

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7535

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL CENTRO POBLADO COCHAO

Departamento: Ancash

Provincia: Huari

Distrito: Chavín de Huántar



SETIEMBRE
2024

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL CENTRO POBLADO DE COCHAO

(Distrito Chavín de Huántar, provincia Huari y departamento de Ancash)



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

Equipo de investigación:

Richard Remy Huayta Pacco

Freddy Córdova Castro

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2023) - Evaluación de peligros geológicos en el centro poblado Cochao, distrito Chavín de Huántar, provincia Huari, departamento Áncash. Lima: INGEMMET, Informe técnico A7535.

INDICE

RESUMEN.....	4
DEFINICIONES	5
1. INTRODUCCIÓN.....	7
1.1. Objetivos del estudio	7
1.2. Antecedentes y trabajos anteriores	8
1.3. Aspectos generales	8
1.3.1. Ubicación	8
1.3.2. Accesibilidad	¡Error! Marcador no definido.
1.3.3. Clima	10
1.3.4. Zonificación Sísmica	11
2. ASPECTOS GEOLÓGICOS.....	12
2.1. Contexto estructural.....	¡Error! Marcador no definido.
2.2. Unidades litoestratigráficas.....	12
2.2.1. Formación Chimú (Ki-chi)	12
2.2.2. Depósitos cuaternarios (Qh).....	14
3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS.....	17
3.1. Pendientes del terreno	17
3.2. Unidades geomorfológicas.....	17
3.2.1. Subunidad de montañas en rocas sedimentarias (ME-rs)	18
3.2.2. Piedemonte proluvial o aluviotorrencial (P-pral).....	19
3.2.3. Subunidad de vertiente coluvio-deluvial (V-cd).....	19
3.2.4. Subunidad de vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd).....	20
3.2.5. Subunidad de terraza fluvial (T-f).....	20
4. PELIGROS GEOLÓGICOS	21
4.1. Deslizamiento rotacional retrogresivo – Activo (retrogresivo) Sector Quillaish.....	21
4.2. Derrumbes en las laderas de la margen izquierda del río Mosna.....	23
4.3. Reptación - Activa en el sector de Quillaish.....	24
4.4. Reactivación de deslizamiento rotacional y derrumbes en las laderas del sector Chacapatac.....	25
4.5. Movimiento complejo en el sector Chilcapampa.....	26
5. CONCLUSIONES.....	28
6. RECOMENDACIONES.....	30
7. BIBLIOGRAFÍA.....	31
ANEXO 1: MAPAS.....	32
ANEXO 2: MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN.....	37

RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa, realizado en los sectores Chilcapampa, Chacapatac y Quillaish del centro poblado de Cochao, distrito de Chavín de Huántar, provincia de Huari, departamento Ancash. 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 geología en los tres niveles de gobierno.

Las unidades litológicas (rocas y depósitos superficiales) en el área evaluada se componen principalmente por una serie sedimentaria, de una secuencia constituida por areniscas oscuras, de estratos medianos, el grado de meteorización según la clasificación de la ISRM corresponde a METEORIZADAS (V). Es visible en la base de la montaña una cobertura superficial coluvio-deluvial, coluvial (bloques, gravas, composición sedimentaria heterogénea, formas subangulosas a angulosas, envueltos en matriz limo arcillosa) no consolidados.

El relieve o morfología se caracteriza en la zona por la presencia de montañas modeladas en rocas sedimentarias y piedemontes (proluviales, vertientes con depósitos de deslizamientos, así como acumulaciones coluviales, y coluvio-deluviales); así como terrazas fluviales. Se considera que, los factores condicionantes que originan la ocurrencia de movimientos en masa son: pendiente del terreno que van desde moderadas (5°-15°) a muy fuerte (25°-45°); presencia de agua en los suelos; depósitos inconsolidados.

