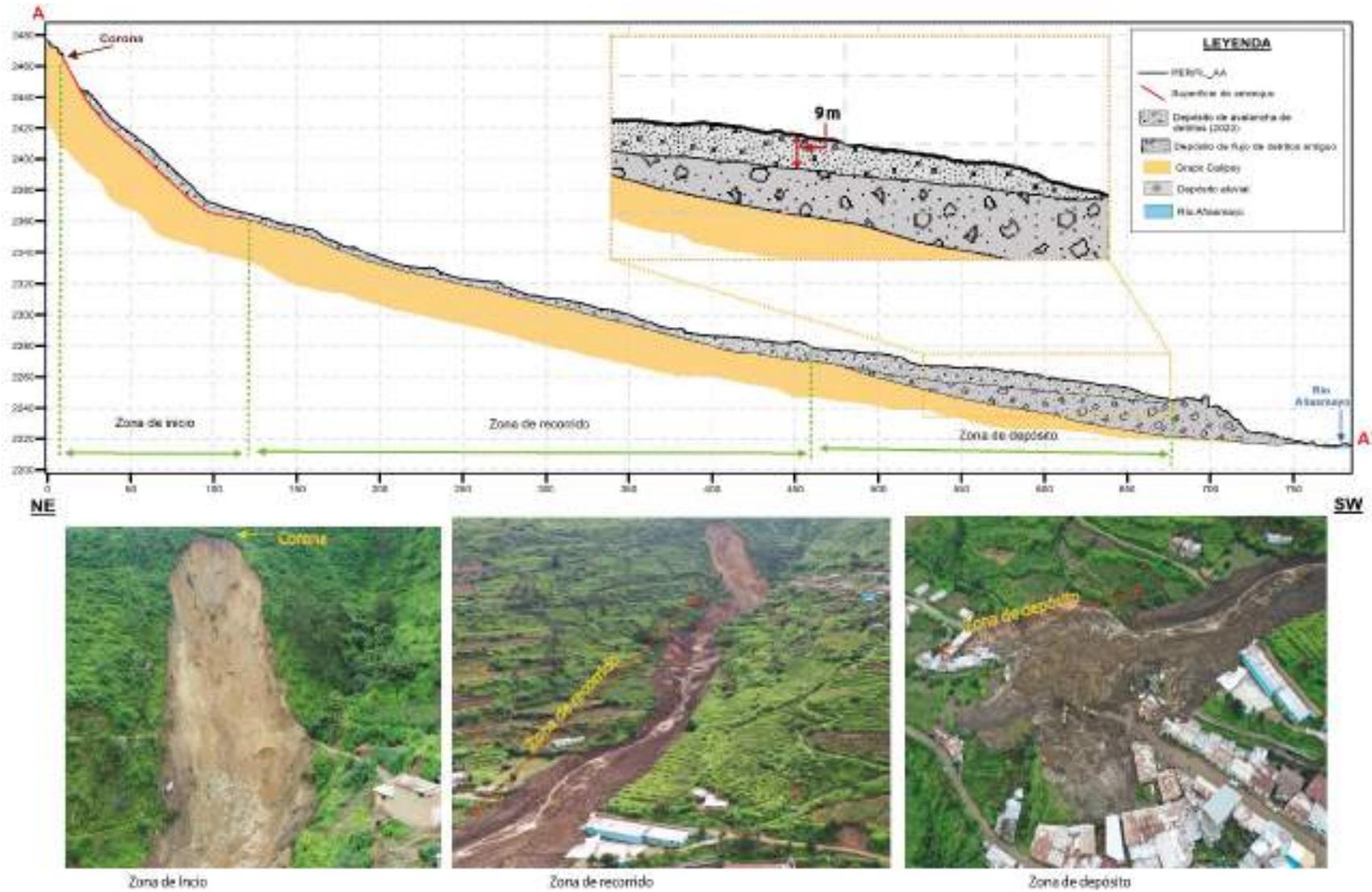


Figura 28. Perfiles transversales A-A` con dirección NE-SW, sobre el modelo (MDT), se muestra el perfil de la avalancha de detritos ocurrido en abril 2023, se muestra la zona de inicio, el recorrido de la masa y su depósito.

