

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7398

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR DESLIZAMIENTOS EN EL SECTOR ANEXO CCONCHAYOC DE LA COMUNIDAD DE CCONCHAYOC

Departamento Apurímac

Provincia Cotabambas

Distrito Haquira



JULIO
2023

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR DESLIZAMIENTOS EN EL SECTOR ANEXO CCONCHAYOC DE LA COMUNIDAD DE CCONCHAYOC

Distrito Haquira, provincia Cotabambas, departamento Apurímac

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

Equipo de investigación:

David Prudencio Mendoza

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2023). *Evaluación de peligros geológicos por deslizamientos en el sector Anexo Cconchayoc de la comunidad de Cconchayoc. Distrito Haquira, provincia Cotabambas, departamento Apurímac*. Lima: Ingemmet, Informe Técnico A7398, 26 p.

INDICE

RESUMEN	1
1. INTRODUCCIÓN	2
1.1. Objetivos del estudio	2
1.2. Antecedentes y trabajos anteriores	2
1.2.1. Ubicación.....	3
1.2.2. Accesibilidad	4
1.2.3. Clima	4
2. DEFINICIONES	5
3. ASPECTOS GEOLÓGICOS	6
3.1. Unidades litoestratigráficas	7
3.1.1. Grupo Yura.....	7
3.1.2. Formación Murco	7
3.1.3. Formación Arcurquina	7
3.1.4. Depósitos coluvio-deluvial	7
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	8
4.1. Pendientes del terreno	8
4.2. Unidades geomorfológicas	8
4.2.1. Unidad de montaña	8
4.2.2. Unidad de piedemonte	9
5. PELIGROS GEOLÓGICOS Y/O GEOHIDROLÓGICOS	9
5.1. Peligros geológicos del sector Anexo Cconchayoc	10
5.2. Factores condicionantes	14
5.3. Factores detonantes o desencadenantes	14
6. MODELAMIENTO NUMÉRICO DE DESLIZAMIENTO	15
6.1. Información base	15
6.2. Parámetros	16
6.3. Resultados	16
7. CONCLUSIONES	19
8. RECOMENDACIONES	20
9. BIBLIOGRAFÍA	21

ANEXO 1: MAPAS	22
ANEXO 2: DESCRIPCIÓN DE FORMACIONES SUPERFICIALES	26

RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por deslizamientos, realizado en el sector Anexo Cconchayoc de la comunidad Cconchayoc, perteneciente a la jurisdicción distrital de Haqaira, provincia Cotabambas, departamento Apurímac. 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 afloran areniscas laminares con niveles lutáceos y limorcillitas, además se tienen areniscas cuarzo feldespáticas (formaciones Labra y Cachíos del Grupo Yura), las cuales se presentan medianamente a muy fracturados y moderadamente meteorizados; sobre estas se aprecian depósitos coluvio – deluviales no consolidados, conformado por gravas (20%) y gránulos (30%) en matriz areno limosa (50°).

Las unidades geomorfológicas identificadas corresponden a montañas en roca sedimentaria que presentan laderas con pendientes moderadas a fuertes y vertientes coluvio – deluviales con pendiente fuertes a muy fuertes donde las pendientes en promedio son de 16°.

Como factor condicionante principal, se considera la pendiente del terreno de fuerte a muy fuerte (15°- 45°), así como la calidad y el intenso fracturamiento de las rocas, generando inestabilidad en las laderas.

En el sector Anexo Cconchayoc, se identificó un deslizamiento antiguo, en cuyo cuerpo se presentan reactivaciones, entre ellas en el año 2011. También dos deslizamientos rotacionales reactivados el año 2022.

Los escarpes de los deslizamientos generados el año 2022 tienen forma semicircular; el primero con longitud de 55 m, salto de 40 cm y distancia de 35 m de la corona al pie del deslizamiento. El segundo con longitud de 80 m, salto de 20 cm y su distancia de corona al pie no es apreciable. En ambos se presentan infiltraciones de agua que provienen del canal de regadío (mal estado) y de la actividad agrícola, además, estos dos eventos afectaron a 10 viviendas, 4 ha de terreno de cultivo y 400m de canal de irrigación.

Por las características del terreno mencionadas se considerada de **peligro alto a muy alto** a la ocurrencia de reactivaciones de deslizamientos, que pueden ser desencadenados en la temporada de lluvias (diciembre a marzo) y sismos.

Finalmente, se brinda recomendaciones que se consideran importantes, las cuales deben ser tomadas en cuenta por las autoridades competentes; tales como realizar zanjas de coronación y drenaje en forma de espina de pescado impermeabilizados, cambiar las técnicas de riego, forestación en la masa deslizada de los eventos, entre otros. Se recomienda preparar el EVAR correspondiente.

1. INTRODUCCIÓN

El Ingemmet, ente técnico-científico que desarrolla a través de los proyectos de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR) 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 distrital de Haquira, según oficio N° 072-2022-MDH-A, es en el marco de nuestras competencias que se realiza una evaluación de peligros geológicos en el sector Anexo Cconchayoc de la comunidad Cconchayoc, distrito de Haquira, provincia Cotabamba, departamento Apurímac, por encontrarse en peligro de “reactivación de deslizamientos”, se tiene conocimiento que la última ocurrió el 04 de febrero del 2022, que afectó 10 viviendas, 4 ha de terrenos de cultivos y canales de irrigación en 400m.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designó al ingeniero David Prudencio Mendoza para realizar dicha inspección.

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 y fotografías terrestres y aéreas), el cartografiado geológico y geodinámico, con lo que finalmente se realizó la redacción del informe técnico.

Este informe se pone a consideración de la Municipalidad distrital de Haquira y entidades encargadas en la gestión del riesgo de desastres, donde se proporcionan resultados de la evaluación 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) Identificar, tipificar y caracterizar los peligros geológicos por movimientos en masa que se presenta en el sector Anexo Cconchayoc de la comunidad Cconchayo.
- b) Determinar los factores condicionantes y detonantes que influyen en la ocurrencia de peligros geológicos por movimientos en masa.
- c) Proponer medidas de prevención, reducción y mitigación necesarias a fin de prevenir o reducir los riesgos presentes o la generación de nuevos

1.2. Antecedentes y trabajos anteriores

Entre los principales estudios realizados a nivel local y regional en el distrito de Haquira, se tienen:

- A) Según el mapa regional de susceptibilidad a movimientos en masa (Geocatmin, 2012), a escala 1: 100 000, el sector presenta laderas de muy alta susceptibilidad a movimientos en masa y en la zona de transición de laderas hacia la zona llana de susceptibilidad media. Entendiéndose, susceptibilidad a movimientos en masa como la propensión que tiene una determinada área a ser afectada por un

determinado proceso geológico (movimiento en masa), expresado en grados cualitativos y relativos.

- B) En el Boletín N° 35, serie A, Carta Geológica Nacional: “Geología de los cuadrángulos de Chalhuanca, Antabamba y Santo Tomas” hojas: 29-p, 29-q y 29-r (Pecho, V., 1981); y la “Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Santo Tomas (29-r)”, a escala 1: 50 000 (Galdos J. et al., 2003); describe la geología e información relacionada a los cambios más resaltantes sobre la estratigrafía. Además, señala de manera regional las unidades geomorfológicas donde se ubica el Anexo Cconchayoc de la comunidad Cconchayoc, distrito de Haquira.
- C) En el informe técnico N° A6624, Segundo reporte de zonas críticas por peligros geológicos y geo-hidrológicos en la región Apurímac (INGEMMET, 2013), menciona que en área evaluada se tiene un deslizamiento rotacional y es considerado como **zona crítica**, condicionado por la presencia de agua subterránea y dinámica fluvial, **recomendando la reubicación de las viviendas afectadas** y construcción de canales impermeabilizados para evacuar el agua del sector.

Cuadro 1. Zonas críticas en la región de Apurímac

Nº	DIST.	PARAJE	PELIGRO	CAUSAS	CARAC.	DAÑOS Y ZONAS AFECTADAS	MEDIDAS RECOMENDADAS
15	Haquira	Comunidad Cconchayoc/ Qda. Sallajoran	Deslizamiento	presencia de aguas subterráneas, dinámica fluvial, Como factor detonante se tiene las precipitaciones pluviales	Deslizamiento rotacional con avance progresivo	Daños directos a la Comunidad Cconchayoc	Reubicación de las viviendas afectadas. Drenaje mediante canales impermeabilizados

Aspectos generales

1.2.1. Ubicación

El sector Anexo Cconchayoc se ubica dentro de la comunidad Cconchayoc, al este del centro poblado de Haquira (capital de distrito). Políticamente se encuentra dentro del distrito Haquira, provincia Cotabambas, departamento Apurímac. (Figura 1), cuyas coordenadas centrales UTM (WGS84 – Zona 18S) son (Tabla 1):

Tabla 1. Coordenadas del área de estudio

Nº	UTM - WGS84 - Zona 19S		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	806262	8427954	-14.203061°	-72.162515°
2	807271	8427954	-14.202951°	-72.153176°
3	807271	8427262	-14.209201°	-72.153098°
4	80662	8427262	-14.209312°	-72.162438°
COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA				
C	806525	8427692	-14.205400°	-72.160052°

Hidrográficamente este sector vierte las aguas hacia la quebrada Challajora por la margen derecha, luego aguas abajo hacia río principal Ccocha, por la margen izquierda.

