

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7350

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LOS CASERÍOS DE UTUTUPAMPA Y LLOCLLA

Departamento Áncash
Provincia Huaraz
Distrito Olleros



ENERO
2023

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LOS CASERÍOS DE UTUTUPAMPA Y LLOCLLA

Distrito Olleros, provincia Huaraz, departamento Áncash

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

Equipo de investigación:

Norma L. Sosa Senticala

Mauricio A. Núñez Peredo

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2023). "Evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa en los caseríos de Ututupampa y Lloclla". Distrito Olleros, provincia Huaraz, departamento Ancash", informe técnico N° A7350, Ingemmet 63p.

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	10
2. ASPECTOS GEOLÓGICOS.....	11
2.1.Unidades litoestratigráficas.....	11
2.1.1.Grupo Calipuy	11
2.1.2.Depósitos Cuaternarios	11
3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS.....	13
3.1.Pendientes del terreno.....	13
3.2. Unidades geomorfológicas.....	16
3.2.1. Vertiente glacio-fluvial (V-gl):.....	16
3.2.2. Subunidad de vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd).....	17
3.2.3.Subunidad de vertiente coluvio-deluvial (V-cd):.....	18
3.2.5.Subunidad de terraza aluvial (T-al).....	19
4. PELIGROS GEOLÓGICOS.....	20
4.1.Peligros geológicos por movimientos en masa.....	20
A) Deslizamiento del caserío Ututupampa	21
4.1.1.Características visuales del evento	22
4.1.2.Factores condicionantes	26
4.1.3.Factores detonantes o desencadenantes	26
4.1.4.Factores antrópicos.....	26
4.1.5.Daños por el deslizamiento	27
4.1.6.Análisis de perfil del deslizamiento	27
B) Deslizamiento caserío Lloclla.....	28
4.1.7.Características visuales del evento	29
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	35
4.1.12. Análisis de perfil del deslizamiento	36
5. CONCLUSIONES	41
6. RECOMENDACIONES	43
7. BIBLIOGRAFÍA	44
ANEXO 1: MAPAS	45
ANEXO 2: MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN	51
ANEXO 3: FORMATO DE DESCRIPCIÓN DE SUELOS SUPERFICIALES	57

RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa, realizado en los sectores de Ututupampa y Lloclla, perteneciente a la jurisdicción distrital de Olleros, provincia Huaraz, departamento Ancash. 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.

Según información de los pobladores, el 31 de marzo del 2022, se generó un deslizamiento rotacional en el sector Ututupampa, ubicado a 0.4 km al sureste del caserío de Jauna, margen izquierda de la quebrada de mismo nombre; y el 02 de abril del 2022, se reactivó un deslizamiento de tipo rotacional en el sector Lloclla, ubicado a 1.7 km al noreste de Aco, en la margen derecha de la quebrada Lloclla.

En los sectores evaluados, afloran tobas litoclásticas gris blanquecina y rojos violáceos con clastos subangulosos en una matriz de ceniza con presencia de cristales de plagioclasa alterado a arcillas y coladas volcánicas con algunas brechas y conglomerados con clastos volcánicos, con espaciamientos (0.30 – 0.05) muy fracturadas y altamente meteorizadas del Grupo Calipuy.

Las geoformas identificadas corresponden a piedemonte (vertiente glacio -fluvial, deslizamiento, coluvio - deluvial, aluvio torrencial) 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 las quebradas Ututupampa y Lloclla tienen pendientes que van de llano a moderados (0° a 15°).

Los factores condicionantes de los deslizamientos son: substrato rocoso muy fracturado y altamente meteorizado; presencia de suelos inconsolidados de fácil erosión y remoción; y laderas con pendiente fuertes. Los factores antrópicos tenemos canales de riego sin revestimiento; así como la emanación de aguas subterráneas, que saturan los suelos e inestabilizan las laderas. Como factor detonante, se tienen a la ocurrencia de lluvias intensas y/o prolongadas de aproximadamente 47.8 mm por día.

Por las condiciones geológicas, geomorfológicas geohidrológicas y geodinámicas, el sector de Ututupampa, se considera de **Peligro Moderado** a la ocurrencia de deslizamientos; y el sector Lloclla se considera como **Zona Crítica** y de **Peligro Alto** a la ocurrencia de deslizamientos, derrumbes y erosión de ladera (cárcava), sujetos a desencadenarse con lluvias intensas periódicas y/o excepcionales, que ponen en peligro e impactan vías de acceso y áreas de cultivo.

Finalmente, se indica algunas recomendaciones a fin de que las autoridades competentes pongan en práctica, como: drenar los ojos de agua localizados en el cuerpo del deslizamiento, evaluar el revestimiento de canal de riego, así como realizar un estudio geotécnico e implementar un Sistema de Alerta Temprana (SAT) para monitorear el deslizamiento, entre otros.

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.

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 (WPMPI, 1993).

METEORIZACIÓN: Se designa así a todas aquellas alteraciones que modifican las características físicas y químicas de las rocas y suelos. La meteorización puede ser física, química y biológica. Los suelos residuales se forman por la meteorización in situ de las rocas subyacentes.

MOVIMIENTO EN MASA: Son procesos que incluyen todos aquellos movimientos ladera abajo, de una masa de rocas o suelos por efectos de la gravedad. Los tipos más frecuentes son: caídas, deslizamientos, flujos, vuelcos, expansiones laterales, reptación de suelos, entre otros. Existen movimientos extremadamente rápidos (más de 5 m por segundo) como avalanchas y/o deslizamientos, hasta extremadamente lentos (menos de 16 mm por año) a imperceptibles como la reptación de suelos.

PELIGROS GEOLÓGICOS: Son procesos o fenómenos geológicos que podrían ocasionar la muerte, lesiones u otros impactos a la salud. Daños a la propiedad, pérdida de medios de sustento y servicios, trastornos sociales y económicos o daños materiales. Pueden originarse al interior (endógenos) o en la superficie de la tierra (exógenos). Al grupo de endógenos pertenecen los terremotos, tsunamis, actividad y emisiones volcánicas; en los exógenos se agrupan los movimientos en masa (deslizamientos, aludes, desprendimientos de rocas, derrumbes, avalanchas, aluviones, huaicos, flujos de lodo, hundimientos, entre otros), erosión e inundaciones.

SUSCEPTIBILIDAD: Está definida como la propensión o tendencia de una zona a ser afectada o hallarse bajo la influencia de un proceso de movimientos en masa determinado.

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

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

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 solicitud de la Municipalidad Provincial de Huaraz, según Oficio N°124-2022-MPH/GM; es en el marco de nuestras competencias que se realiza la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa en los caseríos de Ututupampa y Lloclla.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designó a los Ingenieros Norma Sosa Senticala y Mauricio Núñez Peredo, realizar la evaluación de peligros geológicos respectiva, la cual se realizó los días 19 y 20 de junio del 2022, en coordinación con el alcalde de la Municipalidad Distrital de Olleros.

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 Provincial de Huaraz 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 los caseríos de Ututupampa y Lloclla.
- 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° 38, Serie C, Geodinámica e Ingeniería Geológica: “Riesgos geológicos en la región Ancash” (Zavala, B. 2009). De acuerdo al mapa regional de susceptibilidad por movimientos en masa, a escala 1: 250 000, se evidencia

que los caseríos de Ututupampa y Lloclla 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.

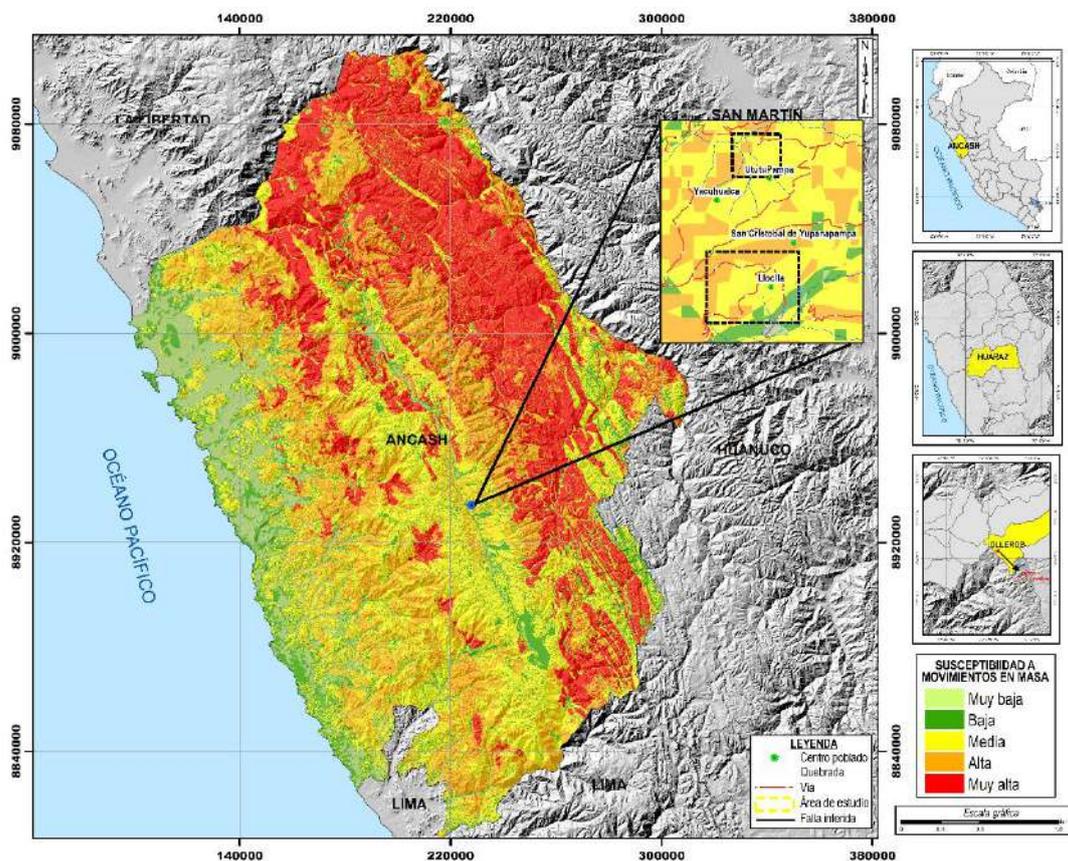


Figura 1: Susceptibilidad por movimientos en masa de los caseríos Ututupampa, Lloclla y alrededores. **Fuente:** Zavala et al., (2009).

B) Boletín N° 76, Serie A, Carta Geológica Nacional: “Geología de los cuadrángulos de Huaraz, Recuay, La Unión, Chiquián, y Yanahuanca” escala 1:100 000 (Cobbing, et al., 1996). Describen las unidades litoestratigráficas aflorantes en la zona de estudio y alrededores que corresponde a rocas volcánicas de tipo piroclásticas de composición andesítica y abundantes lavas andesíticas e ignimbritas dacíticas del Grupo Calipuy.

1.3. Aspectos generales

1.3.1. Ubicación

Los caseríos de Ututupampa y Lloclla se ubican en las márgenes izquierda y derecha de las quebradas Ututupampa y Lloclla, respectivamente. Políticamente pertenece al distrito Olleros, provincia de Huaraz, departamento de Áncash (figura 2).

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

Cuadro 1. Coordenadas del área de Ututupampa.

N°	UTM - WGS84 - Zona 18L		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	228268.61	8935802.58	-9.618346515°	-77.47583462°
2	228266.2	8935354.13	-9.622398737°	-77.47588608°
3	227774.08	8935356.77	-9.622342658°	-77.48036699°
4	227776.49	8935805.23	-9.618290450°	-77.48031547°
COORDENADA CENTRAL DEL EVENTO PRINCIPAL				
	227876.21	8935680.36	-9.619425301°	-77.47941564°

Cuadro 2. Coordenadas del área de Lloclla.

N°	UTM - WGS84 - Zona 18L		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	228454.48	8934591.45	-9.629302789°	-77.47422185°
2	228453.48	8933863.84	-9.635877595°	-77.4742789°
3	227495.68	8933865.17	-9.63580293°	-77.4830004°
4	227496.69	8934592.77	-9.629228168°	-77.48294318°
COORDENADA CENTRAL DEL EVENTO PRINCIPAL				
	227930.65	8934085.693	-9.633838696°	-77.47902512°

1.3.2. Población

Según el Censo Nacional 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas, los caseríos de Ututupampa y Lloclla presenta una población censada de 179 y 227 habitantes distribuidos en un total de 87 y 116 viviendas particulares, respectivamente.

1.3.3. Accesibilidad

El acceso se realizó por vía terrestre desde la ciudad de Lima, mediante la siguiente ruta (cuadro 3):

Cuadro 3. Ruta de acceso.

Ruta	Tipo de vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Lima – Huaraz	Asfaltada	420	7 horas 30 min
Huaraz – Ututupampa	Asfaltada - Afirmada	17.5	40 min
Ututupampa – Lloclla	Afirmada	4.5	10 min

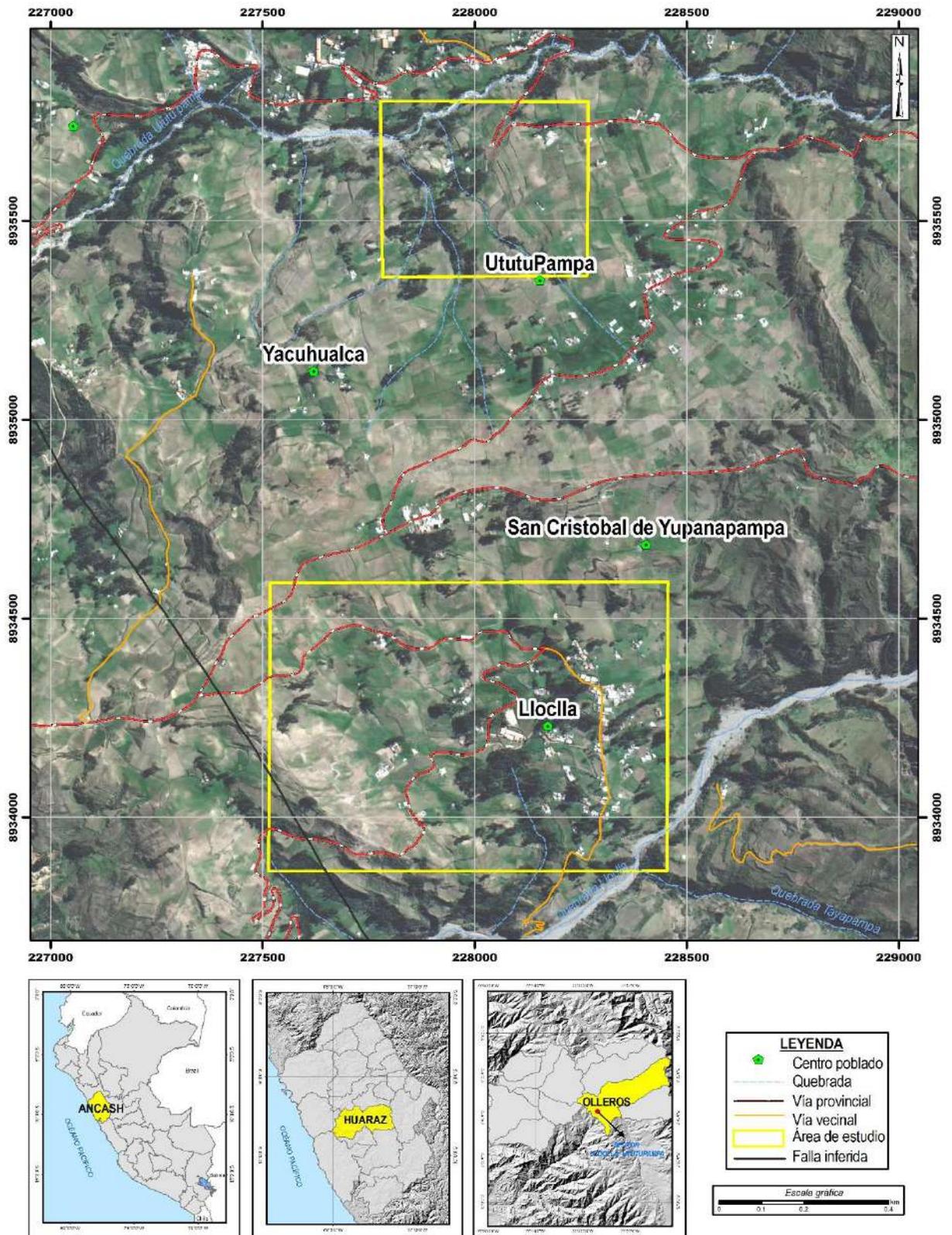


Figura 2: Ubicación de los caseríos de Ututupampa y Lloclla (distrito Olleros, provincia de Huaraz, departamento Áncash).

1.3.4. Clima

Según la clasificación climática de Thornthwaite (SENAMHI, 2020), los caseríos de Ututupampa y Lloclla presentan 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 noviembre, 2018 - noviembre 2022 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.

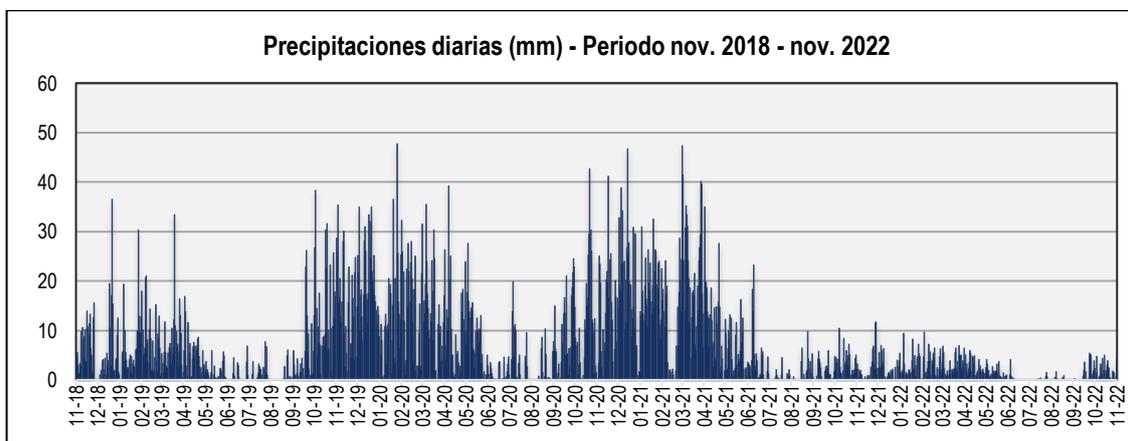


Figura 3. Precipitaciones máximas diarias en mm, distribuidas a lo largo del periodo noviembre, 2018 - noviembre, 2022. La figura permite analizar la frecuencia de las anomalías en las precipitaciones pluviales que inducen al desarrollo de la erosión del suelo. **Fuente:** Landviewer, disponible en: <https://crop-monitoring.eos.com/weather-history/field/8574840>.