5. ÁREAS PROPUESTAS PARA LA REUBICACIÓN

Se proponen cuatro zonas para la reubicación (Anexo 1: Mapa 5), para las familias afectadas por la avalancha de detritos del 13 de abril del presente, a continuación, se describe cada una de ellas.

5.1. Sector Piscocoto

Este sector se encuentra en dirección noroeste del centro poblado La Perla, a una distancia de 2,670 m de la Plaza de Armas de La Perla. Abarca un área de 17,395 m². Ubicado en la siguiente coordenada central, 302021E, 874300N, cota 2260 m s.n.m.

En la parte superior se tienen afloramiento de rocas volcánicas (lavas andesíticas), geomorfológicamente se encuentra en la ladera de una montaña volcánico-sedimentaria, en el sector donde se encuentra la zona propuesta para la reubicación muestra pendiente suave.

No se apreció movimientos en masa que puedan afectar.

5.1.1. Recomendaciones

- Forestar las partes aledañas.
- En los alrededores no cultivar plantas que requieren el uso de mucha agua.
- Realizar un estudio de suelos para determinar la capacidad portante del suelo.
- Se debe fomentar el cultivo que necesiten escasa agua.
- Los cultivos que requieran mucha agua, deben ser cambiados.
- Suspender los riegos por inundación, para evitar la saturación del terreno.
- Realizar un drenaje pluvial, para evitar la infiltración de agua al subsuelo.

5.2. Sector Chunchuncocha

Este sector se encuentra en dirección noroeste del centro poblado La Perla, a una distancia de 7,250 m de la Plaza de Armas de La Perla. Abarca un área de 14,677m². Ubicado en la siguiente coordenada central, 301835E, 8744879N, cota 2320 m s.n.m.

Se tienen afloramientos de rocas volcánicas (lavas andesíticas), geomorfológicamente se encuentra en la ladera de una montaña volcánico, en el sector muestra el terreno con pendiente suave.

No se apreció movimientos en masa que puedan afectar.

5.2.1. Recomendaciones

- Forestar las partes aledañas.
- En los alrededores no cultivar plantas que requieren el uso de mucha agua.
- Realizar un estudio de suelos para determinar la capacidad portante del suelo.
- Realizar un drenaje pluvial, para evitar la saturación del terreno.

5.3. Sector Pallac

Este sector se encuentra en dirección noroeste del centro poblado La Perla, a una distancia de 5,320 m de la Plaza de Armas de La Perla. Abarca un área de 8,272m². Ubicado en la siguiente coordenada central, 302664., 8 8744845, cota 2320 m s.n.m.

Se tienen afloramientos de rocas volcánicas (lavas andesíticas), geomorfológicamente se encuentra en la ladera de una montaña volcánico, en el sector donde se encuentra la zona propuesta para la reubicación muestra el terreno con pendiente suave.

No se apreció movimientos en masa que puedan afectar.

5.3.1. Recomendaciones

- Forestar las partes aledañas
- En los alrededores no cultivar plantas que requieren el uso de mucha agua
- Realizar un estudio de suelos para determinar la capacidad portante del suelo.

Realizar un drenaje pluvial, para evitar la saturación del terreno.