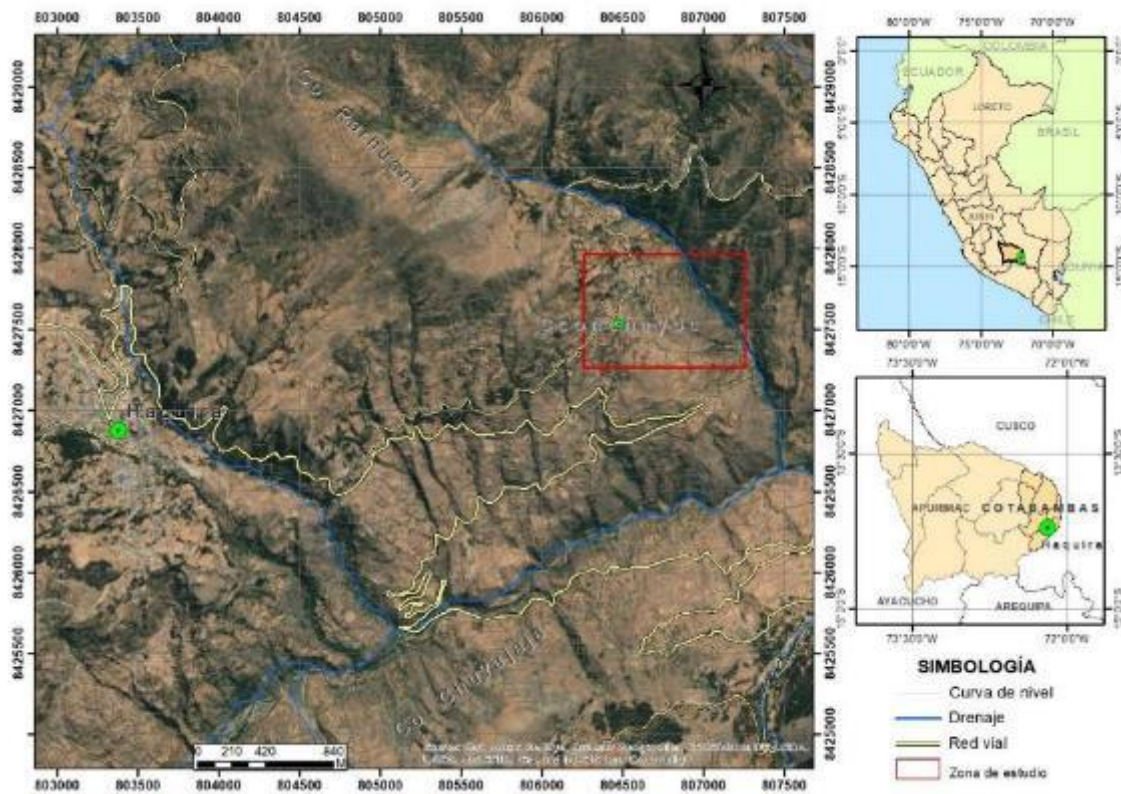


Figura 1. Ubicación del sector Anexo Cconchayoc en la comunidad de Cconchayoc.

1.2.2. Accesibilidad

Se accede a la zona de estudio por vía terrestre, desplazándose desde la ciudad del Cusco (Ingemmet - OD Cusco), mediante la siguiente ruta (cuadro 2):

Cuadro 2. Rutas y accesos a la zona evaluada.

<i>Ruta</i>	<i>Tipo de vía</i>	<i>Distancia (km)</i>	<i>Tiempo estimado</i>
Cusco – Santo Tomas	Asfaltada y asfaltada bicapa	237	6 h 13 min
Santo Tomas – Haquira	Asfaltada bicapa	76	2 h 11 min
Haquira – Anexo Cconchayoc	Asfaltada bicapa y Trocha	6.6	20 min

1.2.3. Clima

De acuerdo al mapa climático del SENAMHI (2020), y detallando la información local, se puede observar que, el sector Anexo Cconchayoc de la Comunidad de Cconchayoc presenta un clima Semiseco y frío con otoño e invierno secos.

Presenta una frecuencia de precipitación entre los meses de diciembre a marzo, cuyas lluvias acumuladas anuales son de 700 mm a 900 mm aproximadamente, además, en los meses de junio a setiembre presenta temperaturas máximas que

oscilan entre 15°C a 19°C y mínimas entre -1°C a -3°C, con humedad atmosférica relativa de otoño e inviernos secos.

Esta clasificación climática es sustentada con información meteorológica recolectada de aproximadamente 20 años a partir de la cual se formulan “Índices Climáticos” de acuerdo a la clasificación climática por el método de Thornthwaite.

Según el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (Senamhi, 2022), en la estación meteorológica Santo Tomas, la más cercana, ubicado a 22 km de la comunidad de Cconchayoc; en el mes de febrero 2022 se registró 185.6 mm de precipitación pluvial acumulada, además, tres días antes del evento se registró 74 mm, por lo cual se puede inferir que, el factor detonante de la reactivación del deslizamiento ocurrido en el anexo Cconchayoc, fueron las lluvias intensas (Figura 2).

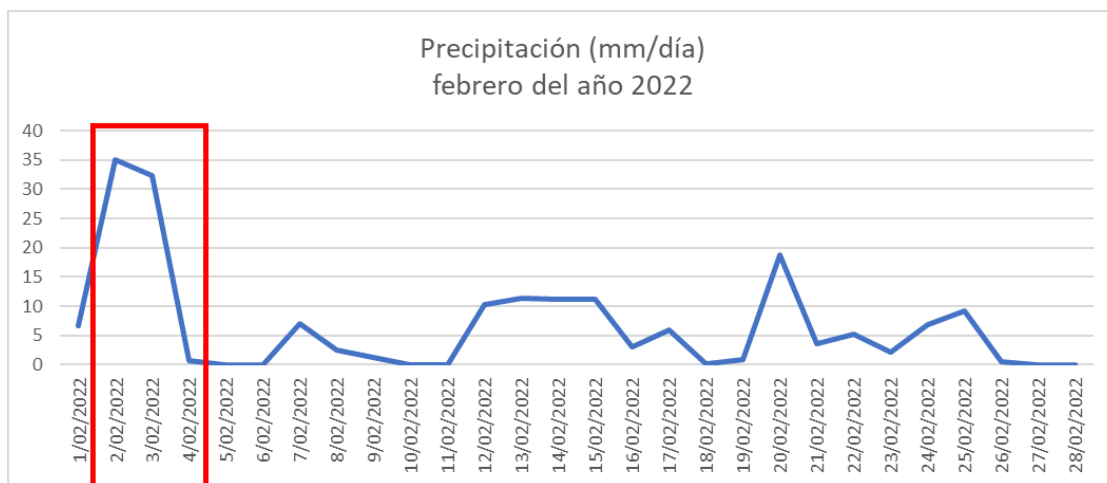


Figura 2. Registro de precipitaciones acumuladas diarias del mes de febrero del año 2022 en la estación Santo Tomas.

2. DEFINICIONES

El presente informe técnico está dirigido a entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno, así como personal no especializado, no necesariamente geólogos; en el cual se desarrollan diversas terminologías y definiciones vinculadas a la identificación, tipificación y caracterización de peligros geológicos, para la elaboración de informes y documentos técnicos en el marco de la gestión de riesgos de desastres. Todas estas denominaciones tienen como base el libro: “Movimientos en masa en la región Andina: Una guía para la evaluación de amenazas” desarrollado en el Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007), donde participó la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico-Ingemmet. Los términos y definiciones se detallan a continuación:

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

Corona: Zona adyacente arriba del escarpe principal de un deslizamiento que prácticamente no ha sufrido desplazamiento ladera abajo. Sobre ella suelen presentarse algunas grietas paralelas o semi paralelas conocidas como grietas de tensión o de tracción.

Derrumbe Movimiento en masa en el cual uno o varios bloques de suelo o roca se desprenden de una ladera. El material se desplaza por el aire, golpeando, rebotando o rodando. Se le conoce también como desprendimiento de rocas, suelos y/o derrumbes.

Deslizamientos: Movimiento ladera debajo de una masa de suelo o roca cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla. Según la forma de la superficie de falla se clasifican en traslacionales (superficie de falla plana u ondulada) y rotacionales (superficie de falla curva y cóncava).

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.

Flujos: 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. Los flujos pueden ser canalizados (huaicos) y no canalizados (avalanchas).

Formación geológica: Es una unidad litoestratigráfica formal que define cuerpos de rocas caracterizados por unas propiedades litológicas comunes (composición y estructura) que las diferencian de las adyacentes.

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.

Movimientos en masa: Son procesos que incluyen todos aquellos movimientos ladera abajo, de una masa de rocas o suelos por efectos de la gravedad. En el territorio peruano, los tipos más frecuentes corresponden a caídas, deslizamientos, flujos, reptación de suelos, entre otros.

Peligro o amenaza geológica: Es un proceso o fenómeno geológico que podría ocasionar la muerte, lesiones u otros impactos a la salud, al igual que daños a la propiedad, la pérdida de medios de sustento y de servicios, trastornos sociales y económicos, o daños ambientales.

