

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7086

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LA VERTIENTE SUR DE LAS QUEBRADAS CHINCHINCA Y PANAOCOCHA

Región Huánuco
Provincia Pachitea
Distrito Umari



EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LA VERTIENTE SUR DE LAS QUEBRADAS CHINCHINCA Y PANAOCOCHA

(distrito de Umari, provincia de Pachitea, departamento Huánuco)

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

Equipo de investigación:

Ángel Gonzalo Luna Guillen

Ely Ccorimanya Challco

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2021). Evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa en la vertiente sur de las quebradas Chinchinca y Panaococha. distrito de Umari, provincia de Pachitea, departamento Huánuco. Lima: Ingemmet, Informe Técnico A7086, 64 p.

ÍNDICE

RESUMEN	4
1. INTRODUCCIÓN	6
1.1. Objetivos del estudio	6
1.2. Antecedentes y trabajos anteriores	6
1.3. Aspectos generales	8
1.3.1. Ubicación	8
1.3.2. Accesibilidad.....	10
1.3.3. Clima	11
2. ASPECTOS GEOLÓGICOS	12
2.1. Unidades litoestratigráficas	12
2.1.1. Complejo Maraón (Np-cm-esq)	12
2.1.2. Depósito coluvio-deluvial (Q-cd)	¡Error! Marcador no definido.
2.1.3. Depósito proluvial (Q-pl)	17
3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	18
3.1. Pendientes del terreno	18
3.2. Unidades geomorfológicas	19
3.2.1. Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional.....	19
3.2.2. Geoformas de carácter depositacional y agradacional.....	19
3.2.3. Geoformas particulares	22
4. PELIGROS GEOLÓGICOS	23
4.1. Peligros geológicos por movimientos en masa en la quebrada Chinchinca... 23	
4.1.1. Deslizamientos en la quebrada Chinchinca	24
4.1.2. Reptación de suelos en la quebrada Chinchinca	24
4.1.3. Análisis de perfiles transversales en la ladera de Tambillo	28
4.2. Peligros geológicos por movimientos en masa en la vertiente sur de la quebrada Panaococha	31
4.2.1. Deslizamiento Cochapampa	31
4.2.2. Reptación de suelos en el Anexo Cochapampa.....	33
4.2.3. Análisis de perfiles transversales en el Anexo Cochapampa.....	34
4.3. Factores condicionantes para la ocurrencia de peligros geológicos	36
4.4. Factores desencadenantes para la ocurrencia de peligros geológicos	36
4.5. Daños o efectos secundarios producido por los peligros geológicos	38
4.5.1. Daños en la quebrada Chinchinca (Centro poblado Tambillo).....	38
4.5.2. Daños en el Anexo Cochapampa	42
5. CONCLUSIONES	43
6. RECOMENDACIONES	45
7. BIBLIOGRAFÍA	47
ANEXO 1: MAPAS	48

ANEXO 2: GLOSARIO	58
ANEXO 3: MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN	59

RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa, realizado en la vertiente sur de las quebrada Chinchinca y Panaococha, sobre las cuales se asientan las poblaciones y medios de vida de Tambillo (ladera sur de la quebrada Chinchinca) y Anexo Cochapampa (ladera sur de la quebrada Panaococha), ambas localizadas en la margen derecha del Río Huallaga, pertenecientes a la jurisdicción del distrito de Umari, provincia de Pachitea, departamento Huánuco. Con este trabajo, el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – Ingemmet, cumple con una de sus funciones que consiste en brindar asistencia técnica de calidad e información actualizada, confiable, oportuna y accesible en geología, en los tres niveles de gobierno (distrital, municipal y nacional).

Las unidades litoestratigráficas que aforan y circundan las zonas evaluadas, corresponden a rocas metamórficas del Complejo Marañón, conformado por esquistos y micaesquistos con foliación, muy fracturados y altamente meteorizados. Estas unidades se encuentran cubiertos por depósitos coluvio-deluviales, compuestos por materiales poco consolidados a sueltos, conformados por cantos y bloques de formas angulosas a subangulosas, con diámetros que varían de 0.5 cm a 1 m, inmersos en matriz limo-arcillosa, el depósito se encuentra saturado.

Las geoformas identificadas corresponden a las de origen tectónico-degradacional (montañas modeladas en rocas metamórficas) y geoformas de carácter depositacional y agradacional, principalmente originados por movimientos en masa antiguos, que configuran geoformas de piedemonte (vertiente con depósitos de deslizamiento y vertiente coluvio – deluvial). Las laderas de la quebrada Chinchinca, presentan pendientes escarpadas a muy escarpadas (15° a 45°), y las laderas donde se asienta el Anexo Cochapampa son fuertes de 15° a 25°.

En la vertiente sur de la quebrada Chinchinca, entre las cotas 2400 y 3100 m s.n.m, se han identificado depósitos de deslizamientos antiguos, sobre los cuales se ha asentado el centro poblado de Tambillo (2500 m s.n.m). Entre las cotas 2840 y 2470 m s.n.m se tienen depósitos coluvio-deluviales que evidencian procesos de reptación de suelos, este proceso afecta viviendas y medios de vida del poblado de Tambillo, en un área de 0.5 km².

Los procesos geológicos mencionados están condicionados por la litología, la pendiente y presencia de aguas superficiales y subterráneas.

En la vertiente sur de la quebrada Panaococha, en el anexo Cochapampa, se identificó un deslizamiento rotacional, denominado: “deslizamiento Cochapampa”, con un escarpe principal de 150 m y salto vertical promedio de 6 m. La masa deslizada presenta un ancho promedio de 42 m y una longitud de 265 m, la diferencia de alturas entre la corona y pie del deslizamiento es 103 m, el deslizamiento ocupa un área de 0.01 km², rodeado por un área de 0.04 km², que muestra procesos de reptación de suelos evidenciado por ondulaciones en el terreno, ruptura de la cobertura vegetal y arboles inclinados.

En ambos casos el factor desencadenante, que provocó el incremento de los vectores de movimiento de los procesos de reptación y el deslizamiento, y a su vez produjo daños considerables en Tambillo (agrietamientos en viviendas, escaleras, vías de acceso, en la plaza principal y la destrucción parcial del cementerio) y en el Anexo Cochapampa (01 vivienda y áreas agrícolas afectadas), se atribuye a las intensas lluvias ocurridas en octubre del 2020, donde el pico máximo diario alcanzó el valor de 37.4 mm, superando por mucho el promedio diario de 5 años registrados para el sector.

El área evaluada en la quebrada Chinchinca, específicamente la ladera sur, donde se ubica el centro poblado Tambillo, se considera de **peligro muy alto** y **zona crítica** por la ocurrencia de reptación de suelos que pueden preceder a movimientos más rápidos como deslizamientos, a su vez estos pueden ser desencadenados por lluvias periódicas prolongadas y/o excepcionales, así como por efectos cosísmicos.

El área evaluada en el Anexo Cochapampa, se considera de **peligro alto**, por la presencia de un deslizamiento activo y reptación de suelos, que de igual manera pueden ser desencadenados por lluvias y movimientos sísmicos.

Para el poblado de Tambillo, se recomienda construir zanjas de coronación y drenes superficiales (tipo espina de pez), con la finalidad de coleccionar las aguas superficiales y drenarlas a los cauces naturales, de igual manera se recomienda la construcción de drenes subterráneos para disminuir la presión de poros e impedir que estos aumenten, desestabilizando la ladera. Así mismo se debe implementar planes de monitoreo constante de evolución del fenómeno de reptación.

En el Anexo Cochapampa, se recomienda reubicar la vivienda asentada en el pie del deslizamiento activo y para estabilizar la ladera afectada por reptación de suelos, construir muros de contrapeso e implementar obras de bioingeniería (plantas como estacas vivas), impermeabilizar los canales de riego y construir drenes que coleccionen las aguas superficiales evitando la saturación del terreno.

Adicionalmente se deben implementar estudios de "Evaluación de riesgos originado por fenómenos naturales (EVAR), en ambas áreas de inspección donde se han identificado peligros geológicos activos.

1. INTRODUCCIÓN

El Ingemmet, ente técnico-científico 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 las solicitudes de la Municipalidad Distrital de Umari, según Oficios N° 154-2020-MDU-A y 002-2021-MDU/GM, es en el marco de nuestras competencias que se realiza la evaluación de peligros geológicos en la vertiente sur de la quebrada Chinchinca (C.P. Tambillo) y Panaococha (Anexo Cochapampa).

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designó a los geólogos Angel Gonzalo Luna Guillen y Ely Ccorimanya Chalco, para realizar la evaluación de peligros geológicos el 15, 16 y 17 de mayo de 2021.

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, levantamientos fotogramétricos con dron¹ (con el fin de observar mejor el alcance del evento), y el cartografiado geológico y geodinámico, con lo que finalmente se realizó la redacción del informe técnico.

Este informe se pone en consideración de la Municipalidad Distrital de Umari 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, 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 que se presentan en la vertiente sur de las quebradas Chinchinca y Panaococha, eventos que pueden comprometer la seguridad de las personas, medios de vida y vías de comunicación en la zona de influencia de los eventos.
- b) Determinar los factores condicionantes y desencadenantes que influyen en la ocurrencia de los peligros geológicos.
- c) Emitir las recomendaciones pertinentes para la reducción de los daños que pueden causar los peligros geológicos identificados.

1.2. Antecedentes y trabajos anteriores

Existen trabajos previos publicados por Ingemmet y otras instituciones que incluyen sectores aledaños a la zona de evaluación, desarrollados a escala regional (boletines), entre estos se puede mencionar los siguientes:

- A) El boletín N°34 de la Serie C: Geodinámica e ingeniería Geológica, titulado: “Estudio de riesgos geológicos en la región Huánuco” (Zavala & Vílchez, 2006); describe las características geológicas, geomorfológicas y geodinámicas de la región Huánuco, así como las zonas críticas y susceptibles a movimientos en masa. Este trabajo muestra

¹ El levantamiento fotogramétrico con dron de las áreas de inspección, tuvo como resultados un modelo digital de terreno-MDT y un ortomosaico con una resolución de 0.279 y 0.379 m/px respectivamente.

que la quebrada Chinchinca y al Anexo Cochapampa se encuentran circundadas por montañas de laderas con pendiente fuerte, litológicamente constituidos por esquistos y micaesquistos del Complejo Marañón.

- B) El “Mapa de susceptibilidad a movimientos en masa de la región Huánuco” elaborado por: Zavala & Vílchez, 2006, cataloga a ambas áreas de inspección, con un grado de susceptibilidad “muy alta”, con predominancia a la ocurrencia de deslizamientos rotacionales, reptación de suelos y caída de rocas (figura 1).
- C) El boletín N°75 de la Serie A: Carta Geológica Nacional, titulado: “Geología del cuadrángulo de Huánuco” (Quispesivana, 1996); describe las unidades litoestratigráficas a escala 1: 100 000, en las áreas de inspección. Este menciona que la quebrada Chinchinca y el Anexo Cochapampa, se sitúan sobre rocas metamórficas del complejo Marañón, compuesta por gneis, esquistos y micaesquistos con foliación evidente de edad Neoproterozoica.

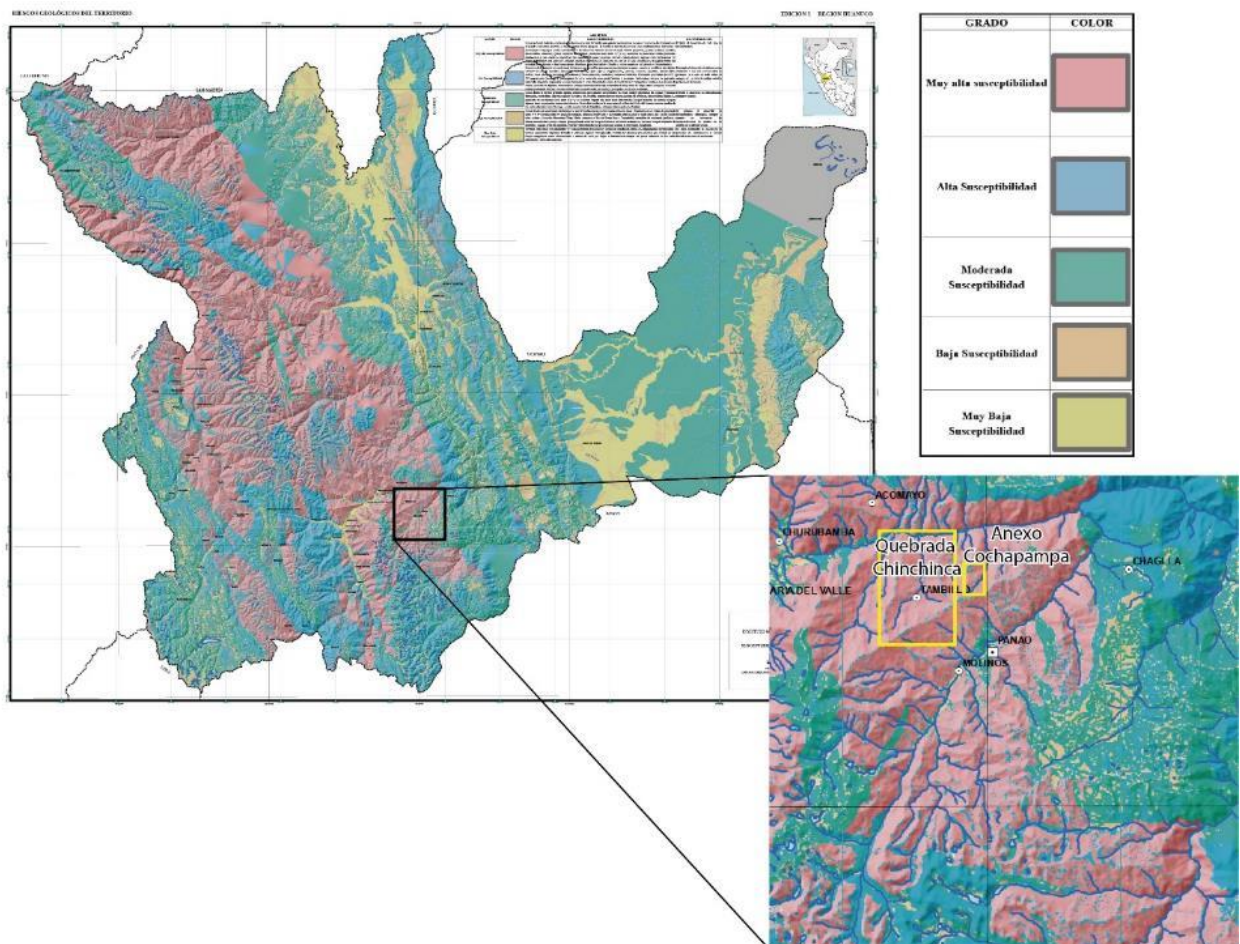


Figura 1. Susceptibilidad a procesos de movimientos en masa en las áreas de evaluación (Fuente: Mapa de susceptibilidad a movimientos en masa de la región Huánuco. Escala 1:250 000 elaborado por Zavala & Vílchez, 2006).

1.3. Aspectos generales

1.3.1. Ubicación

La quebrada Chinchinca, se encuentran ubicado en la margen izquierda del río Huallaga; políticamente pertenece al distrito de Umari, provincia de Pachitea, departamento de Huánuco. (figura 2), en cuya ladera sur se ubica el centro poblado de Tambillo, considerado la capital del distrito de Umari.

El Anexo de Cochapampa, pertenece al caserío de Panaococha, del distrito de Umari, provincia de Pachitea, departamento de Huánuco. (figura 2),

Las áreas de inspección se localizan en las coordenadas UTM (WGS84 – Zona 18s) siguientes: (cuadro 1 y 2).

Cuadro 1. Sector quebrada Chinchinca- Tambillo.

N°	UTM - WGS84 - Zona 18L		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	383761	8914003	9°49'21.85"S	76° 3'35.97" W
2	383287	8906592	9°53'23.06"S	76° 3'52.30" W
3	387764	8909084	9°52'2.39"S	76° 1'25.06" W
4	385501	8913833	9°49'27.56"S	76° 2'38.87" W
COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL				
C	385589	8909269	9°51'56.15"S	76° 2'36.45" W

Cuadro 2. Anexo de Cochapampa.

N°	UTM - WGS84 - Zona 18L		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	387417	8910950	9°51'1.58"S	76° 1'36.24" W
2	387312	8910103	9°51'29.14"S	76° 1'39.77" W
3	387798	8910060	9°51'30.59"S	76° 1'23.82" W
4	387885	8910899	9°51'3.31"S	76° 1'20.88" W
COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL				
C	387567	8910372	9°51'20.41"S	76° 1'31.37" W

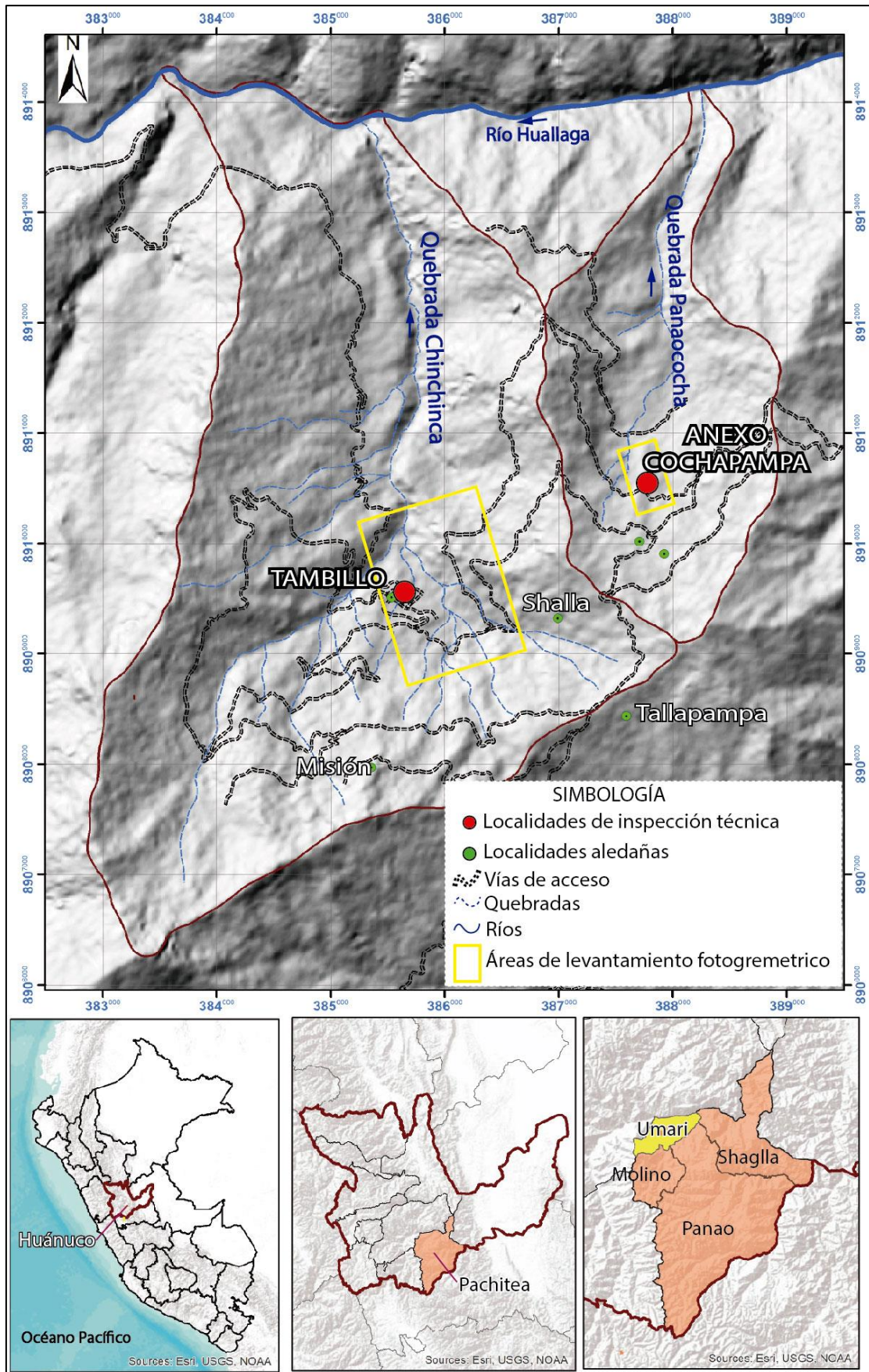


Figura 2. Ubicación de las áreas de inspección: Quebrada Chinchinca y Panaococha.