6. CONCLUSIONES

- 1) El 13 de abril del presente año, en el centro poblado La Perla, se generó una avalancha de detritos, que presentó una escarpa principal de 80 m, el ancho varía entre 45 a 60 m, la altura de arranque es 18 m, salto de la escarpa, comprendido entre 70 m, con dirección sur, un desnivel entre escarpa y pie de 690m, con un tipo de avance retrogresivo (por las grietas encontradas en la parte posterior del escarpe principal).
- 2) Causo los siguientes daños, afectó: (5) postes de tendido eléctrico, (1) matriz de alta tensión, 5 viviendas, 180 m de vía de acceso a La Perla Alta (60 m), y La Perla, (60 m) canal de regadío; destruyó: (1) institución educativa, (1) local comunal, (24) viviendas, (48 m) canal de regadío, y (100 ha) terrenos de cultivo. Además, se tienen (4) personas desaparecidas, (3) personas fallecidas, (57) personas damnificadas.
- 3) La ocurrencia de peligros geológicos por movimientos en masa en el centro poblado evaluado, esta condicionado por los siguientes factores:
 - Substrato rocoso compuesto de roca volcánica compuesta de andesitas, dacitas y riolitas de color gris, se encuentra moderadamente a altamente meteorizada; poco a medianamente fracturado, con espaciamientos muy próximas entre sí (2 – 0.20 m) y abiertas (1,0-4,0 mm), que llegan a formar esporádicamente bloques con diámetros hasta de 1 m.
 - Presencia de suelos inconsolidados (depósitos coluvio-deluviales, proluviales, aluviales y fluviales).
 - Laderas con pendientes que van desde moderado (5° a 15°) a muy escarpado (> 45°).
 - Presencia de aguas subterráneas, y la acción de la escorrentía y la que aportan en la saturación del terreno.
- 4) El factor desencadenante para la ocurrencia de movimientos en masa en el centro poblado La Perla, corresponde a lluvias intensas y/o excepcionales como las registradas en los meses de marzo – abril 2023 (ejemplo, umbrales de 47.8 mm por día), la actividad antrópica (riego indiscriminado, corte de ladera), así como la actividad sísmica.
- 5) El lugar donde ocurrió la avalancha de detritos y área aledañas, se considera como **Zona Crítica** y de **Peligro Muy Alto a alto. Se recomienda la reubicación de la zona afectada, 29 viviendas**, para ello se dan las siguientes alternativas al sector Piscocoto, Pallac y Chunchucocha, lugares que no muestran problemas de movimientos en masa que le puedan afectar.

7. RECOMENDACIONES

- 1) **Reubicar las 29 viviendas destruidas y afectadas por la avalancha de detritos** del 13 de abril del presente año (considerar las 3 zonas propuestas), en las cuales antes se de ser ocupadas por la población se tienen que realizar ciertas medidas correctivas mencionadas. (Ver Anexo 1, Mapa 5)
- 2) Prohibir la construcción de nuevas viviendas, por donde se desplazó la avalancha de detritos y alrededores (quebrada S/N).
- 3) Drenar el agua acumulada en el cauce de la quebrada S/N, para evitar la generación de un futuro flujo de detritos, trabajo que tiene que ser realizado por especialistas.
- 4) Los canales de riego que pasan por la cabecera del centro poblado deben de ser revestidos, las mismas que deben tener limpieza y mantenimientos anuales mínimamente, para evitar obstrucciones y fugas.
- 5) Se recomienda evitar el riego de cultivos por inundación en las laderas que colindan al centro poblado, con el objetivo de evitar la saturación del suelo, considerar cambiar el tipo de cultivos (asesorarse con especialistas del Ministerio de Agricultura).
- 6) Prohibir el corte de talud en el cuerpo de la avalancha de detritos, para el caso de la vía de acceso a la Pela Antigua, no se debe rehabilitar, considerar un nuevo trazo.
- 7) Restringir el acceso de personas y animales a la zona de la avalancha de detritos, señalar con letreros de prevención.
- 8) Para los pobladores del centro poblado La Perla y alrededores, se deben realizar charlas de sensibilización y concientización sobre peligro geológico al que se encuentran expuestos.
- 9) Implementar un sistema de alerta temprana (SAT), en las temporadas de lluvias intensas y/o excepcionales para informar a la población involucrada, para que puedan realizar una evacuación de zonas que puedan resultar afectadas.
- 10) Realizar la “Evaluación del Riesgo de Desastres Originados por Fenómenos Naturales (EVAR)”, en la zona afectada y aledaña, así como también en las zonas propuestas para la reubicación.

