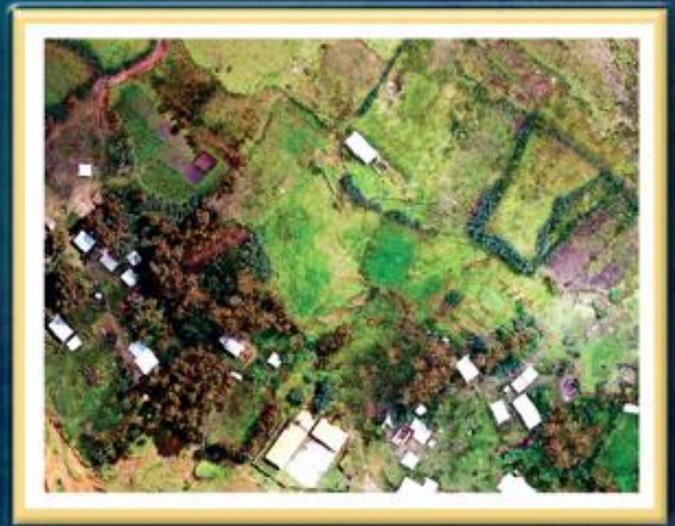


DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7387

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL CASERÍO DE CASHAPATAC

Departamento Áncash
Provincia Huari
Distrito San Pedro De Chaná



MAYO
2023

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL CASERÍO DE CASHAPATAC

Distrito San Pedro de Chaná, provincia Huari, departamento Áncash.

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

Equipo de investigación:

Segundo Núñez Juárez
Edwin Frank Villacorta Solano

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2023). Evaluación de peligros geológicos en el caserío de Cashapatac. Distrito San Pedro de Chaná, provincia Huari; departamento Áncash. Lima: Ingemmet, Informe Técnico A7387, 46 p.

ÍNDICE

RESUMEN	4
I. INTRODUCCIÓN	5
1.1. OBJETIVOS DEL ESTUDIO.....	5
1.2. ANTECEDENTES Y TRABAJOS ANTERIORES.....	5
1.3. ASPECTOS GENERALES.....	6
1.3.1. UBICACIÓN.....	6
1.3.2. POBLACION.....	9
1.3.3. ACCESIBILIDAD.....	9
1.3.4. CLIMA.....	9
1.3.5. ZONIFICACIÓN SISMICA.....	10
II. DEFINICION DE TERMINOS BÁSICOS	12
III. ASPECTOS GEOLÓGICOS	13
3.1. UNIDADES LITOESTRATIGRAFICAS.....	14
3.1.1. Formación Jumasha.....	14
IV. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	20
4.1. PENDIENTE DEL TERRENO.....	20
4.2. UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS.....	22
4.2.1. Montaña sedimentaria estructural.....	22
4.2.2. Vertiente coluvio-deluvial.....	22
4.2.3. Piedemonte.....	22
V. PELIGROS GEOLÓGICOS	24
5.1. Deslizamientos.....	24
5.1.1. Reactivación Del Deslizamiento.....	25
5.1.2. Causas del deslizamiento.....	30
5.1.3. Análisis multitemporal del sector.....	31
5.2. Procesos de Reptación.....	32
5.3. Karst.....	34
VI. SITUACION ACTUAL DEL CASERÍO DE CASHAPATAC	37
VII. ZONA DE REUBICACIÓN	39
7.1.1. Zona De Albergue Temporal.....	39
7.1.2. Zona de Reasentamiento.....	40
7.1.3. Medidas correctivas para la zona de albergue temporal y reasentamiento.....	42
VIII. CONCLUSIONES	43
X. RECOMENDACIONES	44
BIBLIOGRAFÍA	45

RESUMEN

El presente informe, es el resultado de la evaluación de peligros geológicos en la Caserío de Cashapatac, distrito San Pedro de Chaná, provincia Huari, departamento Áncash. Con este trabajo el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – Ingemmet, cumple con una de sus funciones que consiste en brindar asistencia técnica en peligros geológicos en los tres niveles de gobierno.

En el sector evaluado afloran calizas las cuales se encuentran moderadamente meteorizadas y medianamente fracturadas (Formación Jumasha). Así como también depósitos coluvio-deluviales, producto de un deslizamiento antiguo, compuesto por bloques (10%), gravas (30%) en matriz arcillo-limosa (60%), se encuentra húmedo. Cercano a la zona de reasentamiento se apreció un depósito proveniente de caídas de rocas, como producto de la construcción de la vía de acceso al caserío Cashapatac, presentando bloques con diámetros hasta de 0.80 m. También se observa depósitos proluviales originados por huaicos provenientes de la quebrada S/N, que colinda con el caserío de Cashapatac.

Desde el punto de vista geomorfológico, en el sector evaluado se encuentra sobre una montaña estructural sedimentaria, que muestra terrenos con pendientes promedio entre 30° a 25°; sobre ella se tiene un piedemonte coluvio-deluvial que muestra formas de lomeríos (depósito del deslizamiento antiguo), con pendiente menor de 20°. Además, se observa una terraza aluvial con pendiente menor a 5°.

El caserío de Cashapatac, se encuentra asentado sobre el cuerpo de un deslizamiento antiguo en proceso de reactivación, que está afectado al C.E.I. N°472 y viviendas. Los deslizamientos recientes (reactivaciones), comenzaron el 2012, en la parte superior al C.E.I. y otro sobre el proyecto de construcción de la loza deportiva. La causa principal de la inestabilidad es el corte de talud del terreno, teniendo como factor desencadenante las precipitaciones pluviales prolongadas y excepcionales. También se identificaron procesos de reptaciones en forma insipiente que afectan, por ahora, pastizales. Cercano a la zona de albergue temporal se identificó un proceso kárstico, que se manifiesta con una oquedad de tiene un diámetro hasta de 1 m.

En el cuerpo del deslizamiento se observan agrietamientos, los cuales permite la filtración del agua hacia el terreno, saturándolo y creando inestabilidad.

Por las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas, se considera de **peligro Muy Alto y Zona Crítica**.

Se propone como albergue temporal al sector de Pichas (estadio) que tiene un área de 0.5 ha., se encuentra sobre una planicie, con pendiente menor de 5°. Es parte de la montaña estructural sedimentaria. En las zonas aledañas se aprecian reptaciones de suelos en forma insipiente, que pueden ser tratadas con sistema de drenaje

El sector de Muñozpampa, (área de 3), como apta para el reasentamiento del caserío de Cashapatac, se encuentra sobre una planicie aluvial, con pendiente menor de 5°, en el momento de la inspección no se apreció movimiento en masa que le pueda afectar. Es importante realizar el EVAR correspondiente.

I. INTRODUCCIÓN

El Ingemmet es un ente técnico-científico cuyo objetivo es generar, gestionar y difundir información geológica relacionada entre otras disciplinas con los riesgos geológicos a través de los proyectos que realiza la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR). En su función de evaluar los peligros geológicos a nivel nacional, la DGAR contribuye con entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno mediante la identificación, caracterización, dimensionamiento y diagnóstico del peligro geológico de movimiento de masas en zonas que tengan elementos vulnerables.

Respondiendo al Oficio N° 014-2023-MDSPCH/ALC, la DGAR designó al Ing. Segundo Núñez Juárez y al Geólogo Frank Villacorta Solano, quienes realizaron la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa en el caserío de Cashapatac. Los trabajos de campo se realizaron los días 29 y 30 de marzo de 2023, contando con la presencia de pobladores del sector y de la Municipalidad distrital de San Pedro de Chana.

La evaluación técnica constó de tres etapas: i) Una primera etapa de pre-campo, donde se recopiló y analizó la información anterior realizada por el INGEMMET; ii) Una segunda etapa (campo) mediante la identificación y recopilación de datos con puntos de control GPS, fotografías terrestres y aéreas, mediciones de buzamiento y dirección de estratos, levantamiento fotogramétrico con dron y cartografía geológica y geodinámica convencional; iii) Una tercera etapa, donde se analizó la información recopilada en las etapas anteriores, se elaboraron mapas temáticos y se redactó el informe técnico.

Este informe se pone a disposición de la Municipalidad Distrital San Pedro de Chana, Municipalidad Provincial de Huari y entidades encargadas de la gestión del riesgo de desastres. El documento contiene resultados de la inspección y recomendaciones para la mitigación y reducción del riesgo de desastres, a fin de que sirva como un instrumento técnico para la toma de decisiones.

1.1. OBJETIVOS DEL ESTUDIO

- Evaluar y caracterizar los peligros geológicos por movimientos en masa en el caserío de Cashapatac.
- Determinar los factores condicionantes y desencadenantes de la ocurrencia de peligros geológicos
- Proponer medidas de prevención, reducción y mitigación ante peligros geológicos evaluados en la etapa de campo.

1.2. ANTECEDENTES Y TRABAJOS ANTERIORES

Para contextualizar el trabajo de evaluación de peligros geológicos en el caserío de Cashapatac, es importante mencionar que existen estudios previos y publicaciones del INGEMMET relacionados con temas de geología y geodinámica externa en la región Áncash. Entre estos, destaca:

- a) Boletín N° 38, Serie C, Geodinámica e Ingeniería Geológica, titulado "Riesgos geológicos en la región Áncash" (Zavala, 2009), el cual incluye un mapa regional de susceptibilidad por movimientos en masa a escala

1:250,000. Dicho mapa muestra que el caserío de Cashapatac se encuentra en zona de susceptibilidad media a alta (ver figura 1), lo que indica la propensión de dicha zona a ser afectada por procesos geológicos como los movimientos en masa.

- b) El Boletín N° 76 de la Serie A, Carta Geológica Nacional, titulado "Geología de los cuadrángulos de Huaraz, Recuay, La Unión, Chiquián, y Yanahuanca" a escala 1:100,000 (Cobbing et al., 1996); proporciona una descripción detallada de las unidades litoestratigráficas aflorantes en la zona, las cuales corresponden a rocas sedimentarias carbonatadas con presencia de fósiles.
- c) El Plan de Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres de la provincia de Huari para el período 2019-2022, presentado por la Municipalidad Provincial de Huari con el asesoramiento del CENEPRED e INDECI, donde se ha identificado los sectores críticos en función de la frecuencia y magnitud de los riesgos en una misma zona. A través de la elaboración de mapas de peligros y elementos expuestos, se han establecido escenarios de riesgo que han permitido la definición de acciones y proyectos tanto para la gestión correctiva como preventiva. Este plan constituye una herramienta fundamental para reducir la vulnerabilidad de la población ante posibles desastres.
- d) En el Informe técnico. Primer reporte "Zonas críticas por peligro geológico y geohidrológico en la región Áncash", realizado por Zavala, B. et al 2007, identificó 2020 ocurrencias, con el trabajo geológico de campo (cartografía a escala 1:100,000 y 1: 50,000), interpretación de fotografías aéreas imágenes satelitales de alta resolución disponibles en el Google Earth.