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

3. ASPECTOS GEOLÓGICOS

El análisis geológico del área se elaboró teniendo como base a la Carta Geológica Nacional “Geología de los cuadrángulos de Chalhuanca, Antabamba y Santo Tomas” hojas: 29-p, 29-q y 29-r (Pecho, V., 1981); y la “Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Santo Tomas (29-r)”, a escala 1: 50 000 (Galdós J. et al., 2003); donde se aprecian principalmente unidades litoestratigráficas de naturaleza volcánica, cubiertos por depósitos cuaternarios. La geología se complementó con

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

3.1. Unidades litoestratigráficas

Las unidades litoestratigráficas que afloran en la zona inspeccionada y alrededores corresponden a afloramientos de las formaciones Cachíos y Labra, además, localmente se identificó depósitos coluvio-deluviales acumulados desde el Pleistoceno hasta la actualidad (Anexo 1 - Mapa 1).

3.1.1. Grupo Yura

En la zona evaluada se encuentra constituida por rocas sedimentarias como areniscas, lutitas y limoarcillitas en capas, pertenecientes a las formaciones Cachíos y Labra.

Formación Cachíos: Aflora ampliamente en el sector evaluado, se aprecia desde la carretera principal Haquira – Ccocha hasta la parte baja de cerro Parhuani. Presenta una intercalación de areniscas laminares de color beige oscuro con niveles lutáceos y limoarcillitas, se presentan muy fracturados y moderadamente meteorizados, siendo susceptible a la generación de movimientos en masa.

Formación Labra: Se aprecia en la parte alta del cerro Parhuani, por encima de la carretera principal Haquira – Ccocha, compuesta por paquetes de areniscas cuarzo feldespáticas, sobrepuestas a un paquete de filitas, estas últimas se aprecian medianamente fracturadas y moderadamente meteorizadas.

3.1.2. Formación Murco

Se aprecia al este, fuera de la zona evaluada, en la margen izquierda de la quebrada Challajoran, compuesta por intercalaciones de areniscas blanquecinas a rojizas con limoareniscas y limoarcillitas (Galdos J. et al., 2003).

3.1.3. Formación Arcurquina

Se encuentra al sureste, fuera de la zona evaluada, en la margen izquierda de la quebrada Challajoran. Litológicamente está compuesta por estratos de calizas con grosores de hasta 2 m. (Galdos J. et al., 2003)

3.1.4. Depósitos coluvio-deluvial

Depósitos poco compactos que se ubican en la zona baja del Anexo Cconchayoc, Originadas por depósitos de materiales coluviales, con proceso de remoción pendiente abajo por acción de aguas de escorrentía, constituidas por suelos finos como arcilla, limos y arenas con inclusiones de fragmentos rocosos, con formas angulosas y heterométricos con diámetros hasta de 8 cm, que cubre la ladera (Figura 3) (Anexo 2 – descripción de formaciones superficiales 1).



Figura 3: depósitos coluvio-deluviales presentando pendientes moderadas a fuertes.

4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

4.1. Pendientes del terreno

La pendiente por ser un parámetro importante en la evaluación de peligros por movimientos en masa, ya que actúa como factor condicionante y dinámico en la generación de movimientos en masa.

Se presenta el mapa de pendientes, que se realizó mediante un levantamiento fotogramétrico por dron, obteniéndose el modelo digital del terreno con una resolución 15 cm por 8 cm por pixel para la ortofoto, información que fue corroborada con un análisis de imágenes satelitales y cartografía in situ (Anexo 1 - Mapa 2).

En la zona baja del Anexo Cconchayoc, donde se encuentra el cuerpo del deslizamiento antiguo, la pendiente del terreno es fuerte (15° - 25°) a muy fuertes (25° - 45°) hasta llegar al río Challajoran y las zonas circundantes al deslizamiento, presentan pendientes moderadas (5° - 15°) a fuertes (15° - 25°)

4.2. Unidades geomorfológicas

Para la caracterización de las unidades geomorfológicas en el área de estudio, se realizó la complementación y actualización del mapa geomorfológico regional a escala 1:100 000 elaborado por Vílchez (2020). Además, se consideraron criterios de control como: la homogeneidad litológica y caracterización conceptual, en base a aspectos del relieve en relación a la erosión, denudación y sedimentación, diferenciándose montañas y piedemonte (Anexo 1 - Mapa 3).

4.2.1. Unidad de montaña

Son geofomas de carácter degradacional y erosional. Se consideran dentro de esta unidad elevaciones del terreno con alturas mayores a 300 m con respecto al nivel

de base local, diferenciándose la siguiente subunidad según el tipo de roca que la conforma y procesos que han originado su forma actual.

Subunidad de montañas en roca sedimentaria (RM-rs): representado por un relieve modelado en afloramientos rocosos de Formaciones Murco, Arcurquina y del Grupo Yura, conformada por secuencia sedimentarias.

Se aprecia en las zonas altas del cerro Parhuani, en ambos márgenes de la quebrada Challajoran, presentando laderas con pendientes de moderadas a fuerte.

4.2.2. Unidad de piedemonte

Son geoformas de carácter depositacional y agradacional. Se consideran como formas de terrenos que constituyen la transición entre los relieves montañosos accidentados y las zonas planas, predominan los terrenos generados por fuerzas de desplazamiento como depósitos coluviales antiguos y recientes y depósitos de tipo glaciar – fluvial.

Subunidad de vertiente coluvio-deluvial (V-cd): Están formadas por acumulaciones al pie de laderas o acantilados de valles, conformado por materiales de origen coluvial y deluvial, donde no es posible distinguirlo como unidades individuales, su litológica se compone de bloques heterométricos de naturaleza homogénea con arcillas, limos y arenas, proviene de procesos de movimientos en masa de tipo deslizamiento, y sus materiales están siendo trasladados por acción de las aguas de escorrentía.

En el sector Anexo Cconchayoc, esta sub unidad se encuentra representada por el cuerpo del deslizamiento antiguo que está en proceso de reactivación, presenta pendientes variables de fuertes (15° - 25°) a muy fuertes (25° - 45°), las pendientes más comunes varían entre 12° y 20°.

El material es de fácil remoción por no estar compactado, sus materiales se han trasladado hacia la base de la quebrada.

Subunidad abanico de Piedemonte (Ab): Es una forma del relieve deposicional originado en la base o pie de un frente montañoso, inscrita a materiales arrastrados por un flujo de agua, drena desde las partes altas hacia zonas bajas, generando formas de abanicos en las confluencias.

Se aprecia en la base de la quebrada Challajoran hasta la confluencia con el río Ccocha.

5. PELIGROS GEOLÓGICOS Y/O GEOHIDROLÓGICOS

Los peligros geológicos reconocidos en la zona evaluada, corresponden a movimientos en masa de tipo reactivación de deslizamientos (PMA: GCA, 2007). Estos procesos son resultado del modelamiento del terreno, así como la incisión sufrida en los cursos de agua en la Cordillera de los Andes, que conllevó a la generación de diversos movimientos en masa, que modificaron la topografía de los terrenos y movilizaron cantidades variables de materiales desde las laderas hacia el curso de los ríos.

Los movimientos en masa, tienen como causas o condicionantes factores intrínsecos, como son la geometría del terreno, la pendiente, el tipo de roca, el tipo de suelos, el drenaje superficial–subterráneo y la cobertura vegetal. Se tiene como “detonantes” de

estos eventos las precipitaciones pluviales periódicas y extraordinarias que caen en la zona, así como la sismicidad.

5.1. Peligros geológicos del sector Anexo Cconchayoc

Se identificó una escarpa de deslizamiento antiguo que se ubica en el poblado Anexo Cconchayoc y pasa por la carretera Haqira – Ccocha, presenta una longitud aproximada de 250 m. dentro del cuerpo de este deslizamiento se aprecian otros deslizamientos reactivados; entre ellos, las reactivaciones del año 2011, presentando dos escarpes que generaron un cuerpo de deslizamiento, el primero con longitud de poco más de 50 m y salto de 3 m, y el segundo ubicado en su margen derecha, con longitud de escarpe de 45 m y salto de 40 cm. En la parte baja de estos escarpes se apreció grietas con aperturas de hasta 1m y profundidades visibles de 40 cm (Figura 4).



Figura 4: Escarpas de deslizamientos activados el año 2011.

De acuerdo a los pobladores el día 4 de febrero del 2022 se generaron otras reactivaciones, se reconoció dos deslizamientos rotacionales reactivados recientes, denominados A y B, los cuales presentan avance retrogresivo, con agrietamientos en la parte posterior del escarpe principal y longitudinales dentro del cuerpo de sus deslizamientos (Figura 5) (Anexo 1 - Mapa 4).



Figura 5: Se aprecia los polígonos en color amarillo oscuro que son los deslizamientos reactivados recientes A y B y en amarillo claro el deslizamiento del 2011.

El deslizamiento reciente “A” presenta una escarpa con una longitud de 55 m y salto de 40 cm, con una distancia de la corona al pie de 34 m, en su margen derecha se aprecia un ojo de agua y en su margen izquierda un canal principal de riego del sector, el cual se encuentra en malas condiciones lo que origina infiltración de agua al subsuelo (Figura 6).