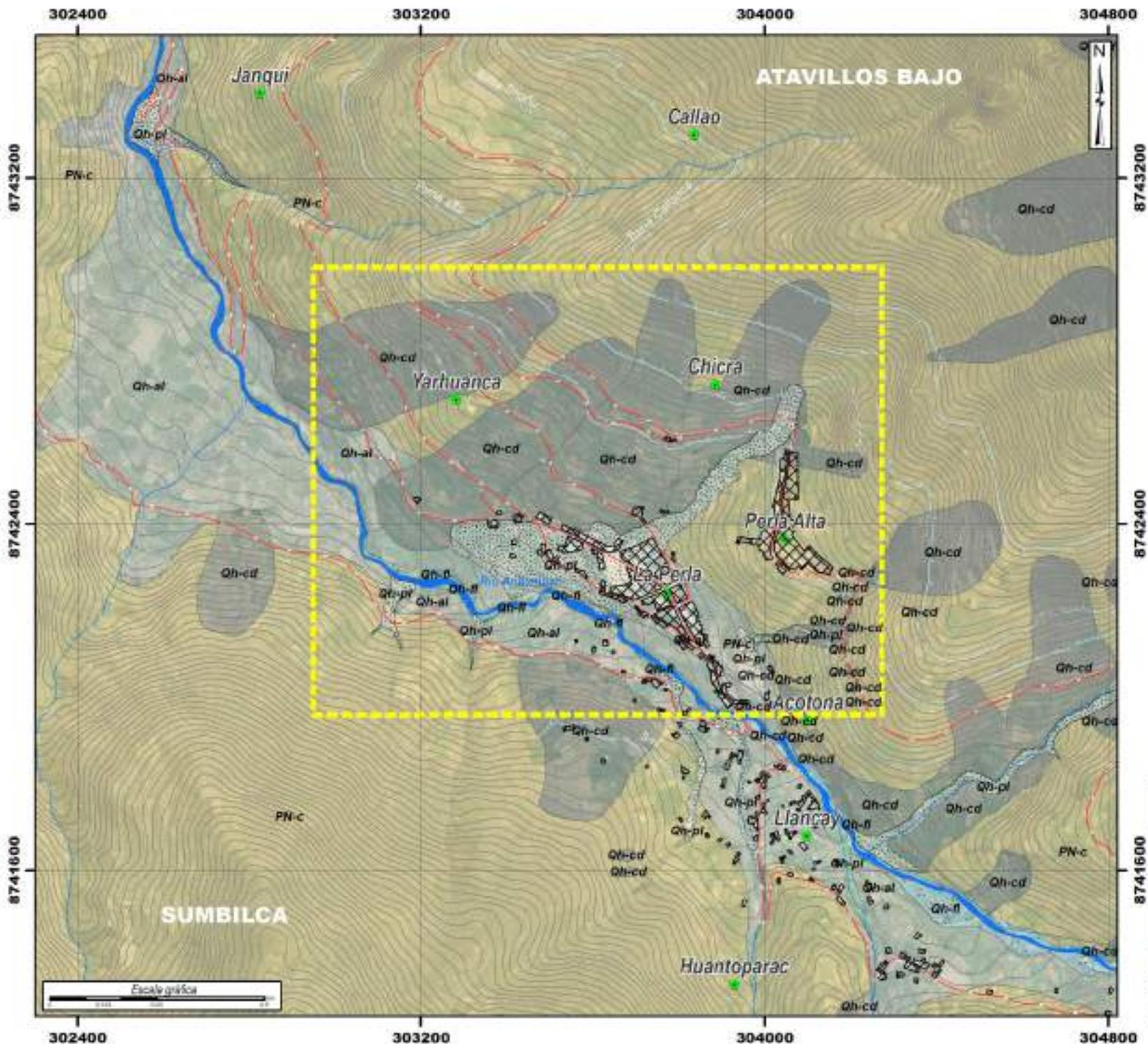

Ing. NORMA LUZ SOSA SENTICALA
Especialista en Peligros
Geológicos
INGEMMET


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, Oyón, Huacho y Canta, Boletín N°26, Servicio Geológico y Minería, 164 p.
- Dávila, S., Celi, C. (1994), Estudio de la cuenca del río Chancay – Huaral, Departamento de Lima, Boletín N°12, Instituto Geológica Minero y Metalúrgico, 122 P.
- 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
- Núñez, S., Sosa, N., (2023) Inspección geológica en el centro poblado La Perla, zonas de reubicación. distrito Atavillos Bajo, provincia Huaral, departamento Lima. Ingemmet, Informe Técnico N°A7377, 19p.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI (2017) – Directorio Nacional de Centros Poblados. Censos Nacionales 2017: XII de Población; VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas. (Consulta: Junio 2021). Disponible en: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1541/index.htm.
- Perú. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2016) - Decreto supremo N° 003-2016-VIVIENDA: Decreto supremo que modifica la norma técnica E.030 “diseño sismoresistente” del reglamento nacional de edificaciones, aprobada por decreto supremo N° 011-2006-VIVIENDA, modificada con decreto supremo N° 002-2014-VIVIENDA. El Peruano, Separata especial, 24 enero 2016, 32 p.
- Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007) Movimientos en Masa en la Región Andina: Una guía para la evaluación de amenazas. Servicio Nacional de Geología y Minería, Publicación Geológica Multinacional, No. 4, 432 p., 1 CD-ROM.
- Servicio Nacional de Meteorológica e Hidrológica, SENAMHI (2020) – Mapa de clasificación climática del Perú (Texto). Lima, Perú. Disponible en: <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2185020/Climas%20del%20Per%C3%BA%3A%20Mapa%20de%20Clasificaci%C3%B3n%20Clim%C3%A1tica.pdf>
- Villota, H. (2005) - Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de tierras. 2. ed. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 210 p.