1.3.2. Accesibilidad

El acceso a ambos sectores evaluados se realiza por vía terrestre desde la ciudad de Lima (Ingemmet), mediante la siguiente ruta (cuadro 2 y figura 3):

Cuadro 2. Rutas y accesos al quebrada Chinchinca y Panaochocha

<i>Ruta</i>	<i>Tipo de vía</i>	<i>Distancia (km)</i>	<i>Tiempo estimado</i>
Lima-Huánuco	Carretera asfaltada	370 km	9 h
Huánuco-Tambillo	Carretera asfaltada/trocha carrozable	49 km	1 h 30 minutos
Tambillo – Anexo Cochapampa	Trocha carrozable	5 km	20 minutos

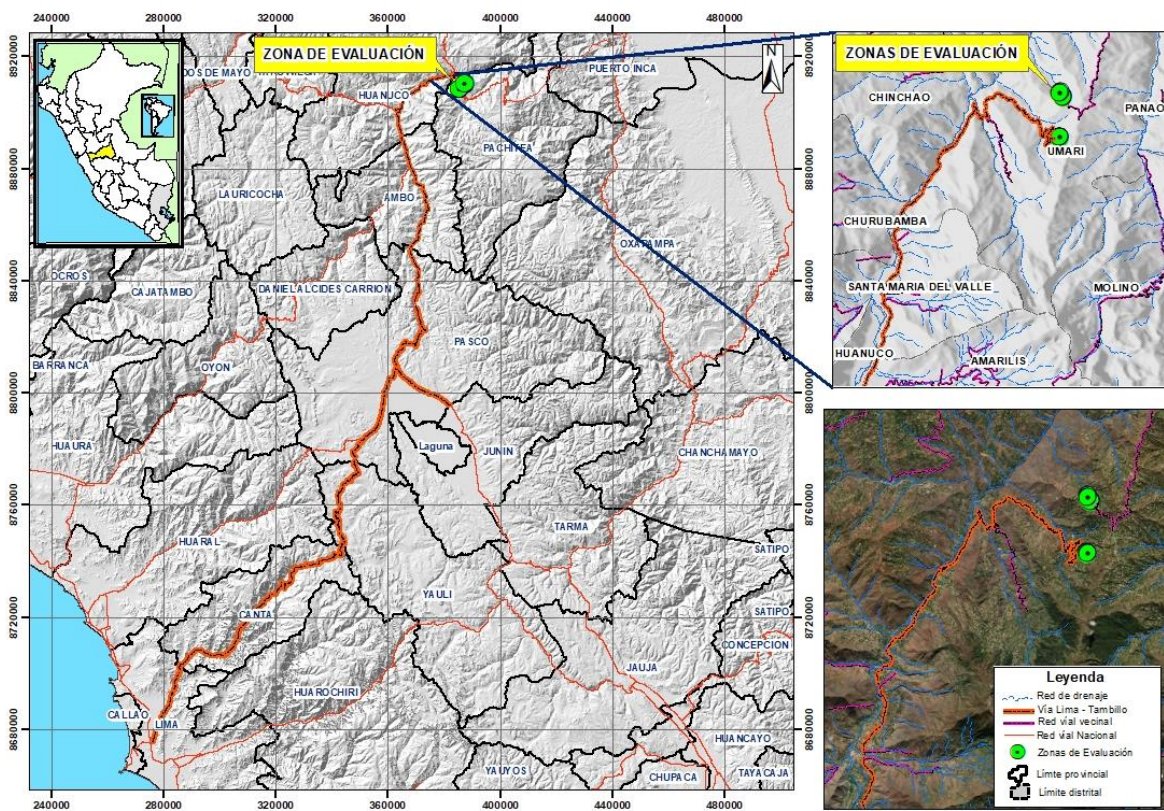


Figura 3. Esquema de accesibilidad a la quebrada Chinchinca y Anexo Cochapampa desde la ciudad de Lima.

1.3.3. Clima

La región Huánuco, tiene una altitud que varía entre 80 y 6 617 m s.n.m., se caracteriza por presentar un clima cálido, templado y seco, con una temperatura promedio de 19.8 °C, en verano llega a 24°C y en tiempo de lluvia, de diciembre a abril alcanza 18°C.

De acuerdo a la clasificación climática del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (Senamhi, 2020), elaborado con la información meteorológica de aproximadamente veinte años (1965-1984), con la cual se formularon los “índices climáticos” y el trazado de las zonas de climas de Thornthwaite; la Quebrada Chichinca y Panaochocha, presentan un clima frío o boreal, de sierra y se, extiende entre los 3000 y 4000 m s.n.m.

En esta zona se presentan precipitaciones anuales acumuladas promedio de 700 mm. y temperaturas medias anuales de 12°C, Presenta veranos lluviosos e inviernos secos con fuertes heladas

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 raster y de satélite), la precipitación máxima registrada en el último periodo 2020-2021, alcanzó valores de hasta 37.4 mm en el mes de octubre del 2020 (figura 4).

Las temperaturas anuales oscilan entre máxima de 27.0°C en verano y mínima de 4.2 °C en invierno. Presenta una humedad promedio de 65.8 % durante casi todo el año, ver figura 5 (Fuente: Servicio aWhere).

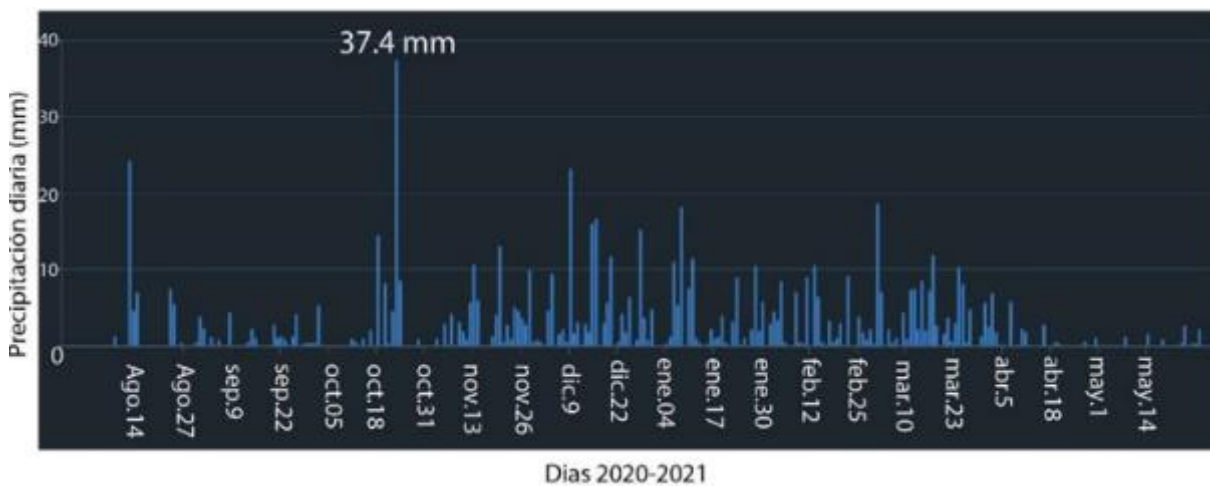


Figura 4. Precipitaciones diarias en mm, distribuidas a lo largo del último periodo 2020-2021. disponible en: <https://eos.com/crop-monitoring/weather-history/field/7250174>.

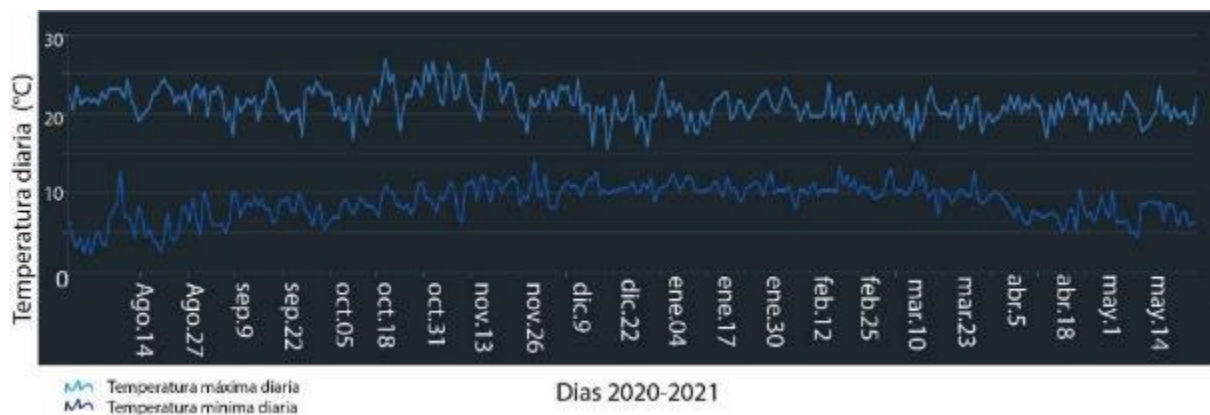


Figura 5. Temperaturas máximas y mínimas diarias, distribuidas a lo largo del último periodo 2020-2021 disponible en: <https://eos.com/crop-monitoring/weather-history/field/7250174>.

2. ASPECTOS GEOLÓGICOS

El análisis litológico se desarrolló en base al mapa geológico del cuadrángulo de Huánuco, hoja 20k, elaborado a escala 1:100 000 por el Ingemmet (Quispesivana, 1996).

En este cuadrángulo, que abarca las zonas evaluadas afloran rocas metamórficas del Neoproterozoico, representadas por el Complejo Marañón, litológicamente conformado por esquistos y micaesquistos, cubiertos por depósitos cuaternarios de naturaleza coluvio-deluvial.

La descripción geológica final, se complementó con trabajos de interpretación de imágenes satelitales, fotos aéreas y observaciones de campo, con las cuales se determinaron de manera cualitativa, el grado de fracturamiento y meteorización.

2.1. Unidades litoestratigráficas

Las unidades litoestratigráficas que afloran en la quebrada Chinchinca y alrededores del Anexo Cochapampa, son de origen metamórfico correspondientes a esquistos y micaesquistos del Complejo Marañón (Np-cm-esq), con alto grado de fracturamiento y meteorización, se encuentran cubiertos por depósitos proluviales y coluvio – deluviales, que han sido acumulados durante el Pleistoceno y Holoceno hasta la actualidad (ver Anexo 1, mapas 1 y 2)

Las unidades litoestratigráficas identificadas en las áreas de inspección se describen a continuación:

2.1.1. Complejo Marañón (Np-cm-esq)

Las rocas metamórficas del Complejo Marañón, son la más antiguas y ocupan un 70 % de la extensión del mismo. Litológicamente se encuentra compuesto por esquistos y gneis con intercalaciones de anfibolitas, así como mica-esquistos de clorita, biotita, con foliación visible (Quispesivana, 1996).

Localmente se han observado afloramientos de esquistos y micaesquistos, con rumbo N120° y buzamiento de 25° al SE (figura 6), las rocas de estos afloramientos tienen un alto grado de fracturamiento y meteorización (figura 7).

Se observan en los cortes de carretera de acceso al caserío de Panaococha y Anexo Cochapampa, suelos residuales producto del alto grado de meteorización de los esquistos y micaesquistos, que han formado suelos arcillosos, de coloraciones pardas y rojizas (fotografía 1), estos son altamente susceptibles a sufrir procesos de erosión y movimientos en masa.



Fotografía 1. Exposición de suelos residuales, producidos por la meteorización de esquistos del complejo Marañón. Coordenadas UTM (WGS 84): 387558 E, 8110095 S, a 2800 m s.n.m.

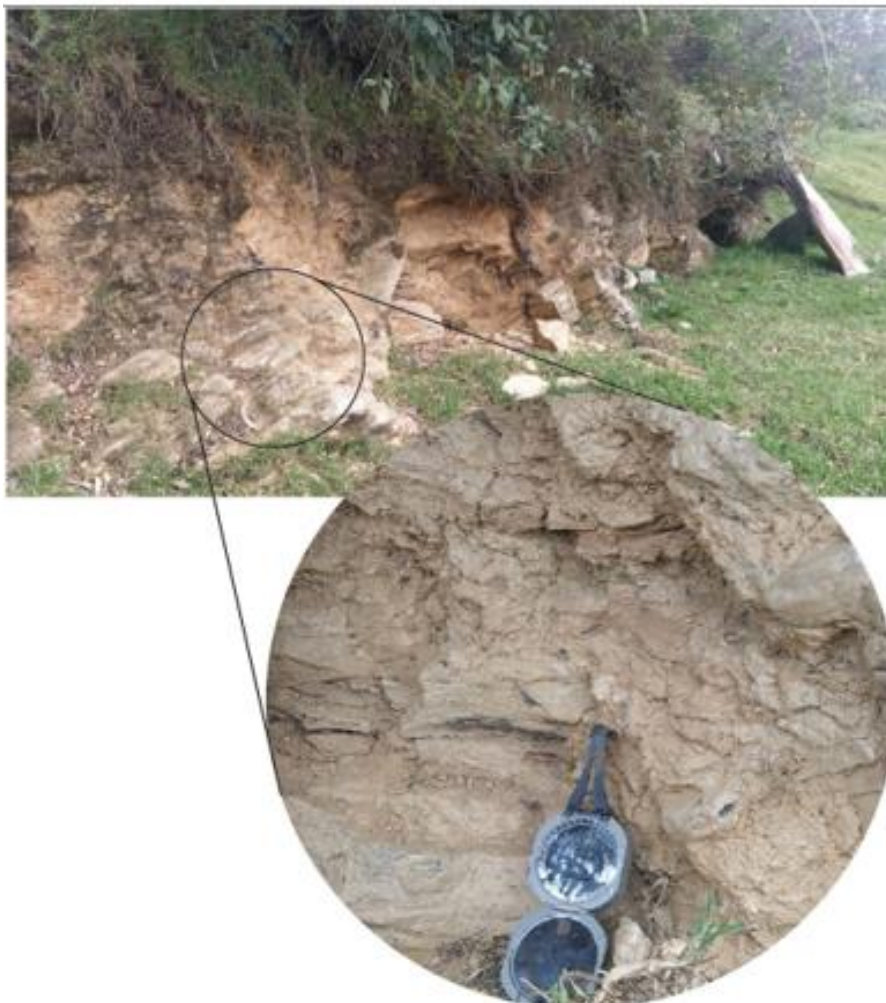


Figura 6. Esquistos del Complejo Marañón, en los alrededores del Anexo Cochapampa. Coordenadas UTM (WGS 84): 387558 E, 8110095 S, a 2800 m s.n.m.



Figura 7. Muestra el alto grado de fracturamiento y meteorización de los esquistos del complejo Marañón. Coordenadas UTM (WGS 84): 387664 E, 8910138 S, a 2817 m s.n.m.

2.1.2. Depósito coluvio-deluvial (Q-cd)

Son depósitos formados por la acumulación intercalada de materiales de origen coluvial y deluvial (material con poco transporte), estos se encuentran entreverados y no es posible diferenciarlos entre sí (Vílchez et al., 2019). En el área de evaluación, estos depósitos están constituidos por bloques angulosos heterométricos de esquistos y micaesquistos de hasta 3 m de diámetro, envueltos en una matriz limo-arcillosa de comportamiento plástico y cohesivo.

Las viviendas del Anexo Cochapampa y el centro poblado Tambillo, así como sus áreas agrícolas, se encuentran asentados sobre depósitos coluvio-deluviales, que se originaron por la acumulación de material detrítico proveniente de movimientos en masa (deslizamientos antiguos), conformados por gravas, cantos y bloques de formas subangulosas, con diámetros que varían de 0.5 a 3 m, envueltos en matriz limo-arcillosa, plástica y cohesiva; además, el depósito se encuentra medianamente consolidado a suelto y presenta surgencias de agua (oconales, bofedales y ojos de agua) que evidencian la saturación del suelo (figura 9).

Los peligros por movimientos en masa que afectan al centro poblado Tambillo y Cochapampa, se desarrollan sobre depósitos coluvio-deluviales.



Figura 8. Depósitos coluvio-deluviales adosados a la ladera de la quebrada Chinchinca, encima del poblado de Tambillo. Coordenadas UTM (WGS 84): 385556 E, 8908524 S, a 2822 m s.n.m.



Figura 9. Depósitos coluvio-deluviales poco consolidados, con infiltraciones de agua, sobre los que se han construido las viviendas en el centro poblado de Tambillo. Coordenadas UTM (WGS 84): 385658 E, 8909422 S, a 2540 m s.n.m.



Figura 10. Se muestran depósitos coluvio-deluviales sueltos, ubicado debajo del centro poblado de Tambillo. Coordenadas UTM (WGS 84): 385786 E, 8909649 S, a 2430 m s.n.m.

2.1.3. Depósito proluvial (Q-pl)

Los depósitos proluviales están formados por fragmentos rocosos heterométricos pobremente clasificados en una matriz limo-arcillosa, localizados en las quebradas de corrientes temporales, como son las quebradas Chinchinca y Panaococha, afluentes al río Huallaga.

También se puede distinguir depósitos aluviales antiguos, en la margen izquierda de la quebrada Chinchinca que ha formado una vertiente o piedemonte proluvial.

3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

3.1. Pendientes del terreno

La pendiente, es un parámetro importante en la evaluación de procesos por movimientos en masa, porque actúa como un factor condicionante y dinámico en la generación de movimientos en masa.

Los mapas de pendientes de la quebrada Chinchinca y Panaococha (Anexo Cochapampa) fueron elaborados en base a la información del modelo de elevación digital (DEM) Alos Palsar de 12.5 m/px de resolución (USGS) (Anexo 1, mapas 3 y 4).

Dentro de los cuales se puede observar que las laderas de la margen derecha de la quebrada Chinchinca presentan pendientes escarpadas (25° - 45°), y pendientes fuertes (15 a 25°) en la margen izquierda.

El sector donde se encuentra el centro poblado Tambillo, cuyo substrato está conformado por depósitos coluvio-deluviales presenta pendientes moderadas (5° - 15°), y las laderas al sur del poblado tienen pendientes promedio de 40° (figura 11).

De igual modo, se describe que para los alrededores del Anexo Cochapampa se presentan pendientes fuertes (15° - 25°) y ocasionalmente pendientes muy fuertes o escarpadas (25° - 45°), con promedios de hasta 20° .



Figura 11. Muestra la pendiente promedio de la ladera 1), al sur den C.P. Tambillo y 2) al sur del Anexo Cochapampa.

3.2. Unidades geomorfológicas

Para la caracterización de las unidades geomorfológicas en el área de estudio (mapas 5 y 6 en el Anexo 1), 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 (Vílchez et al., 2019), a continuación se describen las geoformas identificadas en las áreas de inspección.

3.2.1. Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional

Están representadas por las formas de terreno resultados del efecto progresivo de procesos morfodinámicos degradacionales sobre los relieves iniciales originados por la tectónica, estos procesos conducen a la modificación parcial o total de estos a través del tiempo geológico y bajo condiciones climáticas cambiantes (Villota, 2005).

3.2.1.1. Unidad de montañas

Tienen una altura de más de 300 m, con respecto al nivel de base local; según el tipo de roca que las conforma y los procesos que han originado su forma actual, se diferencia la siguiente subunidad:

Subunidad de montañas en roca metamórfica (RM-rm): Relieve modelado en afloramientos del Complejo Maraón, conformadas por esquistos y micaesquistos. Las montañas cubren gran parte de las áreas de estudio en la quebrada Chinchinca, cuyas laderas de pendientes fuertes a escarpadas (25°- 45°) poseen cimas agudas a subredondeadas. En la parte alta son disectadas por una red de drenaje dendrítica, resaltando principalmente las quebradas Chinchinca y Panaococha afluentes al río Huallaga.