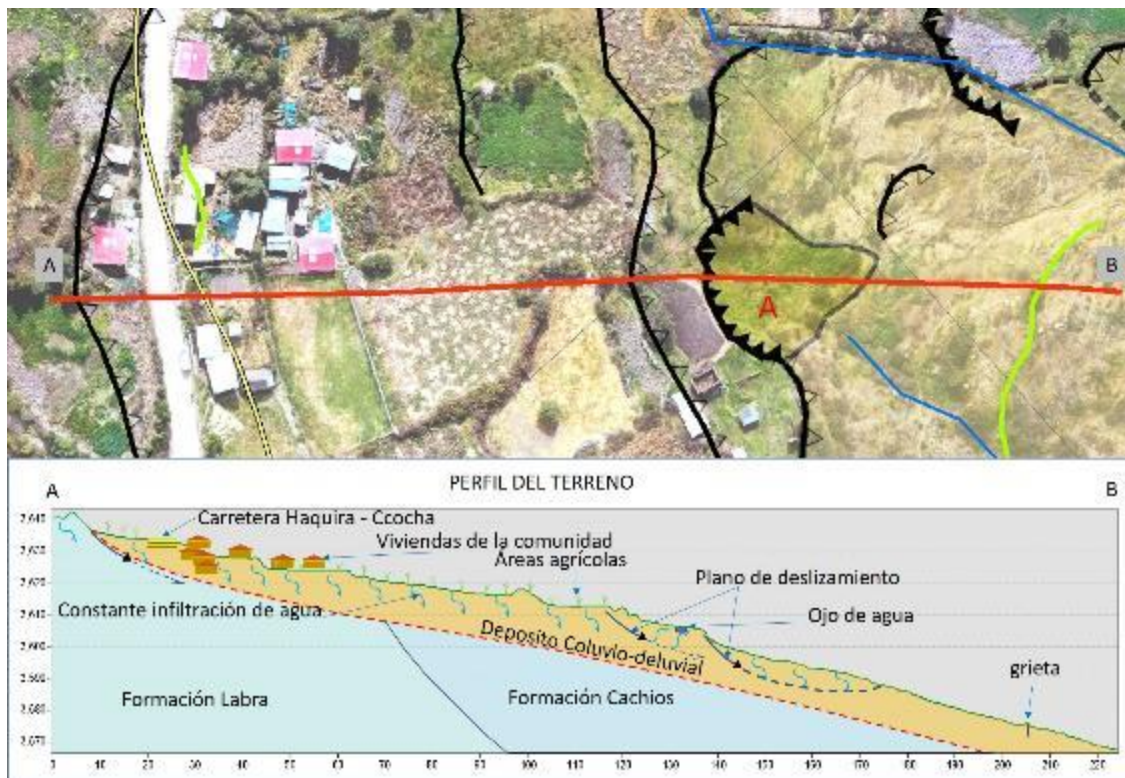


Figura 6: Perfil geológico del deslizamiento.

El deslizamiento reciente B se ubica en la margen izquierda del deslizamiento antes mencionado, presenta una escarpa con longitud de 80 m y salto de 20 cm (Figura 7), en su margen derecha se aprecia un canal principal de regadío del sector, el cual se encuentra en malas condiciones lo que origina infiltración de agua al subsuelo y está generando saturación y desestabilización del terreno.

La escarpa del deslizamiento B pasa por debajo de 3 viviendas donde se apreciaron grietas en sus muros. Además, los suelos movidos de este deslizamiento no se aprecian por los trabajos realizados para sembrar.



Figura 7: Escarpa de deslizamiento reactivado con distancia de 80 m y salto de 20 cm.

Estas reactivaciones generaron grietas tensionales dentro y fuera de los cuerpos del deslizamiento. Como evidencia de lo mencionado se tienen rajaduras en los muros y pisos de las viviendas, con longitud de hasta 55 m y aperturas de 3 cm (Figura 8 y 9).



Figura 8: Muros agrietados por efectos del empuje del deslizamiento.



Figura 9: Piso de vivienda agrietado, generadas por efecto del desplazamiento del deslizamiento.

Los materiales trasladados por estos deslizamientos se juntan y se canalizan por una torrentera principal en la ladera, hasta llegar a la quebrada Challajoran, los cuales son trasladados unos 500 m en forma de flujo (Figura 10).



Figura 10: Se aprecia que todos los materiales deslizados llegan hasta una torrentera, luego las aguas discurren hacia la quebrada principal Challajoran.

Además, en la parte baja del sector, se parecían otras escarpas de deslizamientos que fueron generadas el 2011, una de ellas con longitud de 40 m y salto de 15 cm (Figura 11).



Figura 11: En la parte baja del deslizamiento principal se aprecia un movimiento de menor volumen generado el 2011.

5.2. Factores condicionantes

Factor litológico-estructural

- Substrato rocoso compuesto por lutitas y limo-areniscas medianamente a muy fracturados y moderadamente meteorizados, originando inestabilidad en las laderas.
- Los depósitos coluvio-deluviales poco consolidados que se presentan adosados a las laderas, conformados por suelos finos como arcilla, limos y arenosas con inclusiones de fragmentos rocosos angulosos heterométricos, los cuales son de fácil erosión y remoción ante precipitaciones intensas.

Factor geomorfológico

- La zona evaluada se encuentra circundada por montañas modeladas en rocas sedimentarias, cuyas laderas presentan terrenos con pendientes moderadas (5° - 15°) a fuertes (15° - 25°), ello permite la generación de movimientos en masa y generan material suelto fácilmente erosionable por acción de las aguas de escorrentía e infiltración.
- Subunidad de piedemonte coluvio-deluvial, modelado en depósitos recientes con pendientes fuertes (15° - 25°) a muy fuertes (25° - 45°), sujeto a la remoción de cuerpos deslizados.

Factor hidrológico - hidrogeológico

- Acción de las aguas de escorrentía sobre las laderas y montañas que circunscriben el sector evaluado, se encuentran infiltrando y sobrecargando los taludes.

5.3. Factores detonantes o desencadenantes

- Los drenajes sin mantenimiento, fracturados y permeables y las lluvias intensas y/o prolongadas que se dieron en los meses de diciembre a marzo, saturan y sobrecargan los taludes al punto de desestabilizarlos, además de generar erosión aumentando la infiltración en la zona evaluada.

- Los sismos pueden inducir o desencadenar derrumbes ya que generan energía en los taludes y sobre las rocas sueltas, más aún, cuando las pendientes del sector son muy fuertes.

6. MODELAMIENTO NUMÉRICO DE DESLIZAMIENTO

Para este evento se realizó un modelamiento numérico, en base a los datos recolectados en campo, para analizar las zonas de peligro potencial, con velocidades y alturas aproximadas a las reales, afín de determinar las áreas que podría afectar en el sector evaluado.

Para realizar este modelamiento se utilizó el software iRIC The International River Interface Cooperative (iRIC) Iniciada en 2007 por el profesor Yasuyuki Shimizu (Universidad de Hokkaido) y el Dr. Jonathan Nelson (USGS) desarrollar una plataforma para la simulación numérica del flujo y la morfodinámica en los ríos.

Dentro de este software se tiene distintos solucionadores de problemas, entre ellos está el Morpho2DH, que es un solucionador de flujo de escombros y/o lodo bidimensional horizontal. El modelo puede reproducir los procesos de transporte, erosión y/o deposición del flujo de escombros y/o lodo debido a deslizamientos de tierras.

6.1. Información base

Para realizar el modelamiento se requirió la topografía del terreno, la que se realizó mediante un levantamiento fotogramétrico por aeronave pilotada a distancia (dron), obteniéndose el modelo digital del terreno, con una resolución 5 x 5 cm de pixel para la ortofoto y para el modelo digital de elevación (DEM), información que fue corroborada con un análisis de imágenes satelitales.

Para la gráfica del peligro se realizó un cartografiado a detalle en la misma zona de estudio (Figura 12).

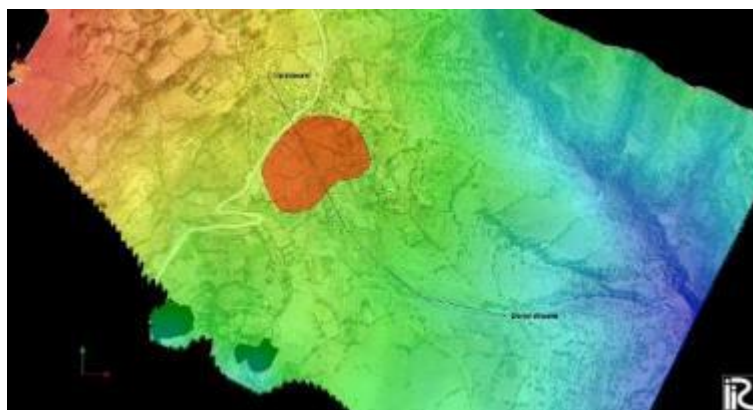


Figura 12. Cartografiado del peligro y modelo de elevación digital utilizado para modelar el evento.

Con respecto a la información de delimitación del área a trabajar, se generó con el software iRIC la malla donde se incluye el área del cartografiado y las zonas que pueden ser afectadas por los movimientos en masa (figura 13).