1.3. ASPECTOS GENERALES

1.3.1. UBICACIÓN

El caserío de Cashapatac se encuentra políticamente en el distrito de San Pedro de Chaná, provincia de Huari, departamento de Áncash (ver figura1). Está ubicado en la margen derecha de la quebrada Pichiu. En el área de estudio y las posibles áreas de reubicación, se llevó a cabo un levantamiento fotogramétrico utilizando vértices georreferenciados en UTM (WGS84-Zona 18S). (Tabla 1, 2 y 3)

Tabla 1. Coordenadas de los vértices del levantamiento fotogramétrico del caserío de Cashapatac

N°	Este	Norte
1	277455	8952985
2	278037	8953220
3	278595	8952828
4	278701	8952674
5	278453	8952193
6	277902	8951963
7	277754	8952107
Coordenadas del caserío evaluado		
	278400	8952706

Tabla 2. Coordenadas de los vértices del levantamiento fotogramétrico del área del albergue Temporal

Albergue temporal		
N°	Este	Norte
1	278901	8952029
2	278976	8951961
3	278971	8951954
4	278979	8951934
5	278932	8951938
6	278873	8951994
Centroide	278926	8951976
Área	0.49 ha	
Perímetro	308 m	

Tabla 3. Coordenadas de los vértices del levantamiento fotogramétrico del área de reubicación

Zona de Reubicación		
N°	Este	Norte
1	278346	8952094
2	278082	8952054
3	278057	8952160
4	278109	8952182
5	278200	8952196
6	278287	8952197
Centroide	278191	8952128
Área	3 ha	
Perímetro	731 m	

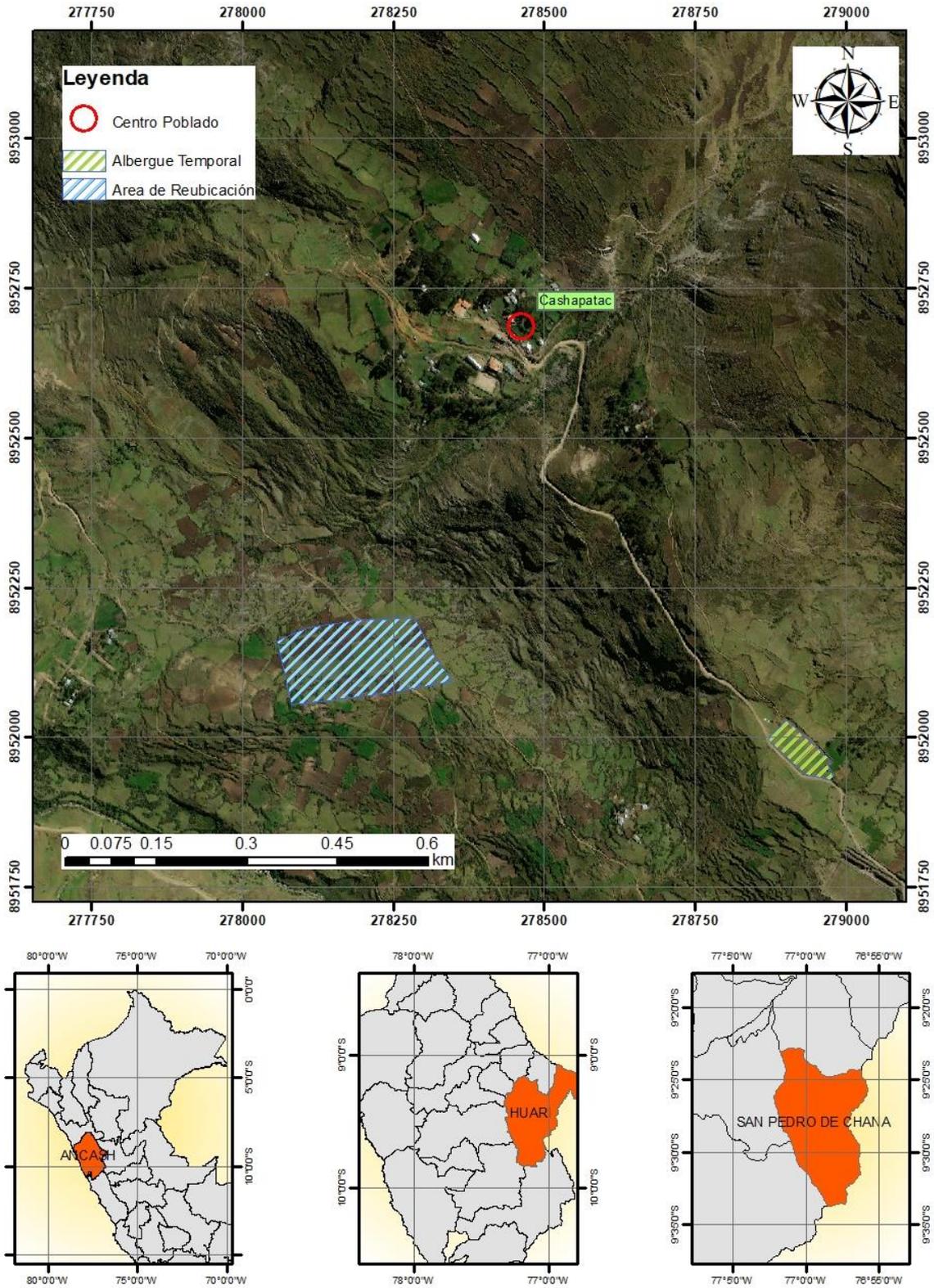


Figura 1 Ubicación política del caserío de Cashapatac, albergue temporal y área de reubicación

1.3.2. POBLACION

Según el Censo Nacional 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas, el caserío de Cashapatac presenta una población de 68 habitantes distribuidos en 30 viviendas particulares; cuentan con red pública y energía eléctrica, pero no con red de desagüe.

1.3.3. ACCESIBILIDAD

El acceso se realizó por vía terrestre desde la ciudad de Lima mediante la ruta descrita en el cuadro 1.

Cuadro 1. Ruta de acceso al caserío

Ruta	Tipo de vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Lima-Chavín de Huántar	asfaltada	442	8h 30min
Chavín de Huántar - Cashapatac	afirmada	24	1h 50 min

1.3.4. CLIMA

De acuerdo con la clasificación climática de Thornthwaite (SENAMHI, 2020), el caserío de Cashapatac se encuentra en una zona de clima semiseco y semifrío, con una escasez de lluvias durante los meses de mayo a octubre, y una humedad relativa considerada como húmeda.

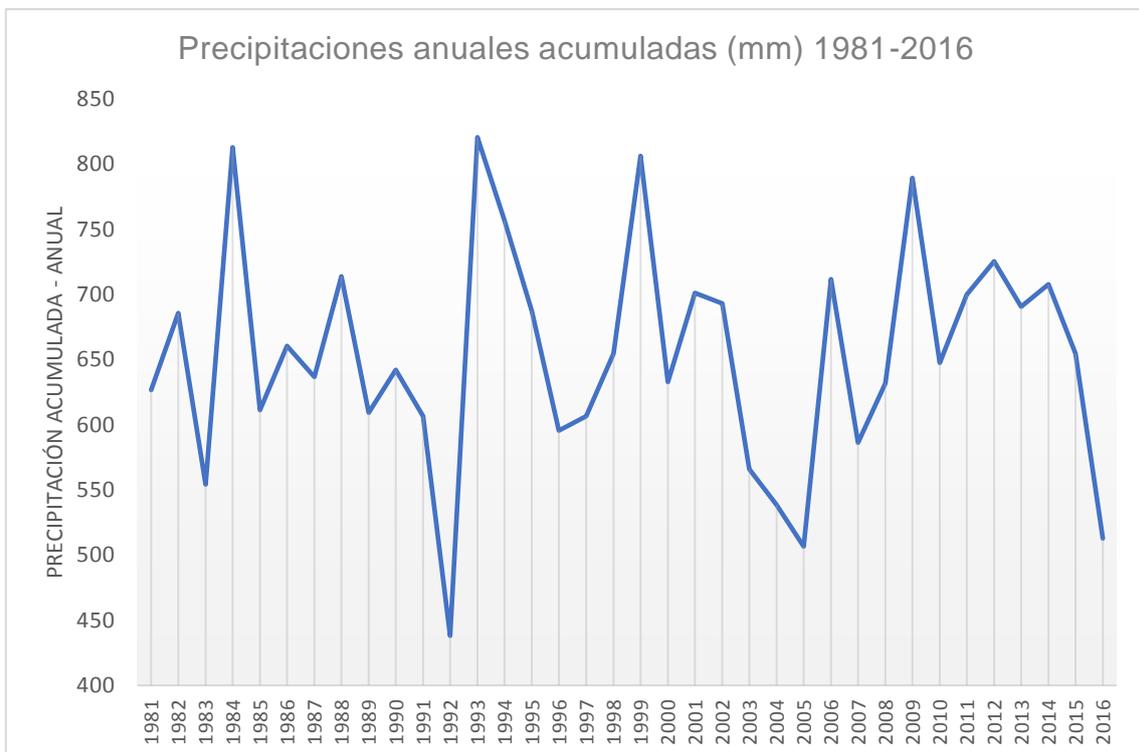


Figura 2 Precipitaciones mensuales acumuladas en mm, desde 1981 hasta el 2016, Fuente, obtenida de la Data Pisco (que combina información de estaciones meteorológicas e información satelital), disponible en <https://iridl.ideo.columbia.edu/SOURCES/.SENAMHI/.HSR/.PISCO.stable>