3.2.2. Geoformas de carácter depositacional y agradacional

Están representadas por formas de terreno resultados de la acumulación de materiales provenientes de los procesos denudativos y erosionales que afectan las geoformas anteriores (Villota, 2005), aquí se tienen las siguientes subunidades:

3.2.2.1. Subunidad de vertiente con depósito coluvio - deluvial (V-cd)

Son vertientes formadas por la acumulación intercalada de materiales de origen coluvial y deluvial, que por su complicada interestratificación hacen muy difícil dividir uno del otro (Vílchez et al., 2019), cubren las laderas de las montañas de la quebrada Chinchinca y Panaococha, donde se asientan el C.P: Tambillo y Anexo Cochapampa respectivamente. Se presentan como depósitos poco consolidados a sueltos, localizados a media laderas y al pie de las montañas con pendientes fuertes (15°-25°); son resultantes de la acumulación de material caído desde las partes altas por acción de la gravedad y removidos por agua de escorrentía superficial, sobre estas vertientes se realizan labores agrícolas y discurren canales de agua no impermeabilizados que saturan los suelos, incrementando la presión de poros y favoreciendo su desplazamiento (reptación), ladera abajo.

3.2.2.2. Subunidad de piedemonte o vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd)

Corresponde a las acumulaciones de ladera originadas por procesos de movimientos en masa antiguos y recientes de tipo deslizamientos, está conformado por materiales heterogéneos (cantos y gravas de esquistos y micaesquistos englobados en una matriz de arcilla y limo). Se observan en las laderas de la quebrada Chinchinca, lo que evidencia la ocurrencia de antiguos deslizamientos (Pleistoceno-Holoceno), con superficies de desplazamiento de geometrías

convexas y disposición semicircular a elongada en relación con la zona de arranque (escarpe) del movimiento (figura 15).



Figura 12. Vista del C.P. Tambillo, el cual se encuentra ubicado en una vertiente con depósito de deslizamiento antiguo.



Figura 13. Subunidades geomorfológicas al sur del C.P. Tambillo- Vertiente Chinchinca.



Figura 14. Muestra las subunidades geomorfológicas al sur del Anexo Cochapampa.



Figura 15. Se observa una vertiente con depósito de deslizamiento antiguo, en la quebrada Chinchinca, aguas abajo del C.P. Tambillo.

3.2.3. Geoformas Particulares

Estas unidades geomorfológicas debido a su génesis y características especiales de formación, son difíciles de adscribir a uno de los dos grupos anteriormente descritos, es por ello que se les cataloga como “otras unidades geomorfológicas”, entre ellas tenemos:

3.2.3.1. Cárcavas (CA)

Se forman como parte de procesos denudativos, de la superficie terrestre (roca y/o suelo), que consiste en el arranque y transporte de material por agentes naturales como el agua.

En las laderas de la quebrada Chinchinca se evidencian estos procesos sobre vertientes con depósitos coluvio-deluviales y montañas en rocas metamórficas, donde la escorrentía superficial del agua de lluvia, degrada progresivamente surcos pre-existentes, generando estas geoformas que anualmente incrementan sus medidas de longitud y ancho.

3.2.3.2. Bofedal (BO)

Es la acumulación de biodetritos (turba), con alto contenido de vegetación y saturación de agua, probablemente proveniente de acuíferos detríticos no consolidados, de los cuales se captan aguas para consumo y riego, son de extensiones pequeñas y representan las nacientes de puquiales, se ubican en laderas de pendientes moderadas (5°-15°), se observan en las áreas de evaluación de Cochapampa y Tambillo (figura 16).



Figura 16. Se observa un bofedal en la ladera de pendiente moderada (15°), en el Anexo Cochapampa.

4. PELIGROS GEOLÓGICOS

Los peligros geológicos reconocidos en la zona evaluada, corresponden principalmente a movimientos en masa de tipo deslizamientos y reptación de suelos (Proyecto Multinacional Andino: GCA, 2007). Estos son resultado del proceso de modelamiento del terreno, así como la incisión sufrida en los cursos de la Cordillera de los Andes, que conllevó a la generación de diversos movimientos en masa, que modificaron la topografía del relieve y movilizaron cantidades variables de material desde las laderas hacia el curso de los ríos.

Estos 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 y subterráneo, así como la cobertura vegetal. Se tiene como “desencadenantes” de estos eventos las precipitaciones de lluvias periódicas, extraordinarias y/o prolongadas que caen en la zona, así como la sismicidad por efectos cosísmicos.

La caracterización de los eventos geodinámicos en las áreas de evaluación, se realizaron en base a la información obtenida de trabajos en campo, en donde se identificaron movimientos en masa, a través del cartografiado geológico y geodinámico, basados en la observación y descripción litológica y morfométrica in situ, la toma de datos con GPS, fotografías a nivel de terreno y fotografías aéreas.

La información obtenida por el dron, se complementó con el análisis de imágenes de satélite (CNESS/AIRBUS) y se representó en los mapas de peligros geológicos (mapas 7, 8 y 9 - Anexo 1).

A continuación, se describen los peligros geológicos identificados en las dos vertientes señaladas y la evaluación de daños o posibles afectaciones a las poblaciones y medios de vida de los poblados Tambillo y Cochapampa:

4.1. Peligros geológicos por movimientos en masa en la quebrada Chinchinca.

La quebrada Chinchinca, donde se encuentra el C.P. Tambillo, muestra evidencias de haber sufrido procesos geodinámicos antiguos, inferenciados por la presencia de múltiples coronas, escarpes y depósitos de deslizamientos, ubicados en las laderas de la quebrada donde también se observaron evidencias de reptación de suelos. Esta zona es considerada de alta susceptibilidad a movimientos en masa.

Los eventos mencionados están condicionados por las características morfológicas (montañas y vertientes coluvio-deluviales con laderas de pendiente fuerte), litológicas (esquistos con alto grado de fracturamiento y meteorización) y grado de pendiente (laderas de 15° a 45°), coadyuvadas por escorrentía superficial producto de lluvias periódicas características del lugar (ver ítem 1.3.3.) y flujo subterráneo (evidenciado por la presencia de oconales, bofedales y filtraciones de agua), que han favorecido la ocurrencia de deslizamientos (figura 17).

En la quebrada Chinchinca, se identificaron 08 deslizamientos antiguos, que generaron materiales detríticos, dejando sus depósitos a media ladera y al pie de las mismas. El deslizamiento más representativo se encuentra en la ladera sur de la quebrada, entre las cotas 2400 y 3100 m s.n.m. ocupa un área aproximada de 1.8 km², este evento ha sufrido por lo menos tres reactivaciones cuyos escarpes antiguos se encuentran erosionados y se ubican entre las cotas 2800, 2920 y 3000 m s.n.m.

Sobre estos depósitos de deslizamiento se asienta el centro poblado de Tambillo, que actualmente es afectado por procesos de reptación de suelos, el área afectada es 0.5 km²,

este proceso se presenta entre las cotas 2840 y 2470 m s.n.m, condicionado por la litología, la pendiente y presencia de aguas superficiales y subterráneas.

4.1.1. Deslizamientos en la quebrada Chinchinca

Mediante técnicas de fotointerpretación se han identificado 8 deslizamientos de magnitudes considerables (figura 17); con formas de escarpe semicircular y longitudes entre 0.2 y 2 km, ubicados en la cabecera de las laderas de la quebrada Chinchinca (mapa 7, Anexo 1).

El centro poblado Tambillo, se encuentra sobre una vertiente con depósito de deslizamiento antiguo que ocupa un área de 1.8 km². Las coronas y escarpes que conformaron dicho depósito se encuentran erosionadas, se observan al sur del poblado, en cotas próximas a los 2800 m s.n.m.

El depósito del deslizamiento es de fácil erosión y susceptible a generar nuevos deslizamientos (reactivaciones), teniendo como factores desencadenantes a las lluvias periódicas y/o extremas y a sismos como efectos cosísmicos, actualmente se observan agrietamientos y saltos de escarpes (<2m), relacionados a procesos de reptación del depósito detrítico que afecta al centro poblado de Tambillo.

Se debe tener en cuenta que el proceso de reptación de suelos podría desencadenar en un deslizamiento, que afectaría directamente al poblado de Tambillo y alrededores, si no se toman las medidas correctivas adecuadas.



Figura 17. Se muestran coronas de deslizamientos antiguos, aguas abajo del centro poblado Tambillo (asentado sobre una vertiente con depósito de deslizamiento), en la quebrada Chinchinca.

También se ha identificado un deslizamiento rotacional de 0.002 km² con un escarpe de 2 m de altura, longitud de 30 m y ancho promedio de 20 m, (fotografía 1), en las coordenadas UTM (WGS 84): 387645 E, 8909608 S, a 2456 m s.n.m, encima de la cancha deportiva del C.P. Tambillo, se infiere que fue ocasionado por la modificación de la morfometría natural de la ladera conformado por depósitos detríticos, para la construcción de la cancha deportiva de tierra (Fotografía 1, figura 19).



Fotografía 1. Deslizamiento sobre la cancha deportiva de Tambillo coordenadas UTM (WGS 84): 387645 E, 8909608 S

4.1.2. Reptación de suelos

Se refiere a aquellos movimientos lentos del terreno, en donde no se distingue una superficie de falla, puede ser de tipo estacionaria y se asocia a cambios meteorológicos o de humedad del terreno.

En el centro poblado Tambillo se presentan evidencias de reptación de suelos, como el desgarre de la cobertura vegetal, saltos y discontinuidades pequeñas en la ladera (<2 m), ocasionado por la saturación de suelos arcillosos que incrementan su peso y volumen, favoreciendo su desplazamiento por gravedad, especialmente en periodos de lluvia (diciembre-abril). formando relieves ondulados (figura 18,19 y 20).

El excedente de agua que satura el terreno proviene de la infiltración de escorrentía de lluvias, el uso inadecuado de métodos de riego por gravedad y canales no impermeabilizados, usados para riego de cultivos (figura 21).

El área de suelo reptante identificado en la ladera sur de la quebrada es de 0.5 km², y se ubica entre las cotas 2470 y 2840 m s.n.m, estos procesos, pueden preceder a movimientos más rápidos como deslizamientos, debido a la deformación acumulada durante varios años de ocurrencia, que lleva a la masa reptante a su límite de resistencia, si no se toman medidas correctivas inmediatas.

En la figura 20, se esquematiza el proceso de reptación en un modelo 3D, mostrando el módulo escalado de los vectores de movimiento (apertura de agrietamientos en el terreno, con dirección al movimiento principal), que varían de 0.1 a 0.5 m, este demuestra que existe mayor dinámica en áreas cercanas al cementerio (área con mayor pendiente y saturación de agua), la segunda área más afectada es la plaza del C.P. Tambillo (zona más baja, que sufre la presión del material reptante superior) y alrededores. Las direcciones de los vectores de movimiento señalan que la masa reptante se mueve preferentemente de SE-al NO (figura 19).



Figura 18. Se muestran escarpes de 1.8 m, en las áreas reptación en la Qquebrada Chinchinca.

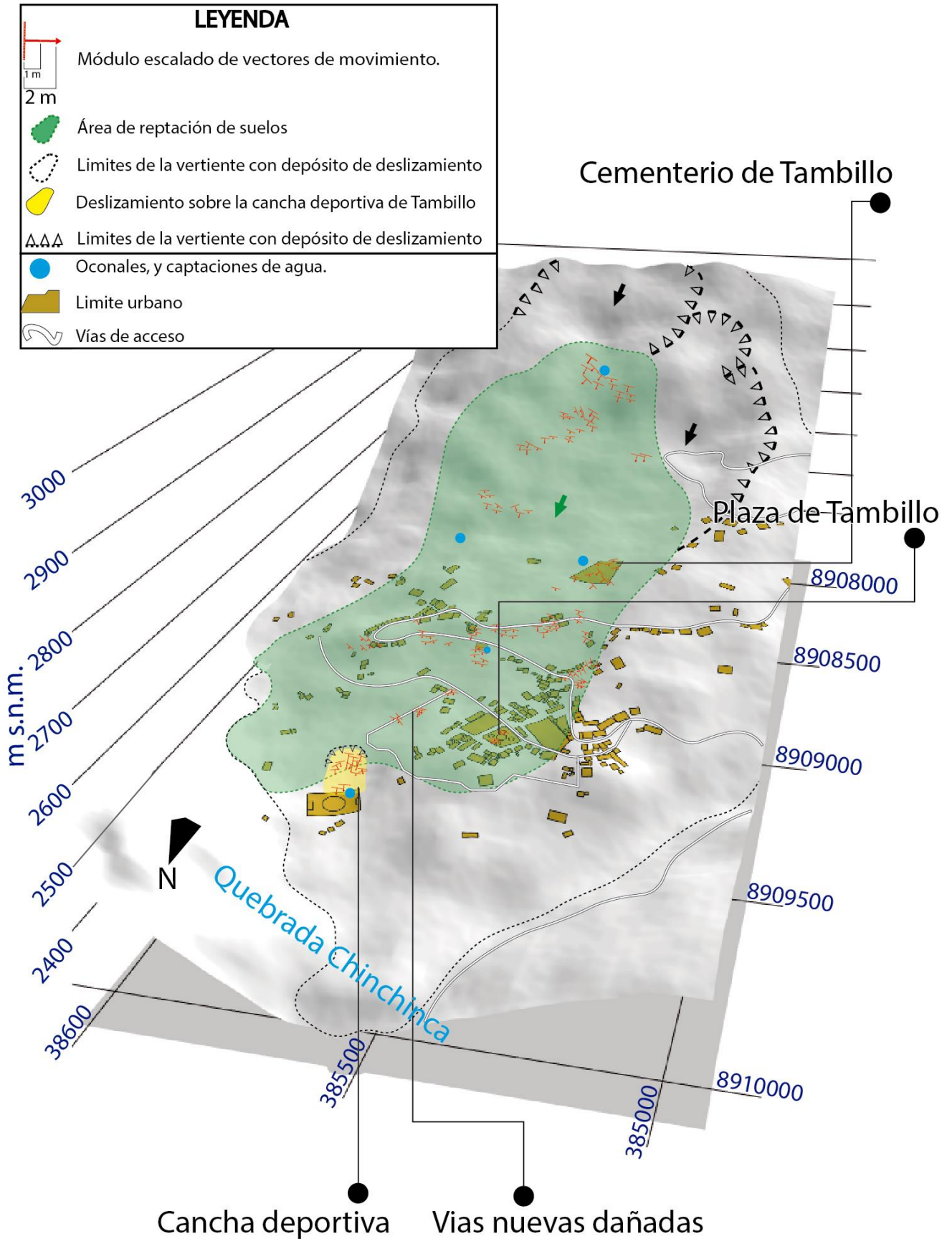


Figura 19. Esquema 3D, de la reptación de suelos en la ladera sur de la quebrada Chinchinca, que afecta al centro poblado de Tambillo.



Figura 20. Se observan evidencias de ondulamientos en el terreno, producto de la reptación de suelos.



Figura 21. Del 1 al 4, se observan, canales de riego no impermeabilizados, 5) muestra el rebalse de un reservorio de agua inclinado aproximadamente 10 °, que vierte su excedente de agua al terreno.

4.1.3. Análisis de perfiles transversales en la ladera de Tambillo

Para tener mejor comprensión del fenómeno de reptación de suelos que se produce actualmente en la ladera sur de la quebrada Chinchinca, y que afecta al centro poblado de Tambillo, se han realizado 3 perfiles interpretativos, longitudinales a la dirección de los vectores de movimiento del fenómeno (figura 22 y 23), estos se describen a continuación.

Perfil A-A'

Este perfil de dirección S-N, muestra que la ladera posee una pendiente promedio de 30° (ladera abrupta), conformado por rocas metamórficas del Complejo Maraón, con afloramientos de esquistos muy fracturados y altamente meteorizados visibles entre los 2600 y 2800 m s.n.m., este macizo rocoso, está cubierto a lo largo de una longitud proyectada de 1.3 km desde los 2600 m s.n.m hasta los 2250 m s.n.m (base de la quebrada Chinchinca), por depósitos coluvio-deluviales de deslizamientos antiguos.

Las evidencias de campo muestran que parte del material detrítico sufre procesos de reptación desde los 2500 m s.n.m. hasta la base de la quebrada, que afecta 3 tramos de la carretera de acceso a Tambillo, infraestructura urbana y área agrícolas.

Perfil B-B'

Este perfil es paralelo al perfil A-A', muestra la pendiente promedio de 25° de la ladera y la misma configuración litoestratigráfica que el primer perfil (rocas metamórficas coberturadas por depósitos coluvio-deluviales), la importancia de este corte es que evidencia dos de las múltiples filtraciones de agua que se presentan en la ladera, con ello se infiere que el depósito detrítico tiene el comportamiento de un acuífero no consolidado y semiconfinado, a través del cual circulan aguas subterráneas que condicionan parcialmente la reptación de suelos, mediante el aumento de la presión de poros y afloramiento de aguas a la superficie que contribuye a la saturación y erosión de la ladera..

Perfil C-C'

Este perfil tiene una dirección SO-NE, la ladera presenta una pendiente promedio de 20° y la misma configuración litoestratigráfica que los anteriores perfiles. Atraviesa dos áreas de mayor afectación del C.P Tambillo (el cementerio y la cancha deportiva).

En este perfil se evidencia como la reptación de suelos presenta vectores de movimiento de mayor modulo, a lo largo de 75 m, entre las cotas 2280 y 2300 m s.n.m (zona del cementerio), posiblemente relacionado con la presencia de mayor flujo de agua subterránea y superficial, donde se observan módulos de almacenamiento y captación de agua, así como canales de escorrentía superficial no impermeabilizados.

En el pie del depósito detrítico, debajo de Tambillo, se identificó un deslizamiento que presenta un escarpe con longitud de 75 m, y saltos <2m, visibles en el perfil. Uno de los factores desencadenante de este es el corte del talud para la construcción de la cancha deportiva.

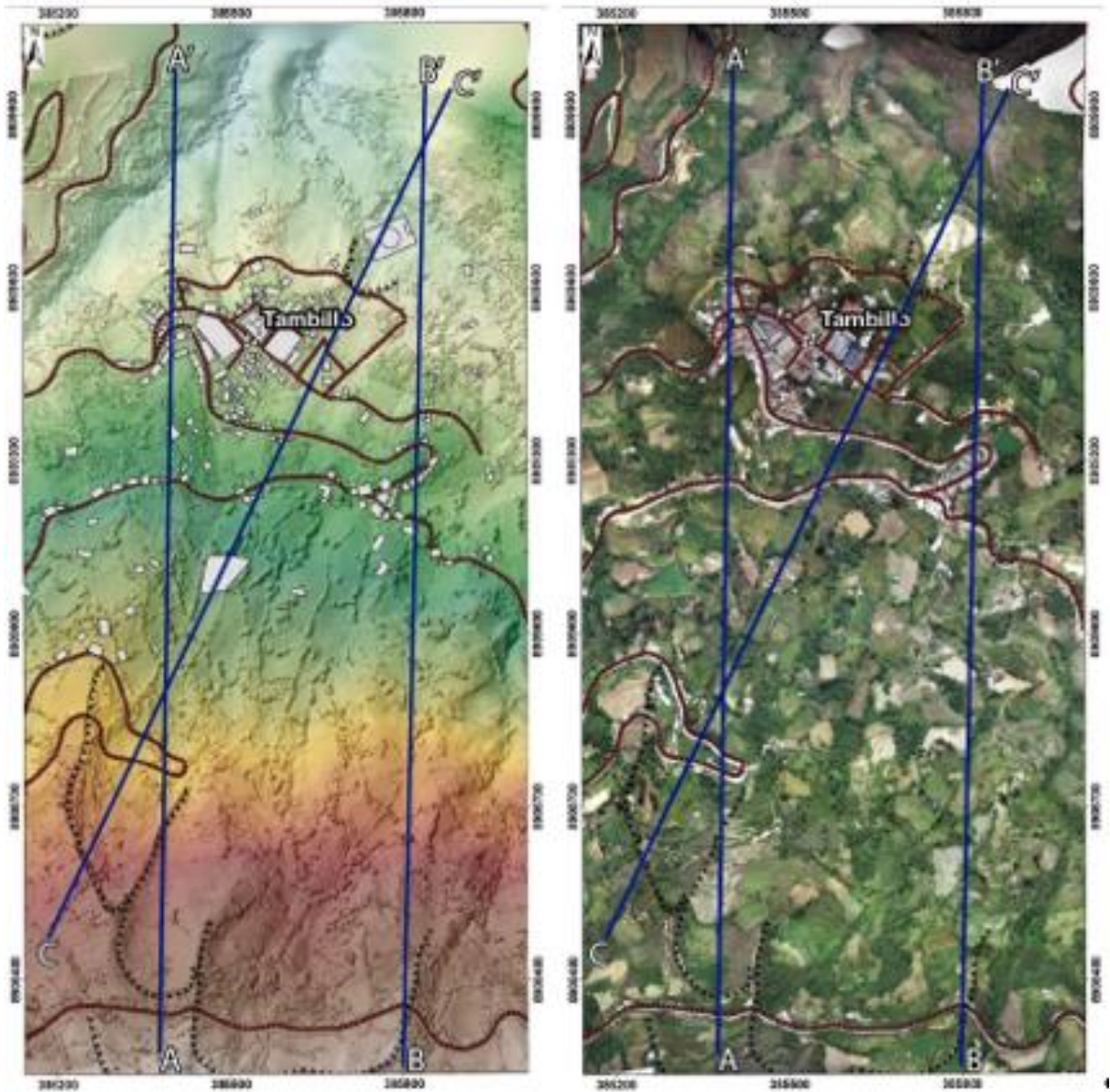


Figura 22. Perfiles en el área de evaluación en Tambillo.