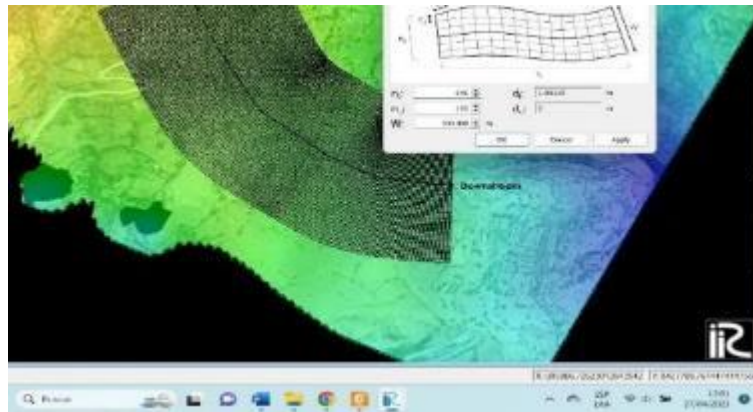


Figura 13. Creación de la malla de cartografiado, se calculó con una malla con celdas de 1 m de lado.

6.2. Parámetros

Es necesario insertar las condiciones del terreno para el solucionador Morpho2DH del software iRIC para que realice un correcto funcionamiento de los cálculos numéricos, en el caso de nuestro modelo se consideró una profundidad de 1.5 m del material movido, que se desliza y llega a una altura máxima obtenido en un tiempo de 40 segundos, además, en la tabla de promedio estandarizada de suelo y roca se consideró la siguiente información (figura 14).

Sediment Concentration	Constant
Sediment Concentration Value	0.4
Static Deposition Sediment Concentration	0.6
Liquid Behavior Sediment Ratio	0.2
Minimum Flow Depth (m)	0.04
Internal Friction Angle (degree)	34
Laminar Flow Depth	Constant
Laminar Flow Depth Ratio	0.4
Resistance Coefficient	90
Non-Erodable Height	Disabled

Figura 14. Parámetros requeridos para el software iRIC con el solucionador Morpho 2DH.

6.3. Resultados

El modelo numérico fue calibrado en base al registro y toma de datos recopilados en la zona de evaluación.

El deslizamiento del sector Cconchayoc presenta grietas, escarpas antiguas y recientes, los cuales son las zonas de mayor susceptibilidad, el polígono graficado, se debe a la posible reactivación de un deslizamiento y se realizó por donde se encuentra una grieta reciente junto a una escarpa antigua, ubicados junto a la carretera, esto por ser más susceptible a reactivaciones en presencia de lluvias intensas.

Se muestra el movimiento del suelo coluvio-deluvial que se encuentra poco compacta y con proceso de remoción pendiente abajo por acción de aguas de escorrentía, constituidas por suelos finos como arcilla, limos y arenas con inclusiones de fragmentos rocosos angulosos heterométricos que cubre la ladera, donde el movimiento del deslizamiento desde el segundo 1 (figura 15) hasta el segundo 40 sigue la morfología del terreno y se trata de canalizar en una torrentera donde pierde la pendiente y su avance se detiene (figura 16, 17 y 18).

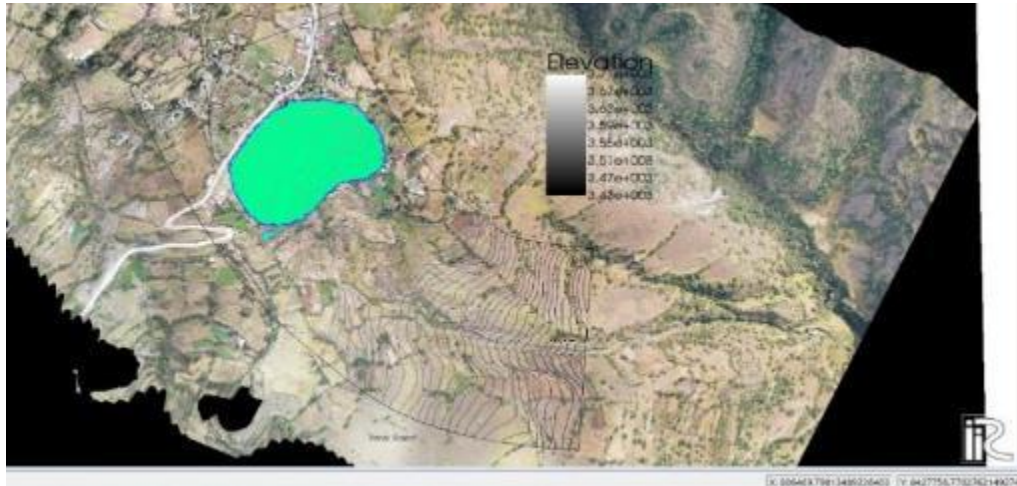


Figura 15. Modelo del cuerpo deslizado en el segundo 1.

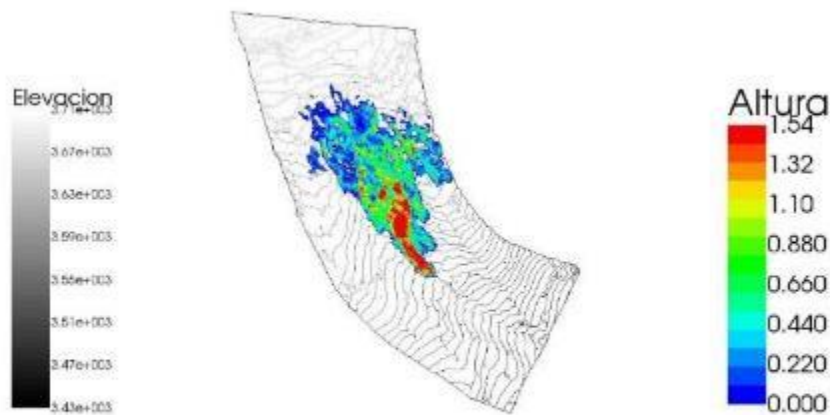


Figura 16. Resultado final del deslizamiento con escarpa junto a la carretera, se muestra las diferencias de elevaciones y las alturas de los materiales deslizados.

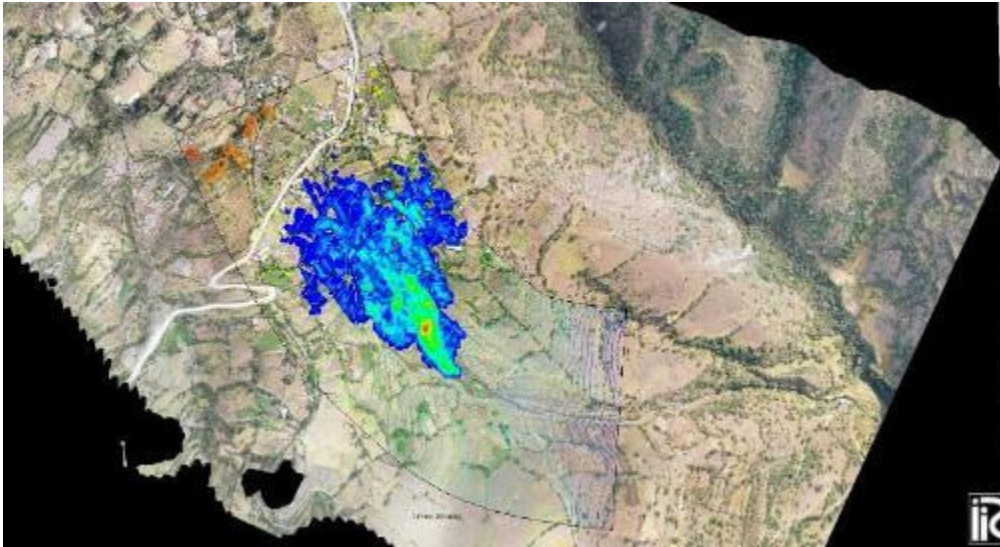


Figura 17. Resultado final del deslizamiento con escarpa junto a la carretera, las zonas manchadas serían las afectadas.

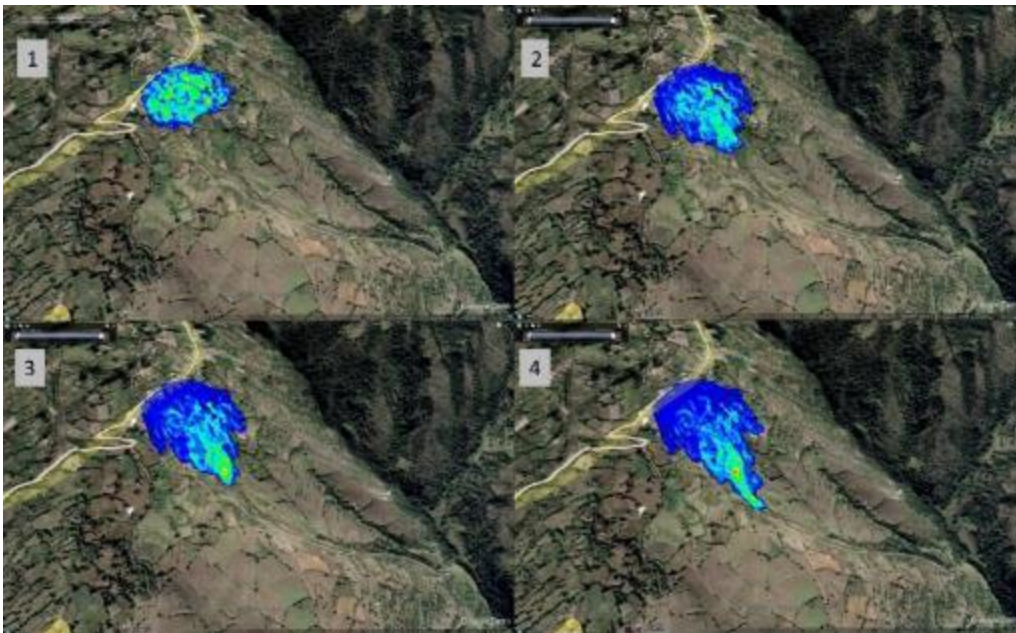


Figura 18. Resultado de la secuencia en diferentes tiempos del procesamiento del deslizamiento.