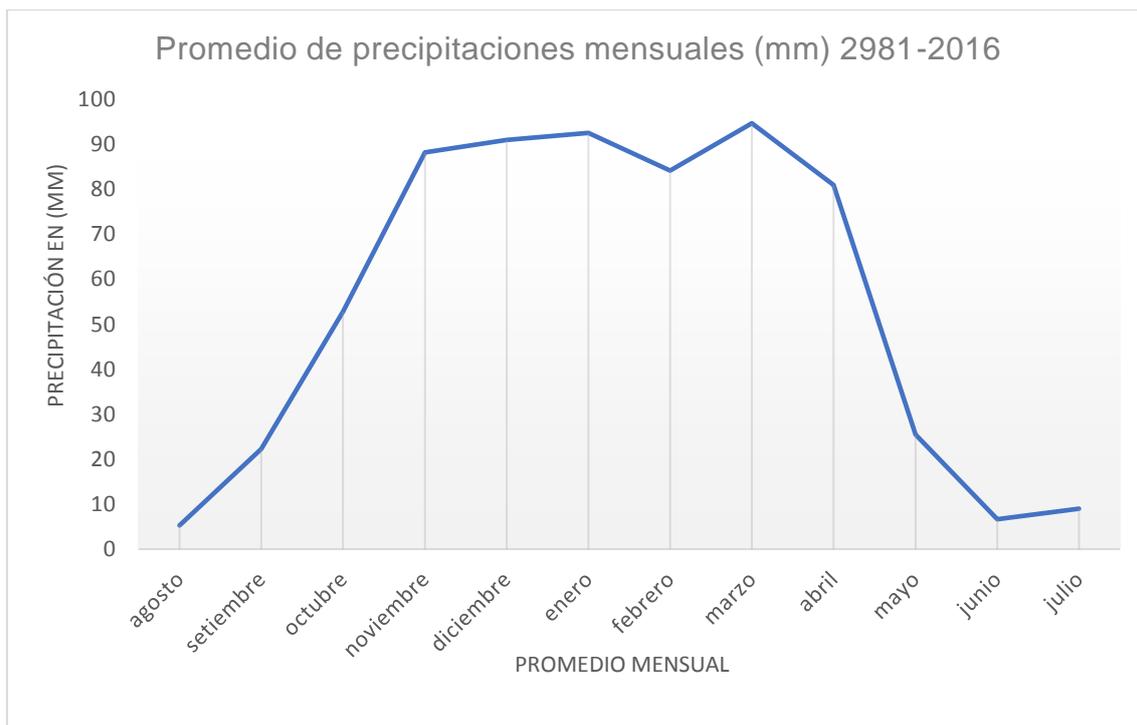


Figura 3 Promedio de precipitaciones mensuales en mm, desde 1981 hasta el 2016, Fuente, obtenida de la Data Pisco (que combina información de estaciones meteorológicas e información satelital), disponible en <https://iridl.ldeo.columbia.edu/SOURCES/SENAMHI/HSR/>.

1.3.5. ZONIFICACIÓN SISMICA

Tomando como referencia la zonificación sísmica del Perú (Fuente; Figura 4), el área de estudio se encuentra en la Zona 3 (Sismicidad Alta), que se extiende desde la costa hasta el margen occidental de la Cordillera de los Andes. En esta zona, se ha determinado aceleraciones de hasta 0.35 g.

La zonificación sísmica está basada en tres aspectos: i) la distribución espacial de la sismicidad observada; ii) las características de los movimientos sísmicos y su atenuación con la distancia epicentral; iii) información neotectónica. Se asigna un factor Z a cada zona. Este factor se interpreta como la aceleración máxima horizontal en suelo rígido con una probabilidad del 10% de ser excedida en un período de 50 años. El factor Z se expresa como una fracción de la aceleración de la gravedad (DS No. 003-2016-VIVIENDA).

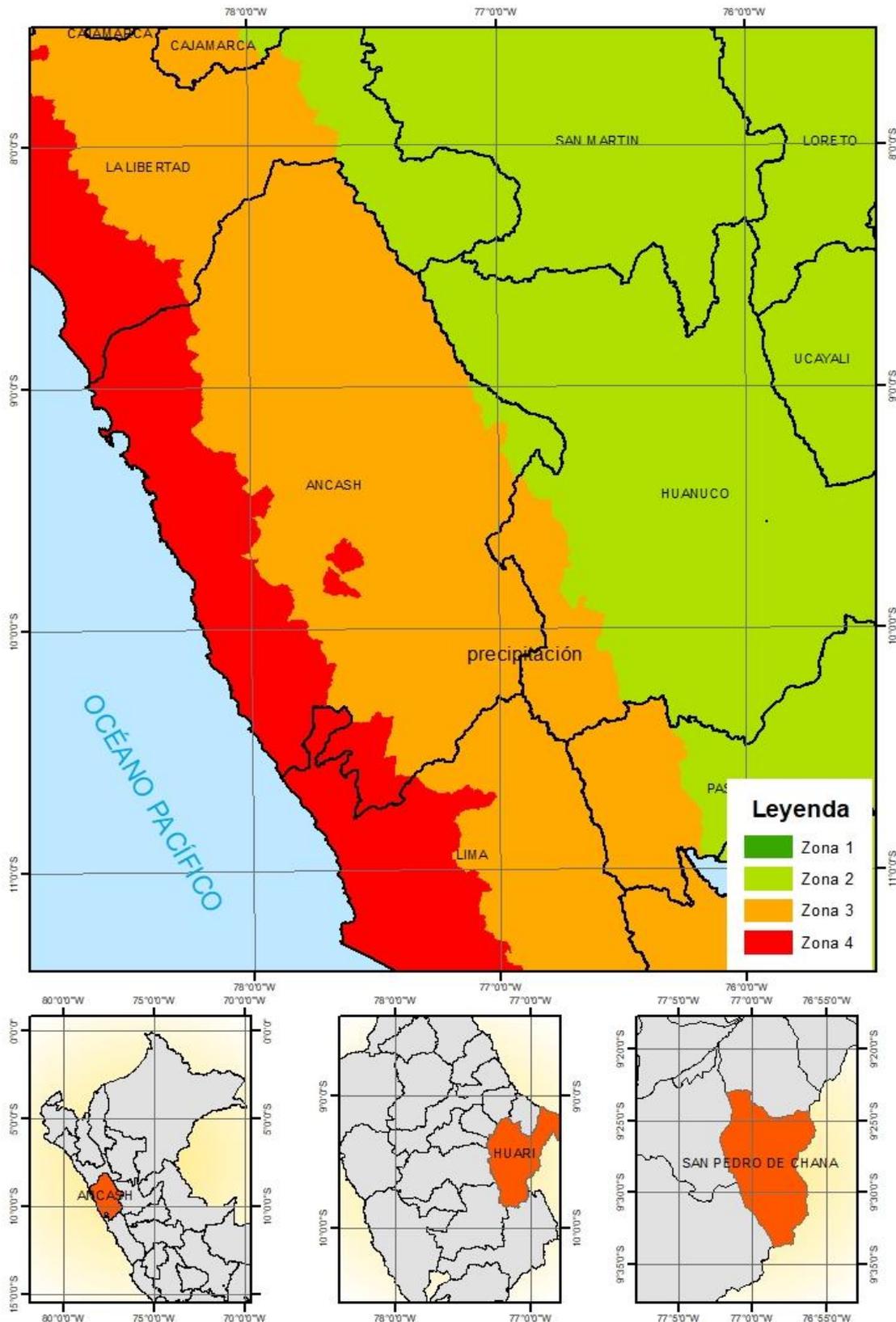


Figura 4 Zonificación sísmica del Perú. Fuente: Norma sismorresistente NTE 030 del MVCS (2016)

II. DEFINICION DE TERMINOS BÁSICOS

El presente informe técnico tiene como objetivo ser comprensible para entidades gubernamentales de los tres niveles de gobierno y para el personal no especializado, sin necesidad de ser geólogos. En este informe se presentan diversas terminologías y definiciones relacionadas con la identificación, clasificación y descripción de los peligros geológicos.

Para lograr una mayor comprensión, nos basamos en el libro "*Movimientos en masa en la región andina: una guía para la evaluación de amenazas del Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007)*" y presentamos algunas definiciones importantes en términos sencillos.

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: i) el estado: describe la regularidad o irregularidad temporal del desplazamiento; ii) la distribución: describe las partes o sectores de la masa que se encuentran en movimiento y iii) el estilo: 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.

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 en masa, ladera abajo, 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. 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 (pasada o neotectónica). 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.

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.

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 o relleno.

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.

III. ASPECTOS GEOLÓGICOS

Las unidades geológicas y sus características del área de estudio se describen teniendo como base el mapa geológico del cuadrángulo de Huari (19i) a escala 1:100 000, información obtenida del boletín N°76 “Geología de los cuadrángulos de Huaraz, Recuay, La Unión, Chiquián y Yanahuanca” (Cobbing et al., 1996), publicados por INGEMMET.

Además, se complementó con información de las imágenes satelitales, fotogrametría y observaciones de campo.

3.1. UNIDADES LITOESTRATIGRAFICAS

Las unidades litoestratigráficas que afloran en las cercanías del caserío evaluado corresponden la Formación Jumasha de edad cretácica, así como depósitos cuaternarios coluviales, y aluviales, coluvio-aluviales.

3.1.1. Formación Jumasha

Sobreyace concordantemente a la Formación Pariatambo e infrayace concordantemente a la Formación Celendín. Presenta una estratificación maciza compuesta por estratos de calizas grises de 1 a 2 m con presencia de fósiles, y erosión típica de lenares (fotografías 1 y 2). Presentan una matriz micrítica, clasificándolas como rocas carbonatadas wackstone y packstone.

Esta unidad localmente presenta procesos de erosión en Karst (ver fotografía 3), evidenciándose un sector con un orificio con una longitud máxima de 1 metro que se reduce a 30 cm, ubicado al noroeste del albergue temporal.



Fotografía 1 Afloramiento Formación Jumasha, compuesto por rocas calcáreas, al oeste del caserío de Cashapatac.



Fotografía 2 Afloramiento de calizas fosilíferas, rumbo de la estratificación a favor de la pendiente (Rumbo: N124°, : Buzamiento 32°SO, coordenadas: 278402E, 8952929N).



Fotografía 3 Oquedad generada por procesos Kársticos. En las cercanías del albergue temporal (278835E, 8952216N)

Depósitos Cuaternarios

a) Depósito coluvial

Los depósitos coluviales son una acumulación de fragmentos de roca que se forma en las laderas de las montañas debido a la acción gravitacional y acción erosiva del agua.

Consisten en material suelto, como fragmentos de roca y suelo, que se desprenden de las pendientes empinadas y se acumulan en las áreas más planas en la base de la ladera. El depósito coluvial está compuesto por bloques y gravas de rocas carbonatadas del flanco de la montaña con pendientes elevadas.

Estos depósitos se encuentran hacia el sureste del caserío, sobre el cual se tiene pastizales. Los bloques son de formas angulosas a subangulosas, dispersos, con tamaños menores de 80 cm., predominando los tamaños comprendidos entre 20 a 30 cm. la mayor parte proviene de la construcción de la vía hacia Cashapatac.



Fotografía 4 Bloques provenientes de una antigua caída de rocas, como también de la construcción de la vía de acceso hacia Cashapatac (278256E, 8952154N).

b) Depósito proluvial

La quebrada S/N, discurre en dirección suroeste, se evidencia un evento antiguo, que se encuentra al suroeste del caserío.

El depósito está conformado por gravas y bloques en matriz arcillosa. Se encuentra cubriendo terrazas aluviales.

c) Depósito coluvio-deluvial

Este depósito se encuentra ubicado al suroeste del caserío y es el resultado de un deslizamiento antiguo. Está constituido por gravas, cantos y bloques no consolidados, heterométricos, de formas angulosos y subangulosos, (de origen sedimentario) en matriz areno limosa, expuesto en una ladera con pendiente entre 10° a 25°. Figuras 5, 6 y 7.