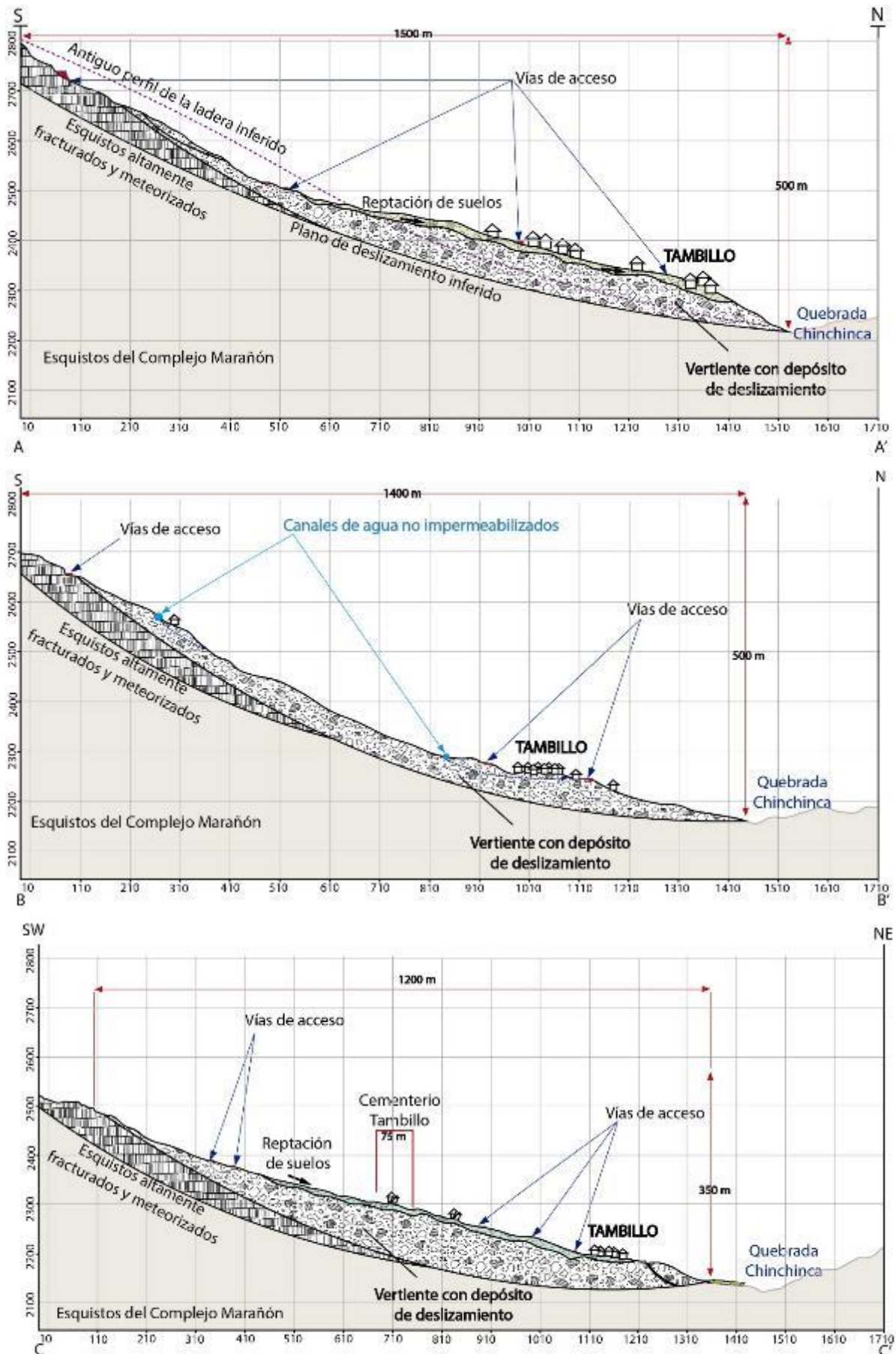


Figura 23. Perfiles en el área de evaluación de la ladera sur de la quebrada Chinchinca, Tambillo.

4.2. Peligros geológicos por movimientos en masa en la vertiente sur de la quebrada Panaochoa - Anexo Cochapampa

4.2.1. Deslizamiento Cochapampa

En el momento de la inspección en el Anexo Cochapampa, se identificó un (01) deslizamiento rotacional, denominado: “deslizamiento Cochapampa”.

Este se ubica en la parte superior de la quebrada Panaochoa, a 450 m al noroeste del caserío del mismo nombre. El escarpe principal presenta una longitud de 150 m con dirección N-S, un salto promedio de 6 m (figura 24), los escarpes secundarios (figura 25) ubicados en medio de la masa deslizada tienen una altura de 1.8 y 2 m, así mismo se pueden observar escarpes laterales con saltos de 1.4 m, que limitan el deslizamiento (figura 26). La masa deslizada presenta un ancho de 42 m, una longitud de 265 m y la diferencia de altura entre la corona y pie del deslizamiento es 103 m.

Según testimonio de los pobladores, el evento se presentó desde antes del año 2013 y actualmente se considera activo, incrementando sus vectores de movimiento en temporadas de lluvia (diciembre – abril).



Figura 24. Escarpe principal del deslizamiento Cochapampa, y la vía afectada en 35m.



Figura 25. Muestra los escarpes secundarios del deslizamiento Cochapampa.



Figura 26. Muestra el escarpe lateral izquierdo del deslizamiento Cochapampa de 1.4 m.



Figura 27. Cuerpo del deslizamiento y la altura del escarpe del material con vivienda afectada continuamente (Coordenadas UTM (WGS 84): 387645 E, 8910599 S, a 2708 m s.n.m.)

4.2.2. Reptación de suelos en el Anexo Cochapampa

Se han identificado procesos de reptación, circundantes al deslizamiento rotacional, específicamente sobre laderas con pendientes fuertes ($15^\circ - 25^\circ$), conformadas por depósitos detríticos coluvio-deluviales, constituidos de una matriz limosa saturada por las aguas superficiales (canales de riego no permeabilizados y aguas de riego por gravedad) y subterráneas evidenciados por la presencia de ojos de agua, bofedales y filtraciones en el terreno, lo cual indica un nivel freático superficial.

La reptación de suelos en este sector se evidencia por la presencia de terrenos ondulados, árboles inclinados y pequeños escarpes con saltos menores de un metro (figuras 28-29).



Figura 28: Evidencias de reptación en suelos coluvio-deluviales: se observa troncos de árboles torcidos y terrenos ondulados.



Figura 29. Escarpes de reptación que varían desde 15 cm a 35 cm de altura.

4.2.3. Análisis de perfiles transversales en el Anexo Cochapampa

En base al levantamiento fotogramétrico con “dron” se generó el Modelo Digital de Terreno (MDT) y se elaboró un perfil transversal (figura 30 y 31) con el objetivo de caracterizar la morfometrías del deslizamiento Cochapampa, el cual se describe a continuación:

El perfil transversal A-A', muestra gráficamente el cuerpo de un deslizamiento de tipo rotacional en la parte superior de la quebrada Panaochocha. Se evidencia principalmente el salto de 6 m que corresponde al escarpe principal; además, se muestra el escarpe secundario de la reactivación del deslizamiento con un salto de 2 m y el plano del deslizamiento inferido (figura 31).

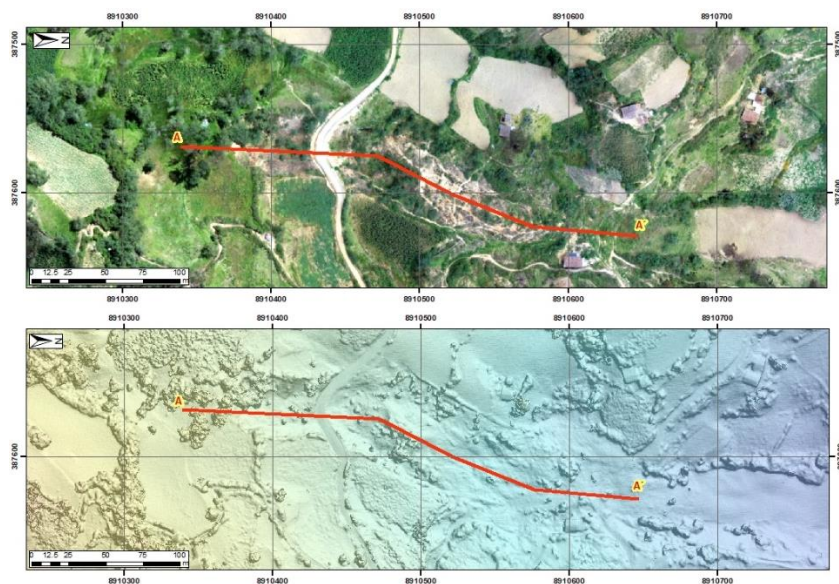


Figura 30. Línea del perfil de la figura 31

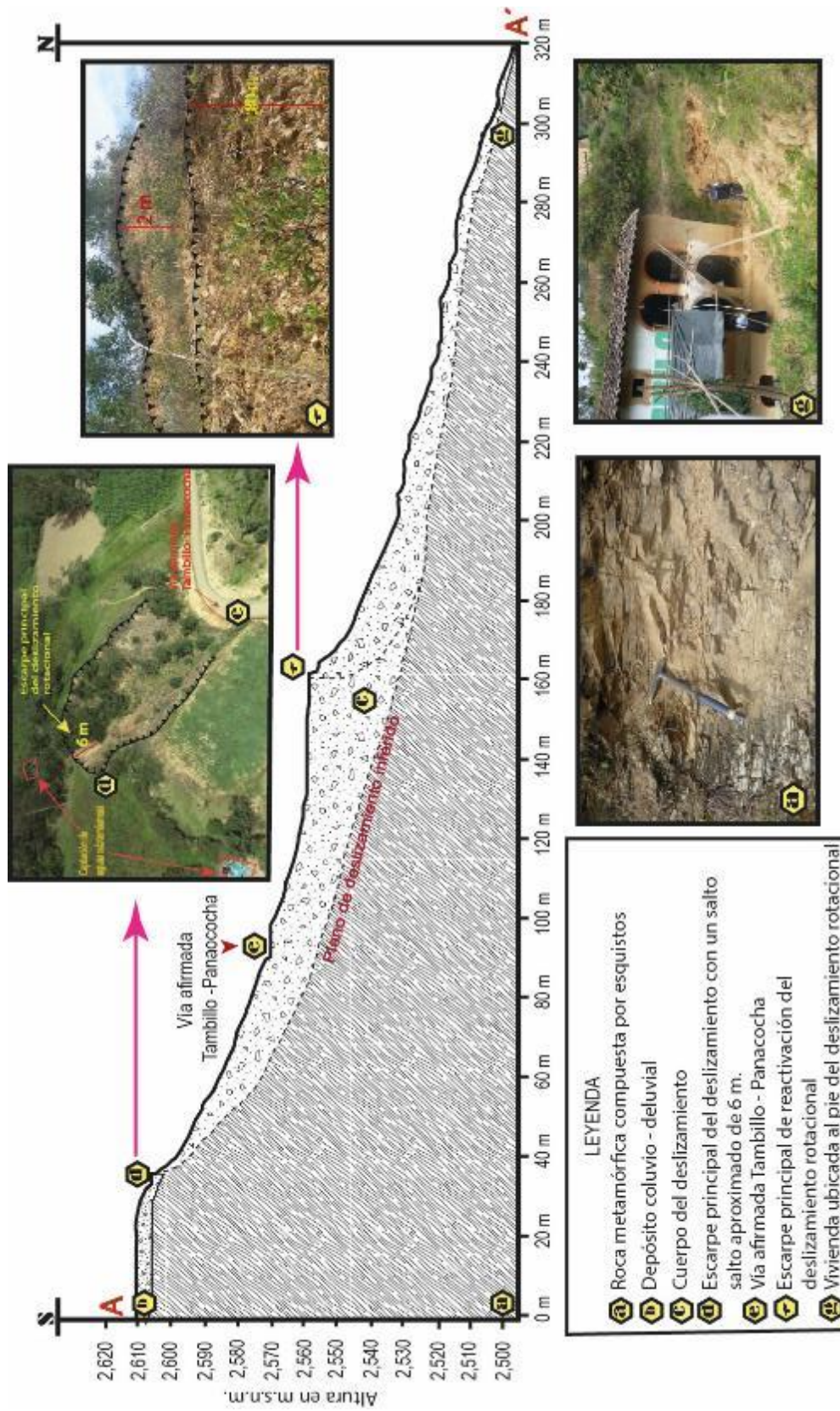


Figura 31. Perfil transversal A-A' muestra el cuerpo del deslizamiento rotacional y la reactivación de dicho deslizamiento.

4.3. Factores condicionantes para la ocurrencia de peligros geológicos

Factor litológico

- En ambos casos (quebrada Chinchinca y Anexo Cochapampa), se ha identificado un sustrato rocoso compuesto por esquistos con foliación visible, muy fracturados y altamente meteorizados de fácil erosión, las cuales permiten mayor infiltración y retención de agua de lluvia al terreno, originando inestabilidad en las laderas y los procesos de reptación.
- Los suelos inconsolidados (depósitos coluvio - deluviales), adosados a las laderas de las quebradas Chinchinca y Panaococha están compuestos principalmente por materiales inconsolidados de bloques de formas angulosas a subangulosas, con diámetros que varían de 0.5 a 1 m, inmersos en una matriz limo-arcillosa cohesiva, plástica y saturada, son de fácil erosión y remoción ante lluvias intensas.

Factor geomorfológico

- Ambas áreas de estudio, se encuentra circundadas por montañas modeladas en rocas metamórficas: donde las pendientes en:
 - La ladera sur de la quebrada Chinchinca: varían de muy fuerte a escarpada (25°- 67°)
 - La ladera sur de la quebrada Panaococha: presenta pendientes fuertes (25°- 45°)

En ambos casos esta configuración de pendientes permite que el material suelto detrítico disponible se erosione y se remueva fácilmente pendiente abajo, por efecto de la gravedad y acción de las aguas de escorrentía superficial y subterránea.

Factor hidrológico e hidrogeológico

- La presencia de aguas subterráneas y superficiales que infiltran en los suelos, generan cambios en la presión intersticial del depósito coluvio-deluvial, así mismo incrementan la erosión superficial e interna de los materiales que conforman las laderas, favoreciendo su inestabilidad y desplazamiento por gravedad.

El depósito detrítico que cubre las rocas metamórficas en las laderas de ambas quebradas, permite la circulación de aguas subterráneas (acuífero poroso no consolidado), estas aguas afloran a través de filtraciones, oconales y bofedales, que generan escorrentía superficial, que sigue saturando el terreno.

Factor antrópico

- Las aguas de uso agrícola y sus métodos de riego inapropiados (riego por gravedad y zanjas de infiltración), saturan los suelos coluvio-deluviales favoreciendo su inestabilidad.

4.4. Factores desencadenantes para la ocurrencia de peligros geológicos

- Según el registro histórico de precipitaciones obtenidos de aWhere, la precipitación máxima registrada en el último periodo 2020-2021, fue de 37.4 mm en el mes de octubre del 2020.
La comparación con el promedio diario de 5 años, demuestra que las lluvias se han intensificado considerablemente, siendo el registro más alto el de octubre de 2020, considerando las precipitaciones de este mes los desencadenantes del incremento de los vectores de movimiento en ambas áreas de evaluación.

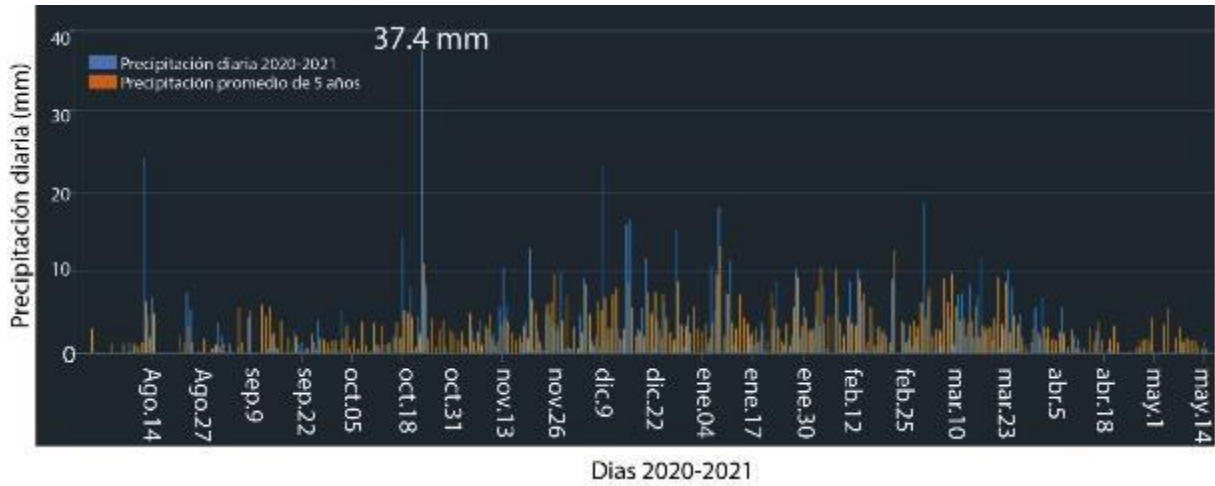


Figura 32. Se visualiza el registro meteorológico de la precipitación diaria desde agosto de 2020 comparado con la precipitación promedio de 5 años. (Fuente: aWhere 2021)



Figura 33. Evidencias de flujo de agua subterráneo (captaciones) y superficial (canales y quebradas) en el sector de Panaochocha

4.5. Daños o efectos secundarios producido por los peligros geológicos

4.5.1. Daños en la quebrada Chinchinca (Centro poblado Tambillo)

Dentro de los daños generados por los procesos de reptación en la ladera sur de la quebrada Chinchinca, que afectan al centro poblado Tambillo, se han registrado los siguientes (cuadro 3):

Cuadro 3. Daños por reptación de suelos registrados en el centro poblado Tambillo

Infraestructura afectada	Características y dimensiones	Coordenada Este (m)	Coordenada Norte (m)	Elevación (m s.n.m)
Reservorio de agua (a).	Inclinación de 10° a favor de la pendiente.	385633	8908491	2640
Cementerio de Tambillo (b y figura 36).	Evidencia la destrucción total y parcial de tumbas, así como el agrietamiento de edificación tipo capilla.	385508	8909114	2423
Tramo de vía asfaltada de acceso a Tambillo (c y fotografía 2)	Se evidencia el hundimiento de 130 m de la vía de acceso al centro poblado tambillo.	385466	8909229	2404
Muros de contención (figura 35).	Inclinación de muros de contención (se evidencian separaciones de hasta 20 cm), producto del movimiento y empuje de suelos	385528	8909253	2382
03 Viviendas abandonadas, por agrietamientos (c).	Viviendas que presentan agrietamientos de 10 cm en sus muros, esto ha provocado su abandono.	385542	8909238	2384
01 vivienda con agrietamientos en muros y suelos (fotografía 3)	Se evidencian agrietamientos de 10 a 15 cm en los muros y suelos de la vivienda, también existen agrietamientos en sus escaleras de acceso, así como filtraciones de agua, en el material coluvio deluvial sobre el cual se edificó.	385642	8909345	2364
Vías asfaltadas de acceso vehicular en Tambillo (f).	Agrietamientos a lo largo de 200 m, en la carretera asfaltada de reciente construcción, las grietas fueron selladas con cemento.	385712	8909461	2321
Plaza de armas de Tambillo (g).	Presenta agrietamientos de 10 cm, con aperturas en dirección al movimiento de reptación identificado.	385554	8909532	2327
Escalones de acceso peatonal (e).	Muestran agrietamientos de hasta 12 cm, con aperturas en dirección S-N.	385456	8909346	2375
01 vivienda abandonada (fotografía 4)	Agrietamientos de 15 cm en muros y hundimientos en suelos	385462	8909269	2391

En la figura 34, se presentan los daños identificados en el centro poblado tambillo, relacionados a los procesos de reptación de suelos.