7. CONCLUSIONES


- a) Se identificó dos reactivados el año 2022, estos afectaron 10 viviendas, 400 m de canales de irrigación, 4 ha de terrenos de cultivo (papa, maíz, trigo, avena y habas); de generarse una nueva reactivación puede afectar la seguridad de las viviendas y pobladores, porque existe un tránsito peatonal desde el sector Anexo Cconchayoc hacia la comunidad Cconchayoc.
- b) Debido a las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas, el sector Anexo Cconchayoc de la Comunidad de Cconchayoc se considerada de **peligro alto a muy alto** a la ocurrencia de reactivaciones del deslizamiento, los que pueden ser desencadenados en presencia de lluvias intensas y/o prolongadas o en eventos sísmicos.
- c) Los deslizamientos presentan un avance retrogresivo, porque en la parte posterior del escarpe del deslizamiento B muestra agrietamientos del terreno que tienen longitudes de hasta 55 m y apertura visible de 3 cm,
- d) Los factores condicionantes de los movimientos en masa son:
 - Presencia de substrato rocoso compuesto por lutitas y limo-areniscas medianamente a muy fracturados y moderadamente meteorizados.
 - Contar con depósitos coluvio- deluviales poco consolidados, adosados a las laderas de las quebradas.
 - Las laderas presentan mayormente pendientes fuertes (15°- 25°) a muy fuertes (25°- 45°), lo que contribuye a la generación de deslizamientos sumado al material suelto disponible en laderas.
 - El factor hidrológico por acción de las aguas de escorrentía, se infiltran y sobrecargan los taludes dejándolos desestabilizados, además de erosionar las laderas.
 - Saturación del terreno, esto incrementa el peso de la masa inestable que se encuentra en la ladera.

8. RECOMENDACIONES

- a) Las viviendas afectadas por los deslizamientos reactivados del año 2011, del año 2022 y las que se encuentran adyacentes a las grietas (área de influencia), deben pasar a un proceso de reubicación.
- b) Realizar zanjas de coronación y espina de pescado impermeabilizadas, para evitar la infiltración y sobrecarga de peso del talud en el deslizamiento.
- c) Canalizar todos los puquiales ubicados dentro del cuerpo de los deslizamientos y trasladarlos por canales impermeabilizados hasta la quebrada principal evitando infiltraciones de sus aguas en el trayecto.
- d) Se debe tecnificar el sistema de riego, por otro que ayude a reducir la infiltración y se debe prohibir el riego con sistemas por inundación y aspersión. Es recomendable realizar cultivos que requieran poca agua, esta actividad debe ser coordinada con especialistas del Ministerio de Agricultura.
- e) Forestar con plantaciones autóctonas el cuerpo del deslizamiento y áreas aledañas con el fin de reducir las infiltraciones de aguas de escorrentía en épocas de lluvias evitando sobrecargas del talud.
- f) Hacer charlas de sensibilización, para que los pobladores tomen conciencia del problema y estén preparados para eventos futuros, además para que cuiden mejor sus suelos y no sean un factor más que condicione los deslizamientos.
- g) Implementar un sistema de alerta temprana (SAT), con el fin de verificar la aparición de nuevas grietas y de dar en tiempo real información ante la ocurrencia de nuevos movimientos, para la evacuación de las personas que se encuentren en las viviendas o en la zona el cuerpo del deslizamiento.
- h) Realizar un 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

9. BIBLIOGRAFÍA

Benavente, C; Delgado, F; Taípe, E.; Audin, L. & Pari, W.; (2013) – Neotectónica y peligros sísmicos en la región Cusco, INGEMMET. Boletín, serie C: Geología Ambiental y Riesgo Geológico, 55, 245 p., 1 Mapa.

Cruden, D.M. & Varnes, D.J. (1996) - Landslides types and processes, en Turner, K., y Schuster, R.L., ed., Landslides investigation and mitigation: Washintong D. C, National Academy Press, Transportation researchs board Special Report 247, p. 36-75.

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2013). Segundo reporte de zonas críticas por peligros geológicos y geo-hidrológicos en la región Apurímac. Lima: INGEMMET, Informe Técnico A6624, 46p.

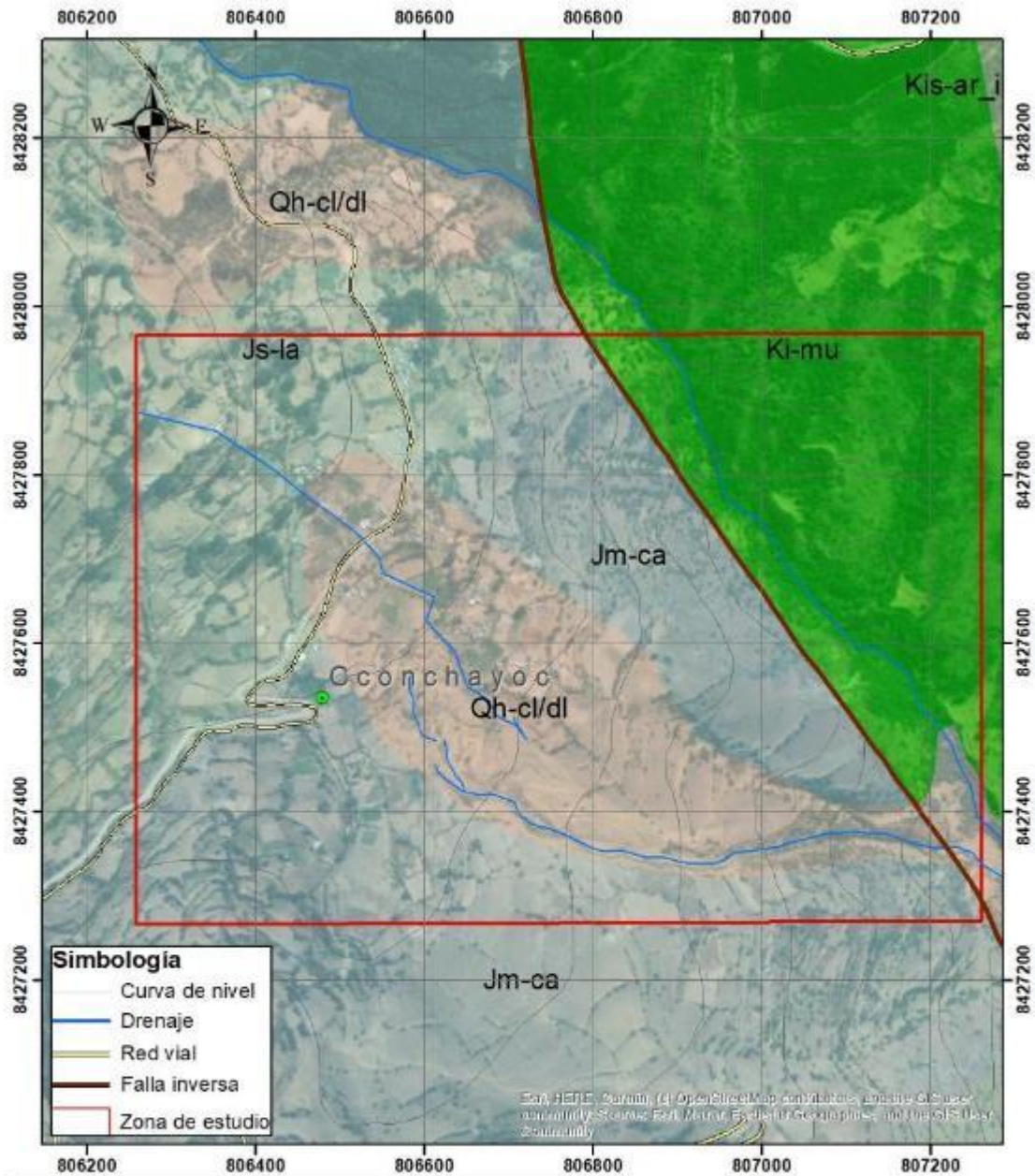
Pecho, V., (1981) – Geología de los cuadrángulos de Chalhuanca, Antabamba y Santo Tomas. hojas 29-p, 29-q, 29-r, INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional, 101 p.

Galdos, J.; Carrasco, S. (2003) Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Santo Tomás (29-r). Escala 1:100 000. INGEMMET, 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. 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.