La temperatura anual oscila entre un máximo de 17.0°C en verano y un mínimo de -2.0°C en invierno (figura 4). Así mismo, presenta una humedad promedio de 68.6% durante casi todo el año (Servicio aWhere).

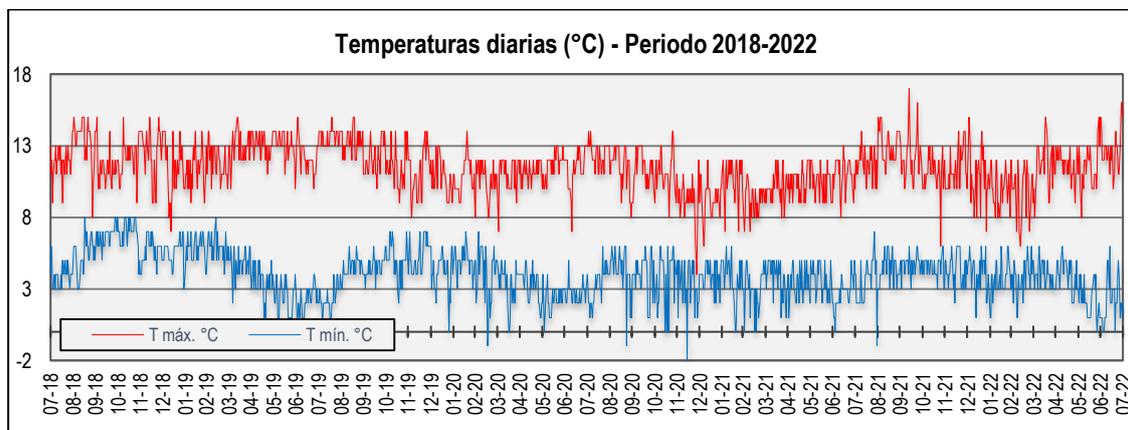


Figura 4. Temperaturas máximas y mínimas diarias, distribuidas a lo largo del periodo noviembre, 2018 – noviembre 2022. La figura permite analizar la variedad, saltos extremos de temperatura, duración y regularidad. **Fuente:** Landviewer, disponible en: <https://crop-monitoring.eos.com/weather-history/field/8574840>.

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 el cuadro 3. Este factor se interpreta como la aceleración máxima horizontal en suelo rígido con una probabilidad de 10% de ser excedida en 50 años. El factor Z se expresa como una fracción de la aceleración de la gravedad (DS No. 003-2016-VIVIENDA).

Cuadro 3. Factores de zona Z.

Zona	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.10

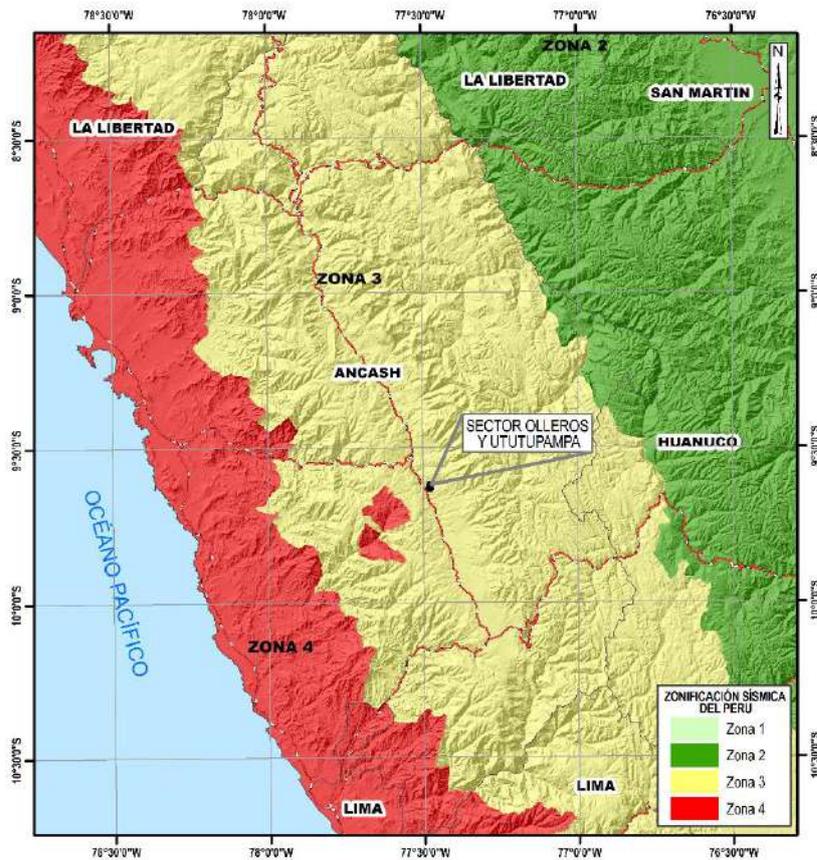


Figura 5. Zonificación sísmica del Perú.

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 del cuadrángulo de Recuay (20i) a escala 1: 100,000 (Cobbing & Sanchez, 1996), así como la información contenida en el Boletín N° 76: “Geología de los cuadrángulos de Huaraz, Recuay, La Unión, Chiquián y Yanahuanca” (Cobbing *et al.*, 1996), publicados por Ingemmet.

De igual manera, esta información se complementó con trabajos de interpretación de imágenes de satélite, vuelos de dron y observaciones de campo.

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

Consiste de por lo menos 2000 m y en algunos lugares más de 3000 m de estratos volcánicos variados. Estos son principalmente de rocas piroclásticas gruesas de composición andesítica, pero también son abundantes lavas andesíticas ignimbritas dacíticas (Cobbing, *et al.* 1996).

Está compuesta por tobas litoclásticas gris blanquecina y rojos violáceos con clastos subangulosos en una matriz de ceniza con presencia de cristales de plagioclasa alterado a arcillas y coladas volcánicas con algunas brechas y conglomerados con clastos volcánicos, con espaciamientos (030 – 0.05) muy fracturadas (F4) y altamente meteorizadas (A4), lo que permite mayor infiltración y retención de agua de lluvia al terreno, originando inestabilidad en las laderas

2.1.2. Depósitos Cuaternarios

a. Depósito coluvio-deluvial (Q-cd):

Se localizan en forma caótica al pie de laderas por acción de la gravedad y acción de las aguas de escorrentía. Están compuestos por fragmentos líticos de 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 (fotografía 1). 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.



Fotografía 1. Depósito coluvio-deluvial compuesto por fragmentos de rocas volcánicas subangulosos a subredondeados, heterométricos y envueltos en una matriz de arenas, limos y arcillas, ubicado en el caserío de Ututupampa.

b. Depósito proluvial (Q-pl):

Los depósitos proluviales se originan a partir de los depósitos de los flujos, la existencia de material detrítico suelto acumulado, la presencia de bofedales y cuando ocurren precipitaciones pluviales intensas se saturan, pierden su estabilidad y se movilizan torrente abajo por las quebradas. El material que los constituye es heterométrico y está mal clasificado, por lo general son subangulosos a subredondeados, englobados en una matriz fina, permeables y medianamente consolidados.

c. Depósito glaciar (Q-gl):

Depósitos de origen netamente glaciar (morrenas), así como los materiales de origen glaciar que fueron transportados y redepositados por escorrentía pluvial o por deshielo de los nevados (figura 6).

Está conformado por material no consolidado de origen glaciar, los cuales han sido transportados y redepositados por escorrentías formadas por el deshielo del glaciar, y se encuentran al pie de laderas, acantilados o en altiplanicies formando conos de diversos tamaños o mantos de material no consolidado, que son muy susceptibles, fáciles de erosionar y remover con lluvias generando deslizamientos y caídas.



Figura 6. Depósitos glaciares (Q-gl) que fueron transportados y redepositados por escorrentía pluvial o por deshielo de los nevados.

d. Depósito aluvial (Q-al):

Son depósitos semiconsolidados, acumulados en las márgenes de las quebradas Ututupampa y Lloclla. 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. Su permeabilidad es media a alta y se asocia principalmente a terrazas aluviales, susceptibles a la erosión fluvial. En la zona tiene una escasa distribución.

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, los caseríos de Ututupampa y Lloclla, 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 4:

Cuadro 4. 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.

1° a 5°	Inclinación suave	Terrenos planos a ligeramente ondulados que se distribuyen a lo largo de planicies. Las quebradas de Lloclla y Ututupampa que confluyen en el río Santa, 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 volcánicas, quebradas; donde se asienta los caseríos de Ututupampa y Lloclla.
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 erosión y derrumbes.
25° a 45°	Muy Fuerte	Se encuentran en laderas de montañas y márgenes de las quebradas Ututupampa y Lloclla. En este rango de pendiente, generalmente se registran procesos de deslizamientos y derrumbes.
>45°	Muy escarpado	Ocupa áreas muy reducidas, distribuidas a lo largo de laderas y cumbres de montañas.

Fuente: Ingemmet

En las figuras 7 y 8, se muestra el mapa de pendientes de los caseríos de Ututupampa y Lloclla, elaborado en base al modelo de elevación digital (con 0.096 m/píxel de resolución) resultado del levantamiento fotogramétrico con dron en las zonas de estudio.

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

El deslizamiento de Ututupampa, varía entre 25° a >45°; dentro de la pendiente moderada es donde se asienta el caserío de Ututupampa.

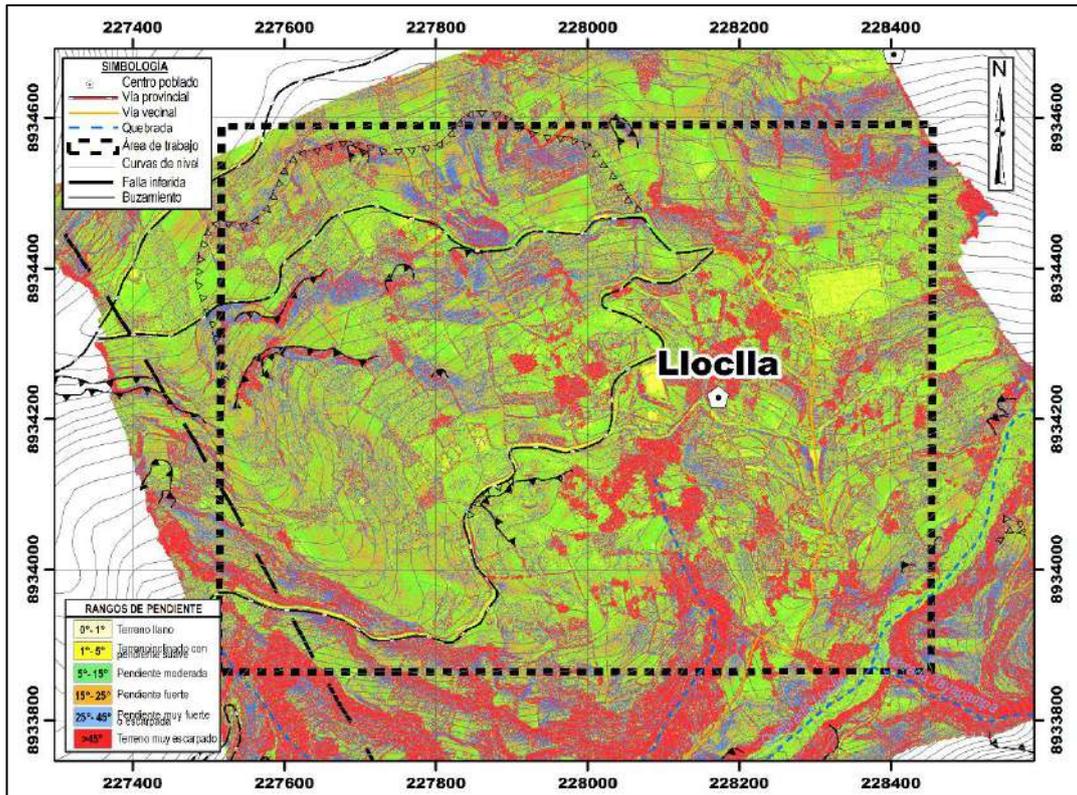


Figura 7. Pendiente del terreno en el deslizamiento y alrededores del caserío Lloclla, generado en base al modelo de elevación digital, resultado del levantamiento fotogramétrico con dron.

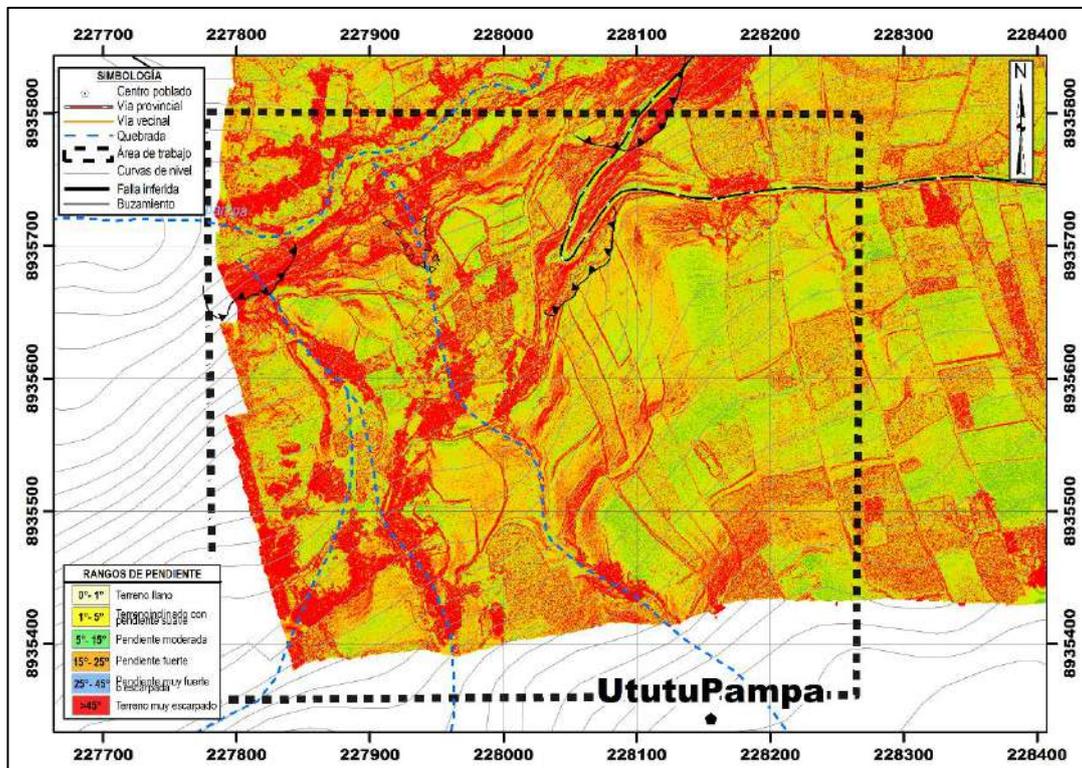


Figura 8. Pendiente del terreno en el deslizamiento y alrededores del caserío Ututupampa, generado en base al modelo de elevación digital, resultado del levantamiento fotogramétrico con dron.

3.2. 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:

Cuadra 5. Unidades y subunidades geomorfológicas

Unidades geomorfológicas de carácter depositacional o agradacional	
Unidad	Subunidad
Piedemonte	Vertiente glacio-fluvial (V-gl)
	Subunidad de vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd)
	Subunidad de vertiente coluvio-deluvial (V-cd):
	Subunidad de vertiente aluvio torrencial (P-at)
Unidad	Subunidad
Planicie	Terraza aluvial (T-al)

Fuente: Elaboración propia

A) 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 glacio-fluvial (V-gl):

Está formada por la acumulación de materiales de origen glaciar, los cuales han sido transportados y redepositados por escorrentías formadas por el deshielo del glaciar o por precipitaciones pluviales que se concentran, forman cursos de agua y transportan los materiales sueltos.

En los caseríos de Ututupampa y Lloclla se asienta sobre la unidad de piedemonte en rocas volcánicas del Grupo Calipuy, cuyas laderas de pendientes van de moderadas a muy escarpadas 15° a >45°. En la parte alta son afectados por la filtración de aguas subterráneas, cuya descarga da origen a la formación de diferentes bofedales o manantes de agua.

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



Figura 9. Vista de la subunidad de vertiente glacio-fluvial (V-gl), cuyas laderas presentan pendientes moderadas a escarpada (15° a $>45^\circ$) y afectadas por filtraciones de aguas subterráneas, cuya descarga da origen a la formación de diferentes bofedales.

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 (10%), gravas (30%), arenas (25%), limos (20%), de corto a mediano recorrido.

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

Estas geoformas se 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 $>45^\circ$).

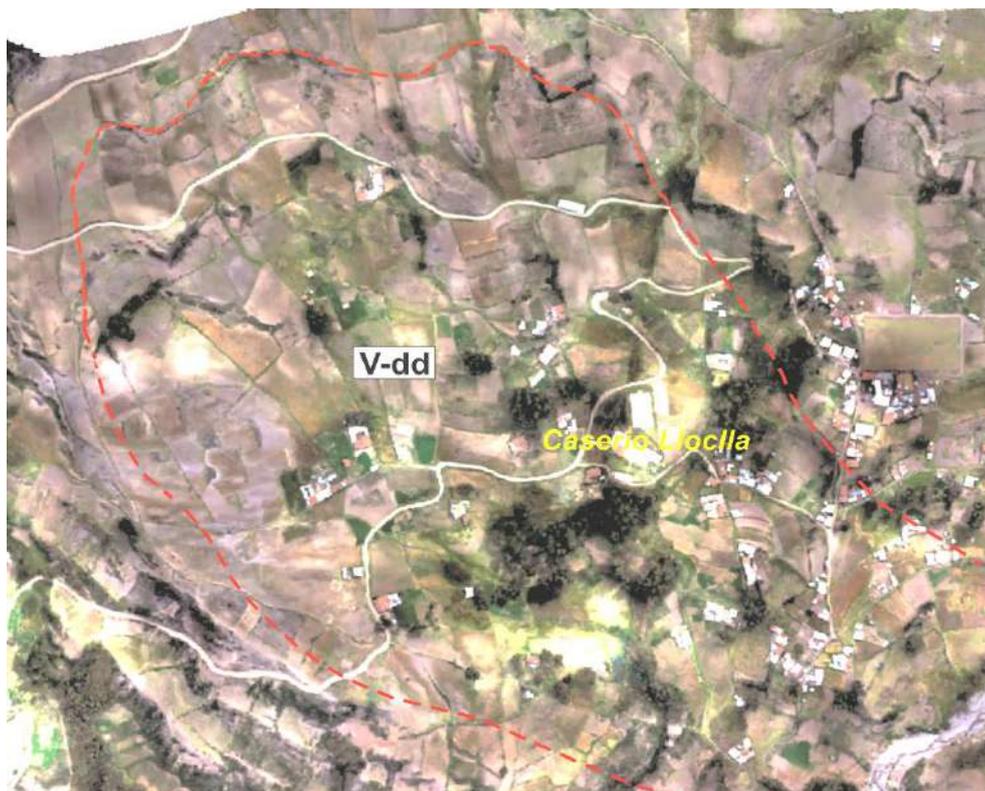


Figura 10. Vista al noreste donde se observa el deslizamiento antiguo (delimitado con líneas de color naranja), que llega hasta la quebrada Lloclla.