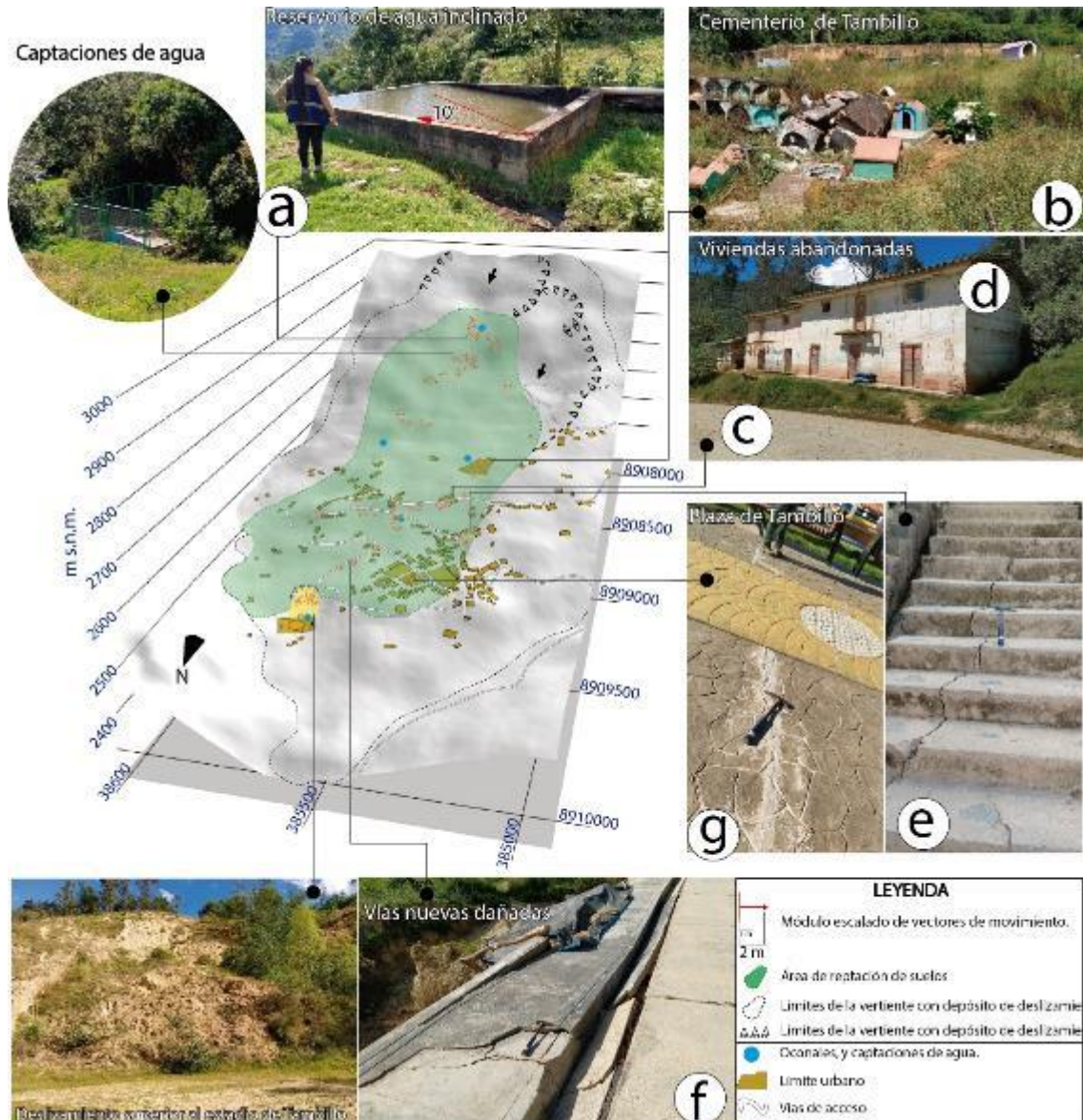


Figura 34. Daños y afectaciones principales por reptación de suelos en el centro poblado Tambillo.



Figura 35. Inclutación de muros de contención en la carretera de acceso a Tambillo desde el caserío de Panaochocha.

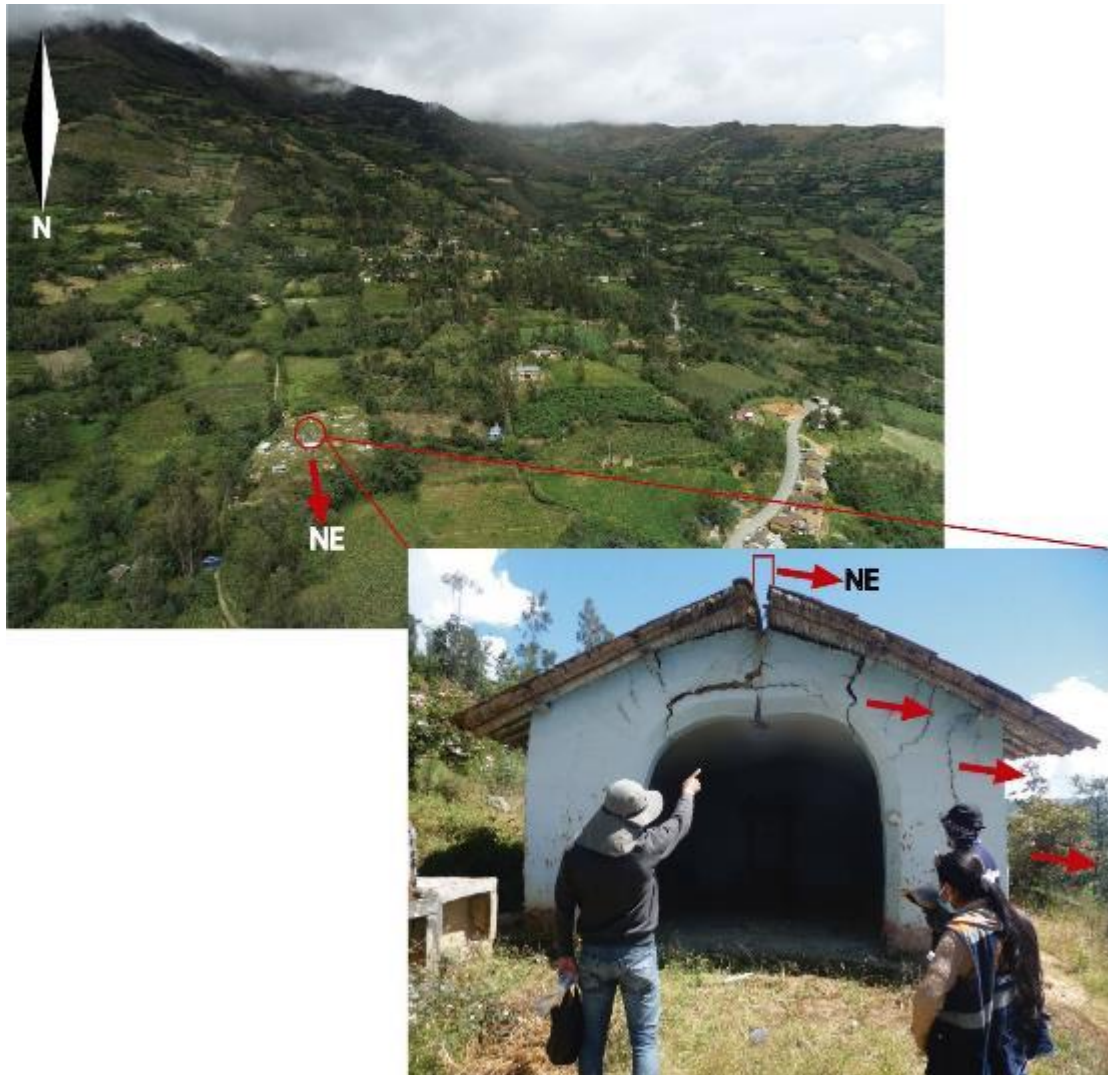


Figura 36. Agrietamientos en instalaciones del cementerio de Tambillo



Fotografía 2. Tramo de carretera de aproximadamente 130 m, con evidencias de hundimiento (Coordenadas UTM (WGS 84): 385476 E, 8909237 S, a 2568 m s.n.m.)



Fotografía 3. Vivienda con agrietamientos en muros y suelos (Coordenadas UTM (WGS 84): 385667E, 8909338 S, a 2525 m s.n.m.)



Fotografía 4. Vivienda con agrietamientos en muros y suelos (Coordenadas UTM (WGS 84): 3854627E, 8909292 S, a 2553 m s.n.m.)

4.5.2. Daños en el Anexo Cochapampa

El deslizamiento identificado en el Anexo Cochapampa, afecta directamente a 01 vivienda ubicada al frente de su pie de avance (figura 37), según la versión de los moradores, anualmente la masa deslizante llega a las cercanías del muro principal de la vivienda, por lo cual es necesario remover el material detrítico antes de que este llegue a ejercer presión sobre la vivienda.

La reptación de suelos afecta zonas agrícolas que anualmente presenta saltos pequeños (<1m), ondulaciones en el terreno y agrietamientos.



Figura 37. Agrietamientos producto de la reptación de suelos, en el área del cementerio de Tambillo

5. CONCLUSIONES

1. En la vertiente sur de las quebradas Chinchinca y Panaococha, aflora el Complejo Marañón, constituido por esquistos muy fracturados y altamente meteorizados, de fácil erosión y susceptibles a generar movimientos en masa, cubiertos por depósitos coluvio-deluviales.
2. Las viviendas del centro poblado Tambillo y Anexo Cochapampa, se encuentran asentadas sobre depósitos coluvio-deluviales, provenientes de deslizamientos antiguos y recientes, estos se encuentran medianamente consolidados a sueltos y saturados. El material está conformado por cantos y bloques subangulosos de esquistos, con diámetros que varían de 0.5 cm a 3 m, envueltos en matriz limo-arcillosa, fácilmente erosionable.
3. Geomorfológicamente, ambas áreas de estudio se encuentran en vertientes con depósito de deslizamientos, circundadas por montañas de rocas metamórficas; las laderas de la quebrada Chinchinca presentan pendientes fuertes a escarpadas de 15° a 45°, y las de Panaococha (donde se asienta el Anexo Cochapampa) son fuertes de 15° a 25°.
4. Los peligros geológicos identificados en las áreas de estudio:

En la ladera sur de la quebrada Chinchinca

- Se han identificado procesos de reptación de suelos activos, en un área aproximada de 0.5 km² entre las cotas 2840 y 2470 m s.n.m., que afectan al centro poblado de Tambillo, produciendo agrietamientos en vías, suelos y muros de viviendas, la afectación más relevante se da en el área del cementerio, donde se observan lapidas destruidas y una infraestructura a punto de colapsar.
- Un deslizamiento rotacional activo de 0.002 km² (2000 m²), ubicado encima de la cancha deportiva de Tambillo, originado por la modificación original de la ladera, para la construcción de la cancha.

En la ladera sur de la quebrada Panaococha

- Se ha identificado un deslizamiento rotacional, con un salto de escarpe de 6 m, el evento ocupa un área de 0.01 km², con dirección de desplazamiento SO-NE, afecta directamente a una vivienda ubicada que se encuentra en el pie de avance.
 - Las áreas agrícolas que rodean el deslizamiento de Cochapampa (0.04 km²), presentan terrenos ondulados con agrietamientos de aperturas <15 cm, y saltos < 1 m, también se observan arboles inclinados (10-15°), que evidencian la reptación de suelos en este sector.
5. Las áreas de reptación de suelos en Tambillo y Cochapampa, pueden preceder a movimientos más rápidos como deslizamientos, debido a la deformación acumulada durante varios años de ocurrencia, que lleve a la masa reptante a su límite de resistencia.

6. Los factores condicionantes en las áreas evaluadas, corresponden a las características litológicas del substrato rocoso metamorfoico que se encuentra muy fracturado y altamente meteorizado.asi como a los depositos coluvio-deluviales adosados a las laderas con pendientes fuertes a muy escarpadas y la presencia de aguas proveniente de la escorrentia superficial y subterranee que saturan el terreno, esto conlleva al aumento del peso y presión de poros en la masa. Todo lo mencionado genera inestabilidad.
7. Debido a las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas determinadas en la ladera sur de la quebrada Chinchinca, donde se ubica el C.P. Tambillo, se categoriza como **zona crítica** y de **peligro muy alto** por la reptación activa de suelos.
8. El anexo Cochapampa, en la vertiente Panaococha, se categoriza de **peligro alto**, por la presencia de un deslizamiento activo y zonas de reptación de suelos.
9. Los peligros geológicos por movimientos en masa identificados en ambas áreas de estudio pueden incrementar sus vectores de movimiento, por factores desencadenantes como: lluvias periódicas prolongadas y/o excepcionales y por efectos cosísmicos.

6. RECOMENDACIONES

1. Para la ladera sur de la quebrada Chinchinca, donde se ubica el centro poblado Tambillo, se recomienda:
 1. Construir zanjas de coronación revestidas e impermeabilizadas detrás del área de reptación de suelos (coordenadas: Este 385660, Norte 8908442 cota 2900 aproximadamente), para evitar la infiltración de aguas de lluvia y escorrentía superficial a la masa reptante. Estas obras a construir deben contar con mantenimiento permanente.
 2. En el cuerpo de la masa reptante se debe construir zanjas de drenaje tipo “espinas de pez” u otro, con canales revestidos con geotextiles y piedra con arcilla, con la finalidad de coleccionar las aguas de lluvia y drenarlas fuera de la masa inestable hacia cursos de agua natural (ver anexo 3, figura 40).
 3. Para evitar la infiltración de las aguas de escorrentía superficial, sellar con arcilla las grietas tensionales ubicados dentro de la masa reptante (ver anexo 3, figura 40) entre las cotas 2840 y 2470 m s.n.m, que se presentan en la superficie del terreno.
 4. Implementar métodos de riego tecnificado, así como prohibir el riego por gravedad que satura el terreno.
 5. Implementar obras de drenaje subterráneo (subdrenes interceptores), con el objetivo de disminuir la presión de poros en la masa de suelo reptante.
 6. Realizar monitoreo visual y constante de los fenómenos de reptación de suelos, principalmente en épocas de lluvias intensas (diciembre-abril), para conocer su estado de evolución.
2. Para el Anexo Cochabamba
 1. Reubicar la vivienda asentada en el pie del deslizamiento activo (Coordenadas UTM (WGS 84): 387645 E, 8910599 S, a 2708 m s.n.m.).
 2. Para proteger las áreas de cultivo, construir muros de contrapeso en el pie del deslizamiento, acompañado de obras de bioingeniería (plantas como estacas vivas) y la modificación del talud (banqueteado). (ver anexo 3, figuras 42 y 43)
 3. Impermeabilizar los canales de riego, e implementar sistemas de drenaje superficial que derivan las aguas excedentes fuera del cuerpo del deslizamiento y áreas con reptación de suelos
 4. Implementar planes de reforestación con especies nativas en el cuerpo de la masa reptante (5 ha aproximadamente), bajo la supervisión de especialistas (ver anexo 3, figura 40).
3. Realizar charlas de sensibilización y concientización sobre peligro y riesgo a las que se encuentran expuestos el centro poblado Tambillo y Cochabamba.
4. Todas las medidas correctivas estructurales, deben ser planificadas y elaboradas por especialistas.
5. Adicionalmente se deben implementar estudios de “Evaluación de riesgos originado por fenómenos naturales (EVAR), en ambas áreas de inspección donde se han identificado peligros geológicos activos.



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

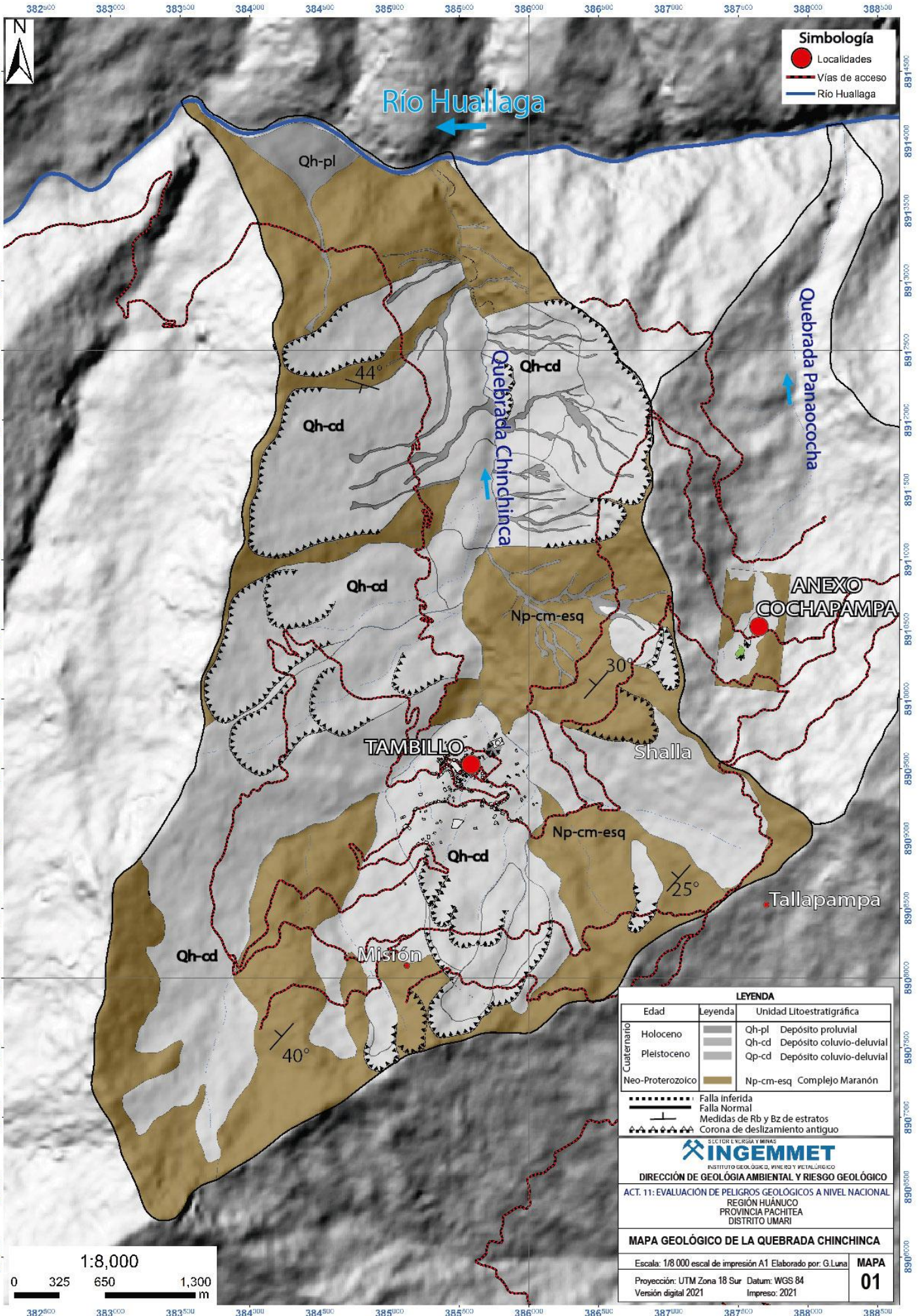


.....
Ing. CARLOS L. BENAVENTE ESCOBAR
Director (e)
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico
INGEMMET

7. BIBLIOGRAFÍA

- Cruden, D.M. & Varnes, D.J. (1996) - Landslides types and processes, en Turner, K., y Schuster, R.L., ed., Landslides investigation and mitigation: Washintong D. C, National Academy Press, Transportation researchs board Special Report 247, p. 36-75.
- 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.<https://hdl.handle.net/20.500.12544/2830>.
- Quispesivana, L. (1996) – Geología del cuadrángulo de Huánuco 20-k. INGEMMET, Boletín 75, Serie A: Carta geológica nacional, 74, 138 p.
<https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/198>.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (2020) “Climas del Perú: mapa de clasificación climática nacional, resumen ejecutivo.
<http://repositorio.senamhi.gob.pe/handle/20.500.12542/761?show=full>.
- Servicio aWhere de consulta de datos meteorológicos
<https://eos.com/cropmonitoring/weather-history/field/7250174>
- Vílchez, M.; Ochoa, M. & Pari, W. (2019). Peligro geológico en la región Huancavelica. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 69, 225 p., 9 mapas. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/2016>.
- Villota, H. (2005) - Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de tierras. 2. ed. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 210 p.
- Zavala, B. & Vilchez, M. (2014) – Estudio de riesgos geológicos en la región Huánuco. INGEMMET, Boletín 34, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 34, 174 p., 16 mapas.
<https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/278>.