ANEXO 1: MAPAS



Escala		UNIDADES LITOSTRATIGRAFICAS	
CENOZOICA	CUATERNARIO	Holoceno	Dep. coluvial de luvial Q-cl/dl Bloques y gravas subangulosas con matriz arenosa y limosa.
		Pleistoceno	
MESOZOICA	CRETACICO	SUPERIOR	Formación Arcuquina Int. Kis-ar_i Secuencias de calizas micríticas masivas.
		INFERIOR	Formación Murco Ki-mu Intercalación de arenas pardo rojizas, con limonitas y lutitas, estratos subverticales de arenitas cuarzosas, intercalación de arenitas, limonarcillas y limonarcillas azules.
	JURASICO	SUPERIOR	Formación Labra Js-la Arenas cuarzo ferropelíticas en estratos micrónicos a centimétricos color gris, intercalados con arenas cuarzosas limonitas, lutitas y un nivel delgado de calizas (5 m).
		MEDIO	Formación Cachitos Jm-ca Intercalación de lutitas carbonosas, limonarcillas claras de grano fino.

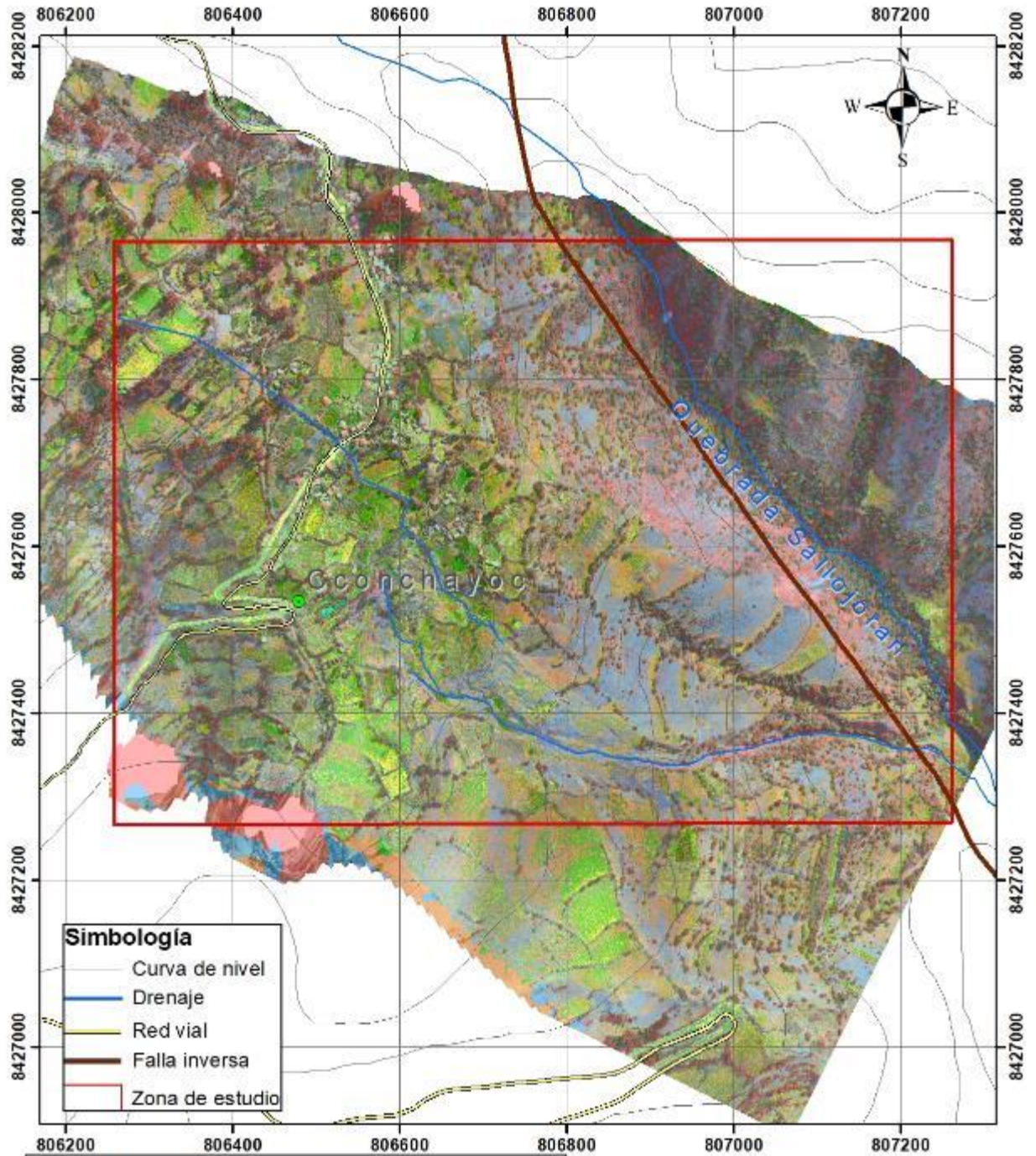
SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

ACT. 11: EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL

Geología del sector Anexo Cconchayoc

Escala 1:6 000 Datum UTM WGS 84 Zona 18S
 Versión digital año 2023 Impreso: Mayo 2023

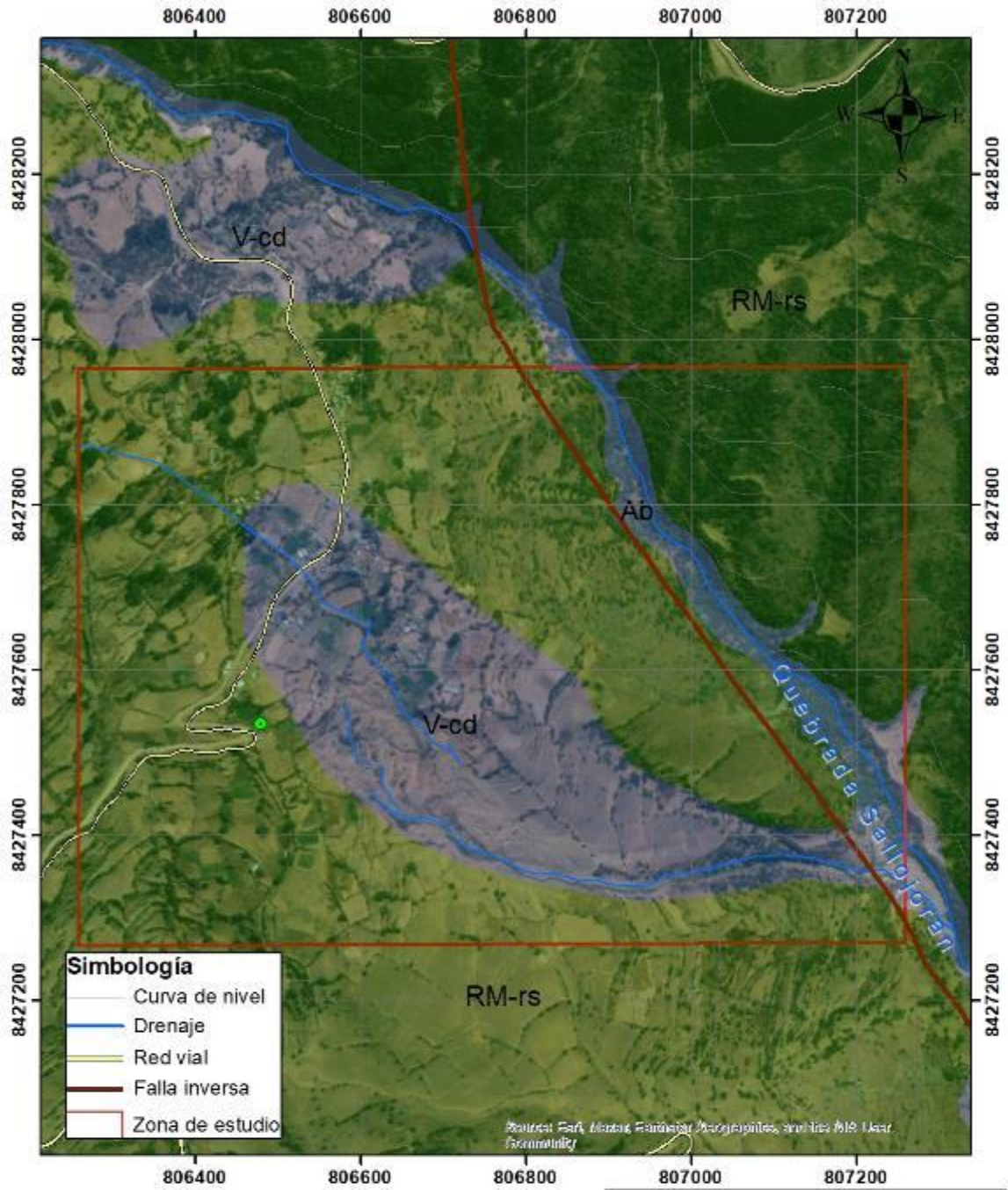
Figura: **1**



Simbología	
	Curva de nivel
	Drenaje
	Red vial
	Falla inversa
	Zona de estudio

LEYENDA	
	(< 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° - 90°) Terreno muy escarpado

SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO	
ACT. 11: EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL	
Pendientes del sector Anexo Cconchayoc	Figura: 2
Escala 1:6 000 Datum UTM WGS 84 Zona 18S Versión digital: año 2023 Impreso: Mayo 2023	



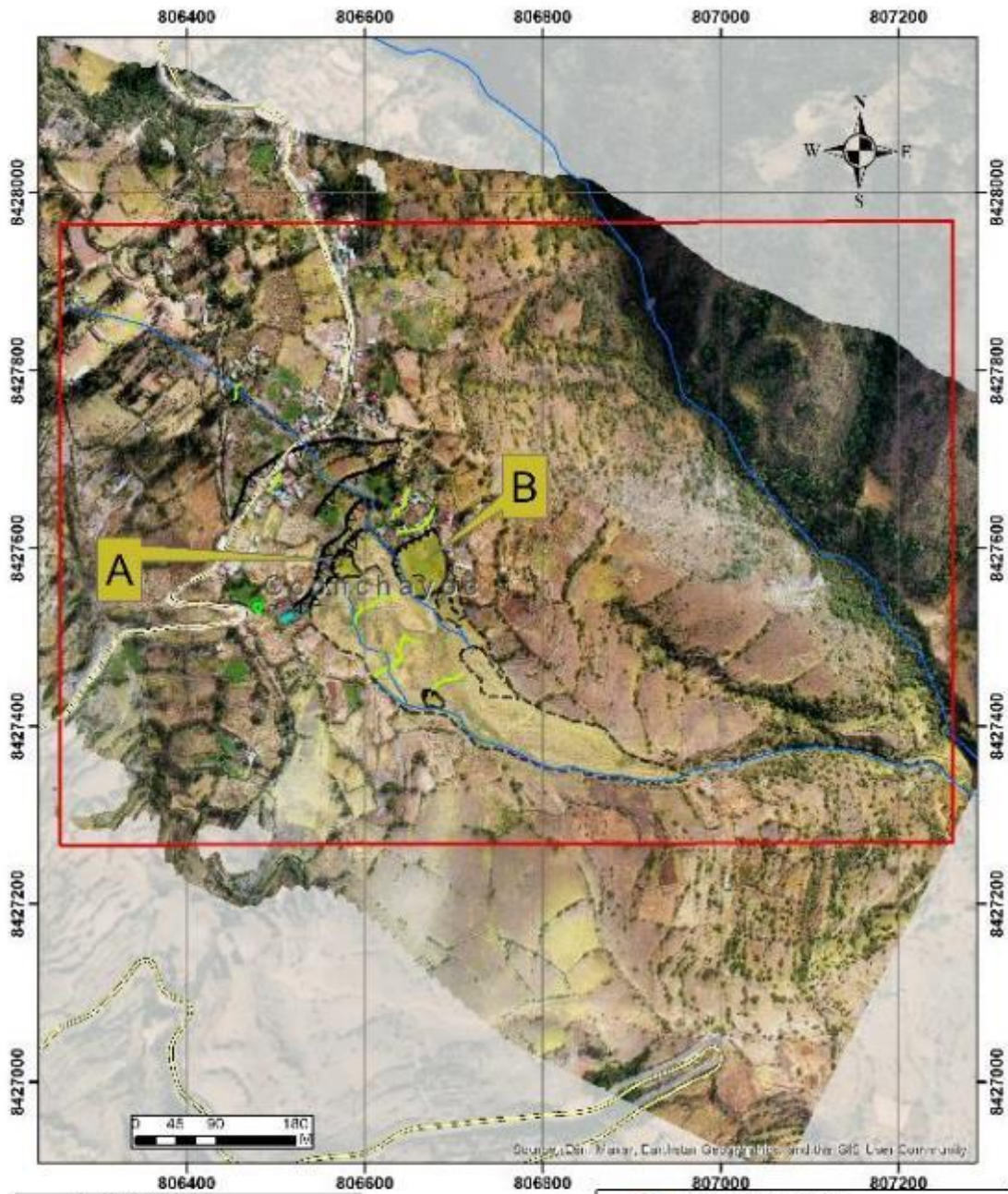
Leyenda

- RM-rs Montaña en roca sedimentaria
- Ab Abanico de piedemonte
- V-cd Piedemonte coluvio-deluvial

Simbología

- Curva de nivel
- Drenaje
- Red vial
- Falla inversa
- Zona de estudio

 SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALURGICO	
ACT. 11: EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL	
Geomorfología del sector Anexo Cconchayoc	Figura: 3
Escala 1:8 000 Datum UTM WGS 84 Zona 18S Versión digital, año 2023 Impreso, Mayo 2023	



<p>LEYENDA</p> <ul style="list-style-type: none"> Deslizamiento activo Deslizamiento antiguo Escarpa de desliz. activo Escarpa de desliz. antiguo Grieta tensional 		<p>Simbología</p> <ul style="list-style-type: none"> Curva de nivel Drenaje Red vial Falla inversa Zona de estudio
<p>SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO</p>		
<p>ACT. 11: EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL</p>		
<p>Cartografía de Peligros Geológicos del sector Anexo Cconchayoc</p>	<p>Figura: 4</p>	
<p>Escala 1:5 000 - Curvas UTM WGS 84 Zona 18S Versión digital: año 2023 - Impreso: Mayo 2023</p>		

ANEXO 2: DESCRIPCIÓN DE FORMACIONES SUPERFICIALES

DESCRIPCIÓN DE FORMACIONES SUPERFICIALES							
		TIPO DE FORMACIÓN SUPERFICIAL	<input type="checkbox"/>	Eluvial	<input type="checkbox"/>	Lacustre	
			<input checked="" type="checkbox"/>	Deluvial	<input type="checkbox"/>	Marino	
			<input checked="" type="checkbox"/>	Coluvial	<input type="checkbox"/>	Eólico	
			<input type="checkbox"/>	Aluvial	<input type="checkbox"/>	Orgánico	
			<input type="checkbox"/>	Fluvial	<input type="checkbox"/>	Artificial	
			<input type="checkbox"/>	Proluvial	<input type="checkbox"/>	Litoral	
			<input type="checkbox"/>	Glaciar	<input type="checkbox"/>	Fluvio glaciar	
GRANULOMETRÍA		FORMA		REDONDES		PLASTICIDAD	
	%						
<input type="checkbox"/>	Bolos	<input checked="" type="checkbox"/>	Esférica	<input type="checkbox"/>	Redondeado	<input type="checkbox"/>	Alta plasticidad
<input type="checkbox"/>	Cantos	<input type="checkbox"/>	Discoidal	<input type="checkbox"/>	Subredondeado	<input type="checkbox"/>	Med. Plástico
<input type="checkbox"/>	20 Gravas	<input type="checkbox"/>	Laminar	<input checked="" type="checkbox"/>	Anguloso	<input checked="" type="checkbox"/>	Baja Plasticidad
<input type="checkbox"/>	30 Gránulos	<input type="checkbox"/>	Cilíndrica	<input checked="" type="checkbox"/>	Subanguloso	<input type="checkbox"/>	No plástico
<input type="checkbox"/>	20 Arenas						
<input type="checkbox"/>	20 Limos						
<input type="checkbox"/>	10 Arcillas						
ESTRUCTURA		TEXTURA		CONTENIDO DE		% LITOLOGÍA	
<input checked="" type="checkbox"/>	Masiva	<input type="checkbox"/>	Harinoso	<input type="checkbox"/>	Materia Orgánica	<input type="checkbox"/>	Intrusivos
<input type="checkbox"/>	Estratificada	<input type="checkbox"/>	Arenoso	<input type="checkbox"/>	Carbonatos	<input type="checkbox"/>	Volcánicos
<input type="checkbox"/>	Lenticular	<input checked="" type="checkbox"/>	Aspero	<input type="checkbox"/>	Sulfatos	<input type="checkbox"/>	Matamórficos
						<input type="checkbox"/>	100 Sedimentarios
COMPACIDAD							
SUELOS FINOS				SUELOS GRUESOS			
Limos y Arcillas		Arenas		Gravas			
<input checked="" type="checkbox"/>	Blanda	<input checked="" type="checkbox"/>	Suelta	<input checked="" type="checkbox"/>	Suelta		
<input type="checkbox"/>	Compacta	<input type="checkbox"/>	Densa	<input type="checkbox"/>	Med. Consolidada		
<input type="checkbox"/>	Dura	<input type="checkbox"/>	Muy Densa	<input type="checkbox"/>	Consolidada		
				<input type="checkbox"/>	Muy Consolidada		
CLASIFICACIÓN TENTATIVA S.U.C.S.							
SUELOS GRUESOS				SUELOS FINOS			
<input type="checkbox"/>	GW	<input type="checkbox"/>	GC	<input type="checkbox"/>	ML	<input type="checkbox"/>	CH
<input type="checkbox"/>	GP	<input type="checkbox"/>	SW	<input type="checkbox"/>	CL	<input type="checkbox"/>	OH
<input checked="" type="checkbox"/>	GM	<input type="checkbox"/>	SP	<input type="checkbox"/>	OL	<input type="checkbox"/>	PT
<input type="checkbox"/>	SM	<input type="checkbox"/>	SC	<input type="checkbox"/>	MH		