3.2.3. Subunidad de vertiente coluvio-deluvial (V-cd):

Son depósitos inconsolidados, localizados al pie de laderas de montañas volcánicas, resultantes de la acumulación de material de origen coluvio-deluvial. Los principales agentes formadores de esta subunidad son los procesos de erosión de suelos, la gravedad, las lluvias, el viento, agua de escorrentía superficial y son altamente susceptibles a sufrir procesos geodinámicos como deslizamientos y derrumbes.

Esta subunidad está compuesta por fragmentos líticos de rocas volcánicas, heterométricos, compuestos de: bolos (5%), cantos (10%), gravas (20%), arenas (30%), limos (35%), angulosos a subangulosos envueltos en una matriz de arenas y limos, (figura 11). Estas geofomas se encuentran ampliamente desarrolladas en las laderas de ambas márgenes del río Cuchichaca, con pendientes predominantes de fuerte a muy escarpado (25°- >45°), de fácil remoción.



Figura 11. Vista de las subunidades de vertientes coluvio-deluvial (V-cd).

3.2.4. 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 remoción por flujo de detritos (huaicos) que desembocan en la quebrada Lloclla y Ututupampa. Se distinguen bloques de roca de hasta 40 cm de diámetro producto del acarreo proveniente de los flujos, (figura 12)

B) 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.

3.2.5. Subunidad de terraza aluvial (T-al)

Son porciones de terreno alargado a ligeramente inclinado (1° a 5°), con altura relativamente marcada. Se encuentran encima de las quebradas Ututupampa y Lloclla. Su composición litológica es resultado de la acumulación de fragmentos de roca de diferente granulometría (bolos, cantos, gravas con matriz de arenas y limos). Sobre estos terrenos se desarrollan extensas zonas de cultivo. Está sujeta a erosión fluvial (figura 12)



Figura 12. Vista de la subunidad de vertiente aluvio torrencial y terrazas aluvial con pendientes ligeramente inclinadas (1° a 5°). A su flanco izquierdo se puede apreciar laderas de fuerte pendiente con depósitos coluviales producto de movimientos de ladera.

4. PELIGROS GEOLÓGICOS

Los peligros geológicos activos e inactivos latentes identificados en los caseríos Ututupampa, Lloclla y alrededores corresponden a los subtipos agrupados en la clase de movimientos en masa de tipo deslizamiento, 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/píxel respectivamente, complementada con el análisis de imágenes satelitales.

Además de ello, los caseríos evaluados están **considerados de alta a muy alta susceptibilidad a la ocurrencia de movimientos en masa** (Zavala *et al.*, 2009):

En el distrito de Olleros se evaluaron dos caseríos, los mismos que se detallan en el siguiente cuadro:

Cuadra 6. Coordenadas de los caseríos evaluados

COD.	NOMBRE DEL CASERIO	COORDENADAS UTM (WGS84-Zona 18S)		
		Norte	Este	Cota (m s.n.m)
A)	Caserío Ututupampa	8934103	227892	3465
B)	Caserío Lloclla	8935684	228073	3458

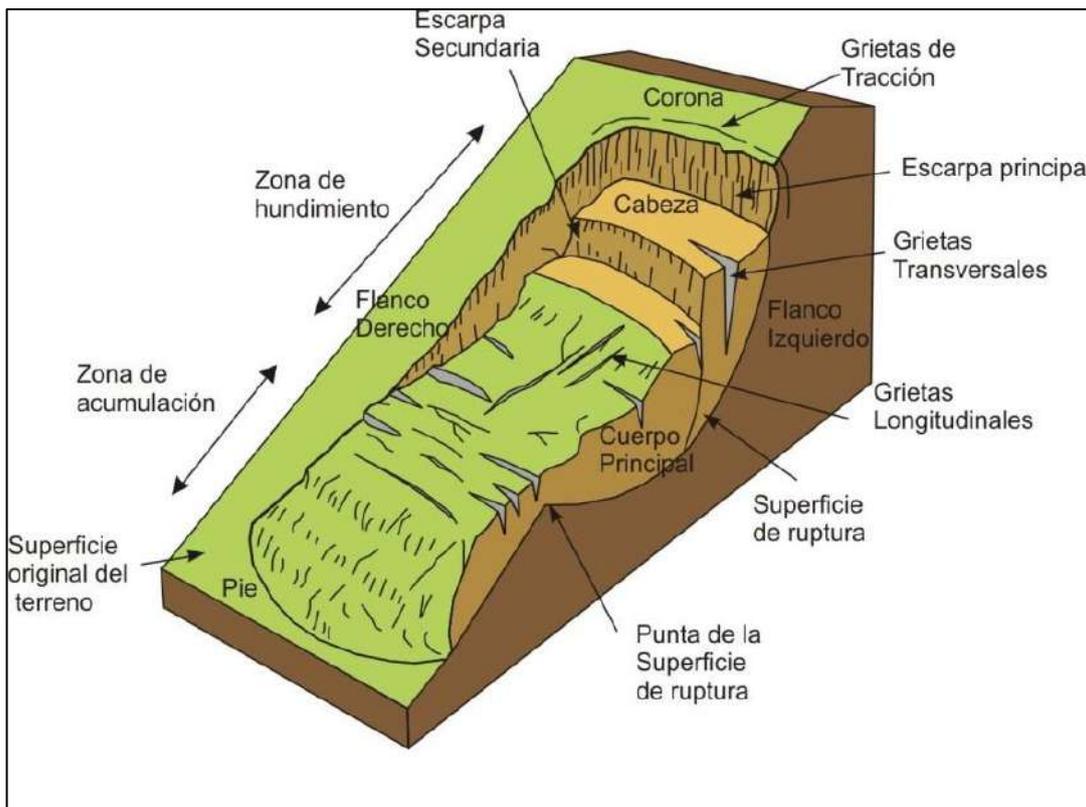


Figura 12. Partes de un deslizamiento de tipo rotacional.

A) Deslizamiento del caserío Ututupampa

El viernes 31 de marzo del 2022, se inició un deslizamiento, en el caserío Ututupampa, ubicado a 0.4 km al sureste del caserío de Jauna y en la margen izquierda de la quebrada Ututupampa. (figura 13)

El evento generó la obstrucción de la trocha carrozable Ututupampa – Jauna en un tramo de 60 m, también afectó tubería de agua potable en un tramo de 88 m, que pasa por el cuerpo del deslizamiento, así como terreno de pastizal en 0.20 ha.



Figura 13. Vista del deslizamiento rotacional del caserío Ututupampa, se observa que en el cuerpo del deslizamiento existen dos puntos por donde emanan aguas subterráneas.

4.1.1. Características visuales del evento

Se trata de un deslizamiento rotacional, caracterizado por una escarpa principal con longitud de 92 m y con salto promedio de 0.45 a 1.5 m, es de forma elongada y continua (figura 14).

El deslizamiento se localiza en la margen izquierda de la quebrada Ututupampa, la misma que involucró depósitos coluvio-deluviales de un movimiento antiguo, como también por la saturación de terreno; producto de la presencia ojos de agua (aguas subterráneas), ubicadas en medio del cuerpo de deslizamiento. (figura 15).

- Estado de la actividad del movimiento: Activo
- Forma de la escarpa principal: Elongada
- Superficie de rotura: elongada, irregular.
- Desnivel entre escarpa y pie: 45 m
- Salto de escarpa principal, comprendido entre: 0.20 a 1.5 m, con dirección al NW290°.
- Se identificaron agrietamientos longitudinales y transversales de 0.05 a 0.18 m, con longitudes de hasta 22 m agrietamientos en la cabecera y el cuerpo del deslizamiento, (figura 16).
- Presenta emanación de aguas subterráneas (puquiales) en el cuerpo del deslizamiento (figura 17).
- Tipo de avance: Retrogresivo (por las grietas encontradas en la parte posterior del escarpe principal).

- Presenta escarpes múltiples que tienen longitudes de 2 a 28m y salto promedio de 0.45 a 1.5 m.

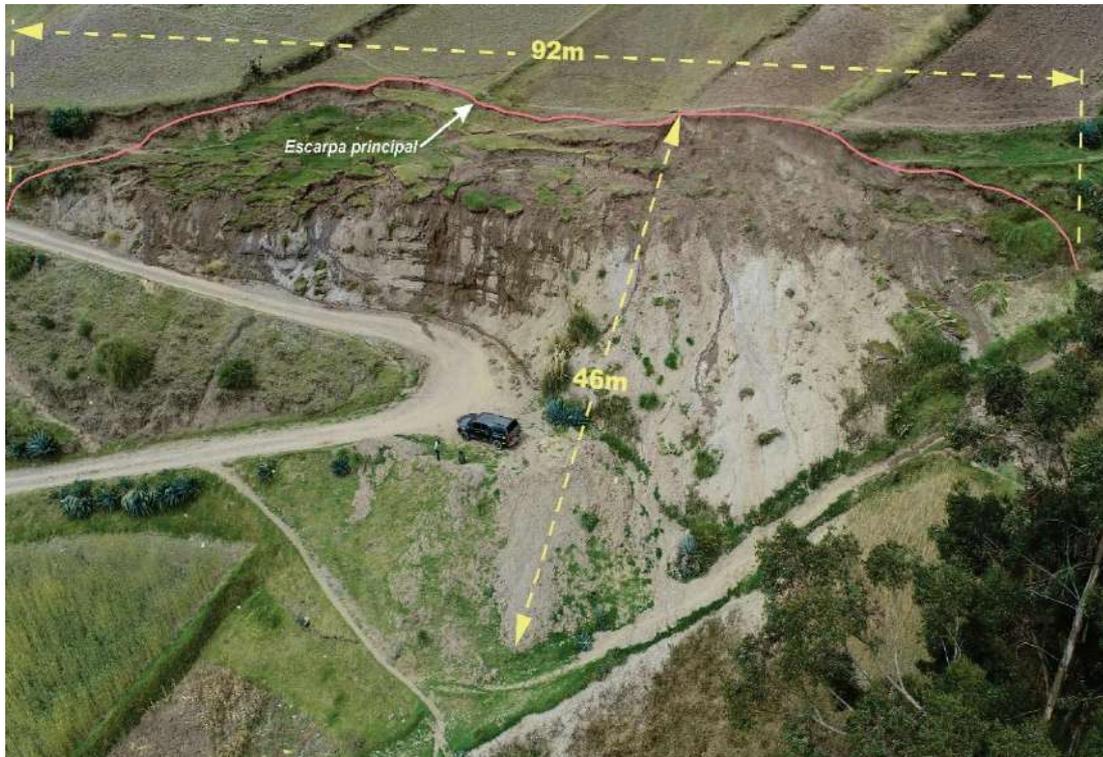


Figura 14. Dimensiones del deslizamiento rotacional del caserío Ututupampa, presenta una longitud de la escarpa de 92 m y desnivel entre la escarpa y el pie de 46 m; se pudo evidenciar la presencia de agua subterránea que emana por el cuerpo del evento.



Figura 15. En esta figura se observa los saltos principales: a) saltos de 0.80 m, b) 1.5 m de salto, considerado el salto más resaltante y c) saltos de 0.45 m; las mismas que van en dirección NW, en dirección hacia la trocha.



Figura 16. Vista de los agrietamientos longitudinales y transversales identificados en la cabecera de la escarpa, así como en el cuerpo del deslizamiento, las mismas que llegan a tener longitudes de hasta 22 m, con aberturas de 0.05 a 0.18 m.



Figura 17. Se identificó emanación de agua subterránea (ojos de agua) del cuerpo del deslizamiento, el cual estaría aportando a la saturación de suelo; según indican los pobladores, estas son permanentes.

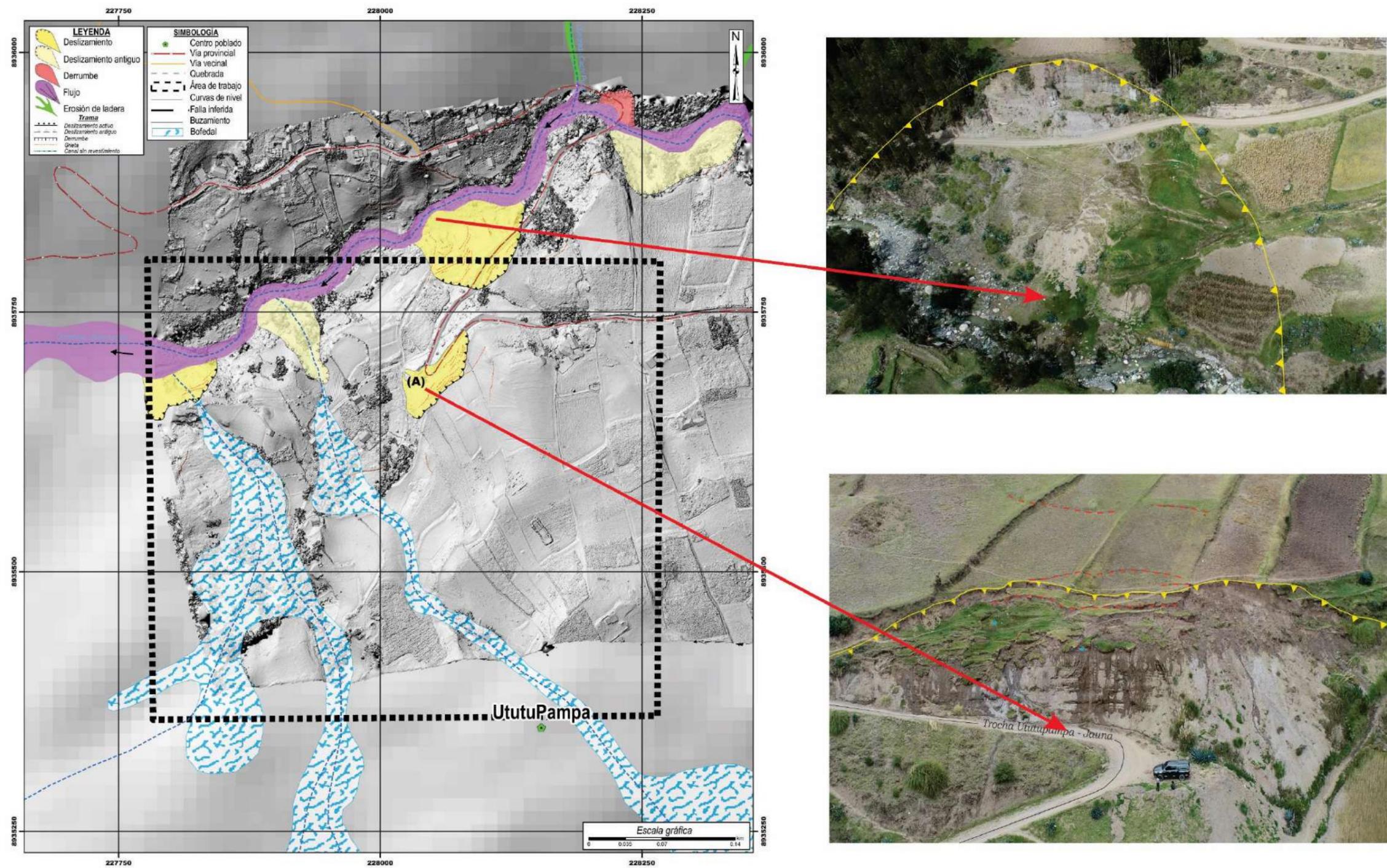


Figura 18. Cartografía de procesos geológicos del caserío Ututupampa, catalogando como deslizamiento (A), donde se evidencio dos deslizamientos representativos activos; el primero ubicado a un costado de la carretera, cabe mencionar que en este punto se evidencia la emanación de aguas subterráneas del cuerpo del deslizamiento, el cual estaría aportando a la saturación del terreno; y el otro ubicado en la margen izquierda de la quebrada Ututpampa.

4.1.2. Factores condicionantes

Factor litológico-estructural

- Substrato rocoso compuesto por tobas litoclásticas gris blanquecina y rojos violáceos con clastos subangulosos en una matriz de ceniza con presencia de cristales de plagioclasa alterado a arcillas y coladas volcánicas con algunas brechas y conglomerados con clastos volcánicos, muy fracturadas y altamente meteorizadas, lo que permite mayor infiltración y retención de agua de lluvia al terreno, originando inestabilidad en las laderas.
- Suelos inconsolidados (depósitos coluvio-deluviales), desarrolladas en la margen izquierda de la quebrada Ututupampa, compuestas 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 bofedales que se presentan en el área de estudio.

Factor geomorfológico

Vertiente glacio-fluvial formada por la acumulación de materiales de origen glaciar, los cuales han sido transportados y redepositados por escorrentías formadas por el deshielo del glaciar o por precipitaciones pluviales que se concentran, forman cursos de agua y transportan los materiales sueltos, cuyas laderas presentan pendientes moderado (5° a 15°) a muy escarpado (> 45°); lo que permite que el material suelto disponible se erosione y se remueva fácilmente pendiente abajo por efecto de la gravedad y acción de las aguas de escorrentía.

Factor hidrogeológico

- Aguas subterráneas: Se encuentra bajo la superficie de la tierra ocupando el espacio entre las partículas del suelo o entre las superficies rocosas, ubicada en el deslizamiento reciente.