En el centro poblado Cochao se identificaron movimientos en masa de tipo derrumbes y deslizamientos rotacionales, eventos que afectaron terrenos de cultivo, y posible afectación a vías vecinales por la actividad retrogresiva de estos eventos; que afectan a los sectores de Chilcapampa, Quillaish y Chacapatac.

Además, se aprecia procesos de erosión fluvial en la margen izquierda del río Mosna, donde se ubica algunas viviendas del sector Quillaish.

Por las condiciones geológicas (tipo de rocas y suelos), configuración geomorfológica (terrenos con pendiente moderada a muy fuerte), así como la presencia de movimientos en masa y procesos geohidrológicos; el centro poblado de Cochao se considera con **Peligro Alto** y **Zona Crítica**. Estos movimientos en masa pueden ser detonados por lluvias intensas y/o prolongadas, movimientos sísmicos, actividad antrópica: filtraciones de agua al subsuelo por la actividad agrícola.

Finalmente, en este informe, se brinda algunas recomendaciones que se consideran importante tomar en cuenta, como realizar trabajos de sensibilización a los pobladores en temas de peligros geológicos y gestión de riesgo a fin de minimizar las ocurrencias y daños que pueden ocasionar los procesos identificados. Realizar la EVAR correspondiente.

DEFINICIONES

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

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

- AGRIETAMIENTO:** Abertura profunda del suelo 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 no ha sufrido un desplazamiento en dirección ladera abajo. Sobre ella suelen presentarse algunas grietas paralelas o semi paralelas conocidas como grietas de tensión o de tracción.
- DERRUMBE:** Desplome de una masa de roca, suelo o ambos por gravedad, sin presentar una superficie o plano definido de ruptura, y más bien una zona irregular. Se producen por lluvias intensas, erosión fluvial; rocas muy meteorizadas y fracturadas.
- DESLIZAMIENTO:** Es un movimiento, ladera abajo, de una masa de suelo o roca cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla o de una delgada zona en donde ocurre una gran deformación cortante. Varnes (1978) clasifica los deslizamientos según la forma de la superficie de falla por la cual se desplaza el material, en traslacionales y rotacionales. Los deslizamientos traslacionales, a su vez, pueden ser planares y/o en cuña.
- ESCARPE:** 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:** 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 toda alteración que modifica 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

(Cruden 1991). Los tipos más frecuentes son: caídas, deslizamientos (traslacionales y rotacionales), flujos, vuelcos, expansiones laterales y reptación de suelos. Existen movimientos extremadamente rápidos (más de 5 m por segundo) como avalanchas y/o deslizamientos, hasta extremadamente lentos (menos de 16 mm por año) a imperceptibles como la reptación de suelos.

**PELIGROS:
GEOLÓGICOS**

Son procesos o fenómenos geológicos que podrían ocasionar la muerte, lesiones u otros impactos a la salud, daños a la propiedad, pérdida de medios de sustento y servicios, trastornos sociales y económicos o daños materiales. Pueden originarse al interior (endógenos) o en la superficie de la tierra (exógenos). Al grupo de endógenos pertenecen los terremotos, tsunamis, actividad y emisiones volcánicas; en los exógenos se agrupan los movimientos en masa (deslizamientos, aludes, desprendimientos de rocas, derrumbes, avalanchas, aluviones, huaicos, flujos de lodo, hundimientos, entre otros), erosión e inundaciones (INGEMMET, 2004).

RETROGRESIVO:

Tipo de actividad de un movimiento en masa, en el cual la superficie de falla se extiende en la dirección opuesta al movimiento del material desplazado (Cruden y Varnes, 1996).

**SUSCEPTIBILIDAD:
EN MOVIMIENTOS
EN MASA**

La 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. La estimación de la susceptibilidad se basa en la correlación de los principales factores (intrínsecos) que contribuyen en la formación de movimientos en masa.