Figura 5. Se aprecia el depósito coluvio-deluvial, formado por la acción de la generación del deslizamiento.



Figura 6. Muestra el depósito coluvio-deluvial, con pendiente menor de 25°.

En la figura 8, se muestra el perfil del terreno, que muestra los afloramientos de roca y los depósitos recientes.

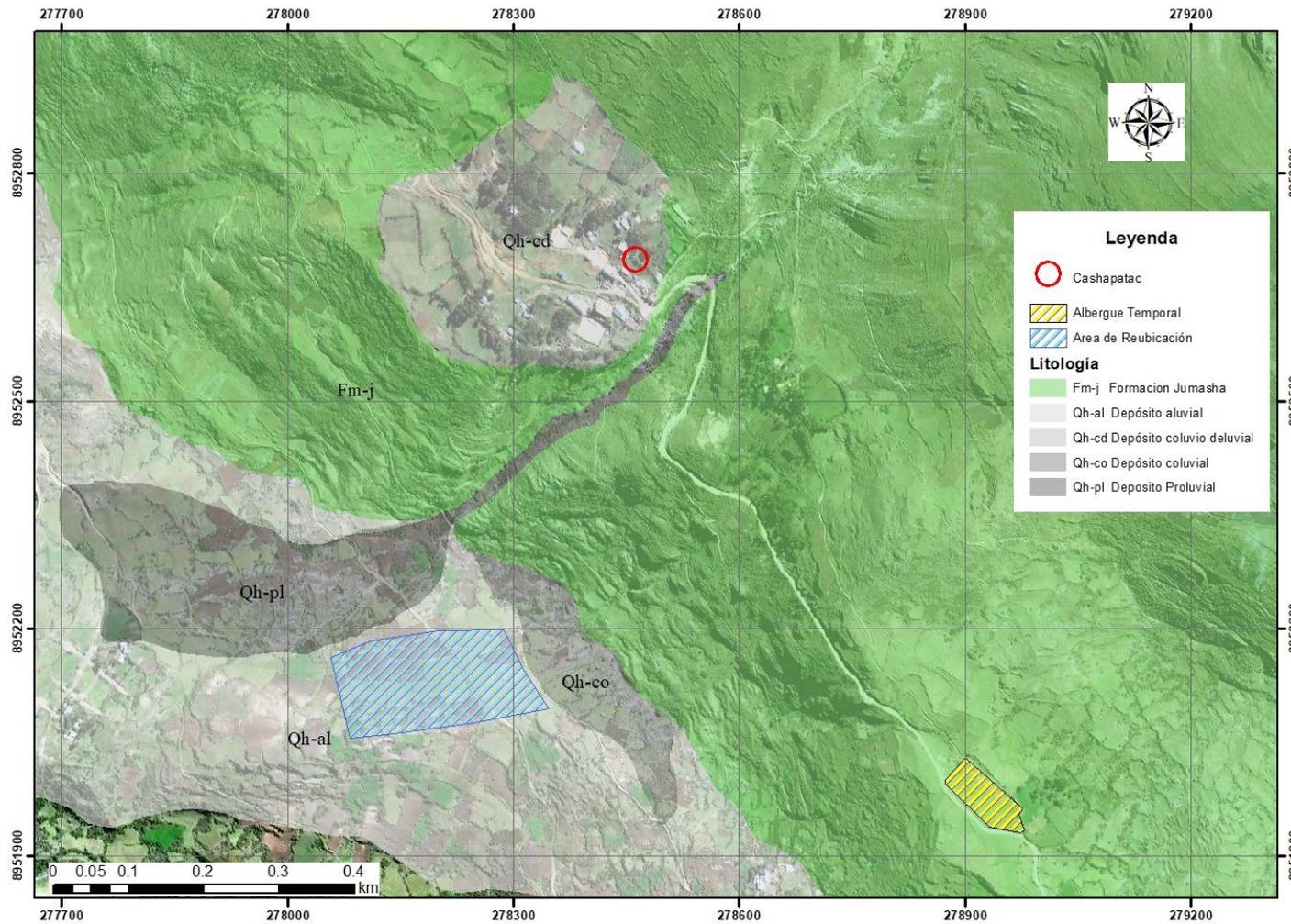


Figura 7. Mapa geológico generado con la interpretación de los datos de campo y la ortofoto obtenida del levantamiento gravimétrico.

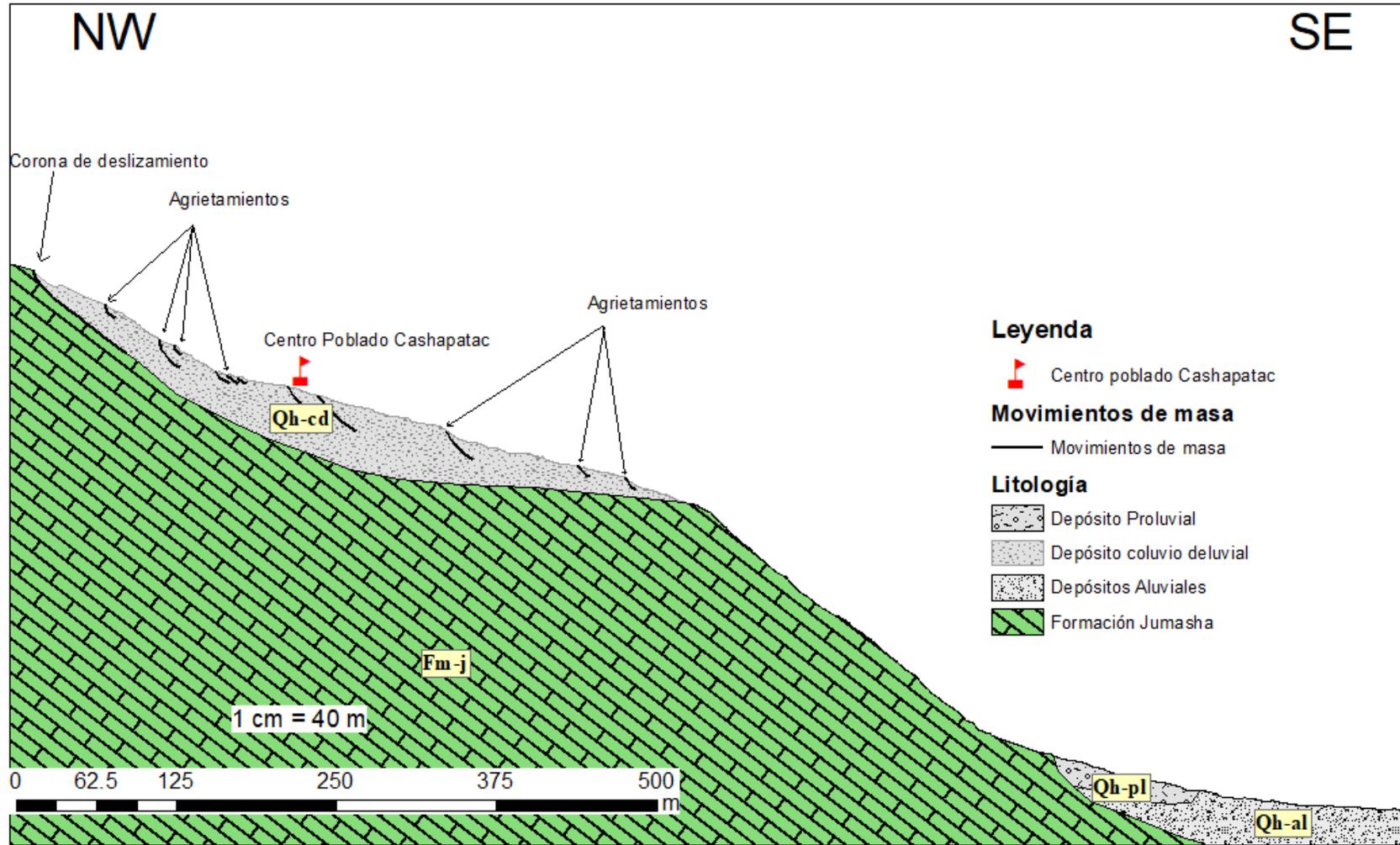


Figura 8. Perfil geológico que atraviesa perpendicularmente al caserío y las zonas del deslizamiento.

IV. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

4.1. PENDIENTE DEL TERRENO

El análisis de la pendiente del terreno es un parámetro importante en la evaluación de procesos de movimientos en masa, ya que actúa como un factor determinante y dinámico en la generación de dichos movimientos. El mapa de pendientes se elaboró a partir de un modelo de elevación digital obtenido con levantamiento fotogramétrico (Figura 9).

El caserío de Cashapatac se encuentra en una ladera de una montaña con una vertiente coluvio-deluvial, con rangos de pendientes que van desde moderadas (5° a 15°) hasta muy escarpadas (> 45°) (Cuadro 2) . Se observa una pendiente baja a moderada en las áreas donde se han construido las viviendas, y pendientes muy escarpadas cerca de la quebrada y al suroeste del caserío.

Los rangos de pendientes son el resultado de la erosión y desgaste de la superficie terrestre, así como de paleo deslizamientos y las formaciones geológicas, cuyas características principales se describen en el cuadro.

A nivel general, la pendiente del terreno en el área del deslizamiento varía de 15° a > 25°, los cuales se categorizan desde pendiente moderada hasta muy escarpado, cabe mencionar que el caserío se asienta dentro de estos rangos.

Cuadro 2. Clasificación de pendientes según el ángulo de inclinación

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.
1°a 5°	Inclinación suave	Terrenos planos a ligeramente ondulados que se distribuyen a lo largo de planicies, que presentan este tipo de pendientes, así como zonas aledañas a bofedales.
5°a 15°	Moderado	Terrenos con moderada pendiente, se ubican principalmente al pie de las laderas de montañas sedimentarias, tenemos parte del depósito coluvio-deluvial.
15°a 25°	Fuerte	Ocupan áreas muy grandes, presentan pendientes que se distribuyen indistintamente en las laderas de las montañas; a su vez, estas inclinaciones condicionan piedemontes, donde se registran procesos de deslizamientos. En este rango se encuentra comprendido parte del caserío de Cashapatac.
25°a 45°	Muy Fuerte	En este rango de pendiente, se tiene la montaña estructural sedimentaria.
>45°	Muy escarpado	Ocupa áreas muy reducidas, distribuidas a lo largo de laderas y cumbres de montañas.