4.1.3. Factores detonantes o desencadenantes

- Precipitaciones: Intensas precipitaciones pluviales y/o excepcionales, principalmente entre los meses de diciembre a abril, que en el periodo de noviembre, 2018 - noviembre 2022 fue de 47.8 mm fue de un máximo 47.8 mm.
- 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.

4.1.4. Factores antrópicos

- Corte de talud para el mantenimiento de la trocha Ututupampa – Jauna, desde el año 2013 (según información de un poblador).

- Sistema de tuberías que cruzan por el cuerpo del deslizamiento, el que no cuenta con mantenimiento, desde su instalación.

4.1.5. Daños por el deslizamiento

El deslizamiento de Ututupampa generó daños como:

- Afectó de 60 m de la vía Ututupampa – Jauna
- Afectó de 35 m tubería de agua potable
- Afectó 0.13 ha de terrenos de pastizales
- Podría afectar 80 m de un tramo ubicado ladera abajo
- Podría obstruir el paso vehicular y/o peatonal de reactivarse el evento.

4.1.6. Análisis de perfil del deslizamiento

Con el Modelo Digital del Terreno (MDT), de resolución 0.20 n/px, obtenido mediante levantamiento fotogramétrico aéreo con drone, en el caserío de Ututupampa, se ha realizado un perfil (figura 19), sobre el cual se realiza un análisis del relieve del relieve post evento (2022), destacando las siguientes características:

Perfil A-A muestra el proceso de movimientos en masa, que se inicia a 3497 m donde se observó la escarpa del deslizamiento antiguo, con dirección NW, hacia la quebrada Ututupampa; donde actualmente se está desarrollando la actividad agrícola.

A 251 m de la escarpa antigua, el 31 de marzo del 2022 se reactivó un deslizamiento de tipo rotacional con una escarpa principal de 92 m de longitud con saltos de varían de 0.20 hasta 1.5 m; a 27 m de este punto se encuentra la trocha Ututupampa - Jauna, que fue afectado producto del deslizamiento.

La ladera está compuesta 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.

El factor detonante fue la lluvia que combinado con el agua subterránea (presencia de ojos de agua), está aportando la saturación del terreno. Esta filtración generó la existencia de un bofedal ubicados a una altitud 3456 m y 3453 m, en dirección hacia el oeste. De manera que el efecto del agua infiltrada se combinó desfavorablemente con las propiedades físico-mecánicas de los materiales cuaternarios (de naturaleza poco consolidado) y la pendiente de la ladera que en este caso se encuentra de fuerte (15° a 25°) a muy escarpado (>45°).

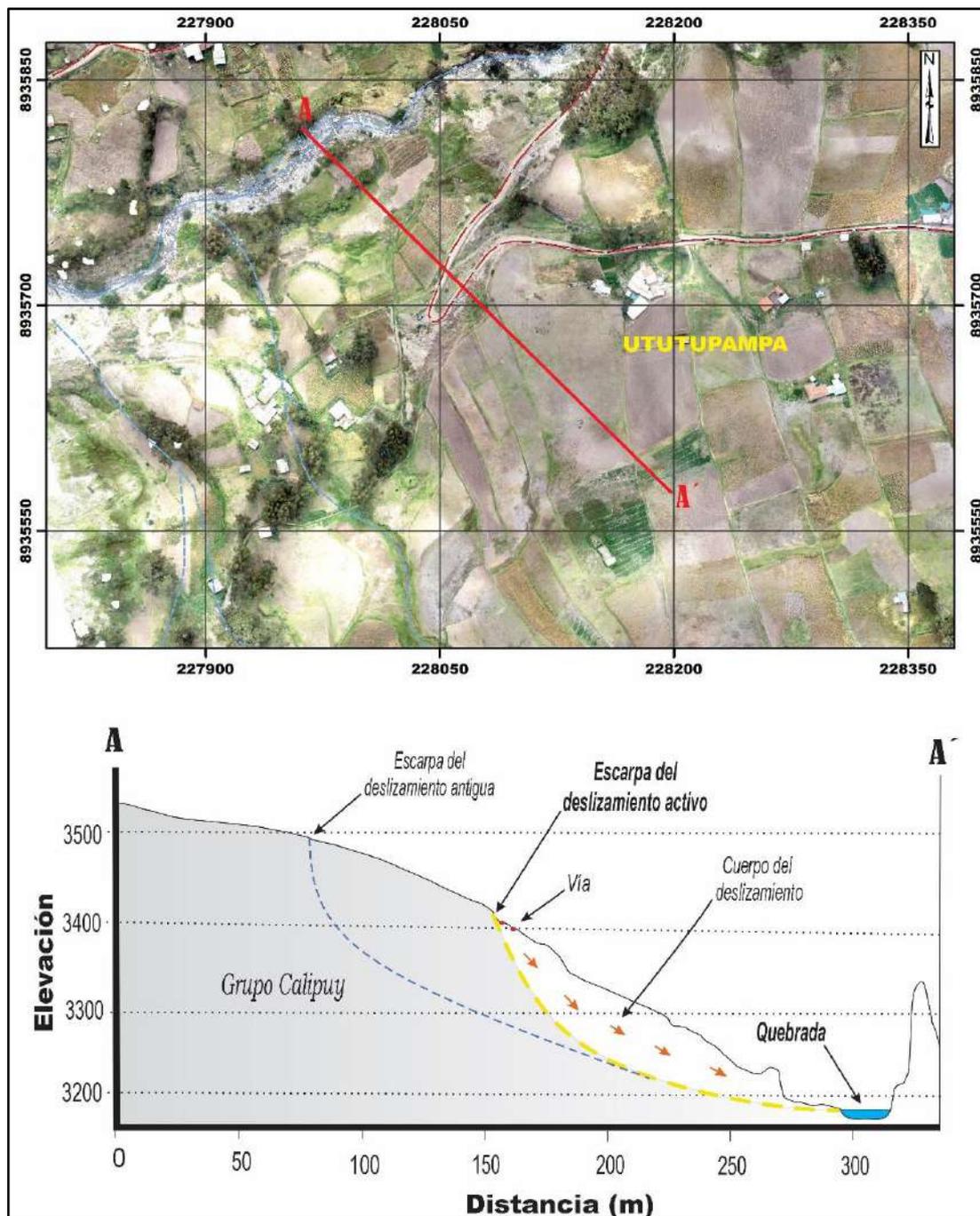


Figura 19. Perfil longitudinal A-A' con la ortofoto obtenida con el dron, con trabajos de campo.

B) Deslizamiento caserío Lloclla

El 02 de abril del 2022, se reactivó un proceso de movimiento en masa de tipo deslizamiento, en el caserío Lloclla, ubicado a 1.7 km al noreste de Aco, en la margen derecha de la quebrada Lloclla (figura 20), el deslizamiento más representativo se denomina deslizamiento (A), ubicada entre las coordenadas 8934118 N, 227907 E con una altitud de 3464 m s.n.m.

El evento generó la destrucción de 01 vivienda; afectó 02 viviendas que se encuentran deshabitadas por presencia de grietas en las paredes, 01 vivienda podría ser afectada

debido a que se encuentra ubicada a 16.5 m de la escarpa principal; así como 0.78 ha aprox de cultivos de maíz y cebada, del punto.

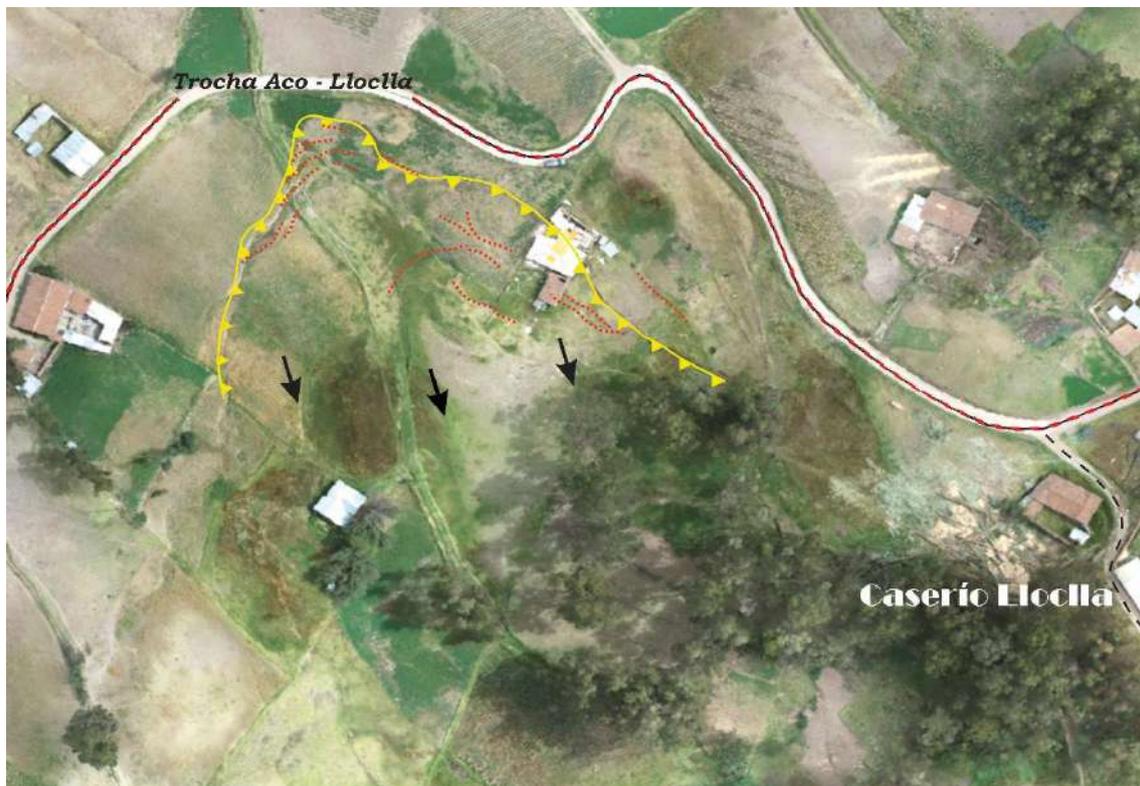


Figura 20. Vista del deslizamiento rotacional del caserío Lloclla, se observa que en el cuerpo del deslizamiento existen agrietamientos longitudinales y transversales; así como presencia de agua subterráneas.

4.1.7. Características visuales del evento

Se trata de un deslizamiento de tipo rotacional (A), caracterizado por una escarpa principal de 165 m de longitud, de forma elongada y continua.

El deslizamiento se encuentra en la margen derecha de la quebrada Lloclla, la misma que involucro depósitos coluvio-deluviales de un movimiento antiguo, como también por la saturación de terreno; producto de la presencia ojos de agua (aguas subterráneas), ubicadas en medio del cuerpo de deslizamiento. (figura 21).

- Estado de la actividad del movimiento: Activo
- Forma de la escarpa principal: Elongada
- Superficie de rotura: Semicircular y alargada
- Desnivel entre escarpa y pie: 320 m.
- Salto de escarpa principal, comprendido entre: 0.50 a 3 m, con dirección SE, en dirección a la quebrada Lloclla. (figura 22).
- En el cuerpo del deslizamiento tenemos múltiples escarpes con longitudes de hasta 30 m.
- El avance es retrogresivo.

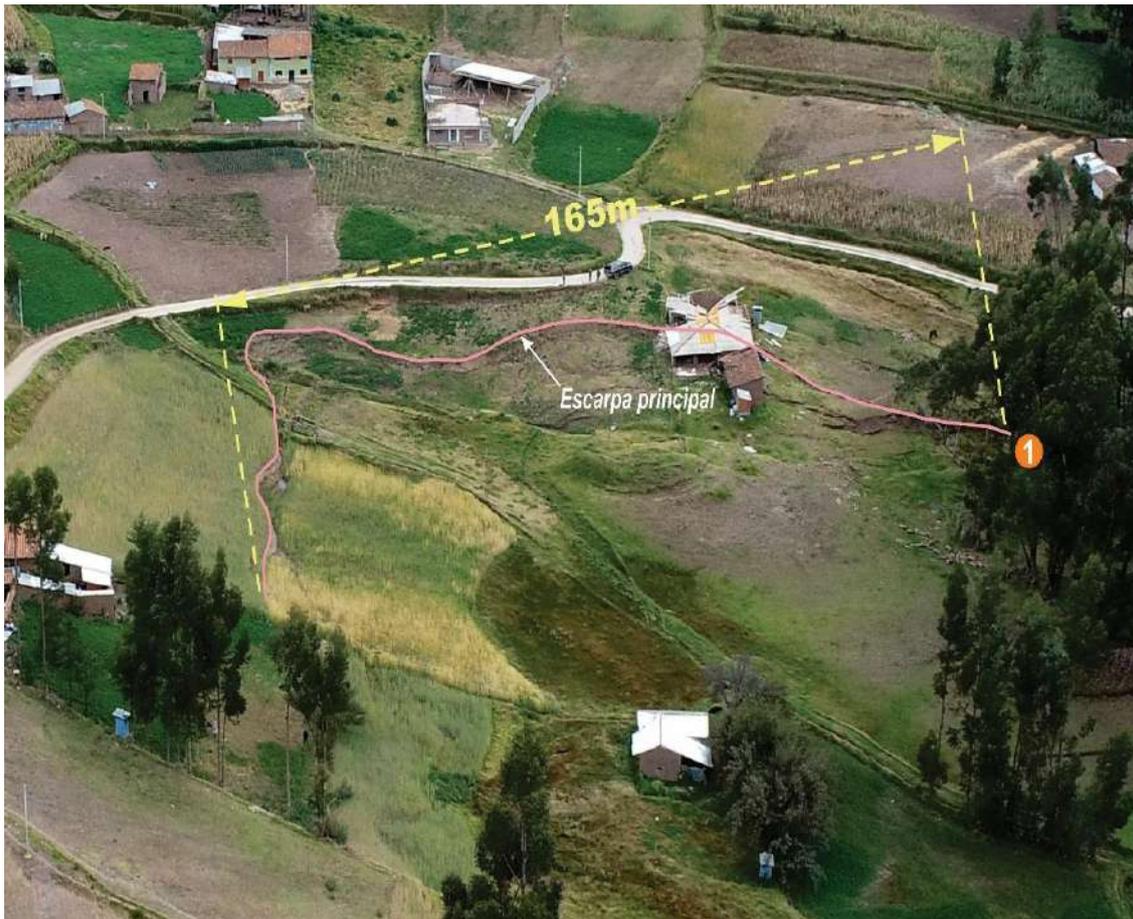


Figura 21. Vista del deslizamiento rotacional del caserío Lloclla, se observa que en el cuerpo del deslizamiento existen agrietamientos transversales; así como presencia de agua subterráneas.



Figura 22. Se observa saltos de 2 m y 1.1 m, que afectaron terrenos de pastoreo.

Se identificaron agrietamientos longitudinales y transversales en el cuerpo del deslizamiento, con longitudes que van de 1 m a 54 m, con aberturas de hasta de 0.05 a 0.50 m y profundidades visibles de hasta 0.80 m (figura 23).

También se identificaron empozamientos en varios puntos del cuerpo del deslizamiento (A), (cuadro 7), producto de las aguas subterráneas, las mismas que afectaron directamente a cultivos de maíz y cebada, que están saturando al suelo. (figura 24)

Cuadro 7: Coordenadas de las zonas de empozamiento más resaltantes

Codificación	COORDENADAS UTM WGS84		
	Norte	Este	Cota
Sector I	8934061	227880	3465
Sector II	8934129	227983	3459
Sector III	8934120	228110	3451
Sector IV	8934062	228133	3447
Sector V	8934034	227945	3458

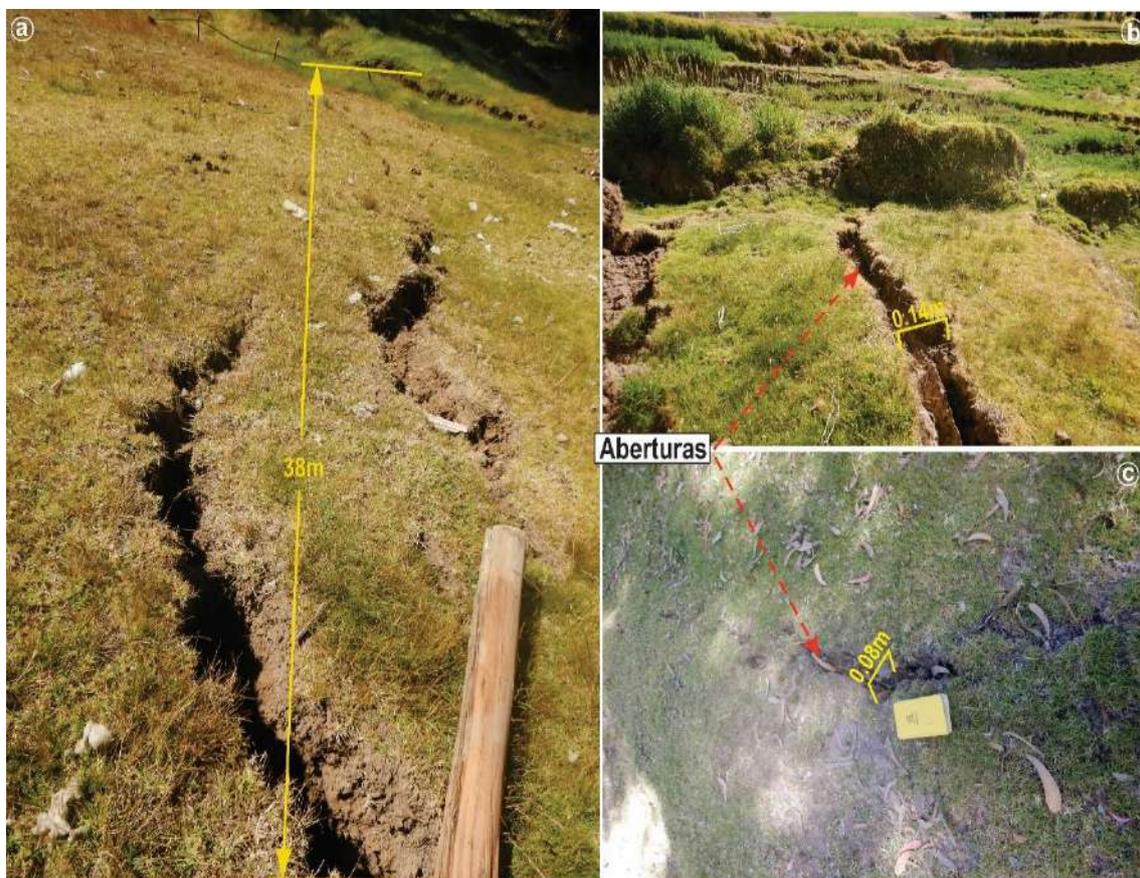


Figura 23. a) Vista de grietas en el terreno de 38 m de longitud, b) aberturas de hasta 0.10 m; y profundidades visibles de hasta 0.25 m y c) abertura de 0.08 m, que afectaron a cultivos y terrenos de pastoreo.