ANEXO 1: MAPAS



SIMBOLOGÍA

- Centro poblado
- - - Quebrada
- Rio Anasmayo
- Via
- Limite distrital
- Área de estudio
- Catastro urbano
- Curvas de nivel
- Canal de riego

LEYENDA

| Era | Sistema | Unidades litoestratigráficas |
|-----------|-------------|--|
| Cenozoico | Cuaternario | Qh-al Depósito aluvial |
| | | Qh-cd Depósito coluvio-deluvial |
| | | Qh-pl Depósito proluvial |
| | | Qh-fl Depósito fluvial |
| Neogeno | | PN-c Grupo Calpuy |

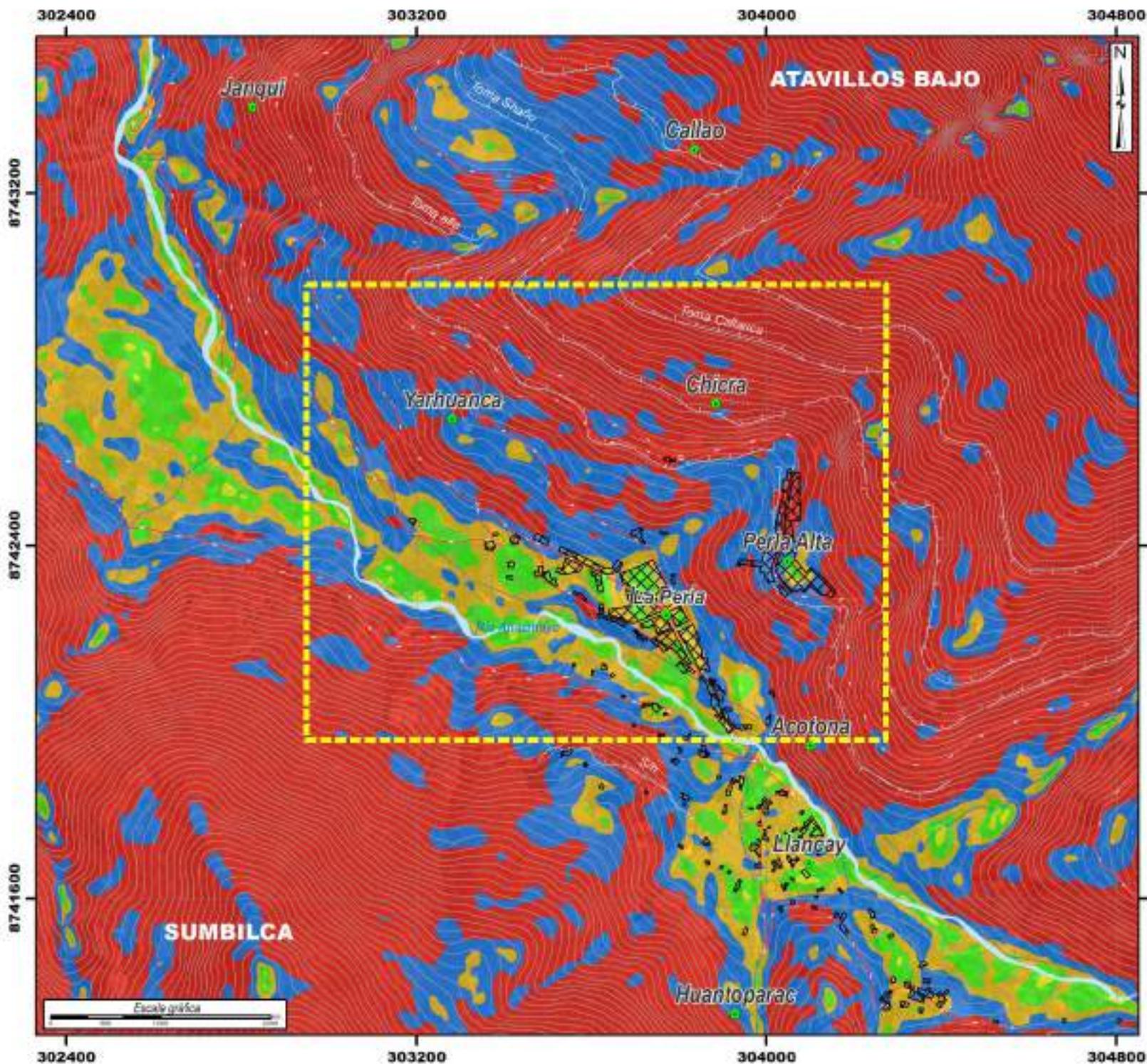
INGEMMET
INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALURGICO

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLOGICO

DEPARTAMENTO: LIMA
PROVINCIA: HUARAL
DISTRITO: ATAVILLOS BAJO

GEOLOGÍA DEL SECTOR LA PERLA Y ALREDEDORES

| | | |
|-----------------------------|-------------------------|--------------------|
| Escala: 1/12,000 | Elaborado por: Sosa, N. | MAPA 01 |
| Proyección: UTM Zona 18 Sur | Datum: WGS 84 | |
| Versión digital 2023 | Impreso: Mayo, 2023 | |



SIMBOLOGÍA

- Centro poblado
- - - C quebrada
- Río Anasmayo
- Via
- - - Límite distrital
- Área de estudio
- Catastro urbano
- Curvas de nivel
- Canal de riego

RANGOS DE PENDIENTE

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

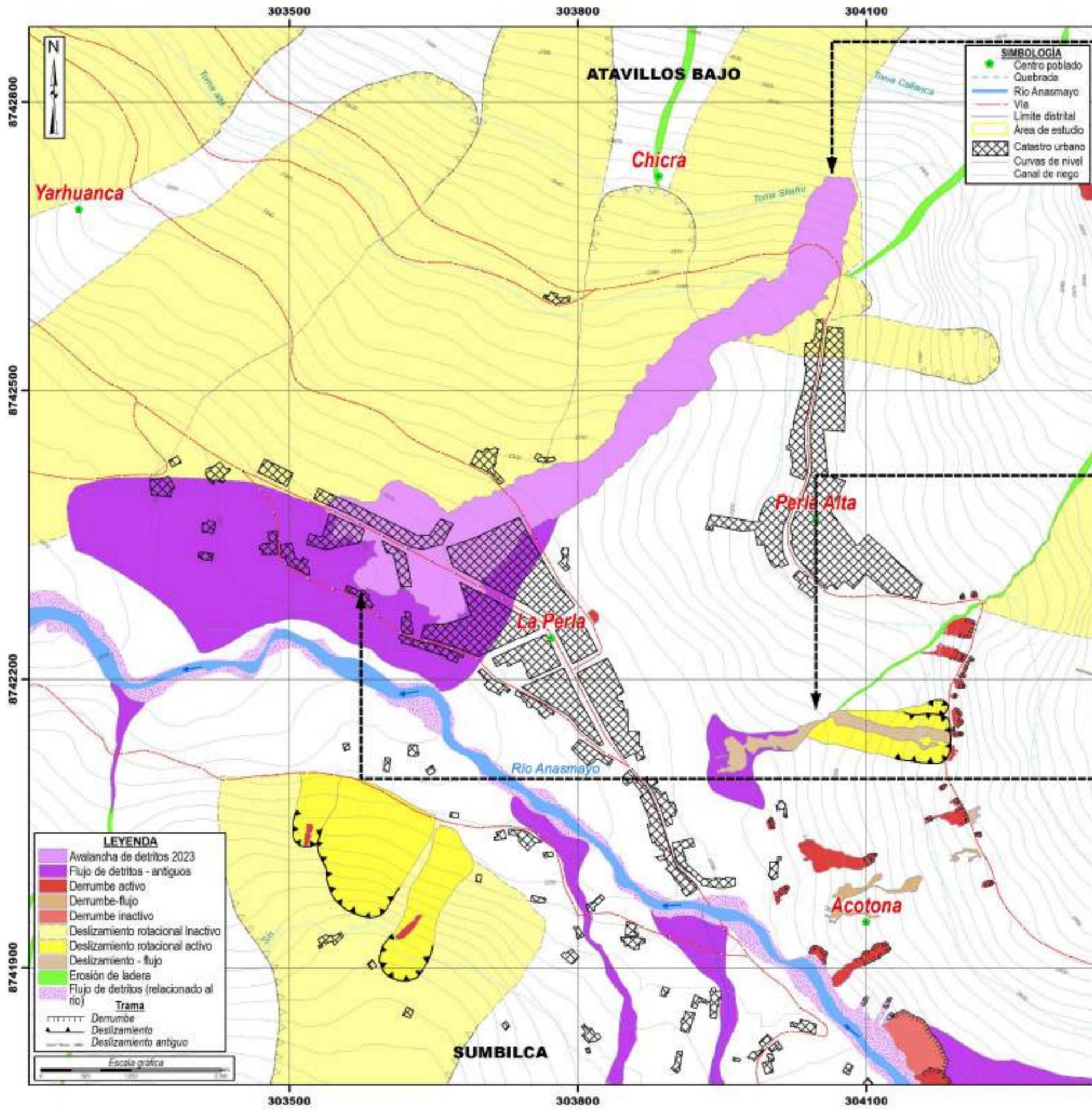
INGEMMET
INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALURGICO

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLOGICO

DEPARTAMENTO: LIMA
PROVINCIA: HUARAL
DISTRITO: ATAVILLOS BAJO

**PENDIENTES DEL SECTOR
LA PERLA Y ALREDEDORES**

| | | |
|-----------------------------|-------------------------|--------------------|
| Escala: 1/12,000 | Elaborado por: Sosa, N. | MAPA 02 |
| Proyección: UTM Zona 18 Sur | Datum: WGS 84 | |
| Versión digital 2023 | Impreso: Mayo, 2023 | |



SIMBOLOGIA

- Centro poblado
- Quebrada
- Río Anasmayo
- Via
- Limite distrital
- Área de estudio
- ▣ Catastro urbano
- Curvas de nivel
- Canal de riego

LEYENDA

- Avalancha de detritos 2023
- Flujo de detritos - antiguos
- Derrumbe activo
- Derrumbe-flujo
- Derrumbe inactivo
- Deslizamiento rotacional inactivo
- Deslizamiento rotacional activo
- Deslizamiento - flujo
- Erosión de ladera
- Flujo de detritos (relacionado al río)

Trama

- ▣ Derrumbe
- ▣ Deslizamiento
- ▣ Deslizamiento antiguo

Escala gráfica



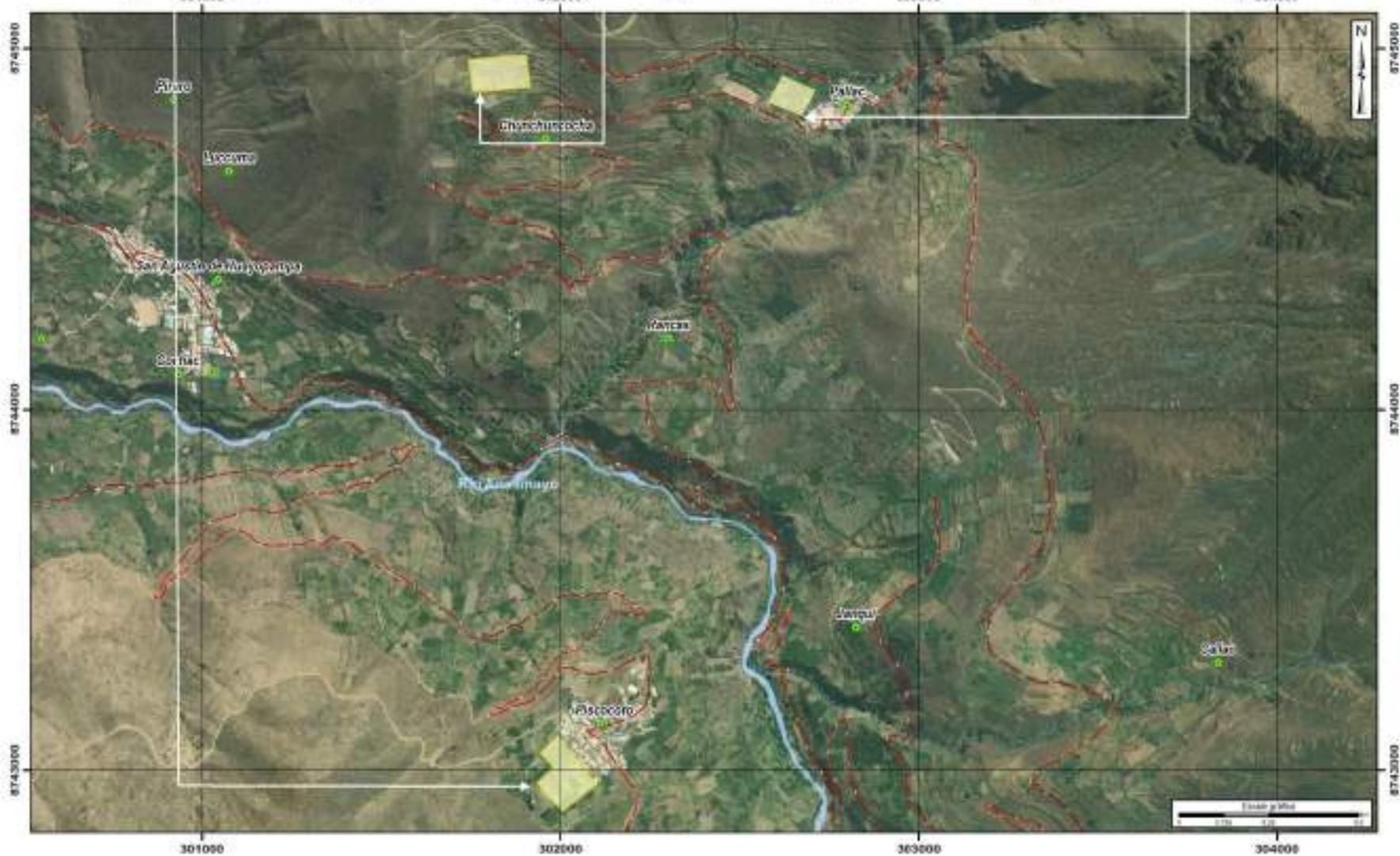
INGEMMET
 INSTITUTO NACIONAL DE GEOTECNIA Y METEOROLOGÍA

DIRECCIÓN DE GEOLÓGIA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