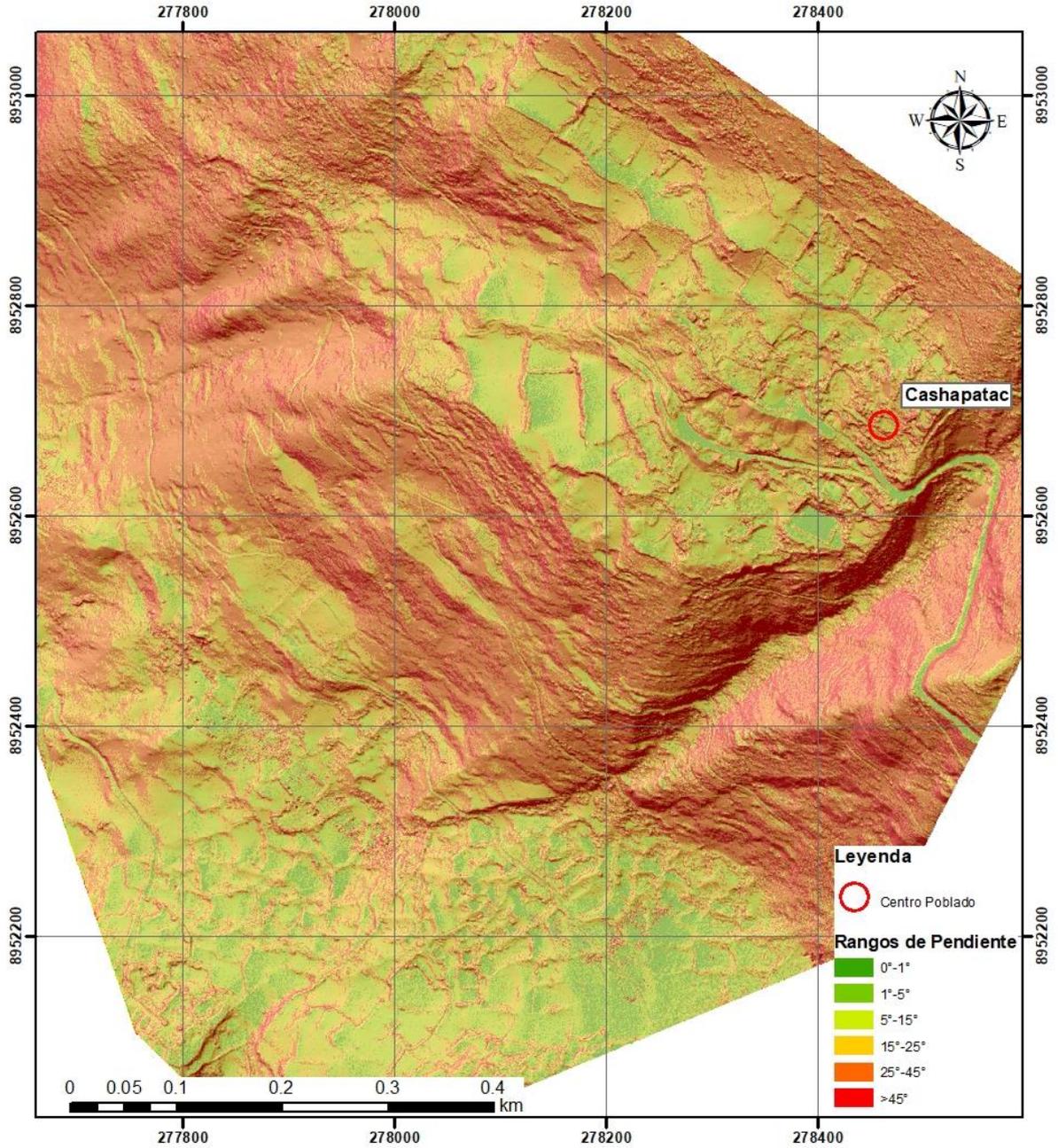


Figura 9 Se muestra el mapa de pendientes del caserío de Cashapatac, elaborado en base al modelo de elevación digital (con 0.30 m/píxel de resolución) resultado del levantamiento fotogramétrico con dron en las zonas de estudio.

4.2. UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS

4.2.1. Montaña sedimentaria estructural

Esta unidad geomorfológica está ubicada en la parte norte del caserío, presenta cerros con alturas de más de 500 m desde su línea base local, llegan a una cota de más de 4200 m s.n.m. su morfología actual depende de procesos exógenos degradaciones determinadas por la lluvia y la escorrentía, con fuerte incidencia de la gravedad.

Las pendientes de las laderas varían entre 25° a 30°, presenta cimas suaves, con pendientes que tienen un promedio entre 15° a 20°.



Fotografía 5 Muestra la montaña sedimentaria que se encuentran en la zona aledaña a la reubicación, muestra ladera con pendiente menores a 30°.

4.2.2. Vertiente coluvio-deluvial

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 corto a mediano recorrido.

Su morfología es usualmente convexa y su disposición es semicircular a elongada en relación con la zona de arranque o despegue del movimiento en masa.

El caserío de Cashapatac se encuentra asentado sobre el cuerpo de un deslizamiento antiguo, se caracteriza por presentar lomeríos, con pendientes van de moderado a muy fuerte (5° a > 45°). En sectores se apreció que el material está compuesto por bloques (10%), gravas (30%), matriz limo arenosa (60%), en sectores se apreció que está conformado por arcilla con limo con escasa grava.

4.2.3. Piedemonte

a) Piedemonte proluvial

Estas geoformas se ubican en los terrenos donde los flujos de detritos han acumulado material muy heterogéneo y con estructura caótica, debido a la alta energía durante su recorrido ladera abajo lo podemos encontrar en la quebrada al sur del caserío de Cashapatac y al noroeste la zona de reubicación 02.

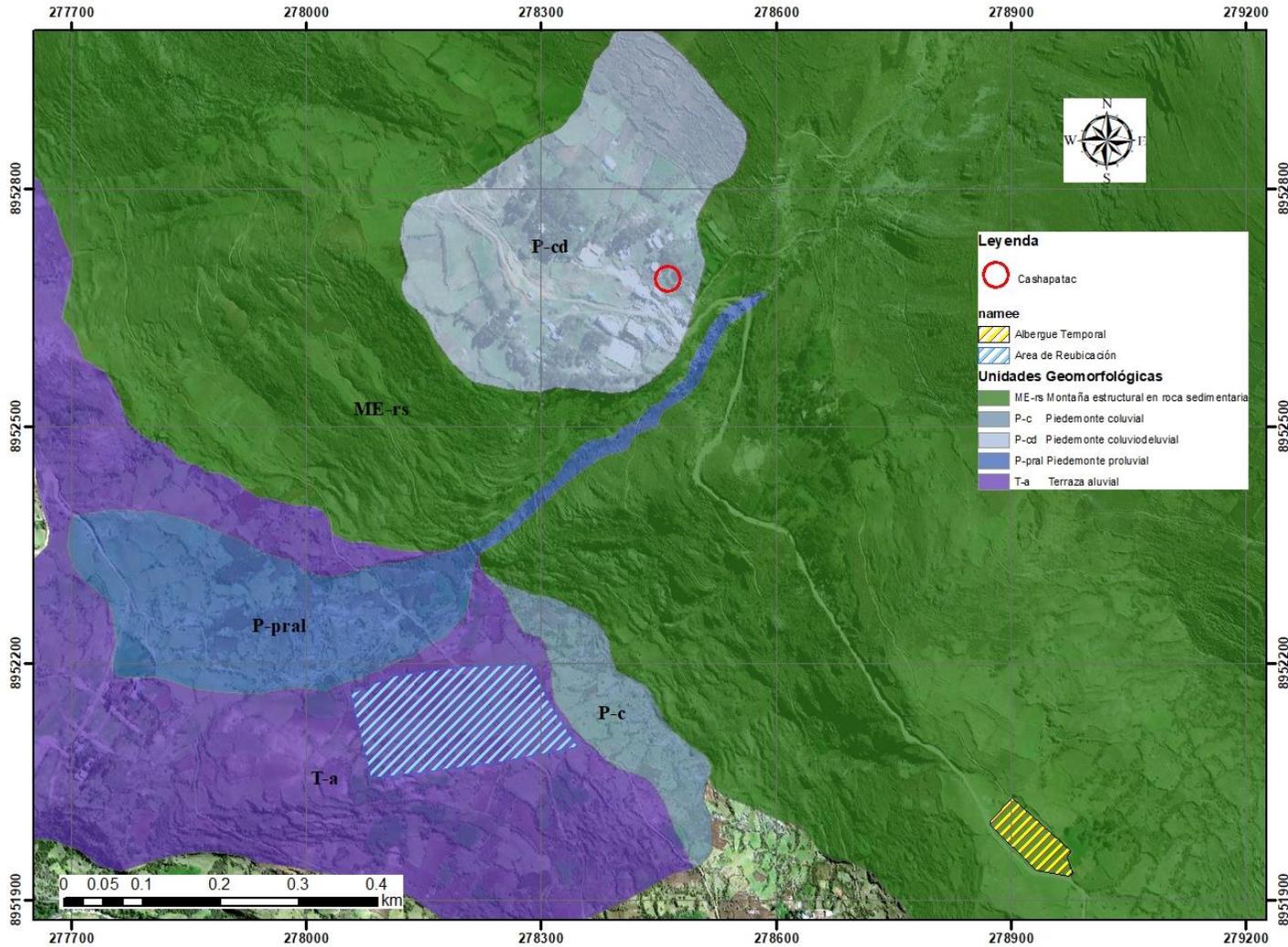


Figura 10 Mapa geomorfológico generado con la interpretación de los datos de campo y la ortofoto obtenida del levantamiento gravimétrico.

V. PELIGROS GEOLÓGICOS

Los peligros geológicos identificados en el sector, corresponden a movimientos en masa del tipo deslizamiento rotacional en proceso de reactivación, reptación de suelos, karst y flujo de detritos.

La caracterización de peligros geológicos, se realizó en base a la información obtenida de trabajos en campo; donde se clasificaron los tipos de movimientos en masa, basados en la observación, descripción litológica y morfométrica in situ de los mismos, así como la toma de puntos GPS, medidas con distanciómetro láser, fotografías a nivel de terreno y fotografías aéreas que sirvieron para la elaboración de ortomosaicos y modelos digitales de superficie sobre los cuales se realizó el cartografiado.

A continuación, se describen los procesos identificados en orden de importancia.

5.1. Deslizamientos

Por las evidencias geomorfológicas se interpreta que el caserío de Cashapatac, se encuentra sobre el depósito de un antiguo deslizamiento antiguo.

La corona principal se encuentra erosionada, alcanzando una longitud de 90m (aproximadamente); es de forma semicircular, coronas y escarpes ubicados en la ladera oeste del cerro donde se encuentra el caserío.

Como evidencia del deslizamiento antiguo, tenemos un depósito compuesto por lomeríos con alturas menores a 5 m (figura 11), y escarpes antiguos erosionados.