Figura 24. Se observa empozamiento de agua, producto de las aguas subterráneas.

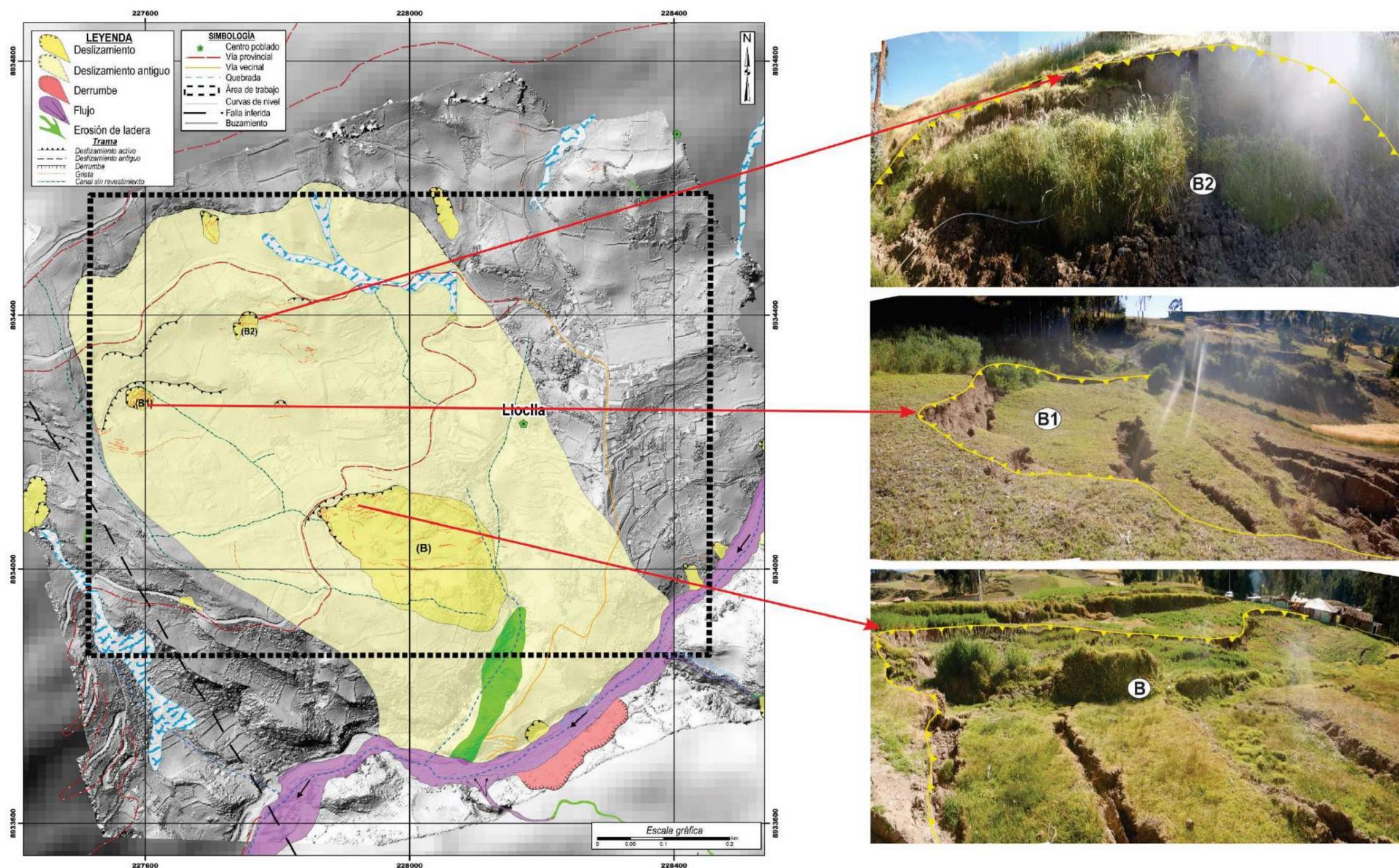


Figura 25. Cartografía de procesos geológicos del caserío Lloclla, el evento principal esta designado como (B), que generó la destrucción de una vivienda; así mismo se muestra los deslizamientos catalogados como (B1), que afectó directamente a cultivos de maíz, así como el deslizamiento (B2) deslizamiento que afectó a terrenos de cultivo y pastoreo. Cabe mencionar que todos estos deslizamientos presentan agrietamientos longitudinales y transversales en el cuerpo; y cabe precisar que se evidenció la presencia de aguas subterráneas, el cual está aportando en la saturación del terreno.

4.1.8. Factores condicionantes

Factor litológico-estructural

- Substrato rocoso compuesto por tobas litoclásticas gris blanquecina y rojos violáceos con clastos subangulosos en una matriz de ceniza con presencia de cristales de plagioclasa alterado a arcillas y coladas volcánicas con algunas brechas y conglomerados con clastos volcánicos, muy fracturadas y altamente meteorizadas, lo que permite mayor infiltración y retención de agua de lluvia al terreno, originando inestabilidad en las laderas.
- Suelos inconsolidados (depósitos coluvio-deluviales), desarrolladas en la margen izquierda de la quebrada Ututupampa, 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 bofedales que se presentan en el área de estudio.

Factor geomorfológico

- Vertiente glacio-fluvial formada por la acumulación de materiales de origen glaciar, los cuales han sido transportados y redepositados por escorrentías formadas por el deshielo del glaciar o por precipitaciones pluviales que se concentran, forman cursos de agua y transportan los materiales sueltos, cuyas laderas presentan pendientes moderado (5° a 15°) a muy escarpado (> 45°); lo que permite que el material suelto disponible se erosione y se remueva fácilmente pendiente abajo por efecto de la gravedad y acción de las aguas de escorrentía.

Factor hidrogeológico

- AGUAS SUBTERRÁNEAS: Se encuentra bajo la superficie de la tierra ocupando el espacio entre las partículas del suelo o entre las superficies rocosas, ubicada en el deslizamiento reciente.

4.1.9. Factores detonantes o desencadenantes

- PRECIPITACIONES: Intensas precipitaciones pluviales y/o excepcionales, principalmente entre los meses de diciembre a abril, que en el periodo noviembre, 2018 - noviembre 2022 es de un máximo 47.8 mm.
- 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

- Aguas subterráneas (ojos de agua), no canalizados.
- Todos los canales de riego que atraviesan por el caserío de Lloclla, no cuentan con revestimiento; lo que podría estar aportando en la saturación de terreno.
- Riego desmedido del terreno (cultivos de alfalfa).

4.1.11. Daños por el deslizamiento

El deslizamiento de Lloclla generó:

- Destrucción de 01 vivienda (figura 26)
- Afectó 02 viviendas ubicadas sobre la corona (actualmente deshabitadas,) y 05 viviendas (ubicadas bajo la corona (figura 32)
- Podría afectar 01 vivienda (ubicada a 16.5 m de la escarpa)
- Afectó cultivos de maíz y cebada en un área de 0.78 ha aproximadamente.
- Podría afectar la vía Aco – Lloclla en un tramo de 48.5 m de (por estar a 3 m de la escarpa antigua).
- Afectación del buzón de desagüe. (figura 27)



Figura 26. Vista de distintos ángulos de la vivienda destruida, por el deslizamiento; cabe mencionar que la escarpa cruza por medio de la vivienda.



Figura 27. Buzón del desagüe afectado por el deslizamiento; actualmente en desuso.

4.1.12. Análisis de perfil del deslizamiento

Con el Modelo Digital del Terreno (MDT) de resolución 0.20 n/px, obtenido mediante levantamiento fotogramétrico aéreo con dron, en el caserío de Lloclla, se ha realizado un perfil (figura 28), sobre el cual se realiza un análisis del relieve del relieve post evento (2022), destacando las siguientes características:

Perfil A-A muestra el proceso de movimientos en masa, que se inicia a una altitud de 3583 m donde se observó la escarpa del deslizamiento antiguo, con dirección SE, hacia la quebrada Lloclla; donde actualmente se asienta algunas viviendas y se desarrollando la actividad agrícola.

A 512 m de la escarpa antigua, el 02 de abril del 2022, se reactivó un proceso de movimiento en masa de tipo deslizamiento rotacional con una escarpa principal de 165 m de longitud, de forma elongada y continua, con saltos de 0.50 a 3 m, con dirección SE, ubicado a una altitud 3465 m; producto del evento generó la destrucción de 01 vivienda, afectó 02 viviendas, cultivos de maíz y cebada y podría afectar la vida Aco – Lloclla, ubicada a 3466 m.

El factor detonante fue la lluvia en combinación con la presencia aguas subterráneas (puquiales), el cual podría estar aportando a la saturación del terreno.

Se evidencio la presencia de empozamiento en 5 puntos del caserío, producto de las aguas subterráneas, ubicadas a cotas comprendidas entre los 3466 m a 3445 m. De manera que el efecto del agua infiltrada se combinó desfavorablemente con las propiedades físico-mecánicas de los materiales cuaternarios (de naturaleza poco consolidado) y la pendiente de la ladera que en este caso se encuentra de fuerte (15° a 25°) a muy escarpado (>45°)

La ladera está compuesta 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. El evento antiguo llego hasta la cota 3422 m, al nivel de la quebrada Lloclla; donde se observa una pequeña variación del cauce producto del empuje de material depositado hasta ese punto.

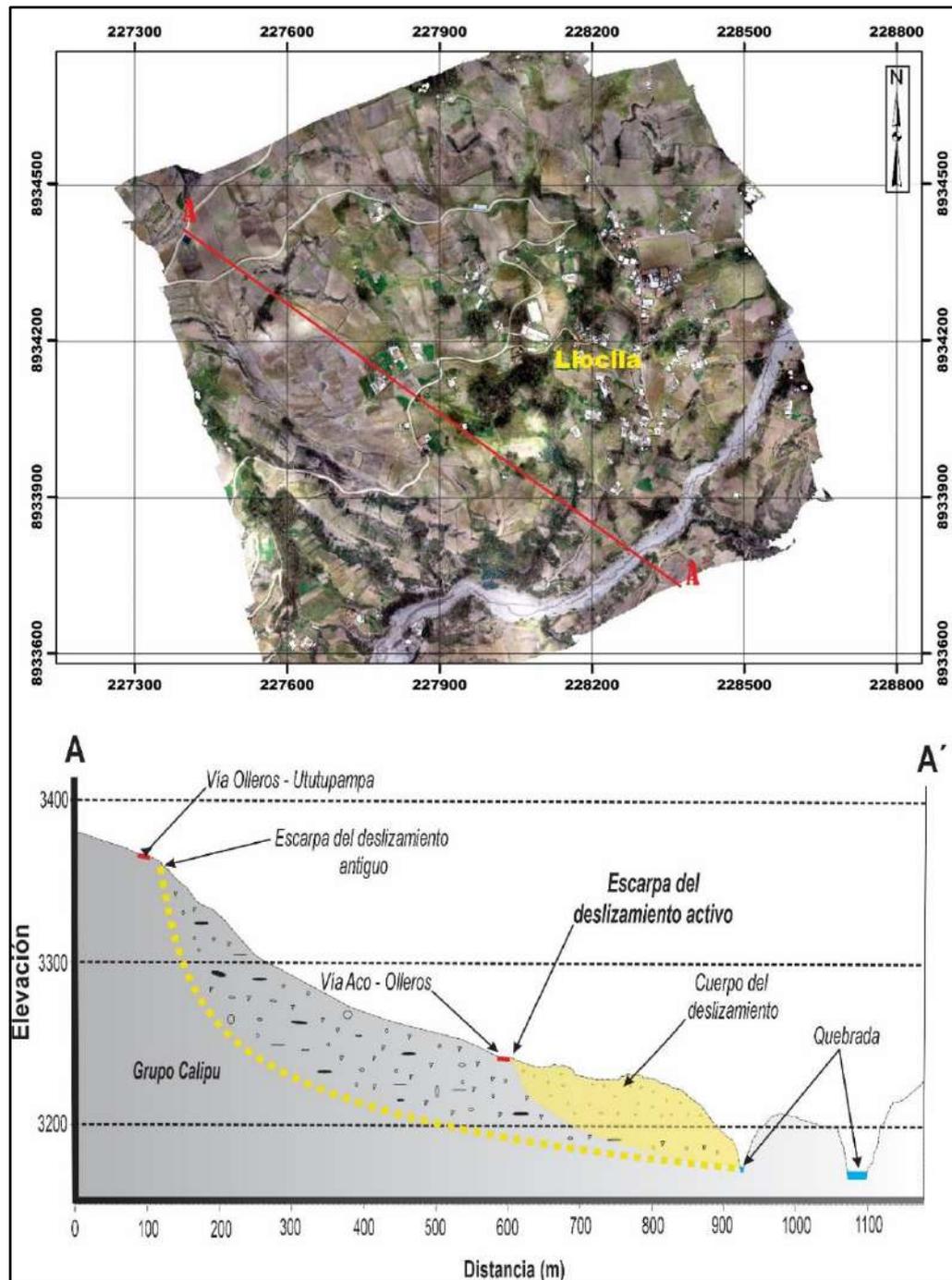


Figura 28. Perfil longitudinal A-A' con la ortofoto obtenida con el dron, con trabajos de campo.

Así mismo se reactivaron otros pequeños deslizamientos pequeños identificados en el caserío de Lloclla, el cual esta denominado como (B1); ubicado entre las coordenadas UTM 8934280 N, 227572 E (figura 29); el mismo que presenta una escarpa principal con longitud de 59 m, con saltos de hasta 0.50 m, presenta grietas continuas con longitudes de hasta 20 m, aberturas de 0.65 m y con profundidades visibles de hasta 1 m. El desnivel entre escarpa principal y pie del deslizamiento es 57 m. El deslizamiento afectó cultivos de cebada en 0.10 ha.

Se identificaron grietas longitudinales y transversales continuas con longitudes de hasta 19 m, con aberturas de 1.5 m y profundidades visibles de hasta 1 m.

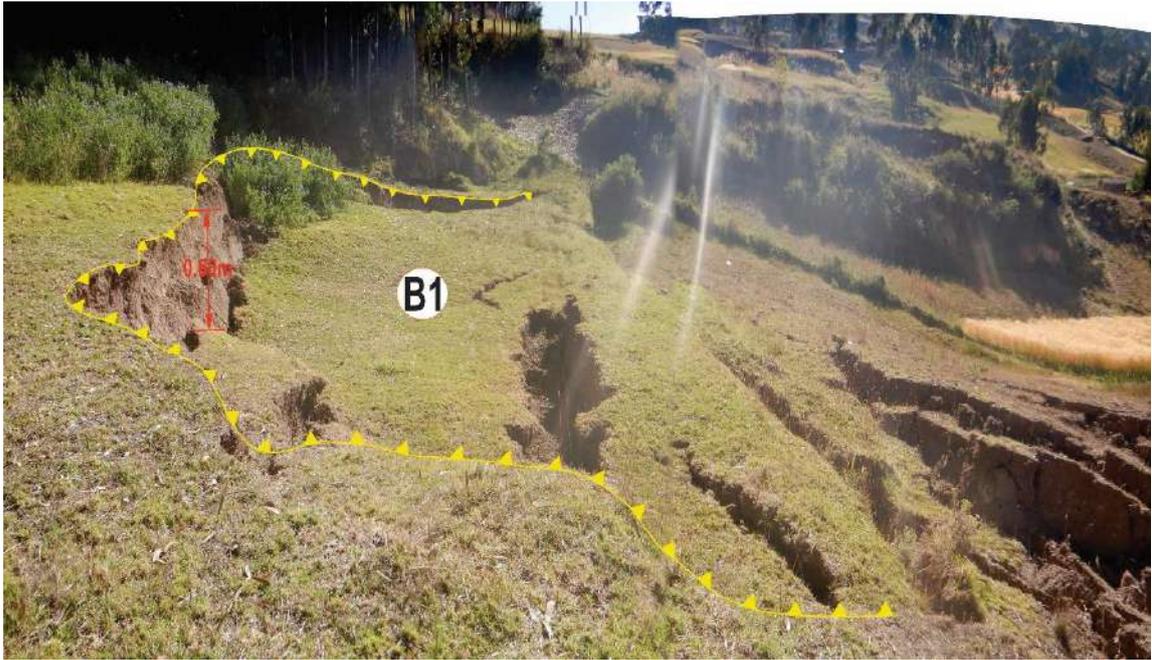


Figura 29. Vista del deslizamiento (B1), de tipo rotacional con dirección noreste, donde se observa que el evento que afectó cultivos de cebada.

El deslizamiento denominado (B2), se ubica entre las coordenadas UTM 8934402 N, 227752 E. con cota de 3534 (figura 30), presenta una escarpa con longitud de 52 m, saltos que varían de 0.50 a 1 m; la distancia entre la escarpa y el pie de 32 m.

El evento afectó terrenos de cultivos de maíz en 0.12 ha. y podría involucrar 01 vivienda; la misma que se ubica a 18 m al NE de la escarpa. Se evidenció la presencia de agrietamientos dentro y en lado izquierda del deslizamiento; lo cual indica que este evento podría avanzar en forma retrogresiva.

Así mismo se evidenció que en este caserío el suelo se encuentra muy saturado, producto de las aguas subterráneas; ya que al momento de caminar por el suelo tiende a hundirse.



Figura 30. Vista de la escarpa del deslizamiento (B2), se observa emanación de agua subterránea.

Se identificó una vivienda de dos pisos de adobe, ubicado entre las coordenadas UTM 8934178 N, 227813 E, con una cota de 3480 (figura 31); donde se pudo observar humedad en la vivienda, según indica la propietaria, esta llegó a inundarse (abril del 2022), producto de ello, los habitantes de la vivienda tuvieron que refugiarse en otro ambiente; actualmente están realizando zanjas alrededor de la vivienda con el fin de evitar lo acontecido. (figura 31)

Se evidenció que por un costado de la vivienda pasa un canal de riego sin revestimiento; también se observó al otro costado de la vivienda, cultivan alfaba; el mismo que necesita constante riego; esto contribuye con la saturación del terreno.