ANEXO 1: MAPAS



Simbología

- Localidades
- Vías de acceso
- Río Huallaga

ANEXO COCHAPAMPA

LEYENDA

Edad	Leyenda	Unidad Litoestratigráfica
Cuaternario	[Light Gray Box]	Qh-pl Depósito proluvial
	[Medium Gray Box]	Qh-cd Depósito coluvio-deluvial
	[Dark Gray Box]	Qp-cd Depósito coluvio-deluvial
Neo-Proterozoico	[Brown Box]	Np-cm-esq Complejo Marañón

- [Dashed Line] Falla inferida
- [Solid Line] Falla Normal
- [Line with Ticks] Medidas de Rb y Bz de estratos
- [Line with Triangles] Corona de deslizamiento antiguo

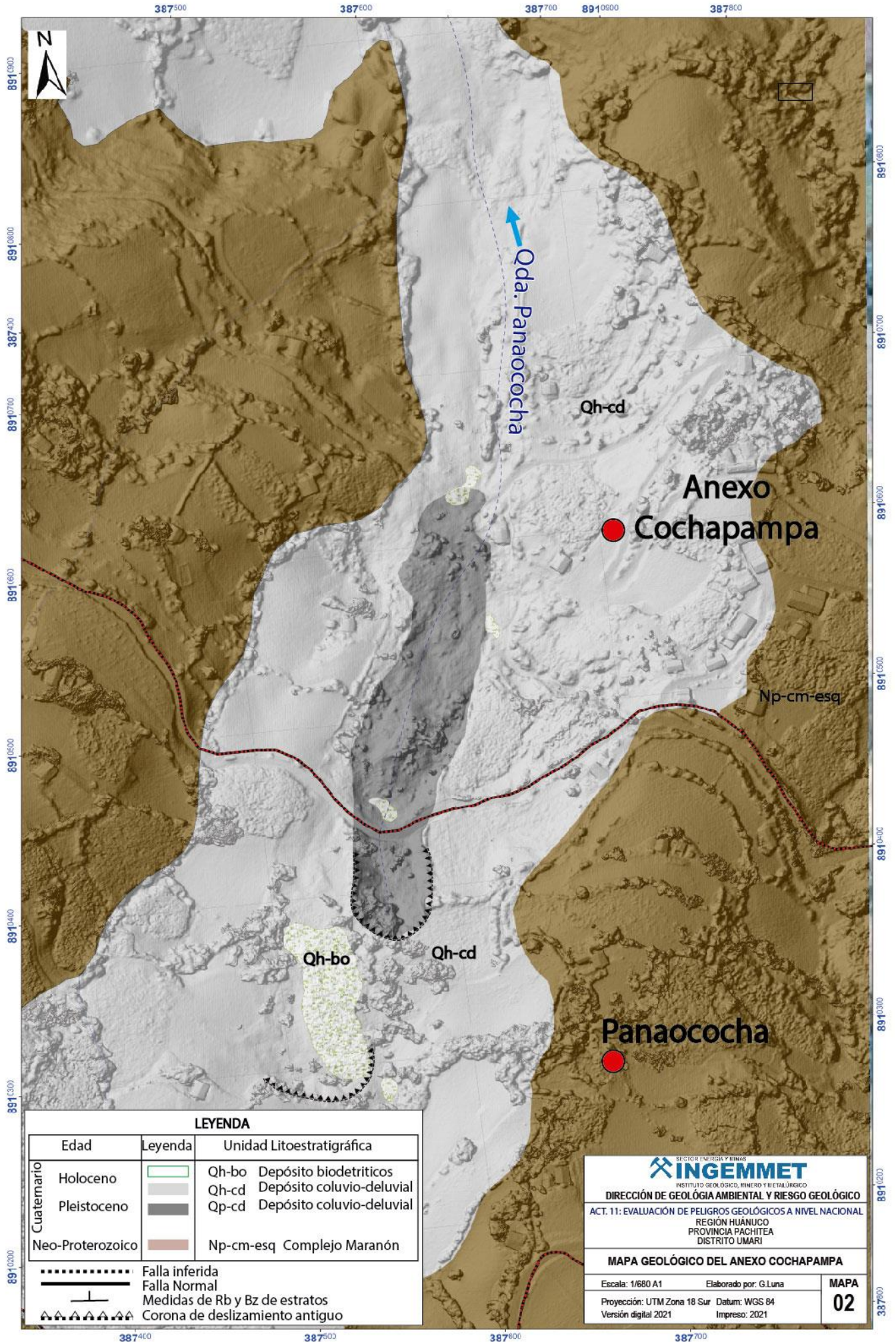
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO
 DIRECCIÓN DE GEOLÓGIA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO
 ACT. 11: EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL
 REGIÓN HUÁNUCO
 PROVINCIA PACHITEA
 DISTRITO UMARI

MAPA GEOLÓGICO DE LA QUEBRADA CHINCHINCA

Escala: 1/8 000 escal de impresión A1 Elaborado por: G.Luna **MAPA 01**

Proyección: UTM Zona 18 Sur Datum: WGS 84
 Versión digital 2021 Impreso: 2021





Río Huallaga

LEYENDA

Rango	Superficie Topográfica
1° - 5°	Terreno inclinado con pendiente suave
5° - 15°	Pendiente moderada
15° - 25°	Pendiente fuerte
25° - 45°	Pendiente muy fuerte o escarpada

Simbología

- Localidades
- Vías de acceso
- Río Huallaga

Quebrada Chinchinca

Quebrada Panaococha

ANEXO COCHAPAMPA

TAMBILLO

Shalla

Tallapampa

Misión

INGEMMET

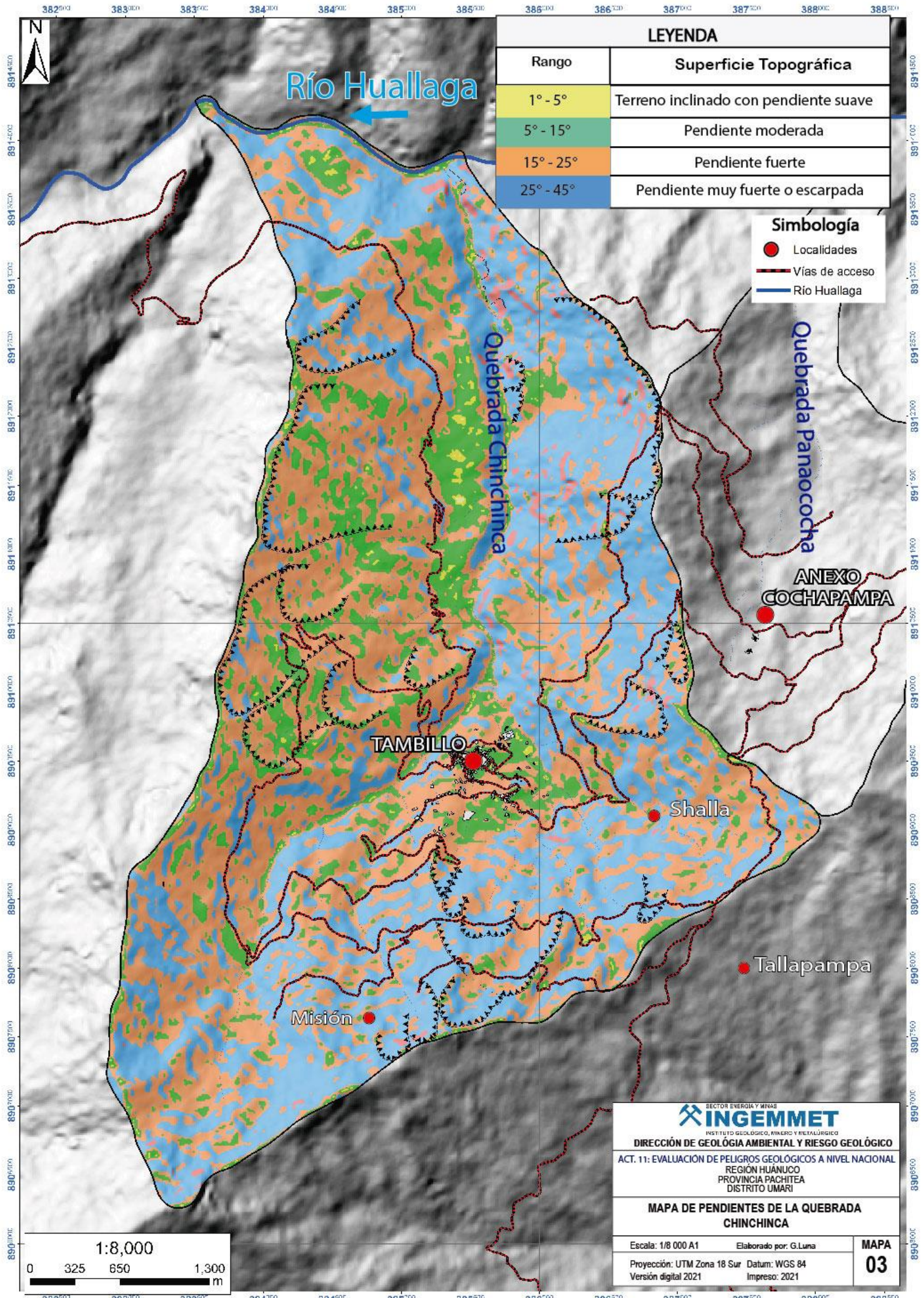
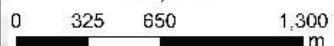
INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO
 DIRECCIÓN DE GEOLÓGIA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO
 ACT. 11: EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL
 REGIÓN HUÁNUCO
 PROVINCIA PACHITEA
 DISTRITO UMARI

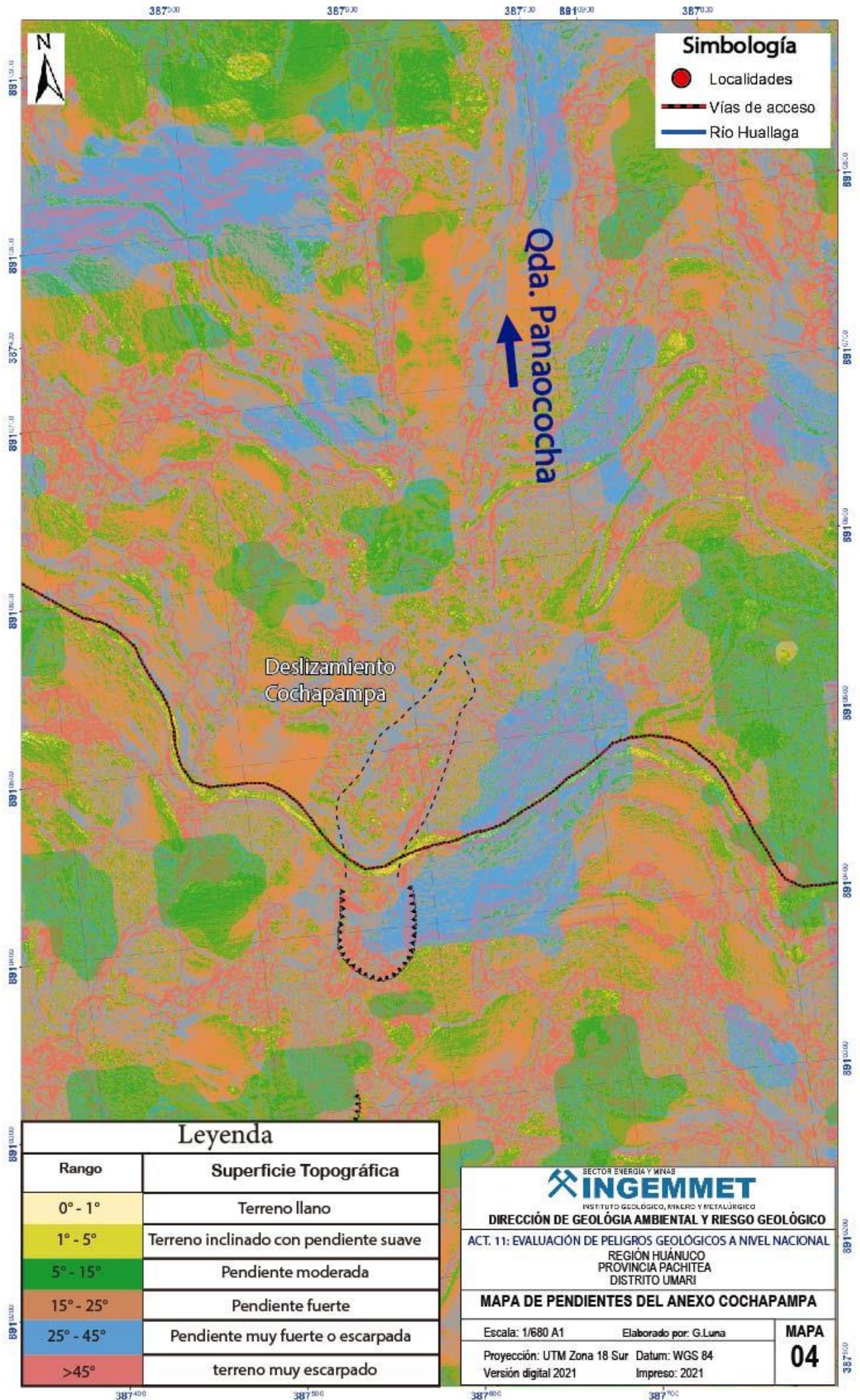
MAPA DE PENDIENTES DE LA QUEBRADA CHINCHINCA

Escala: 1/8 000 A1 Elaborado por: G.Luna
 Proyección: UTM Zona 18 Sur Datum: WGS 84
 Versión digital 2021 Impreso: 2021

MAPA 03

1:8,000





Simbología

- Localidades
- Vías de acceso
- Río Huallaga

Qda. Panaococha

↑

Deslizamiento Cochapampa

Leyenda	
Rango	Superficie Topográfica
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

SECTOR ENERGÍA Y MINAS

INGEMMET

INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

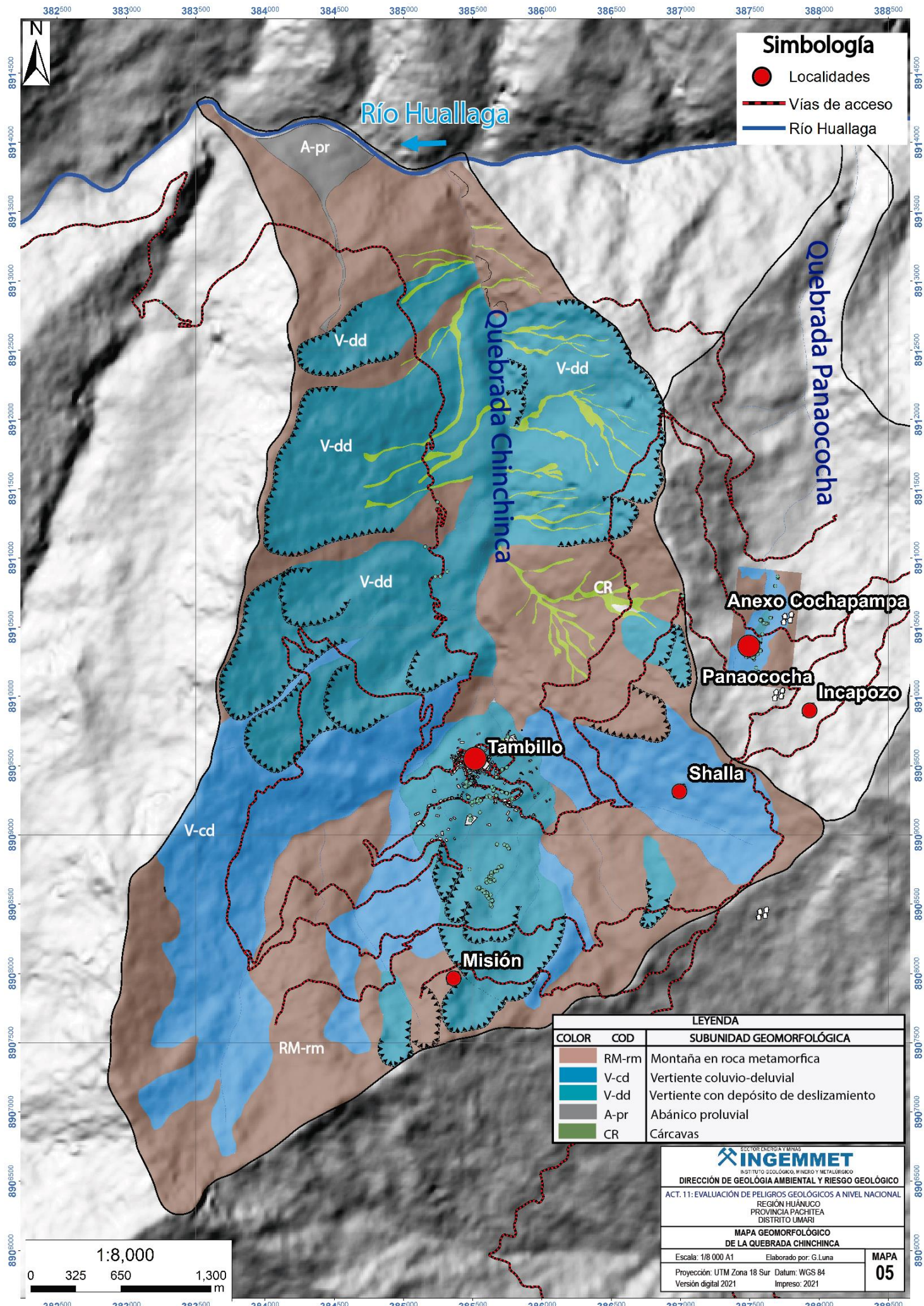
DIRECCIÓN DE GEOLÓGIA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

ACT. 11: EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL

REGIÓN HUÁNUCO
PROVINCIA PACHITEA
DISTRITO UMARI

MAPA DE PENDIENTES DEL ANEXO COCHAPAMPA

Escala: 1/680 A1	Elaborado por: G.Luna	MAPA 04
Proyección: UTM Zona 18 Sur	Datum: WGS 84	
Versión digital 2021		Impreso: 2021