TALUD:

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

ZONA CRÍTICA:

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

1. INTRODUCCIÓN

El INGEMMET, ente técnico-científico que desarrolla a través de los proyectos de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR) la “Evaluación de peligros geológicos a nivel nacional (ACT. 11)”, contribuye de esta forma con entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno mediante el reconocimiento, caracterización y diagnóstico del peligro geológico en zonas que tengan elementos vulnerables.

Atendiendo la solicitud de la Municipalidad Distrital de Chavín de Huántar, según Oficios N° 131-2023-ALC/MDCHH Y N° 251-2023-ALC/MDCHH, en el marco de nuestras competencias, se realiza una evaluación de los movimientos en masa ocurridos desde marzo del 2020, intensificándose los desplazamientos de estos eventos desde febrero del 2023, según narran los pobladores del centro poblado Cochao. Este evento viene afectando viviendas, cancha deportiva, campos de cultivos, y sobre todo genera zozobra entre los pobladores.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del INGEMMET designó al Mag. Richard Remy Huayta Pacco y Bach. Freddy Cordova Castro, para realizar la evaluación de peligros geológicos en el sector previamente mencionado. Los trabajos fueron realizados en coordinación con representantes del sector y población afectada por los movimientos en masa.

La evaluación técnica se realizó en tres etapas: etapa de pre-campo con la recopilación de antecedentes, información geológica y geomorfológica del INGEMMET y fotointerpretación de imágenes satelitales; etapa de campo a través de la observación, toma de datos (puntos GPS y tomas fotográficas), cartografiado, recopilación de información y testimonios de población local afectada; y para la etapa final de gabinete se realizó el procesamiento de toda información terrestre y aérea adquirida en campo, cartografiado e interpretación, elaboración de mapas, figuras temáticas y redacción del informe.

Este informe se pone a consideración de la Municipalidad distrital de Chavín de Huántar e instituciones técnico normativas del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres – Sinagerd, como el Instituto Nacional de Defensa Civil – INDECI y el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastre - CENEPRED, a fin de proporcionar información técnica de la inspección, conclusiones y recomendaciones que contribuyan con la reducción del riesgo de desastres en el marco de la Ley 29664. A fin de que sea un instrumento técnico para la toma de decisiones.

1.1. Objetivos del estudio

El presente trabajo tiene como objetivos:

- a) Evaluar y caracterizar los peligros geológicos por movimientos en masa ocurridos en el centro poblado Cochao – Sector Chilcapampa, eventos que comprometen la seguridad física de la población, viviendas y sus medios de vida.
- b) Determinar los factores condicionantes y desencadenantes de la ocurrencia de peligros geológicos.

- c) Emitir las recomendaciones pertinentes para la reducción o mitigación de los daños que pueden causar los peligros geológicos identificados.

1.2. Antecedentes y trabajos anteriores

Existen trabajos previos y publicaciones del INGEMMET, que sirven de referencia, tales como informes técnicos y otros estudios regionales relacionados a temas de geología y geodinámica externa (boletines), de los cuales destacan los siguientes:

- a) Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2023). Peligros geológicos y zonas críticas entre Chavín de Huántar y Pomachaca. Distritos Chavín de Huántar, San Marcos, Huántar, Huachis y Huari; provincia Huari; departamento Ancash. Lima: Ingemmet, Informe Técnico A7361, 66 p.
- b) Informe técnico A7280. “Evaluación de peligro geológico en el cerro Cruz de Shallapa, y su influencia en la localidad de Chavín de Huántar” (Choquenaira & Núñez, 2022). Describe el derrumbe ocurrido el 30 de junio del 2022, en la ladera noreste del cerro Cruz de Shallapa, el cual movilizó rocas y detritos involucrando un volumen de 58 mil m³, afectó un área de 2.5 ha; 42 viviendas destruidas, 2.07 ha de pérdida de terrenos de cultivo, 450 m del canal de riego, entre otros daños a la propiedad, por lo cual se considera como **Zona Crítica**.
- c) Boletín N° 38, serie C: Riesgos Geológicos en la Región Áncash, realizado por Zavala, et al 2009; mencionan que el aluvión del 17 de enero de 1945, afectó parcialmente al complejo arqueológico de Chavín de Huántar y ocasionó 400 muertos. Este sector es considerado como de alta susceptibilidad a movimientos en masa y como zona crítica a peligros geológicos. Entendiéndose, la susceptibilidad a movimientos en masa como la propensión que tiene una determinada zona a ser afectada por un determinado proceso geológico (movimiento en masa), expresado en grados cualitativos y relativos
- d) Informe técnico. Primer reporte “Zonas críticas por peligro geológico y geohidrológico en la región Ancash” (Zavala, 2007), determinó que el valle del río Mosna hasta la localidad de Puchca como **Zona Crítica (44)**, debido a la peligrosidad que representa ante la ocurrencia de derrumbes, deslizamientos y flujo de detritos, con evidencia de aluviones históricos en el valle (cuadro 1).