Figura 31. Vivienda afectada, realiza zanjas en casi todo el alrededor; como medida de correctiva, para evitar la inundación y generar humedad.

En algunas viviendas en sus paredes presentan agrietamientos con longitudes de 1.5 m con aberturas menores de 0.08 m; dos de estas viviendas, se encuentran deshabitadas por seguridad. (figura 32).

En varios puntos del caserío Lloclla se observaron canales de riego sin revestimiento, (figura 33), cabe mencionar que estos canales vienen de los reservorios ubicados al NE y NW de la carretera Lloclla - Ututupampa; a las cuales estarían aportando con la saturación del terreno.

Los canales de riego tienen longitudes de hasta 280 m, anchos que varían de 0.20 a 0.40 m con profundidades de 0.60 m, las mismas que pasan próximas a las viviendas.



Figura 32. Viviendas que presentan agrietamientos en sus paredes.



Figura 33. Canales de riego sin revestimiento, ubicados a los costados a los cultivos de maíz, cebada, papa y alfalfa.

5. CONCLUSIONES

Caserío Ututupampa

- 1) El 31 de marzo del 2022 en el caserío Ututupampa, se generó un deslizamiento rotacional, que presenta una escarpa principal con longitud de 92 m y saltos comprendidos entre 0.20 a 1.5 m; el evento presenta una dirección N290°, con desplazamiento entre escarpa y pie de 45 m.
- 2) El deslizamiento afectó la vía Ututupampa – Jauna un tramo de 60 m, tubería de agua potable en 35 m, terrenos de pastizales en 0.13 ha. Podría afectar un tramo de la vía, ubicado ladera abajo, en 80 m, así como obstruir el paso vehicular y/o peatonal de reactivarse el evento.
- 3) La ocurrencia de peligros geológicos por movimientos en masa en el caserío evaluado está condicionada por los siguientes factores:
 - Substrato rocoso compuesto por tobas litoclásticas gris blanquecina y rojos violáceos con clastos subangulosos en una matriz de ceniza con presencia de cristales de plagioclasa alterado a arcillas y coladas volcánicas con algunas brechas y conglomerados con clastos volcánicos, muy fracturadas y altamente meteorizadas.
 - Presencia de suelos inconsolidados (depósitos coluvio-deluviales), adosados a las laderas de las vertientes glacio-fluviales.
 - Laderas con pendientes que van desde moderado (5° a 15°) a muy escarpado (> 45°).
 - Acción de las aguas de escorrentía y la presencia de aguas subterráneas, que aportan en la saturación del terreno.
- 4) El factor desencadenante para la ocurrencia de movimientos en masa en el caserío de Ututupampa, corresponde a las lluvias intensas y/o excepcionales registradas en los meses de diciembre a abril con umbrales de 47.8 mm por día, la actividad sísmica y la actividad antrópica (corte de ladera, para la vía).
- 5) Debido a las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas, el caserío Ututupampa, es considerado como de **Peligro Moderado** a la ocurrencia de deslizamientos, que pueden ser desencadenados en temporada de lluvias intensas.

Caserío Lloclla

- 1) El 02 de abril del 2022 se generó deslizamiento rotacional, con una escarpa de principal con longitud de 165 m, y salto comprendido entre 0.50 a 3 m, con dirección SE, la distancia entre el escarpe principal al pie del deslizamiento es 320 m.
- 2) El deslizamiento generó la destrucción de 01 vivienda, afectó 02 viviendas (ubicadas al sur de la escarpa) y 05 viviendas (ubicadas al noreste de la escarpa), podría afectar 01 vivienda (ubicada a 16.5 m de la escarpa), 0.78 ha de cultivos de maíz y cebada, 48.5 m de la vía Aco-Lloclla (debido a que la escarpa antigua se encuentra a 3 m), así como el buzón de desagüe.

- 3) La ocurrencia de peligros geológicos por movimientos en masa en el caserío evaluado está condicionado por los siguientes factores:
- Substrato rocoso compuesto por tobas litoclásticas gris blanquecina y rojos violáceos con clastos subangulosos en una matriz de ceniza con presencia de cristales de plagioclasa alterado a arcillas y coladas volcánicas con algunas brechas y conglomerados con clastos volcánicos, muy fracturadas y altamente meteorizadas.
 - Presencia de suelos inconsolidados (depósitos coluvio-deluviales), adosados a las laderas de las Vertiente glacio-fluvial.
 - Laderas con pendientes que van desde moderado (5° a 15°) a muy escarpado (> 45°).
 - Acción de las aguas de escorrentía y la presencia de aguas subterráneas, que aportan en la saturación del terreno.
- 4) El factor desencadenante para la ocurrencia de movimientos en masa en el caserío de Lloclla, se les atribuye a las lluvias intensas y/o excepcionales registradas en los meses de diciembre a abril con umbrales de 47.8 mm por día, actividad sísmica y la actividad antrópica (como el cultivo de alfalfa entre otras).
- 5) Debido a las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas, el caserío Lloclla, es considerado como **Zona Crítica** y de **Peligro Alto** a la ocurrencia de deslizamientos, que pueden ser desencadenados en temporada de lluvias intensas.

6. RECOMENDACIONES

Caserío Ututupampa

- 1) Las autoridades competentes, deben promover la construcción de zanjas de coronación por encima del escarpe principal, con el fin de evitar la filtración del agua de escorrentía, trabajo que tiene que ser realizado por especialistas. Ver anexo 2: Medidas de mitigación para deslizamientos.
- 2) Canalizar las aguas subterráneas, con tubería de PVC, trabajo que tiene que ser realizado por especialistas
- 3) Restringir el acceso de personas y animales a la zona del deslizamiento (A), señalar con letreros de prevención.
- 4) Realizar charlas de sensibilización y concientización del peligro y riesgo al que se encuentran expuestos en el caserío Ututupampa y alrededores.

Caserío Lloclla

- 1) Considerar la reubicación de la vivienda destruida; ubicada en la escarpa del deslizamiento (B) (referencia figura 25).
- 2) Prohibir la construcción de nuevas viviendas dentro del deslizamiento (B) y alrededores.
- 3) Revestir los canales de riego, con tubería de PVC, trabajo que tiene que ser realizado por especialistas.
- 4) Prohibir el cultivo de sembríos que utilicen riego continuo (Tipo alfalfa).
- 5) Realizar charlas de sensibilización y concientización del peligro y riesgo al que se encuentran expuestos en el caserío Lloclla y alrededores.
- 6) 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



Ing. NORMA LUZ SOSA SENTICALA
Especialista en Peligros
Geológicos
INGEMMET

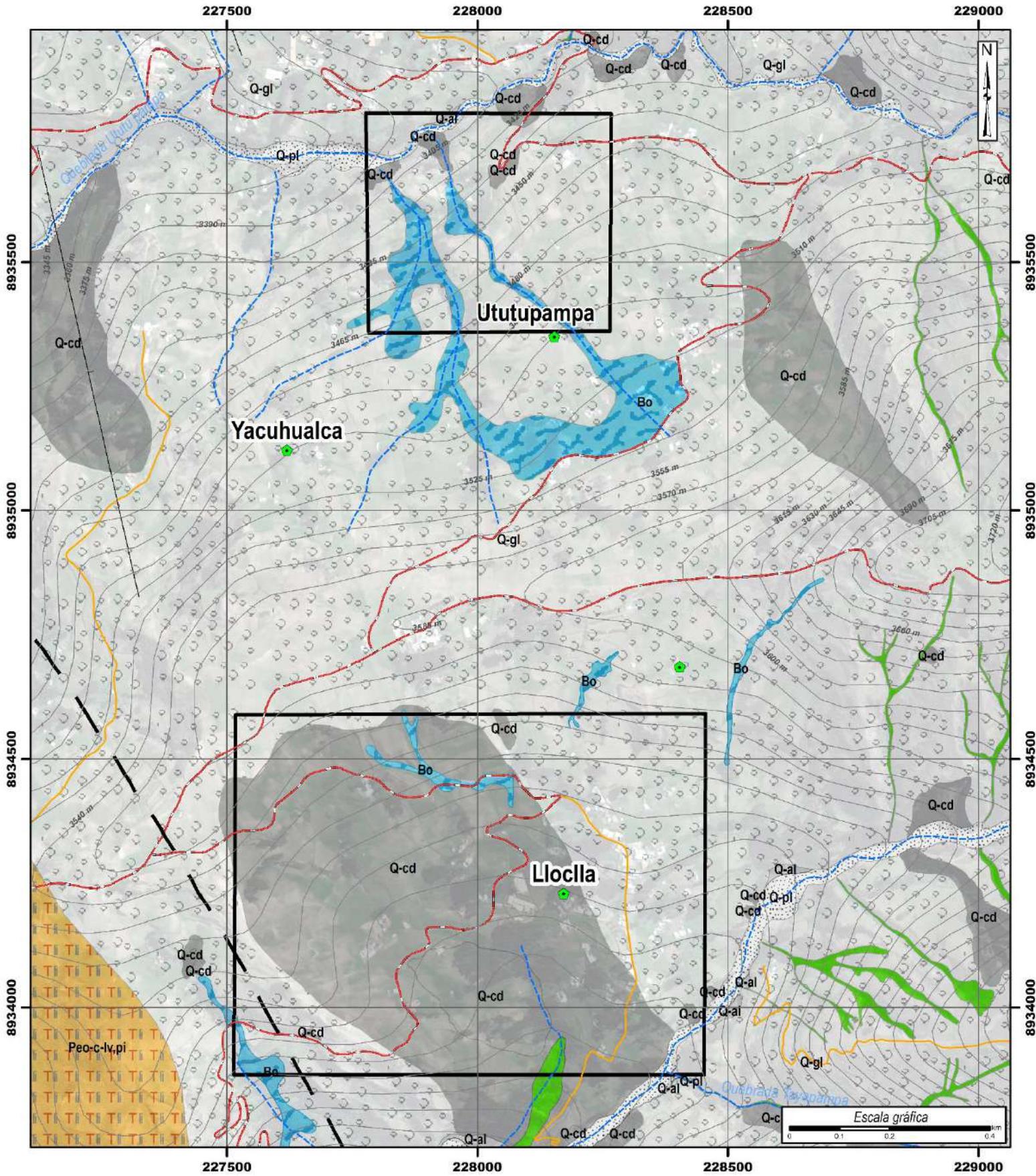


Ing. LIONEL V. FIDEL SMOLL
Director
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico
INGEMMET

7. BIBLIOGRAFÍA

- Alva, J.; Meneses, J. & Guzmán, V. (1984) - Distribución de máximas intensidades sísmicas observadas en el Perú (en línea). Congreso Nacional de Ingeniería Civil, 5, Tacna, 11 p. (consulta: 5 noviembre 2017). Disponible en: http://www.jorgealvahurtado.com/files/redacis17_a.pdf
- Cobbing, E.J.; Sánchez, A.; Martínez, W. & Zárate, H. (1996) - 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, 297 p. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12544/199>
- De la Cruz, W.I, Julio, S., & Chacaltana, C., (2003) - Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Carhuaz (19-h).INGEMMET, Escala 1:100 000, <https://hdl.handle.net/20.500.12544/2156>, 16 P.
- 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.
- Zavala, B.; Valderrama, P.; Pari, W.; Luque, G. & Barrantes, R. (2009). Riesgos geológicos en la región Áncash. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica, 38, 280p. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12544/243>.

ANEXO 1: MAPAS



LEYENDA		
Era	Sistema	Unidades litoestratigráficas
Cenozoico	Cuaternario	Q-al Depósito aluvial
		Q-cd Depósito coluvio-deluvial
		Q-fl Depósito fluvial
		Q-pl Depósito proluvial
		Q-gl Depósito glaciar
	Peo-c-lv,pi Grupo Calipuy	
Paleogeno		

SIMBOLOGÍA	
	Centro poblado
	Vía provincial
	Vía vecinal
	Quebrada
	Área de trabajo
	Curvas de nivel
	Falla inferida
	Buzamiento
	Bofedal
	Erosión de ladera

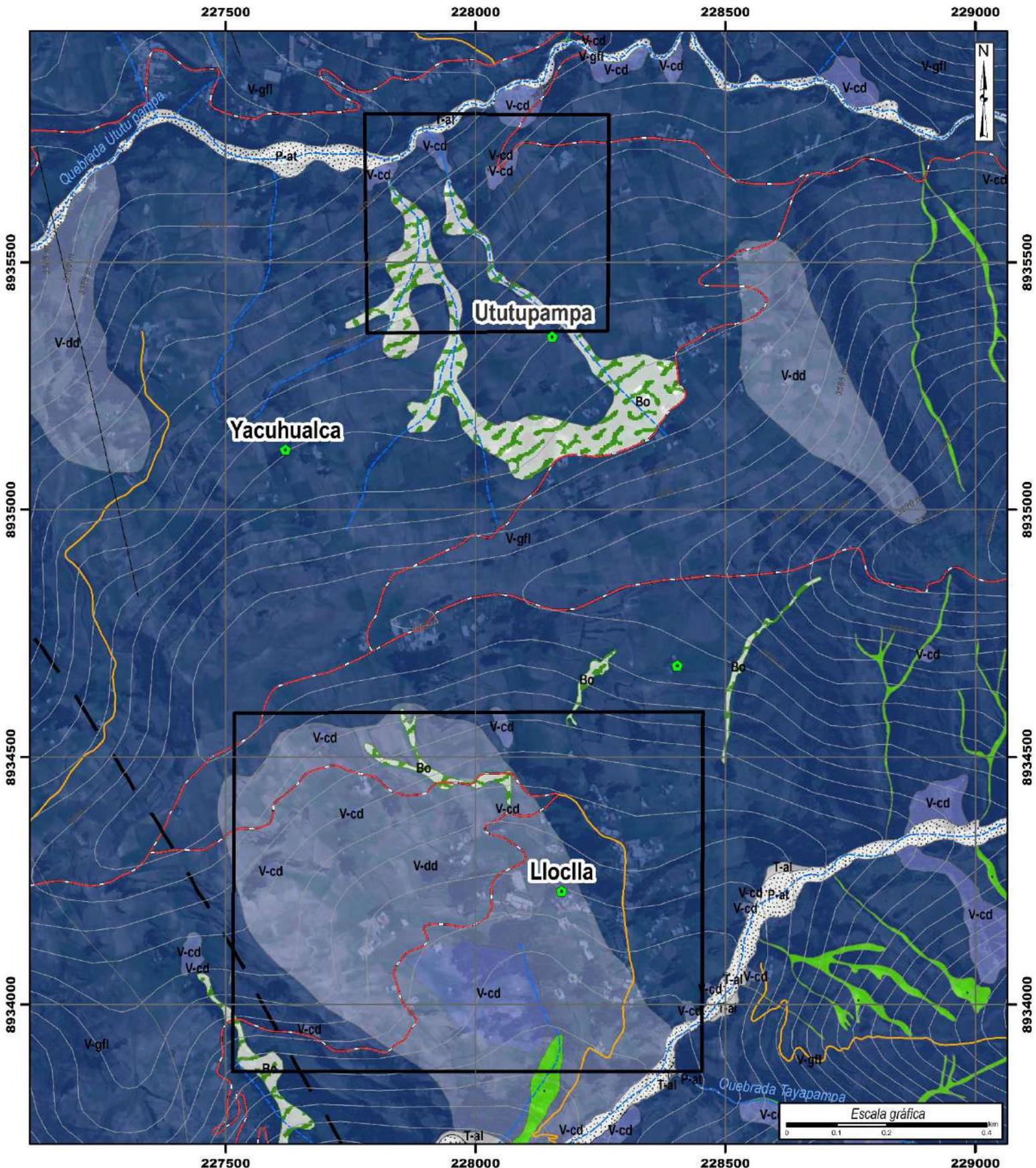
SECTOR ENERGÍA Y MINAS

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

DEPARTAMENTO: ANCASH
 PROVINCIA: HUARAZ
 DISTRITO: OLLEROS

MAPA GEOLÓGICO

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



LEYENDA	
Código	Unidades geomorfológicas
V-gfl	Vertiente glacio-fluvial
V-dd	Vertiente con depósito de deslizamiento
V-cd	Vertiente coluvio-deluvial
P-at	Vertiente aluvio-torrencial
T-al	Terraza aluvial

SIMBOLOGIA	
	Centro poblado
	Vía provincial
	Vía vecinal
	Quebrada
	Área de trabajo
	Curvas de nivel
	Falla inferida
	Buzamiento
	Bofedal
	Erosión de ladera