Simbología

- Localidades
- Vías de acceso
- Ríu Huallaga

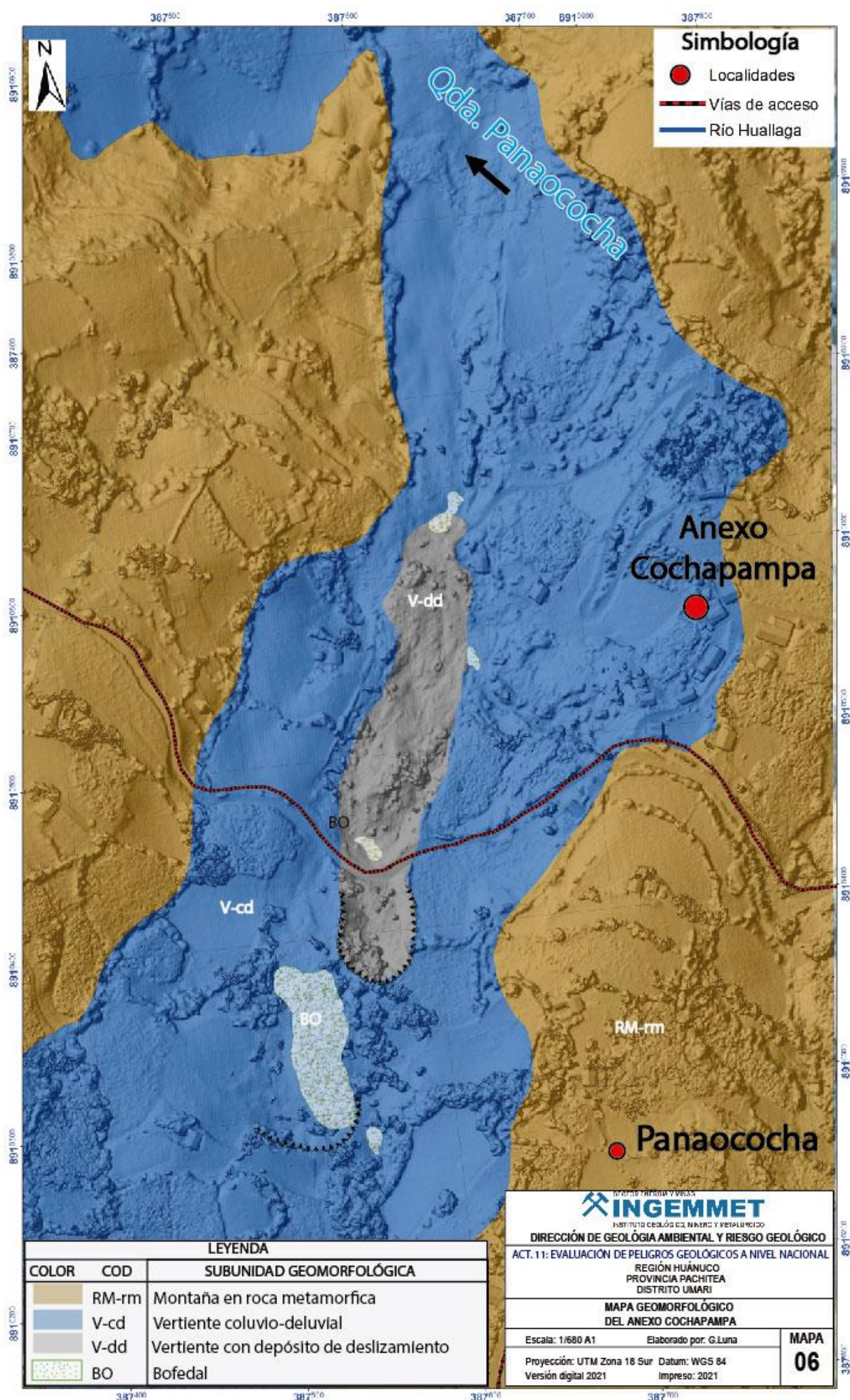
LEYENDA		
COLOR	COD	SUBUNIDAD GEOMORFOLÓGICA
	RM-rm	Montaña en roca metamórfica
	V-cd	Vertiente coluvio-deluvial
	V-dd	Vertiente con depósito de deslizamiento
	A-pr	Abánico proluvial
	CR	Cárcavas

INGEMMET
INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALURGICO
DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLOGICO
 ACT. 11: EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLOGICOS A NIVEL NACIONAL
 REGIÓN HUÁNUCO
 PROVINCIA PACHITEA
 DISTRITO UMARI

MAPA GEOMORFOLÓGICO DE LA QUEBRADA CHINCHINCA

Escala: 1/8 000 A1	Elaborado por: G.Luna	MAPA 05
Proyección: UTM Zona 18 Sur Datum: WGS 84	Versión digital 2021	Impreso: 2021





Simbología

- Localidades
- Vías de acceso
- Río Huallaga

LEYENDA		
COLOR	COD	SUBUNIDAD GEOMORFOLÓGICA
	RM-rm	Montaña en roca metamorfica
	V-cd	Vertiente coluvio-deluvial
	V-dd	Vertiente con depósito de deslizamiento
	BO	Bofedal

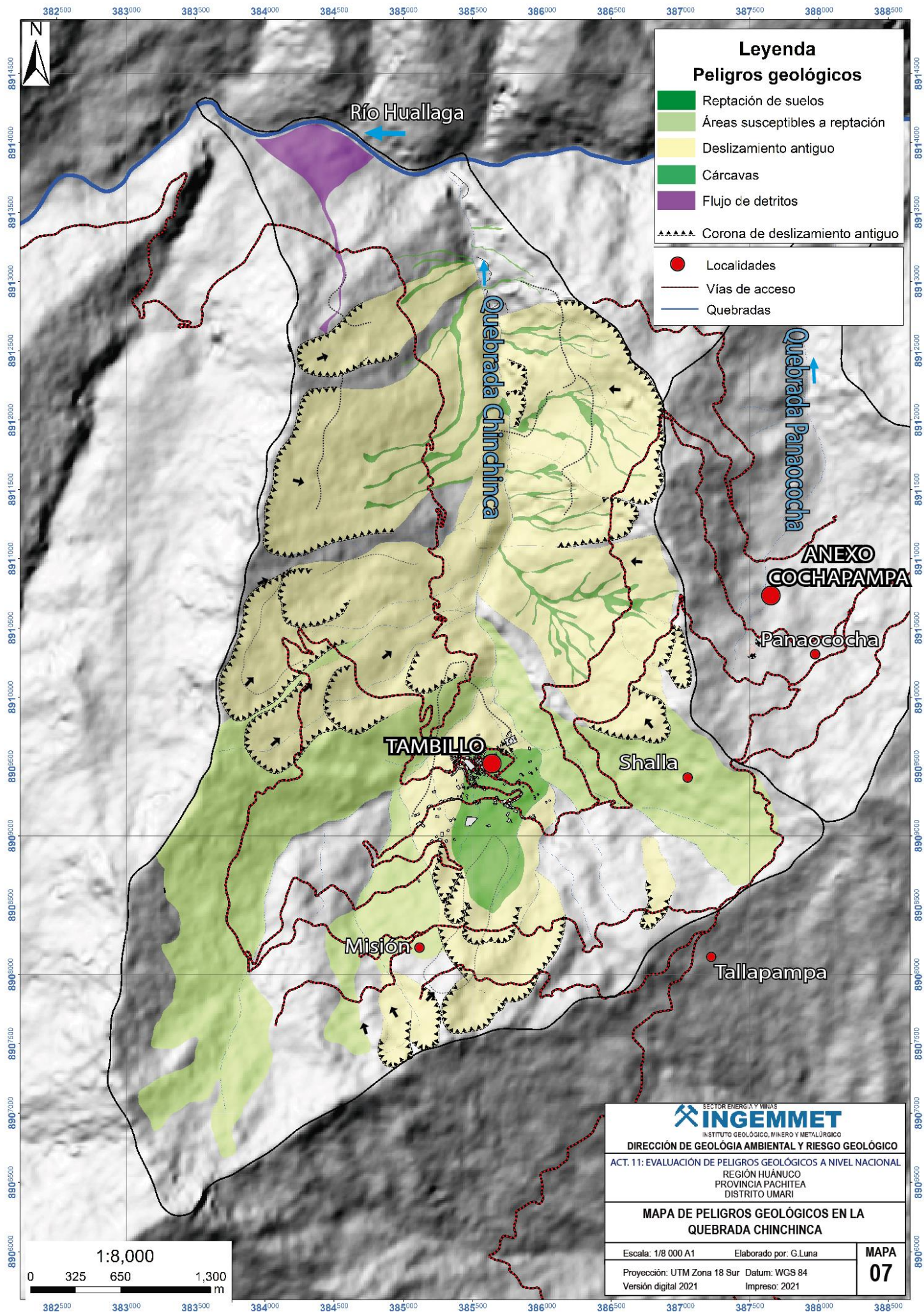
INGEMMET
INSTITUTO GEOLÓGICO NACIONAL

DIRECCIÓN DE GEOLÓGIA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

ACT. 11: EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL
REGIÓN HUÁNUCO
PROVINCIA PACHITEA
DISTRITO UMARI

**MAPA GEOMORFOLÓGICO
DEL ANEXO COCHAPAMPA**

Escala: 1/680 A1	Elaborado por: G.Luna	MAPA 06
Proyección: UTM Zona 18 Sur Datum: WGS 84	Versión digital 2021	Impreso: 2021



Leyenda

Peligros geológicos

- Reptación de suelos
- Áreas susceptibles a reptación
- Deslizamiento antiguo
- Cárcavas
- Flujo de detritos
- Corona de deslizamiento antiguo

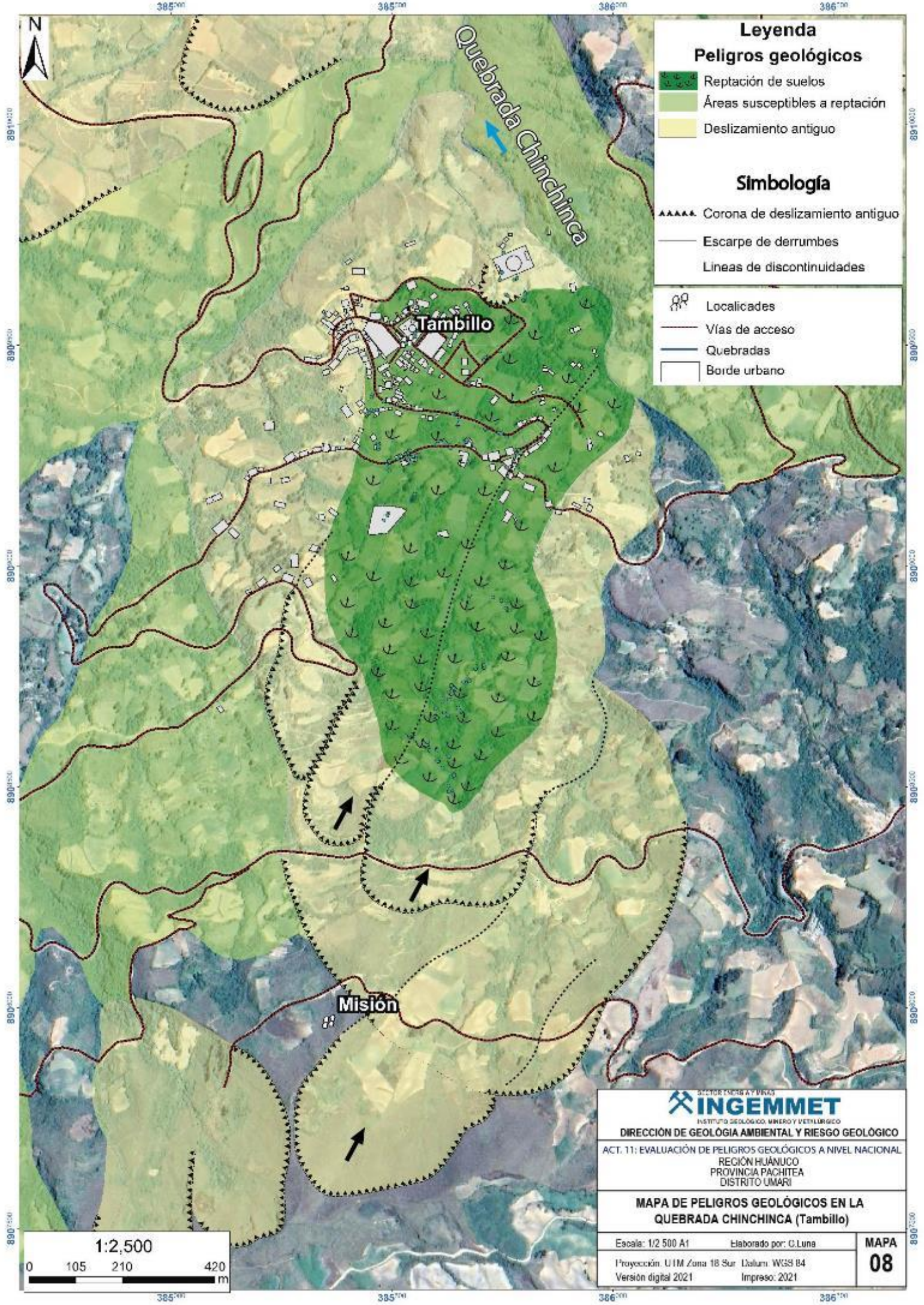
- Localidades
- Vías de acceso
- Quebradas




 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO
DIRECCIÓN DE GEOLÓGIA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO
 ACT. 11: EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL
 REGIÓN HUÁNUCO
 PROVINCIA PACHITEA
 DISTRITO UMARI

MAPA DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN LA QUEBRADA CHINCHINCA

Escala: 1/8 000 A1	Elaborado por: G.Luna	MAPA 07
Proyección: UTM Zona 18 Sur	Datum: WGS 84	
Versión digital 2021	Impreso: 2021	



Leyenda

Peligros geológicos

- Reptación de suelos
- Áreas susceptibles a reptación
- Deslizamiento antiguo

Simbología

- Corona de deslizamiento antiguo
- Escarpe de derrumbes
- Líneas de discontinuidades
- Localidades
- Vías de acceso
- Quebradas
- Borde urbano

Quebrada Chinchinca

Tambillo

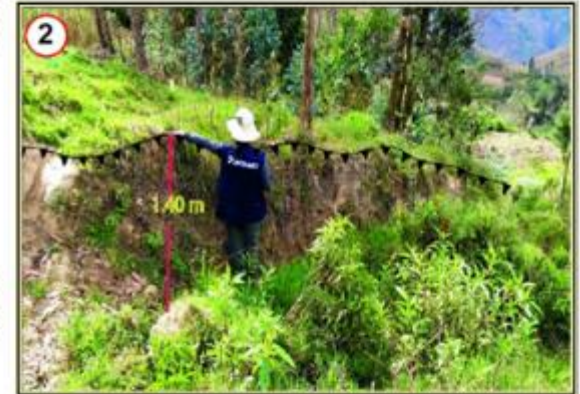
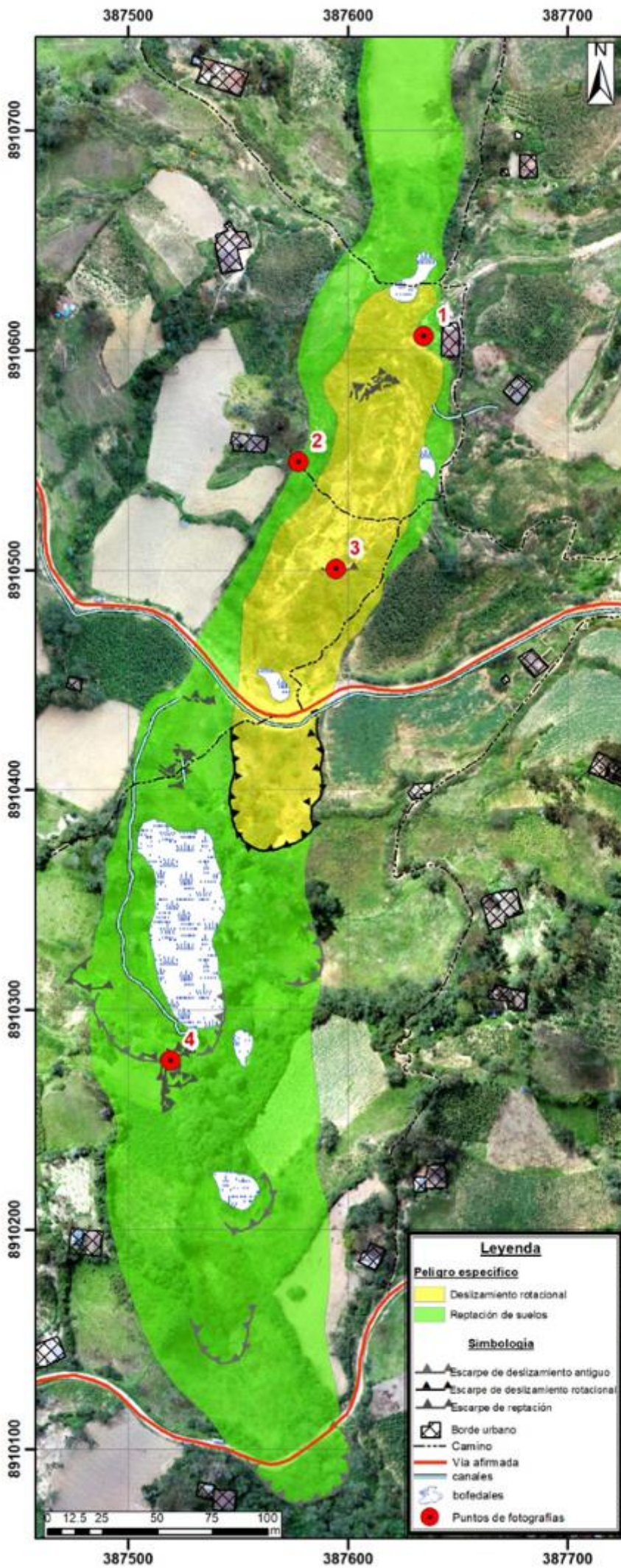
Misión




 INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALURGICO
DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLOGICO
 ACT. 11: EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL
 REGIÓN HUÁNUCO
 PROVINCIA PACHITEA
 DISTRITO UMARI

MAPA DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN LA QUEBRADA CHINCHINCA (Tambillo)

Escala: 1/2 500 A1	Elaborado por: C.Luna	MAPA 08
Proyección: UTM Zona 18 Sur Datum: WGS 84	Versión digital 2021 Impreso: 2021	



 DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO		
Región Huánuco Provincia Pachitea Distrito General Anexo Cochapampa		
MAPA DE PELIGROS ANEXO COCHAPAMPA		
Escala: 1/2500	Elaborado por: Coomanyá E.	MAPA 09
Proyección: UTM Zona 18 Sur	Datam: WGS 84	
Versión digital: 2021	Impreso: Junio 2021	

ANEXO 2: GLOSARIO

En el presente Glosario se describe según los términos establecidos en el Proyecto Multinacional Andino - Movimientos en Masa GEMMA, del PMA: GCA:

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

CORONA (crown) 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.

DESLIZAMIENTO (slide) Son movimientos de masas de roca, residuos o tierra, hacia abajo de un talud” (Cruden, 1991), son uno de los procesos geológicos más destructivos que afectan a los humanos, causando miles de muertes y daños en las propiedades, por valor de decenas de billones de dólares cada año (Brabb y Harrod, 1989). Los deslizamientos producen cambios en la morfología del terreno, diversos daños ambientales, daños en las obras de infraestructura, destrucción de viviendas, puentes, bloqueo de ríos, etc.

Los desplazamientos en masa se dividen en subtipos denominados deslizamientos rotacionales, deslizamientos traslacionales o planares y deslizamientos compuestos de rotación. Esta diferenciación es importante porque puede definir el sistema de análisis y el tipo de estabilización que se va a emplear (Suarez J., 2009).

ESCARPE (scarp) sin.: 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.

FRACTURA (crack) 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 (weathering) 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 (mass movement, landslide) sin.: Fenómeno de remoción en masa (Co, Ar), proceso de remoción en masa (Ar), remoción en masa (Ch), fenómeno de movimiento en masa, movimientos de ladera, movimientos de vertiente. Movimiento ladera abajo de una masa de roca, de detritos o de tierras (Cruden, 1991).