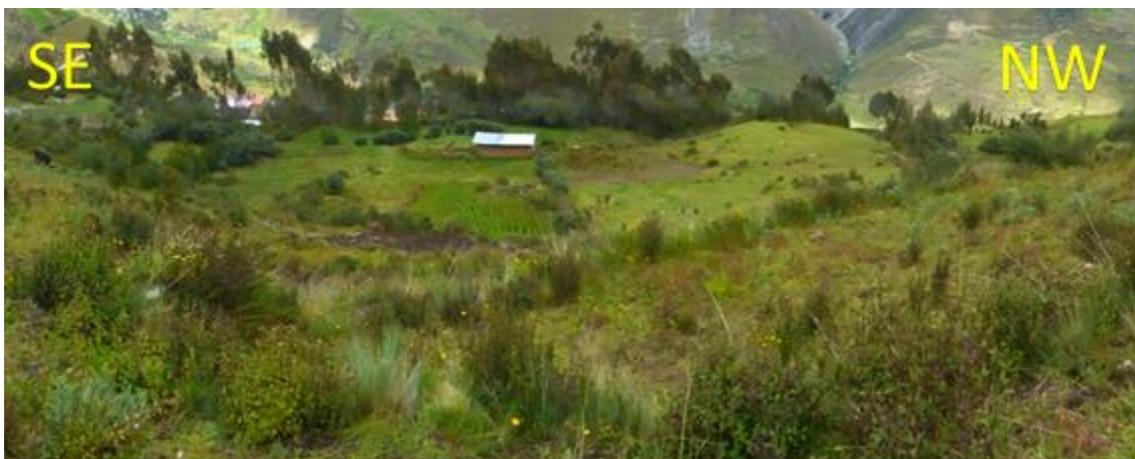


Figura 11 Se aprecian los lomeríos formados por el movimiento del antiguo deslizamiento.

5.1.1. Reactivación Del Deslizamiento

En el sector se han presentado varias reactivaciones.

a) Primera, fue generada por la construcción de una loza deportiva (2010). Según los moradores, en el año 2010, se empezó la construcción una loza deportiva proyectando realizarla en lo que era la parte media del cuerpo del deslizamiento antiguo. Al realizar el corte del talud del terreno, este cedió y generó un deslizamiento rotacional (figura 12), destruyó tal proyecto de obra. La escarpa formada presenta una longitud 12 m y salto de 1 m. El deslizamiento formado presenta una distancia entre el pie del deslizamiento y el eskarpe de 60 m (aproximadamente), actualmente el pie se encuentra erosionado por la actividad antrópica (construcción de camino). Hacia la parte central e izquierda del cuerpo del deslizamiento se aprecia el terreno con agrietamientos, que indica su inestabilidad.



Figura 12. Se aprecia el deslizamiento que se formó por el corte de talud para la construcción de loza deportiva. (278280E, 8952673N).

b) Para la construcción del centro educativo inicial N°472, se realizó un corte de talud del terreno, en la parte media del deslizamiento. Según los lugareños, esta estructura se construyó en el 2009. Por lo mencionado por los moradores, en el corte del talud, como medida preventiva construyeron un muro de contención que distaba dos metros, de la pared del pabellón, el cual falló en el 2012. En la imagen satelital del Google Earth 2012, se muestra el deslizamiento enmarcado (Figura 13). En el periodo lluvioso del 2017, esta estructura cedió y llegó a afectar al pabellón del centro educativo. (fotografías, 10 y 11). En la parte colindante, aguas arriba del centro educativo inicial, se aprecia en el terreno con agrietamientos y escarpes en proceso de formación que

presentan saltos con longitudes menores a 20 m, también se aprecian árboles inclinados en sentido contrario y a favor al movimiento del deslizamiento (fotografías 6 y 7). Esto indica la inestabilidad del terreno. Se apreció que entre pabellón y pabellón ingresó material del deslizamiento reactivado (fotografía 8). Actualmente el pabellón parcialmente destruido, se aprecia que el material proveniente del deslizamiento ha ingresado a las aulas (fotografía 9).



Figura 13 Imagen satelital del Google Earth (2012), muestra el deslizamiento que afectó y sigue afectando al centro educativo inicial N°472 del caserío de Cashapatac.



Fotografía 6. Se aprecia la parte colindante al centro educativo inicial, árboles inclinados, como también saltos en el terreno que muestra la inestabilidad del lugar.



Fotografía 7. Se aprecia una lomada, parte del cuerpo del deslizamiento antiguo, escalonada, la cual se encuentra con procesos de agrietamientos, y escarpas en proceso de formación.



Fotografía 8. Se aprecia el material del deslizamiento que ha ingresado entre pabellón y pabellón.



Fotografía 9. Se aprecia el material del deslizamiento que ha ingresado a una de las aulas.

c) La parte media-baja del deslizamiento, según los moradores, se reactivó el 2020, se formó un escarpe con una longitud de 40 m, con salto de 1m, de forma semicircular. Se aprecian árboles ligeramente inclinados (5° a 8°), en sentido del movimiento del deslizamiento. También se aprecian agrietamientos del terreno (Figura 14 y fotografías 10, 11).



Fotografía 10. Se aprecia parte del escarpe secundario, que se originaron el 2020. Además, se aprecian árboles inclinados.

Fotografía 11. Agrietamientos del terreno, que se originaron el 2020.



Figura 14. Imagen del dron (marzo 2023), se muestra los agrietamientos del terreno (Línea amarilla).

d) Reactivación en la parte alta del deslizamiento

Esta reactivación se inició en el año 2020 y se acentuó en el periodo lluvioso del presente año.

Se está formado un escarpe que tiene una longitud mayor de 80 m y es paralelo al escarpe principal, presenta un desplazamiento vertical de 1.20 m y horizontal de 0.60 cm. (fotografías 12 y 13).

A lo largo del terreno se aprecian agrietamientos del terreno de forma longitudinales y transversales, con distancias mayores a 40 m.

Hacia la parte posterior del escarpe en proceso de formación se están presentando agrietamientos del terreno (Figura 15), es decir que este nuevo proceso en formación tiene un avance retrogresivo. De seguir la actividad es probable que se enmarque una nueva escarpa.

El cuerpo del deslizamiento está conformado por bloques (10%), gravas (30%) y arcilla-limo (60%) (Figura 16).



Fotografía 12. Muestra el escarpe que se inició el 2020, actualmente tiene una altura mayor de 1m con desplazamiento horizontal hasta de 40 cm.



Fotografía 13. Se aprecia un escarpe, con altura de 1m, además se observa el agrietamiento del terreno.



Figura 15. Las fechas amarillas muestran los agrietamientos del terreno, que se ubica en la parte posterior del escarpe del deslizamiento en proceso de reactivación.



Figura 16. Se aprecia el suelo (1), conformado por restos orgánicos (raíces) en la parte superficial se aprecia fragmentos de gravas sueltas. El material proveniente del deslizamiento (2), esta conformados por bloques, gravas, gravilla y arcilla-limo.

Por lo observado en campo, se tienen dos cuerpos de deslizamiento, de los cuales el que se presenta en el lado derecho presenta la reactivación.

5.1.2. Causas del deslizamiento

a) Antiguo

- Estratificación a favor de la pendiente del terreno, que permite que la masa inestable ubicada en la superficie del terreno se deslice cuesta abajo.
- Suelo conformado por limo-arcilloso con escasa grava.
- Pendiente del terreno menor de 25°, que permite que el material inestable sobre la ladera se desplace cuesta abajo.
- Suelo conformado por limo-arcilloso con escasa grava y bloques, que permite la retención del agua, con ello el incremento del peso del material inestable.

b) Reciente

- Sobre el cuerpo del deslizamiento antiguo se realizaron cortes de talud para la construcción del centro educativo inicial y loza deportiva, esto desestabilizó la ladera.
- Al efectuar los cortes de talud se empezó a agrietar el terreno, con avance retrogresivo.
- Material del cuerpo del deslizamiento conformado por limo-arcilla con grava y bloques que permite la infiltración y retención del agua.
- Aumento de peso de la masa inestable, por la saturación de agua procedente de la lluvia
- Pendiente del terreno menor a 20° que permite que la masa inestable en la ladera se desplace cuesta abajo.

El factor detonante para las nuevas reactivaciones del terreno, fueron las precipitaciones pluviales registradas en las temporadas de lluvias.

5.1.3. Análisis multitemporal del sector

Se hace un análisis multitemporal de los años 2005, 2010, 2012 y 2017, donde se muestra la evolución de los deslizamientos (figura 17).