1.3. Aspectos generales

1.3.1. Ubicación

El centro poblado Cochao se encuentra en la margen izquierda del río Mosna, 5 km al oeste de San Marcos. Políticamente pertenece al distrito Chavín de Huántar, provincia de Huari y departamento de Áncash (figura 2), el cual se encuentra ubicado en las siguientes coordenadas UTM (WGS84 – Zona 18S) Tabla 1:

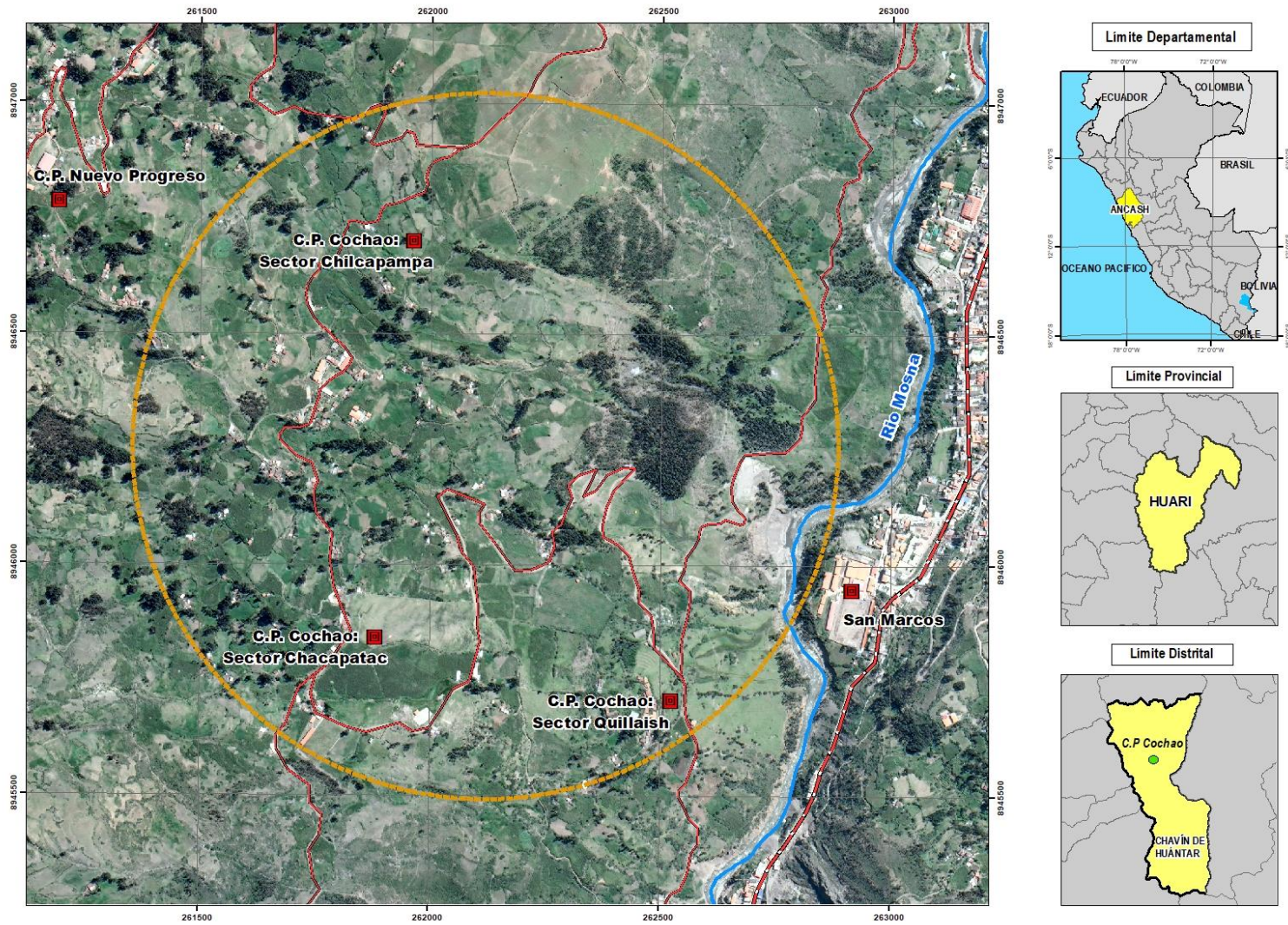


Figura 1: Ubicación del centro poblado Cochao y alrededores.

Tabla 1. Coordenadas del área de estudio.

N°	UTM - WGS84 - Zona 18L		Geográficas	
	<i>Este</i>	<i>Norte</i>	<i>Latitud</i>	<i>Longitud</i>
1	260637.9	8945682.4	-9.52723	-77.18047
2	261429.5	8947788.3	-9.50825	-77.17314
3	263381.5	8947108.2	-9.51450	-77.15541
4	262683.7	8945018.2	-9.53334	-77.16188
COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL				
C	262745.9	8946154.5	-9.52308	-77.16125

1.3.2. Accesibilidad

El acceso a la zona evaluada se realizó por vía terrestre desde la oficina central de INGEMMET (Lima), hasta el centro poblado Cochao (Áncash), mediante la siguiente ruta (Tabla 2):

Tabla 2. Ruta de acceso

Ruta	Tipo de vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Lima – Conococha	Asfaltada	338	6 horas 30 min
Conococha – Chavín de Huántar	Asfaltada	80	1 hora 30 min
Chavín de Huántar – C.P. Cochao	Afirmada	9	20 min