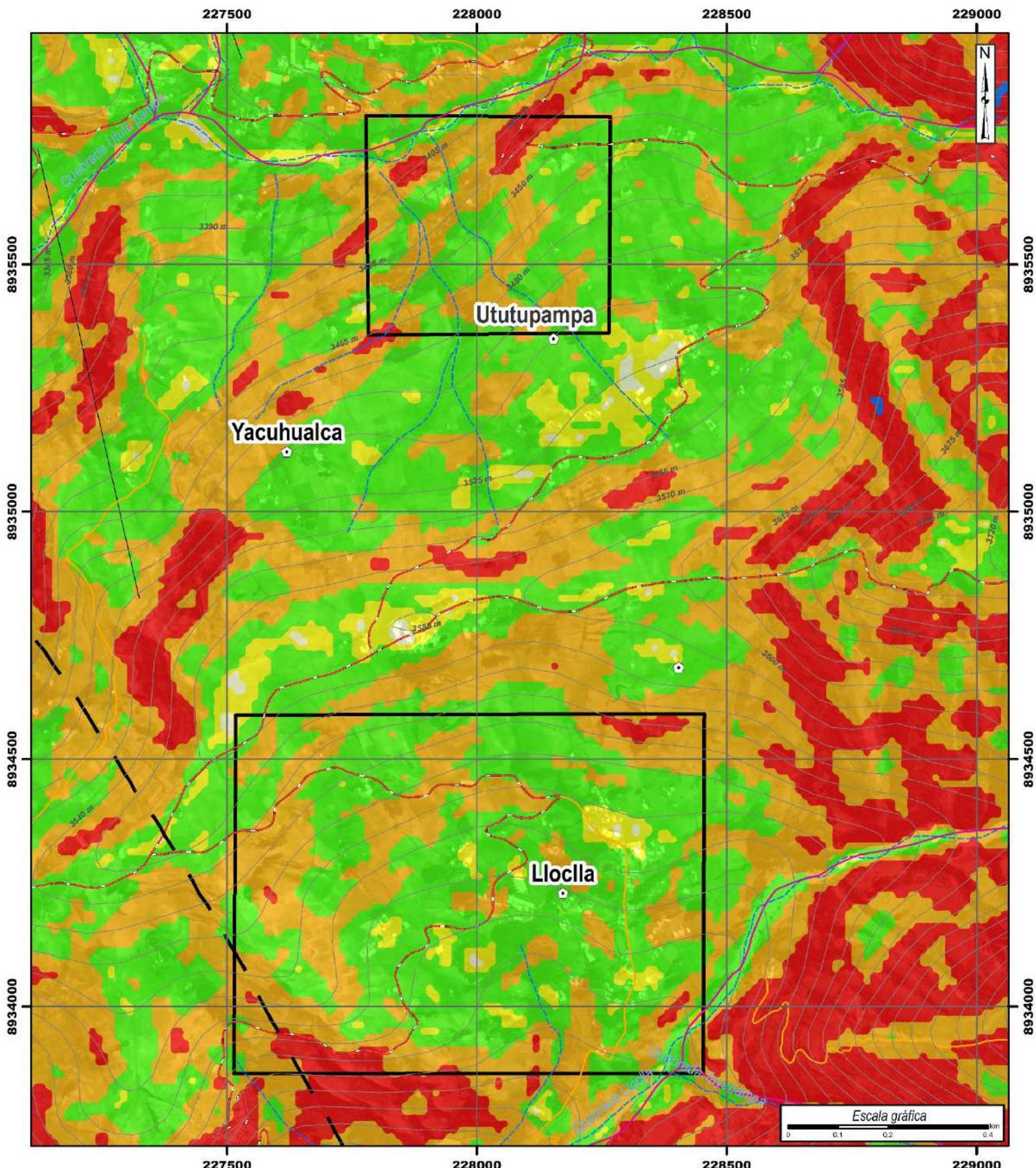
SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

DIRECCIÓN DE GEOLÓGIA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

DEPARTAMENTO: ANCASH
 PROVINCIA: HUARAZ
 DISTRITO: OLLEROS

MAPA GEOMORFOLÓGICO

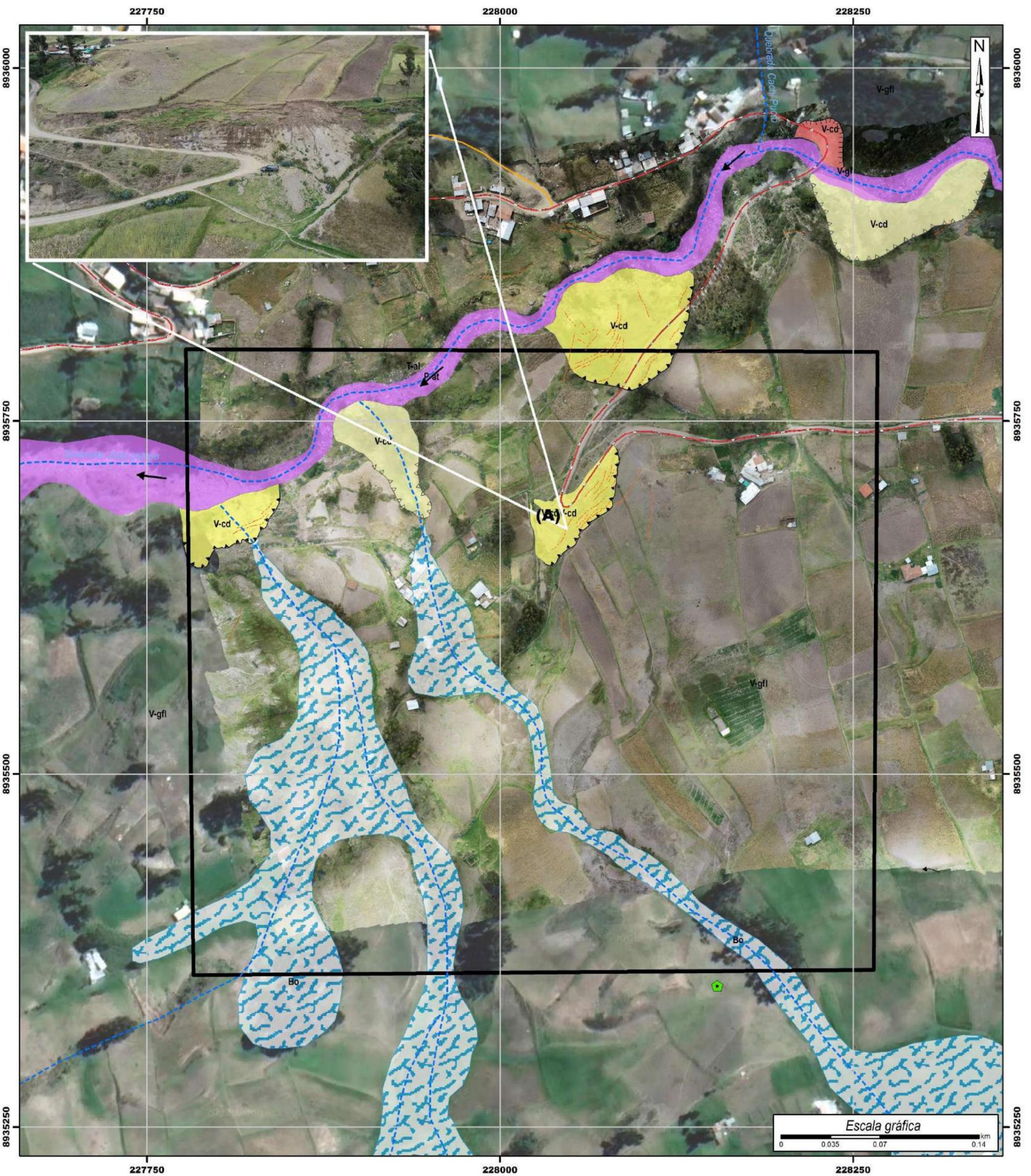
Escala: 1/10,000	Elaborado por: Sosa, N.	MAPA 02
Proyección: UTM Zona 18 Sur	Datum: WGS 84	
Versión digital 2022	Impreso: Octubre, 2022	



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

SIMBOLOGÍA	
	Centro poblado
	Vía provincial
	Vía vecinal
	Quebrada
	Área de trabajo
	Curvas de nivel
	Falla inferida
	Buzamiento

<p>SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO DIRECCIÓN DE GEOLÓGIA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO</p>		
DEPARTAMENTO: ANCASH PROVINCIA: HUARAZ DISTRITO: OLLEROS		
<h2>MAPA DE PENDIENTE</h2>		
Escala: 1/10,000	Elaborado por: Sosa, N.	MAPA 03
Proyección: UTM Zona 18 Sur	Datum: WGS 84	
Versión digital 2022	Impreso: Octubre, 2022	



LEYENDA	
	Deslizamiento
	Deslizamiento antiguo
	Derrumbe
	Flujo
	Erosión de ladera
Trama	
	Deslizamiento activo
	Deslizamiento antiguo
	Derrumbe
	Grieta
	Canal sin revestimiento

SIMBOLOGÍA	
	Centro poblado
	Vía provincial
	Vía vecinal
	Quebrada
	Área de trabajo
	Falla inferida
	Buzamiento
	Bofedal

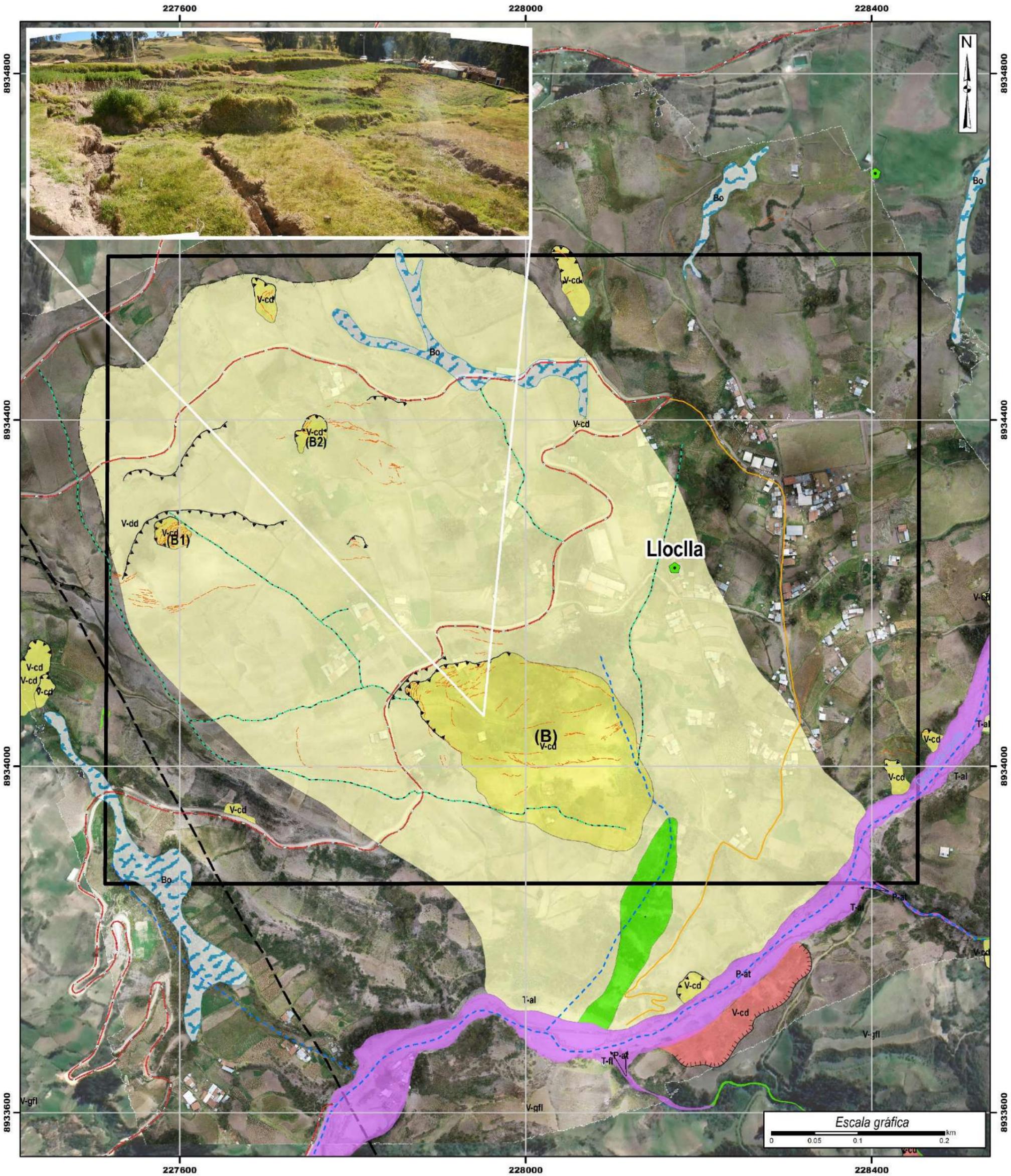
SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

DIRECCIÓN DE GEOLÓGIA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

DEPARTAMENTO: ANCASH
PROVINCIA: HUARAZ
DISTRITO: OLLEROS

**MAPA DE PELIGROS
GEOLÓGICOS DE UTUTUPAMPA**

Escala: 1/4,500	Elaborado por: Sosa, N.	MAPA 04
Proyección: UTM Zona 18 Sur	Datum: WGS 84	
Versión digital 2022	Impreso: Noviembre, 2022	



LEYENDA	
	Deslizamiento
	Deslizamiento antiguo
	Derrumbe
	Flujo
	Erosión de ladera
Trama	
	Deslizamiento activo
	Deslizamiento antiguo
	Derrumbe
	Grieta
	Canal sin revestimiento

SIMBOLOGÍA	
	Centro poblado
	Vía provincial
	Vía vecinal
	Quebrada
	Área de trabajo
	Curvas de nivel
	Falla inferida
	Buzamiento

SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

DIRECCIÓN DE GEOLÓGIA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

DEPARTAMENTO: ANCASH
PROVINCIA: HUARAZ
DISTRITO: OLLEROS

**MAPA DE PELIGROS
GEOLOGICOS DE LLOCLLA**

Escala: 1/4 500	Elaborado por: Sosa, N.	MAPA 04
Proyección: UTM Zona 18 Sur	Datum: WGS 84	
Versión digital 2022	Impreso: Noviembre, 2022	

ANEXO 2: MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN

Zanjas horizontales. Son paralelas al talud y se sitúan al pie de este. Son útiles los drenes en forma de espina de pescado (figura 1), que combinan una zanja drenante según la línea de máxima pendiente con zanjas secundarias (espinas) ligeramente inclinadas que convergen en la espina central. Su construcción y mantenimiento en zonas críticas debe tener buena vigilancia.



Figura 1. Drenaje tipo espina de pescado (Modificado, Sosa 2019)

Muros de gravedad. Son los muros más antiguos, conforman elementos pasivos en los que el peso propio es la acción estabilizadora fundamental (figuras 2 y 3). Se construyen de hormigón en masa, pero también existen de ladrillo o mampostería y se emplean para prevenir o detener deslizamientos de pequeño tamaño. Sus grandes ventajas son su facilidad constructiva y bajo costo.

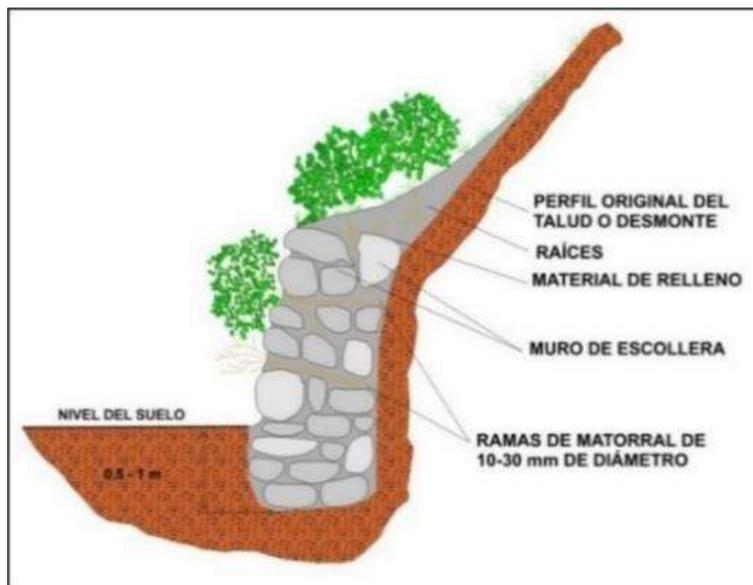


Figura 2. Muros de gravedad de piedra seca.
 Fuente: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, (2000)

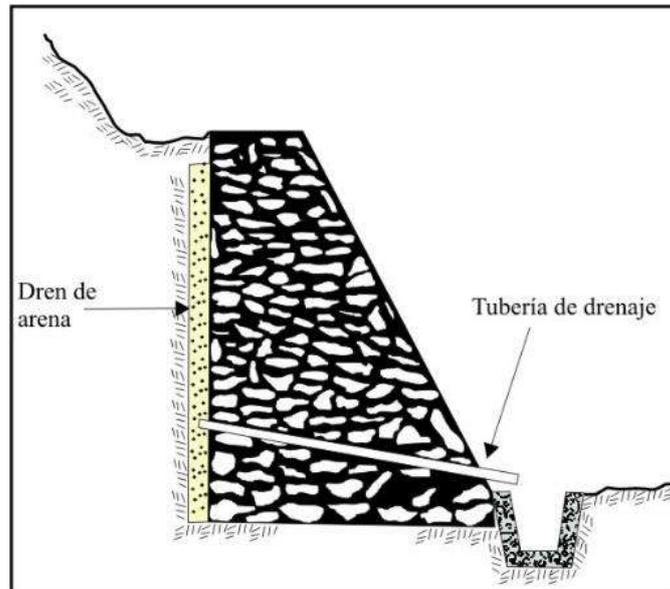


Figura 3. Muros de gravedad de piedra argamasada
 Fuente: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, (2000)

Muros de gaviones. Los gaviones son elementos con forma de prisma rectangular que consisten en un relleno granular constituido por fragmentos de roca no degradable (caliza, andesita, granitos, etc.), retenido por una malla de alambre metálico galvanizado (figura 4).

Los muros de gaviones trabajan fundamentalmente por gravedad. Generalmente se colocan en alturas bajas, aunque algunas veces se colocan en alturas medianas (hasta 25 m de alto y 10 m de ancho) y funcionan satisfactoriamente. La relación entre la altura del muro y el ancho de la base del mismo. Las ventajas que presenta son estas:

- Instalación rápida y sencilla.
- Estructuras flexibles que admiten asentamientos diferenciales del terreno.
- Sin problemas de drenaje ya que son muy permeables.
- Los empujes sobre el muro y su estabilidad al vuelco y deslizamiento se calculan de igual forma que en el caso de un muro de gravedad.

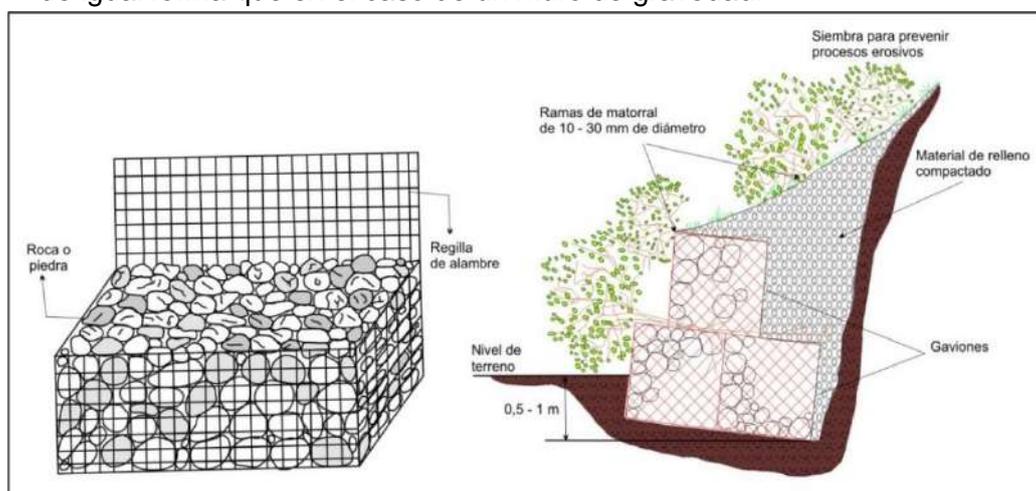


Figura 4. Muro de gavión.