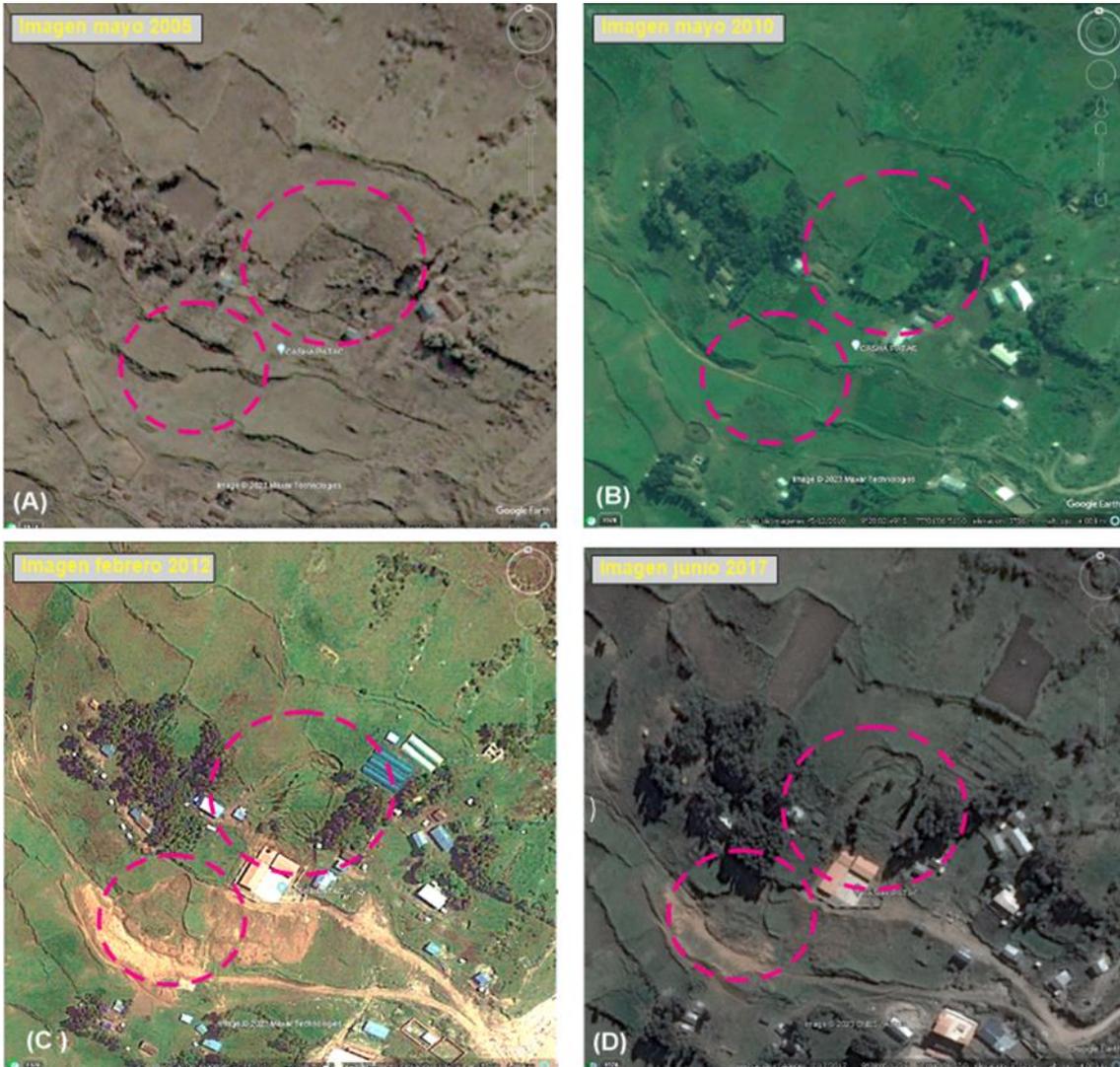


Figura 17. A) Imagen satelital del 2005, se aprecia el sector de Cashapatac con algunas viviendas. B) Imagen satelital del 2010, se aprecia el sector de Cashapatac, con más viviendas. C) Imagen satelital del 2012, se aprecia la zona de reactivación del deslizamiento en el centro educativo inicial N°472 y la loza deportiva. (D) Se aprecia un incremento de los agrietamientos hacia la parte lateral del deslizamiento del centro educativo inicial.

5.2. Procesos de Reptación

En el cuerpo del deslizamiento antiguo, en varios sectores muestra procesos de reptaciones; lo más resaltante se tiene en la parte media (lado derecho) y el parte media-inferior (lado central-derecho). Los procesos se caracterizan por presentar escarpes con longitudes no mayores de 10 m y con saltos menores a 10 cm. (figuras 18, 19 y 20).

El suelo es de composición limo-arcillosa con algo de grava, color beige oscuro, se caracteriza por encontrarse muy húmedo, es decir se encuentra saturado.



Figura 18. Muestra procesos de reptación de suelos, en la parte media derecha del deslizamiento



Figura 19. Parte media-inferior central-derecha, del cuerpo del deslizamiento antiguo, se aprecia procesos de reptaciones.



Figura 20. En la ladera se observa proceso de reptación. (Coordenadas 278401E, 8952646N Zona 18).

Cercano al sector de la zona propuesta para albergue temporal, se evidencio procesos de reptación. Se presentan escarpes menores a 10 m, con saltos menores a 10 cm

(fotografía14), estos se encuentran cerca de un puquial, que según los moradores emana agua todo el año, el cual se incrementa en la temporada de lluvias.



Fotografía 21. Se muestra los procesos de reptaciones, se observa saltos del terreno. (Coordenadas 278944E, 8952125 N, Zona 18).

5.3. Karst

Este evento se encuentra ubicado cerca de la zona propuesta para el albergue temporal, se evidenció solamente una oquedad, que tiene forma alargado y triangular (1 m), termina en un hueco de 30 cm, la profundidad visible se estima en 2 m (fotografía 15), pero la profundidad total no se pudo apreciar, se supone que debe tener varios metros.



Fotografía 15. Se aprecia la oquedad del proceso karst. (Coordenadas 278832E, 8952227N, Zona 18).

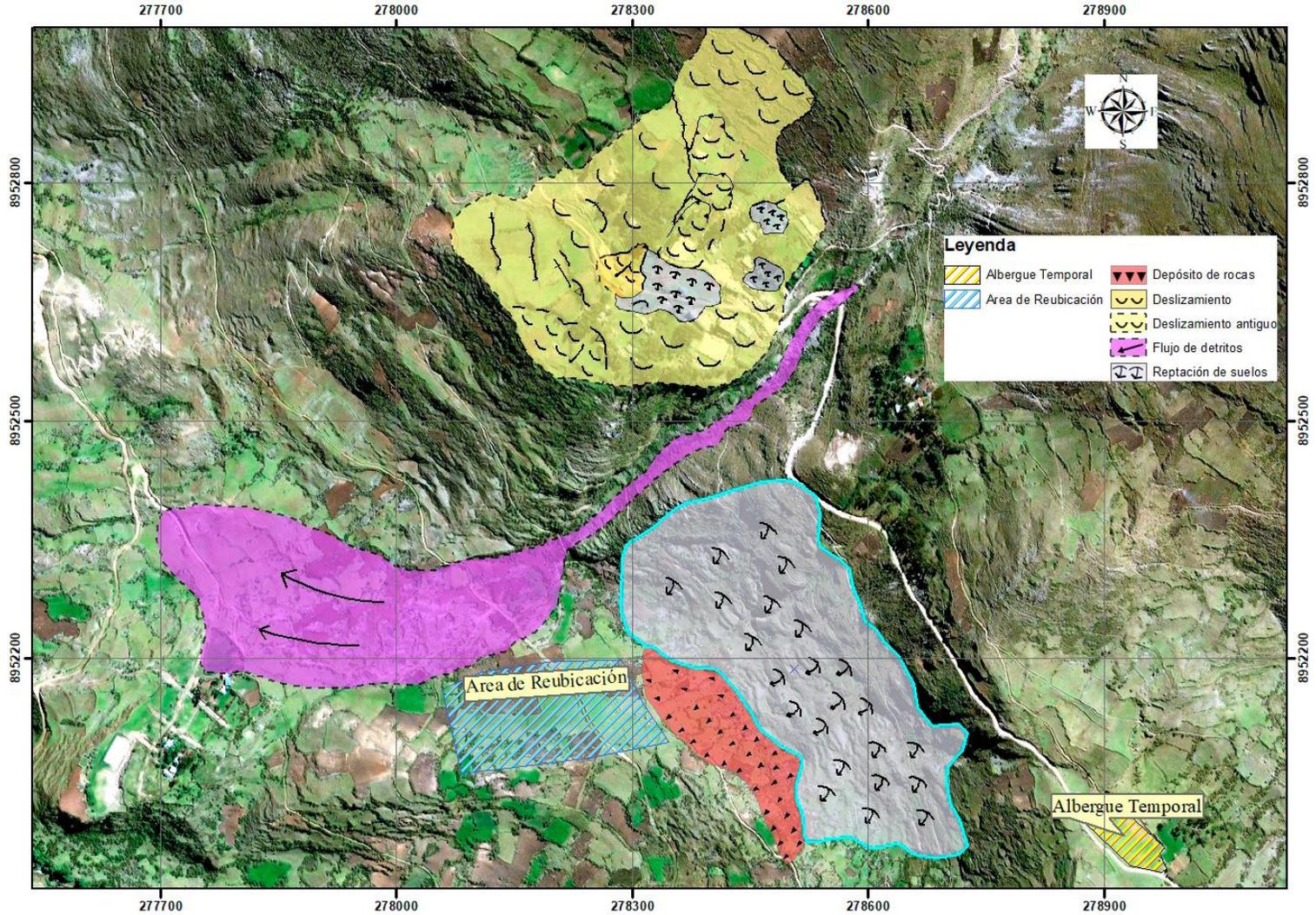


Figura 16. Cartografiado de peligros geológicos del sector de Cashapatac

VI. SITUACION ACTUAL DEL CASERÍO DE CASHAPATAC

En la imagen tomada recientemente con el dron (30 de marzo 2023), se aprecia que:

- ✓ Hacia la parte media y superior del deslizamiento antiguo hay un incremento de agrietamientos sobre el terreno (figura 16), y al parecer se está enmarcando un posible deslizamiento, que de seguir el movimiento afectaría al centro educativo y viviendas que se encuentran ladera abajo (figura 17).
- ✓ El deslizamiento del centro educativo, presenta un avance retrogesivo, tanto lateral (lado derecho), como en la parte de la corona (figura 18).

En la parte inferior del deslizamiento antiguo, el 2020 presentó una reactivación que afectó terrenos de cultivo y pastizales. La activación del movimiento se manifestó con la generación de un escarpe y agrietamientos del terreno.



Figura 16. Se aprecian una serie de agrietamientos del terreno, por lo cual se considera como una zona inestable. Se señala con flechas rojas, las zonas que están presentando agrietamientos del terreno.



Figura 17. Parte superior del deslizamiento antiguo, se traza con línea amarilla puntuada la posible zona de falla, se está enmarcando un deslizamiento



	Deslizamiento frente al C.E.I. 472
	Lado derecho del nuevo deslizamiento frente al C.E.I. 472
	Enmarcación de un posible escarpe de deslizamiento.

Figura 18. Se muestra el deslizamiento que afectó al centro educativo inicial 472 (línea color amarillo), el avance retrogresivo lateral (línea color rojo) y el posible deslizamiento que se forme (línea marrón). Además, se aprecia agrietamientos del terreno (líneas).

Daños causados por el deslizamiento

- a) Afectó severamente al pabellón noreste del centro educativo inicial N°472, del caserío de Cashapatac.
- b) Destruyó la loza deportiva del caserío en mención.
- c) La reactivación del deslizamiento del 2020, está afectando postes de tendido eléctrico.

VII. ZONA DE REUBICACIÓN

7.1.1. Zona de Albergue Temporal

Se encuentra ubicado en dirección sureste del caserío a 1 km. Se accede por la misma vía que viene C.P. Vistoso-Cashapatac, (tabla 4) específicamente en las coordenadas

Tabla 4. Polígono de ubicación del albergue temporal

Albergue temporal		
N°	Este	Norte
1	278901	8952029
2	278976	8951961
3	278971	8951954
4	278979	8951934
5	278932	8951938
6	278873	8951994
Centroide	278926	8951976
Área	0.5 ha	
Perímetro	308 m	

Abarca un área de 0.5 ha, presenta una longitud máxima de 95 m y un ancho de 45 m (fotografía 16).

El terreno presenta una pendiente menor a 5° (Fotografía 16), en los alrededores se aprecian procesos de reptaciones, en forma incipiente.

Presenta un suelo limo-arcilloso; en superficie presentan algunos bloques sueltos, traídos por acción antrópica.



Fotografía 16. Terreno propuesto para el albergue temporal.

7.1.2. Zona de Reasentamiento

Se encuentra en dirección sur-sureste del caserío de Cashapatac, el cual se accede por el poblado de Vistoso por un camino de herradura Vistoso - Muñozpampa, en un tramo de 900 m. en la Tabla 5, muestra las coordenadas. Presenta un área aproximada de 3 ha.