REPTACIÓN (creep) Movimiento lento del terreno en donde no se distingue una superficie de falla. La reptación puede ser de tipo estacional cuando se asocia a cambios climáticos, o de humedad del terreno, y verdadera cuando hay un desplazamiento relativamente continuo en el tiempo.

ANEXO 3: MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN

Medidas de mitigación para deslizamientos y reptación de suelos

1. Manejo de aguas de escorrentía

La topografía y el régimen de lluvias pueden favorecer la acción del agua de escorrentía, causante de muchos fenómenos erosivos. Cuando no es posible propiciar una mayor infiltración, porque la topografía no lo permite, es necesario evacuar el agua hasta los cauces naturales, de esta manera se evita la saturación del terreno y disminuye la inestabilidad de la ladera que ha favorecido procesos de movimientos en masa.

Las obras de drenajes se recomiendan cuando:

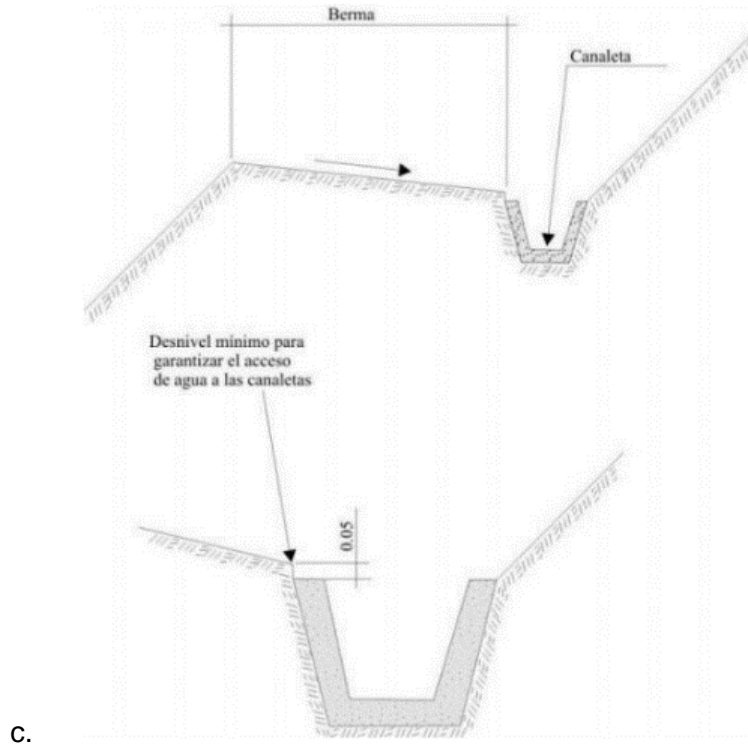
- Hay que evacuar aguas sobrantes superficiales
- Existen volúmenes de agua grandes a drenar
- El nivel freático se encuentra cerca de la superficie del terreno.
- Las características climáticas del sector corresponden a zonas lluviosas.
- Cuando existen filtraciones de agua subterráneas.

En la zona evaluada para la mitigación de los peligros geológicos, se debe controlar la infiltración del agua hacia afuera del cuerpo del deslizamiento y masas de suelo reptante. Los métodos de estabilización de los deslizamientos, que contemplan el control del agua, tanto superficial como subterránea, son muy efectivos y generalmente más económicos que la construcción de grandes obras de contención, desactivan y disminuyen la presión de los poros, considerada el principal elemento desestabilizantes en laderas. El drenaje reduce el peso de la masa y al mismo tiempo aumenta la resistencia de la ladera (Suarez, 1998).

Las medidas de drenaje recomendadas son:

- a. **Drenaje Superficial:** Las zanjas construidas permiten la recolección de aguas superficiales, captan la escorrentía tanto de la ladera, como de la cuenca de drenaje arriba del talud y desvía el agua a las quebradas adyacentes al cuerpo de deslizamiento, evitando su infiltración, captando el agua de escorrentía, llevándola a las quebradas. Éstas deben ser construidas en la parte superior al escarpe principal del deslizamiento. En las obras construidas - zanjas de drenaje es necesario impermeabilizar la caja hidráulica captando y evitando totalmente la infiltración de las aguas de escurrimiento la ladera.
- b. **Drenaje tipo Espina de Pescado:** Construcción de canales colectores, los cuales conducen las aguas colectadas fuera de las áreas vulnerables de las laderas, entregándolas a torrenteras o canales naturales de agua. Estos canales deben impermeabilizarse adecuadamente para evitar la infiltración del agua.

El detalle gráfico de estas obras, y un esquema referencial de aplicación en la ladera sur de la quebrada Chinchinca, donde se asienta el poblado de Tambillo, se presentan en las figuras 38-40



C.

Figura 38. Detalle de una canaleta de drenaje superficial (zanjas de coronación). Fuente: Ingemmet (2000).

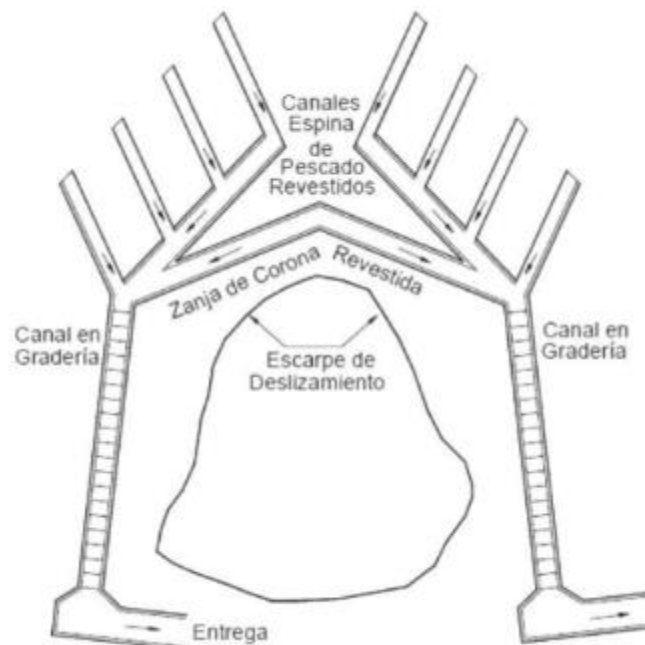


Figura 39. Esquema en planta de canales colectores. Espina de Pescado (Suarez, J.2010)

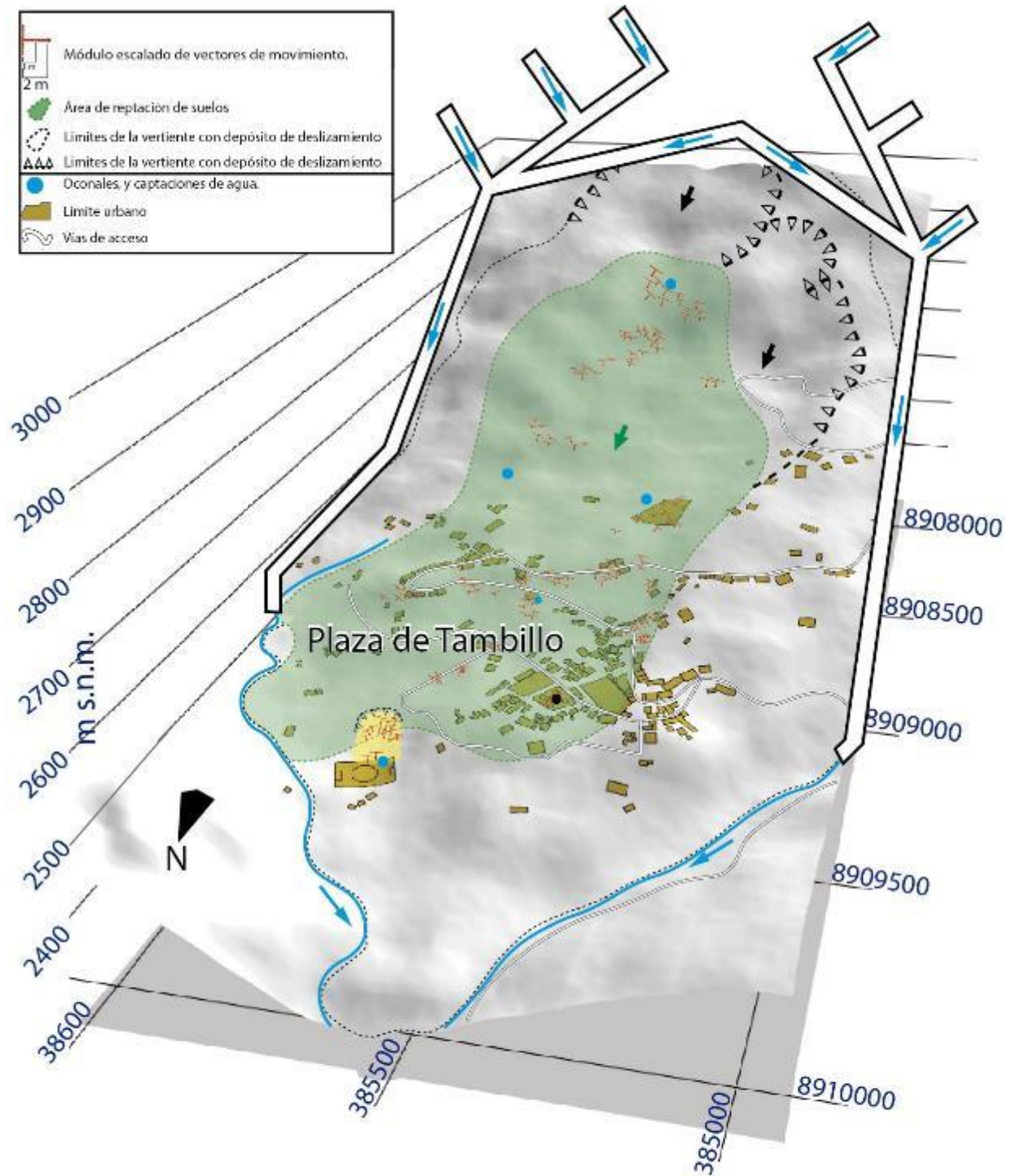


Figura 40. Esquema referencial de sistemas de drenaje para el control de aguas superficiales, que favorecen los procesos de reptación en el centro poblado de Tambillo (Luna, et al 2020)

2. Manejo de aguas subterráneas

El drenaje subterráneo tiene por objeto disminuir las presiones de poro o impedir que estas aumenten.

La cantidad de agua recolectada por un sistema de subdrenaje depende de la permeabilidad de los suelos o rocas y de los gradientes hidráulicos. Cuando se instala un dren generalmente, el nivel piezométrico se disminuye al igual que el gradiente hidráulico, lo cual disminuye el caudal inicial recolectado por los drenes.

Las obras que se podrían implementar para el control de aguas subterráneas son las siguientes:

- a) Filtros y trincheras drenantes o subdrenes interceptores: los filtros son muy aptos para abatir el nivel freático, transportar el exceso de lluvia e interceptar corrientes subterráneas.

Los subdrenes interceptores son zanjas excavadas a mano o con retroexcavadora, rellenas de material filtrante y elementos de captación y transporte del agua. La profundidad máxima de estas zanjas es de aproximadamente seis metros. Los hay de diversas formas así:

- Con material de filtro y tubo colector (Figura 41)
- Con material grueso permeable sin tubo (filtro francés)
- Con geotextil como filtro, material grueso y tubo colector.
- Con geotextil, material grueso y sin tubo.
- Tubo colector con capa gruesa de geotextil a su alrededor.
- Dren sintético con geomalla, geotextil y tubo colector

El tipo de dren interceptor a emplear dependerá de:

- Disponibilidad de materiales en la región y costos.
- Necesidad de captación y caudal del dren.

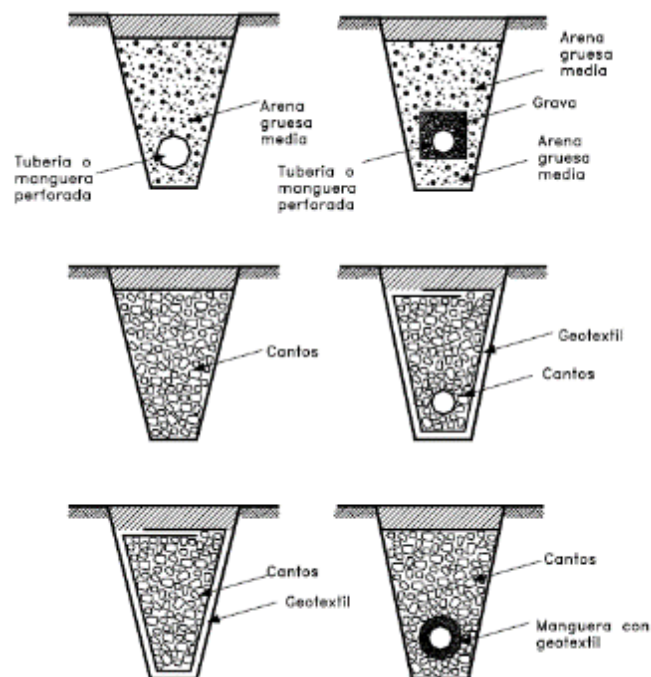


Figura 41. Esquema de sistemas de dren de zanjas.

3. Manejo de zonas de deslizamiento (Anexo Cochapampa)

Para deslizamientos de magnitudes pequeñas como el de Cochapampa y el que se presenta encima de la cancha deportiva de Tambillo, se pueden aplicar obras de bioingeniería, que utilizan plantas o parte de ellas, como estacas vivas. Estos elementos pueden ser introducidos dentro del terreno y dispuestos de manera conveniente siguiendo patrones, definidos por especialistas, las funciones de estos son:

- Refuerzan las capas superficiales del suelo.
- Son una barrera interna contra movimientos de material detrítico.
- Retienen la humedad excedente y funcionan como drenes.

Estas obras pueden ser acompañadas por muros de contrapeso flexibles como gaviones y modificaciones del perfil actual de los taludes (banqueteo), los esquemas referenciales de estas medidas se grafican en las figuras 42 y 43, sin embargo, las medidas correctas y que proporciona mayor seguridad siempre será la reubicación de estas infraestructuras.

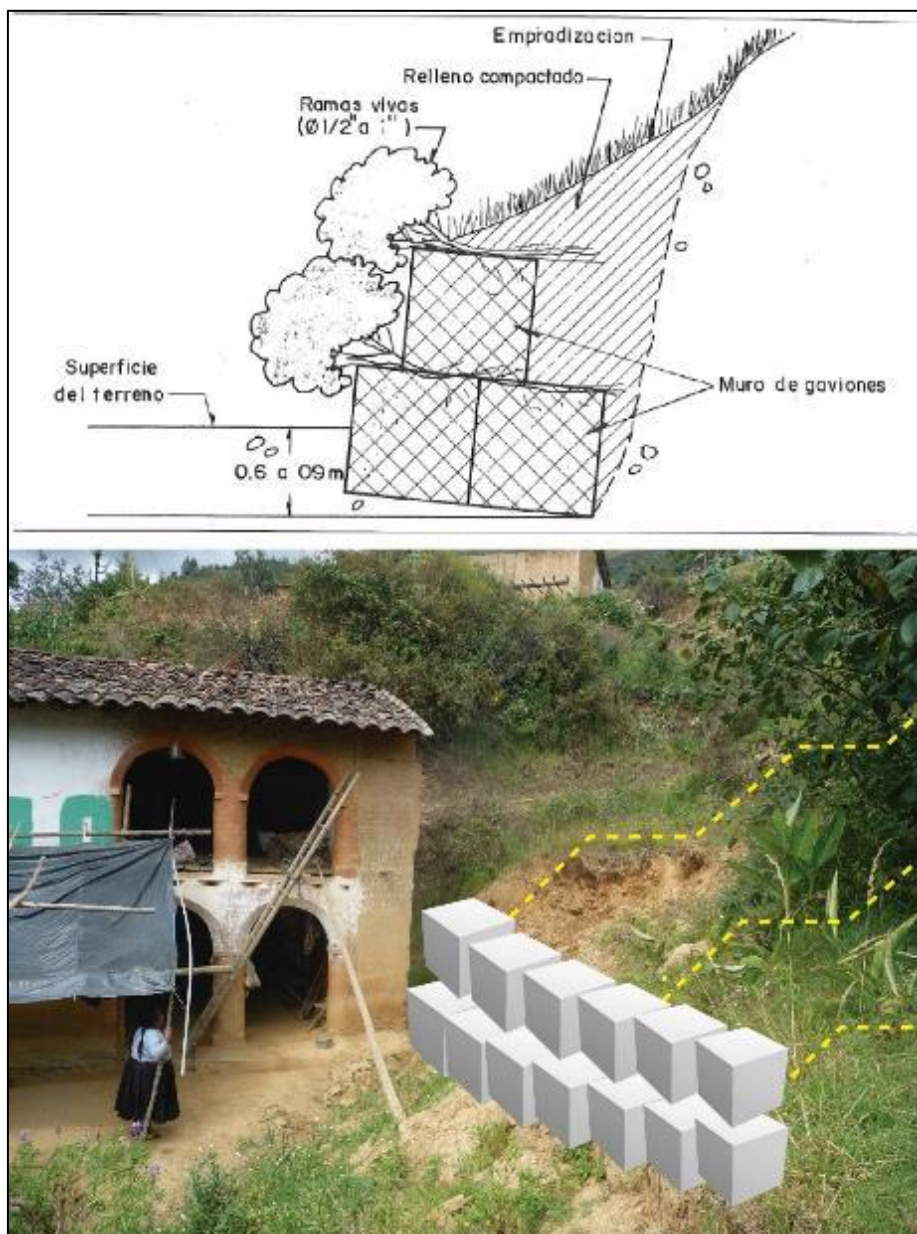


Figura 42. Esquema de muros de contención y barreras de estacas.



Figura 43. Esquema de muros de contención (gaviones) y barreras de estacas para el pequeño deslizamiento ubicado encima de la cancha deportiva de Tambillo

MUROS RÍGIDOS Son estructuras de contención generalmente de concreto que no permiten deformaciones importantes sin romperse (cuadro 3). Se apoyan sobre suelos competentes para transmitir fuerzas de su cimentación al cuerpo del muro y de esta forma generar fuerzas de contención. La utilización de muros rígidos es una de las formas más sencillas de manejar cortes y terraplenes. Los muros rígidos actúan como una masa relativamente concentrada que sirve de elemento contenedor de la masa inestable.

Muro	Ventajas	Desventajas
Reforzado	Los muros de concreto reforzado pueden emplearse en alturas grandes (superiores a ocho metros), previo su diseño estructural y estabilidad. Se utilizan métodos convencionales de construcción, en los cuales la mayoría de los maestros de construcción tienen experiencia.	Requieren de buen piso de cimentación. Son poco económicos en alturas muy grandes y requieren de formaletas especiales. Su poco peso los hace poco efectivos en muchos casos de estabilización de deslizamientos de masas grandes de suelo
Concreto simple	Relativamente simples de construir y mantener, pueden construirse en curvas y en diferentes formas para propósitos arquitectónicos y pueden colocarse enchapes para mejorar su apariencia exterior	Se requiere una muy buena fundación y no permiten deformaciones importantes, se necesitan cantidades grandes de concreto y un tiempo de curado antes de que puedan trabajar efectivamente. Generalmente, son poco económicos para alturas mayores de tres metros.
Concreto ciclópeo	Similares a los de concreto simple. Utilizan bloques o cantos de roca como material embebido, disminuyendo los volúmenes de	Se requiere muy buena fundación. El concreto ciclópeo (cantos de roca y concreto) no puede soportar esfuerzos de flexión grandes. Se

	concreto. Generalmente, son más económicos que los de concreto simple o reforzado.	requiere la disponibilidad de bloques de roca.
Concreto ciclópeo con columnas de refuerzo	Combinan las ventajas de economía del concreto ciclópeo con la capacidad de flexión del concreto reforzado	Es muy poca la investigación sobre su comportamiento y no existe una metodología aceptada de diseño
Mampostería o bloques de roca pegados con concreto	Son muy económicos cuando hay disponibilidad de bloques de roca. Son visualmente atractivos	Se requiere muy buena fundación. Resistencia muy baja a la flexión. Son muy vulnerables a los movimientos.

Ventajas y desventajas del uso de muros. Fuente: Suárez, 1996.