DEPARTAMENTO: LIMA
 PROVINCIA: HUARAL
 DISTRITO: ATAVILLOS BAJO

CARTOGRAFIA DE MOVIMIENTOS EN MASA DEL SECTOR LA PERLA Y ALREDEDORES

| | | |
|-----------------------------|-------------------------|----------------|
| Escala: 1:14,000 | Elaborado por: Scea, N. | MAPA 04 |
| Proyección: UTM Zona 18 Sur | Datum: WGS 84 | |
| Versión digital 2023 | Impreso: Mayo, 2023 | |



ÁREAS PROPUESTAS PARA LA REUBICACIÓN

- 1 Piscocoto
- 2 Chunchuncocha
- 3 Pallac

SIMBOLOGÍA

| | |
|--|--------------------------------|
| | Via |
| | Carretera |
| | Rio Anzasmayo |
| | Centro poblado |
| | Zonas propuestas para reubicar |

INGEMMET
 INSTITUTO NACIONAL DE GEOLOGÍA Y MINERÍA

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO
 DEPARTAMENTO: LIMA
 PROVINCIA: HUARAL
 DISTRITO: ADRIELLOS BAJO

ÁREAS PROPUESTAS PARA LA REUBICACIÓN

| | | |
|-----------------------------|------------------------|--------------------------|
| Escala: 1:11.000 | Elaborado por: Sosa M. | MAPA 05 |
| Proyección: UTM Zona 18 Sur | Datums: WGS 84 | |
| Versión digital 2003 | Impreso: Mayo 2005 | |