Tabla 5. Polígono, coordenadas de la zona de reubicación

Zona de Reubicación		
N°	Este	Norte
1	278346	8952094
2	278082	8952054
3	278057	8952160
4	278109	8952182
5	278200	8952196
6	278287	8952197
Centroide	278191	8952128
Área	3 (ha)	
Perímetro	731 m	

Geomorfológicamente se encuentra sobre una terraza aluvial, con terreno de pendiente suave (Fotografía 22).

Se caracteriza por presentar un suelo limo-arcilloso, sobre la superficie se presentan algunos bloques esparcidos en el terreno, producto de la construcción de la vía de acceso.

Abarca un área de 3 ha, con una longitud máxima de 210 m y ancho mínimo de 110 m.

Se restringe la expansión hacia las laderas, por presentar procesos de reptaciones en forma incipiente (fotografías 16 y 17).



Fotografía 17. Se aprecia la zona propuesta para la reubicación, se aprecian algunos bloques sueltos, producto del desprendimiento de rocas, originadas por la construcción de la vía.

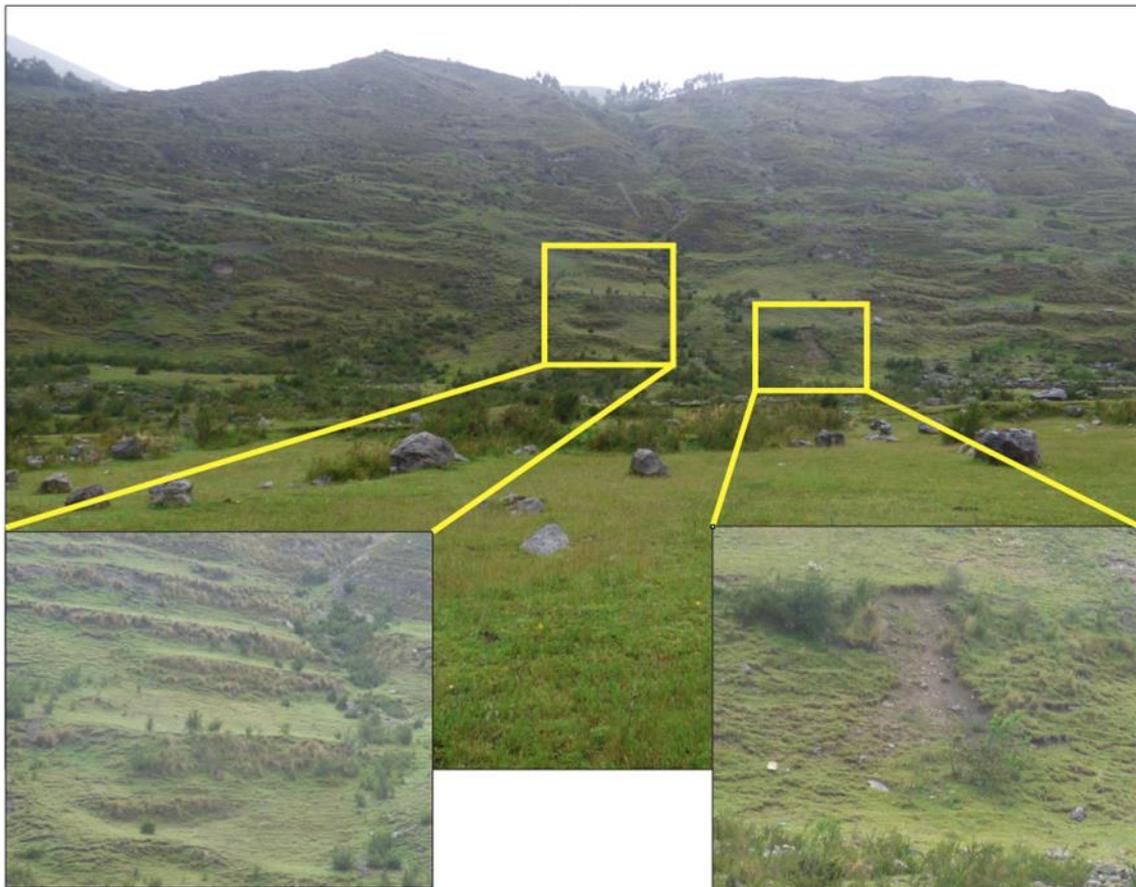


Figura 8. Ladera colindante al sector de reubicación, muestra procesos de reptaciones.

7.1.3. Medidas correctivas para la zona de albergue temporal y reasentamiento

Antes de ser ocupada las áreas propuestas, es necesario realizar lo siguiente:

- a) Realizar estudios de suelo para determinar la capacidad portante del terreno y así elegir la cimentación adecuada para las viviendas. Esto garantizará la seguridad y estabilidad de las mismas a largo plazo.
- b) Evitar cortes indebidos en el terreno, ya que esto puede afectar la estabilidad del suelo y generar inestabilidad del terreno. En caso de ser necesario, se debe realizar un estudio geotécnico específico para evaluar la estabilidad de los taludes y tomar medidas para prevenir riesgos.
- c) Planificar y diseñar adecuadamente un sistema de drenaje pluvial, para la evacuación de aguas de lluvia. Dado que el sector recibe lluvias entre los meses de diciembre a marzo.
- d) En las zonas colindantes se debe restringir el uso del terreno para agricultura, para evitar la saturación del terreno.

Además, para la zona de reubicación se debe:

- a) Implementar una forestación (bosque de protección) entre la zona de ladera y la terraza (parte plana), para evitar que posibles desprendimientos de roca lleguen a la futura zona urbana.
- b) Para la zona colindante: En parte de la ladera se debe realizar un sistema de drenaje, para evitar que los procesos de reptación prosperen.
- c) Realizar mantenimiento preventivo de las futuras construcciones y del terreno es fundamental para prevenir problemas futuros y prolongar la vida útil de las edificaciones. Esto incluye la limpieza y despeje de desagües y canales de drenaje, el mantenimiento de los sistemas de impermeabilización, la corrección de problemas de humedad, entre otros.

VIII. CONCLUSIONES

1. Caserío de Cashapatac

- a) El caserío de Cashapatac, se encuentra asentado sobre el cuerpo de un deslizamiento antiguo que está en proceso de reactivación y está afectando al C.E.I. N°472 y viviendas. Como evidencia tenemos las geofomas de lomeríos en el caserío de Cashapatac, como también árboles inclinados.
- b) El deslizamiento que se formó en la parte superior del C.E.I., en el 2012 tuvo una longitud de 25 m y un salto de 1 m.,
- c) En el año 2009, se construyó el centro educativo inicial-C.E.I., donde se realizaron cortes del talud del terreno; además se construyó un muro de contención, que en el año 2012 cedió, dando origen al inicio de la reactivación del deslizamiento.
- d) Por la construcción de la loza deportiva (2010), se realizaron cortes del talud del terreno, que originó otra reactivación del deslizamiento.
- e) El material que compone el cuerpo del deslizamiento está conformado por un suelo limo-arcilloso con grava, que permite la retención del agua, lo cual está saturando al terreno, generando también procesos de reptación.
- f) En la parte alta del cuerpo del deslizamiento antiguo, se está formando un escarpe (longitud de 80 m y salto menor a 1.20 m), y presenta además agrietamientos paralelos al escarpe en proceso de formación. Con el tiempo es muy probable que se enmarque un nuevo escarpe.
- g) Los factores importantes que influyeron e influyen en la generación del deslizamiento son: la saturación de agua en suelo y cortes indebidos en el terreno. Como factor detonante son las precipitaciones pluviales.
- h) Por las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas, se considera de **peligro Muy Alto** y como **Zona Crítica**.

2. Sector de Pichas

- a) Se encuentra sobre un terreno de pendiente suave, que corresponde a una parte de una ladera de la montaña sedimentaria.
- b) En el área colindante se aprecia un incipiente proceso de reptación, que solamente afecta a la ladera.

3. Sector de Muñozpampa

- a) Se encuentra sobre un terreno de pendiente suave, correspondiente a una terraza aluvial.
- b) El suelo está conformado por gravas en matriz limo-arcillosa, se encuentra húmeda.
- c) Se aprecian bloques de rocas esparcidos con dimensiones hasta los 80 cm, producto de las voladuras que se realizaron para la construcción de la vía de acceso a Cashapatac.

X. RECOMENDACIONES

Caserío de Cashapatac

- a) Reubicar a la población en forma paulatina, principalmente las viviendas y obras de infraestructura que se encuentran bajo la influencia del deslizamiento, cercanas al escarpe
- b) Declarar la zona con **peligro muy alto**,

Sector Pichas

- a) Se sugiere que sea utilizado como albergue temporal al sector de Pichas, y que abarque toda la zona propuesta para la construcción del estadio.
- b) Realizar un drenaje pluvial, para evitar la infiltración de agua hacia el terreno
- c) En la zona colindante noreste, se debe realizar un sistema de drenaje (zanjar el terreno), para evitar mayor infiltración de agua y generación de procesos de reptaciones.
- d) En el borde colindante al estadio se debe realizar un sistema de drenaje pluvial.
- e) Forestar los alrededores con la finalidad de dar una mayor estabilidad al terreno.

Sector de Muñozpampa

- a) Se sugiere como zona de reasentamiento.
- b) Por ningún motivo la expansión urbana se debe orientar hacia la zona de la quebrada
- c) Realizar mantenimiento preventivo de las construcciones, incluyendo canales de drenaje y desagües.
- d) Eliminar los bloques de rocas que se encuentran esparcidos en la terraza.
- e) Es importante realizar el EVAR correspondiente.


Segundo A. Núñez Juárez
Jefe de Proyecto-Act. 11


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

BIBLIOGRAFÍA

Cobbing, E., Sánchez, A., Martínez, W., Zárate, H. (2013). Geología de los cuadrángulos de Huaraz, Recuay, La Unión, Chiquián y Yanahuanca. Hojas: 20-h, 20-i, 20-j, 21-i, 21-j, INGEMMET. Boletín, serie A: Carta Geológica Nacional, 76, 242 p., 5 Mapas.

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2018), Mapa de Zonificación Sísmica - Peligro Sísmico. Modifican la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente del Reglamento Nacional de Edificaciones. Resolución Ministerial N°355-2018-Vivienda.

Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007) - Movimientos en masa en la región andina: una guía para la evaluación de amenazas. Santiago: Servicio Nacional de Geología y Minería, 432 p., Publicación Geológica Multinacional, 4.

SENAMHI, 2020. Climas del Perú Mapa de Clasificación Climática Nacional. Resumen Ejecutivo. 7 p.

Zavala, B., Valderrama, P., Luque., G.& Barrantes, R. (2009). Riesgos geológicos en la región Áncash. Ingemmet., serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica: Boletín N° 38, 288 p.

Zavala, B., Valderrama, P., Luque., G.& Barrantes, R. (2007). Zonas críticas por peligros geológicos y geohidrológicos en la región Áncash. Primer Reporte Informe Técnico N° A6550, 58 p.