Corrección por muros: se emplean frecuentemente como elementos resistentes en taludes. En ocasiones se emplean para estabilizar deslizamientos existentes o potenciales al introducir un elemento de contención al pie (figura 5). Esta forma de actuar puede tener varios inconvenientes. En primer lugar, la construcción del muro exige cierta excavación en el pie del talud, lo cual favorece la inestabilidad hasta que el muro esté completamente instalado. Por otra parte, el muro no puede ser capaz de evitar posibles deslizamientos por encima o por debajo del mismo

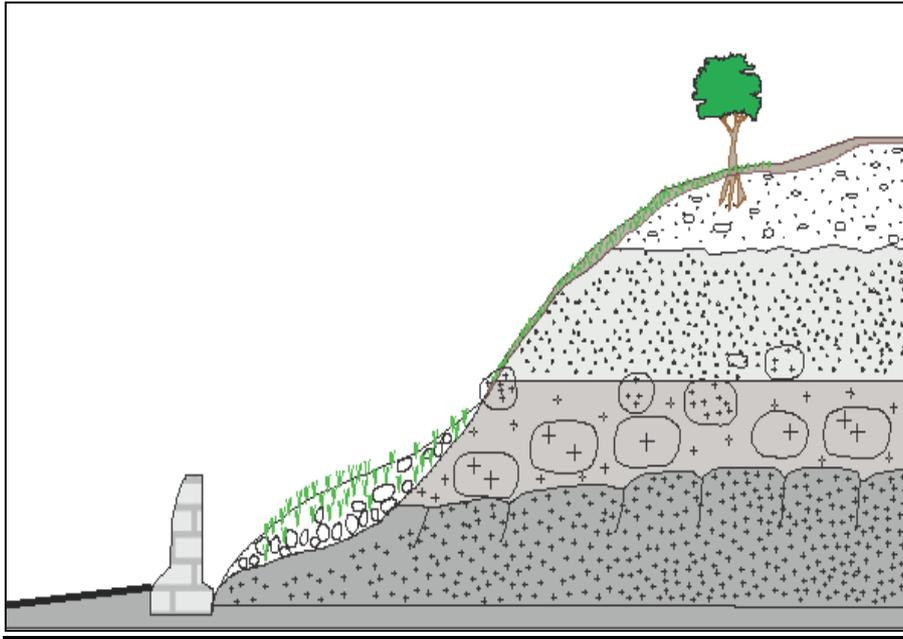


Figura 6. Esquema grafica relleno estabilizador sostenido por un muro.
 Fuente: Elaboración propia.

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

- **Drenaje superficial:** Su fin es recoger las aguas superficiales o aquellas recogidas por los drenajes profundos y evacuarlas lejos del talud para así evitar su infiltración (figura 1). Las aguas de escorrentía se evacúan por medio de zanjas de drenaje (cunetas de coronación), impermeabilizadas o no, y aproximadamente paralelas al talud. Estas deben situarse a poca distancia de la cresta del talud y detrás de la misma, de manera que eviten la llegada del agua a las grietas de tensión que podrían existir o no. El cálculo de la sección debe hacerse con los métodos hidrológicos.
- **Drenaje profundo:** La finalidad es deprimir el nivel freático con las consiguientes disminuciones de las presiones intersticiales. Para su uso es necesario conocer previamente las características hidrogeológicas del terreno (figura 2). Se clasifican en los siguientes grupos:

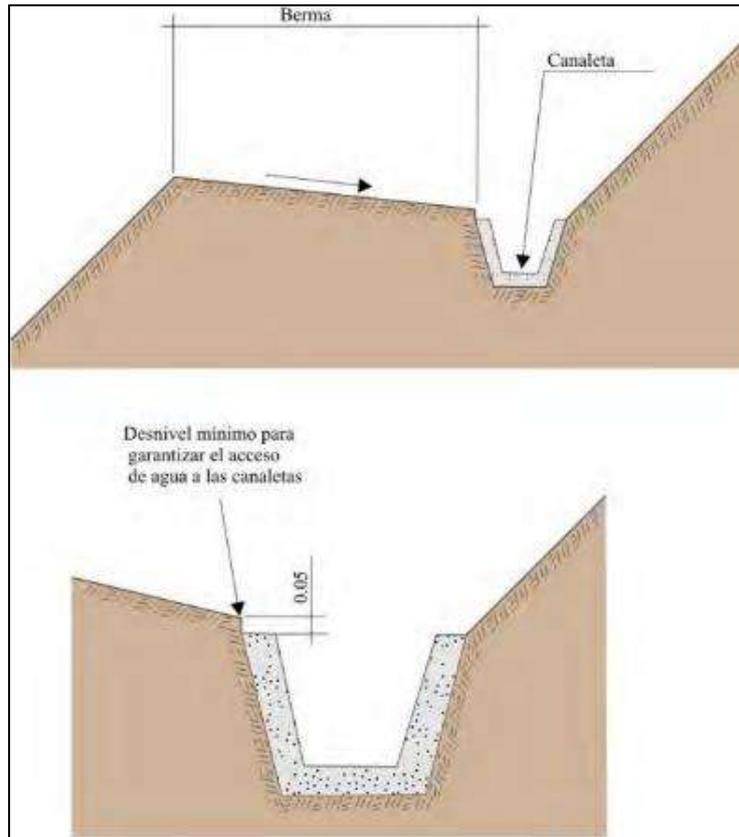


Figura 1. Detalle de una canaleta de drenaje superficial.
Fuente: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, 2000.

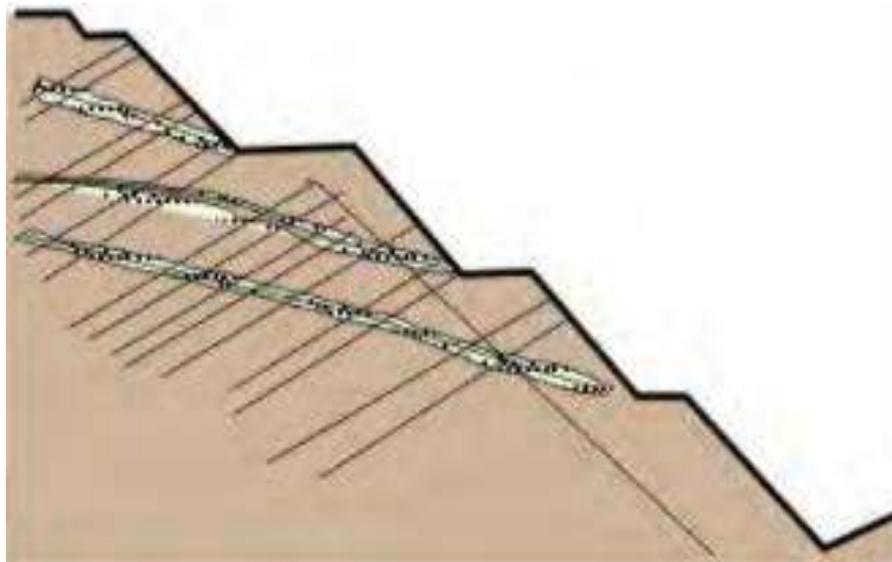


Figura 2. Esquema de drenaje de un talud por medio de drenes californianos.
Fuente: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, 2000.

Uso de vegetación: El efecto de la vegetación sobre la estabilidad de los taludes es muy debatido; el estado del uso actual deja muchas dudas e inquietudes y la cuantificación de los efectos de estabilización de las plantas sobre el suelo, no ha tenido una explicación universalmente aceptada. Sin embargo, la experiencia ha demostrado el efecto positivo de la vegetación, para evitar problemas de erosión, reptación y fallas subsuperficiales (J. Suárez Díaz, 1998). Para poder analizar los fenómenos del efecto de la vegetación sobre el suelo se requiere investigar las características específicas de la vegetación en el ambiente natural que se esté estudiando. Entre los factores se sugiere analizar los siguientes:

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

ANEXO 3: FORMATO DE DESCRIPCIÓN DE SUELOS SUPERFICIALES

a) 8934061 N, 227880 E

DESCRIPCIÓN DE FORMACIONES SUPERFICIALES														
TIPO DE FORMACIÓN SUPERFICIAL	<input type="checkbox"/>	Eluvial	<input type="checkbox"/>	Lacustre	GRANULOMETRÍA		FORMA		REDONDES		PLASTICIDAD			
	<input checked="" type="checkbox"/>	Deluvial	<input type="checkbox"/>	Marino	20	Bolos	<input checked="" type="checkbox"/>	Esférica	<input type="checkbox"/>	Redondeado	<input checked="" type="checkbox"/>	Alta plasticidad		
	<input checked="" type="checkbox"/>	Coluvial	<input type="checkbox"/>	Eólico	10	Cantos	<input type="checkbox"/>	Discoidal	<input checked="" type="checkbox"/>	Subredondeado	<input checked="" type="checkbox"/>	Med. Plástico		
	<input type="checkbox"/>	Aluvial	<input type="checkbox"/>	Orgánico	20	Gravas	<input type="checkbox"/>	Laminar	<input checked="" type="checkbox"/>	Anguloso	<input type="checkbox"/>	Baja Plasticidad		
	<input type="checkbox"/>	Fluvial	<input type="checkbox"/>	Artificial		Gránulos	<input type="checkbox"/>	Cilíndrica	<input checked="" type="checkbox"/>	Subanguloso	<input type="checkbox"/>	No plástico		
	<input type="checkbox"/>	Proluvial	<input type="checkbox"/>	Litoral	25	Arenas	<input type="checkbox"/>	Masiva	<input type="checkbox"/>	Harinoso	<input type="checkbox"/>	Materia Orgánica	Intrusivos	
	<input type="checkbox"/>	Glaciar	<input type="checkbox"/>	Fluvio glacia	10	Limos	<input type="checkbox"/>	Estratificada	<input type="checkbox"/>	Arenoso	<input type="checkbox"/>	Carbonatos	Volcánicos	
					15	Arcillas	<input type="checkbox"/>	Lenticular	<input type="checkbox"/>	Aspero	<input type="checkbox"/>	Sulfatos	Matamórficos	
	COMPACIDAD												<input checked="" type="checkbox"/>	Sedimentarios
	SUELOS FINOS			SUELOS GRUESOS			CLASIFICACIÓN TENTATIVA S.U.C.S.							
Limos y Arcillas			Arenas			SUELOS GRUESOS			SUELOS FINOS					
<input checked="" type="checkbox"/>	Blanda	<input type="checkbox"/>	Suelta	<input type="checkbox"/>	Suelta	<input type="checkbox"/>	GW	<input type="checkbox"/>	GC	<input checked="" type="checkbox"/>	ML	<input type="checkbox"/>	CH	
<input type="checkbox"/>	Compacta	<input checked="" type="checkbox"/>	Densa	<input checked="" type="checkbox"/>	Med. Consolidada	<input checked="" type="checkbox"/>	GP	<input type="checkbox"/>	SW	<input type="checkbox"/>	CL	<input type="checkbox"/>	OH	
<input type="checkbox"/>	Dura	<input type="checkbox"/>	Muy Densa	<input type="checkbox"/>	Consolidada	<input type="checkbox"/>	GM	<input type="checkbox"/>	SP	<input type="checkbox"/>	OL	<input type="checkbox"/>	PT	
<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	Muy Consolidada	<input type="checkbox"/>	SM	<input type="checkbox"/>	SC	<input type="checkbox"/>	MH	<input type="checkbox"/>		

b) 8933771 N, 228190 E

DESCRIPCIÓN DE FORMACIONES SUPERFICIALES														
TIPO DE FORMACIÓN SUPERFICIAL	<input type="checkbox"/>	Eluvial	<input type="checkbox"/>	Lacustre	GRANULOMETRÍA		FORMA		REDONDES		PLASTICIDAD			
	<input type="checkbox"/>	Deluvial	<input type="checkbox"/>	Marino	20	Bolos	<input checked="" type="checkbox"/>	Esférica	<input checked="" type="checkbox"/>	Redondeado	<input type="checkbox"/>	Alta plasticidad		
	<input type="checkbox"/>	Coluvial	<input type="checkbox"/>	Eólico	10	Cantos	<input type="checkbox"/>	Discoidal	<input checked="" type="checkbox"/>	Subredondeado	<input type="checkbox"/>	Med. Plástico		
	<input checked="" type="checkbox"/>	Aluvial	<input type="checkbox"/>	Orgánico	20	Gravas	<input type="checkbox"/>	Laminar	<input type="checkbox"/>	Anguloso	<input checked="" type="checkbox"/>	Baja Plasticidad		
	<input type="checkbox"/>	Fluvial	<input type="checkbox"/>	Artificial	5	Gránulos	<input type="checkbox"/>	Cilíndrica	<input type="checkbox"/>	Subanguloso	<input checked="" type="checkbox"/>	No plástico		
	<input type="checkbox"/>	Proluvial	<input type="checkbox"/>	Litoral	25	Arenas	<input type="checkbox"/>	Masiva	<input type="checkbox"/>	Harinoso	<input type="checkbox"/>	Materia Orgánica	Intrusivos	
	<input type="checkbox"/>	Glaciar	<input type="checkbox"/>	Fluvio glacia	20	Limos	<input type="checkbox"/>	Estratificada	<input checked="" type="checkbox"/>	Arenoso	<input type="checkbox"/>	Carbonatos	Volcánicos	
					0	Arcillas	<input type="checkbox"/>	Lenticular	<input checked="" type="checkbox"/>	Aspero	<input type="checkbox"/>	Sulfatos	Matamórficos	
	COMPACIDAD												<input checked="" type="checkbox"/>	Sedimentarios
	SUELOS FINOS			SUELOS GRUESOS			CLASIFICACIÓN TENTATIVA S.U.C.S.							
Limos y Arcillas			Arenas			SUELOS GRUESOS			SUELOS FINOS					
<input type="checkbox"/>	Blanda	<input checked="" type="checkbox"/>	Suelta	<input checked="" type="checkbox"/>	Suelta	<input type="checkbox"/>	GW	<input type="checkbox"/>	GC	<input type="checkbox"/>	ML	<input type="checkbox"/>	CH	
<input checked="" type="checkbox"/>	Compacta	<input type="checkbox"/>	Densa	<input type="checkbox"/>	Med. Consolidada	<input checked="" type="checkbox"/>	GP	<input type="checkbox"/>	SW	<input checked="" type="checkbox"/>	CL	<input type="checkbox"/>	OH	
<input type="checkbox"/>	Dura	<input type="checkbox"/>	Muy Densa	<input type="checkbox"/>	Consolidada	<input type="checkbox"/>	GM	<input type="checkbox"/>	SP	<input type="checkbox"/>	OL	<input type="checkbox"/>	PT	
<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	Muy Consolidada	<input type="checkbox"/>	SM	<input type="checkbox"/>	SC	<input type="checkbox"/>	MH	<input type="checkbox"/>		

c) 8933851 N, 228398 E

DESCRIPCIÓN DE FORMACIONES SUPERFICIALES													
TIPO DE FORMACIÓN SUPERFICIAL	<input type="checkbox"/>	Eluvial	<input type="checkbox"/>	Lacustre	GRANULOMETRÍA		FORMA		REDONDES		PLASTICIDAD		
					(%)								
	<input type="checkbox"/>	Deluvial	<input type="checkbox"/>	Marino	25	Bolos	<input checked="" type="checkbox"/>	Esférica	<input type="checkbox"/>	Redondeado	<input type="checkbox"/>	Alta plasticidad	
	<input type="checkbox"/>	Coluvial	<input type="checkbox"/>	Eólico	15	Cantos	<input type="checkbox"/>	Discoidal	<input checked="" type="checkbox"/>	Subredondeado	<input checked="" type="checkbox"/>	Med. Plástico	
	<input type="checkbox"/>	Aluvial	<input type="checkbox"/>	Orgánico	20	Gravas	<input type="checkbox"/>	Laminar	<input type="checkbox"/>	Anguloso	<input type="checkbox"/>	Baja plasticidad	
	<input type="checkbox"/>	Fluvial	<input type="checkbox"/>	Artificial	5	Gránulos	<input type="checkbox"/>	Cilíndrica	<input checked="" type="checkbox"/>	Subanguloso	<input type="checkbox"/>	No plástico	
	<input checked="" type="checkbox"/>	Proluvial	<input type="checkbox"/>	Litoral	10	Arenas	<input type="checkbox"/>	Masiva	<input type="checkbox"/>	Harinoso	<input type="checkbox"/>	Materia Orgánica	Intrusivos
	<input type="checkbox"/>	Glaciar	<input type="checkbox"/>	Fluvio glacia	15	Limos	<input type="checkbox"/>	Estratificada	<input checked="" type="checkbox"/>	Arenoso	<input type="checkbox"/>	Carbonatos	Volcánicos
					10	Arcillas	<input type="checkbox"/>	Lenticular	<input type="checkbox"/>	Aspero	<input type="checkbox"/>	Sulfatos	Matamórficos
	COMPACIDAD												<input checked="" type="checkbox"/>
SUELOS FINOS				SUELOS GRUESOS				CLASIFICACIÓN TENTATIVA S.U.C.S.					
Limos y Arcillas		Arenas		Gravas		SUELOS GRUESOS			SUELOS FINOS				
<input checked="" type="checkbox"/>	Blanda	<input checked="" type="checkbox"/>	Suelta	<input checked="" type="checkbox"/>	Suelta	<input type="checkbox"/>	GW	<input type="checkbox"/>	GC	<input checked="" type="checkbox"/>	ML	<input type="checkbox"/>	CH
<input checked="" type="checkbox"/>	Compacta	<input checked="" type="checkbox"/>	Densa	<input checked="" type="checkbox"/>	Med. Consolidada	<input checked="" type="checkbox"/>	GP	<input type="checkbox"/>	SW	<input checked="" type="checkbox"/>	CL	<input type="checkbox"/>	OH
<input type="checkbox"/>	Dura	<input type="checkbox"/>	Muy Densa	<input type="checkbox"/>	Consolidada	<input checked="" type="checkbox"/>	GM	<input type="checkbox"/>	SP	<input type="checkbox"/>	OL	<input type="checkbox"/>	PT
<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	Muy Consolidada	<input type="checkbox"/>	SM	<input type="checkbox"/>	SC	<input type="checkbox"/>	MH	<input type="checkbox"/>	