1.3.3. Población

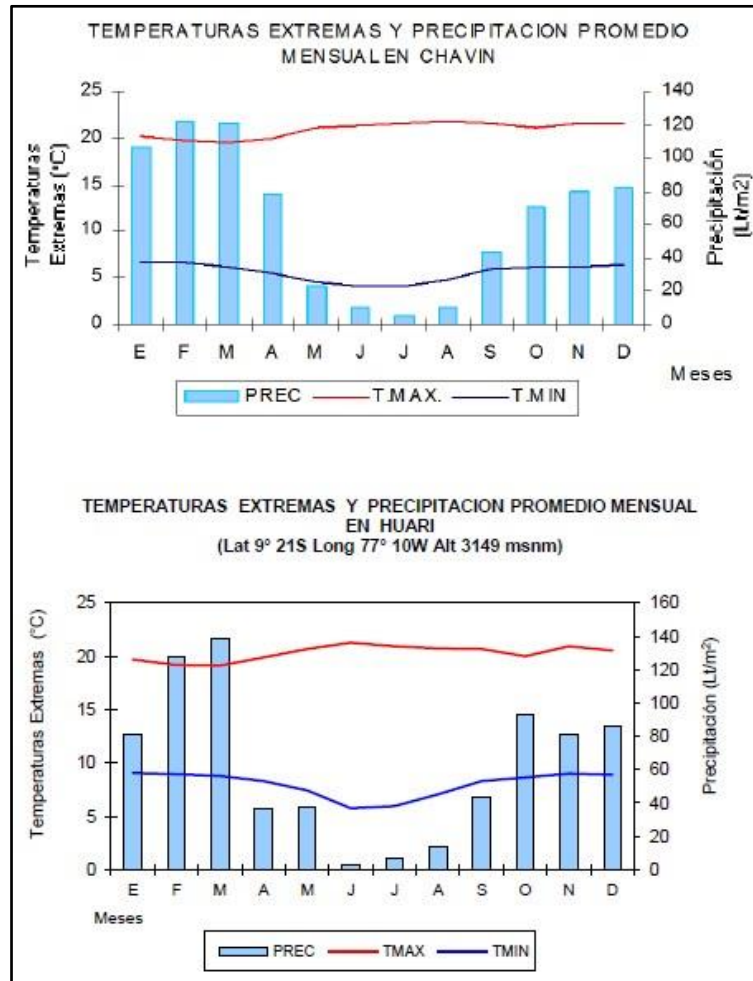
Según el Censo Nacional 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas, la población censada del centro poblado de Cochao es de 282 habitantes, distribuidos en un total de 124 viviendas. <http://sige.inei.gob.pe/test/atlas/>

1.3.4. Clima

SENAMHI (2020) reporta en la “Evaluación de los modelos CMIP5 del IPCC en el Perú: proyecciones al año 2030 en la región Ancash, reporte ejecutivo” (repositorio de <http://www.senamhi.gob.pe>), que el centro poblado de Cochao se encuentra a una altitud de aproximadamente 3170 m.s.n.m., el clima en este distrito sigue las características generales de la vertiente oriental de la cordillera occidental (Callejón de Conchucos).

Tomando como referencia la clasificación climática desarrollada por SENAMHI, en la región andina de Ancash, el 80% de lluvias ocurren entre diciembre a marzo, y generalmente después del mediodía. De mayo a septiembre el cielo permanece despejado o con escasa nubosidad durante el día y noche; el viento se incrementa en velocidad por las tardes y esporádicamente son fuertes de 40 a 50 km/h principalmente de julio a septiembre, así mismo presenta la humedad relativa es menor o igual al 30%.

Figura 2. Variación mensual de las temperaturas extremas y precipitación en Chavin de Huantar.



Fuente: SENAMHI. (2020).

1.3.5. Zonificación Sísmica

El territorio nacional se encuentra dividido en tres zonas, a cada zona se le asigna un factor Z según se indica en la tabla 3. Este factor se interpreta como la aceleración máxima horizontal en suelo rígido con una probabilidad de 10% de ser excedida en 50 años. El factor Z se expresa como una fracción de la aceleración de la gravedad (DS No. 003-2016-VIVIENDA).

Tabla 3. Factores de zona Z. Norma E-030

Zona	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.10

Tomando como referencia este documento, el centro poblado Cochao se ubica en la “Zona 3 “(sismicidad alta), localizada desde la línea de costa hasta el margen occidental de la Cordillera de los Andes, determinándose aceleraciones de 0.35 g.

2. ASPECTOS GEOLÓGICOS

El centro poblado Cochao (figura 1) se ubica en la vertiente oriental de la Cordillera Occidental (Callejón de Conchucos). Según la información obtenida en campo y de la Carta Geológica del cuadrángulo de Recuay – hoja 20-i, 1: 100,000 (Cobbing et al., 1996), en la zona afloran rocas sedimentarias del Cretácico y depósitos coluviales, deluviales y aluviales del Cuaternario, éstos últimos a través de la inspección en campo y en base a la interpretación de imágenes satelitales, fotografías aéreas se completa en el mapa geológico, presentado en el mapa 1: Anexo 1.

La gran deformación tectónica-estructural del área de estudio, con dirección NO-NE, presenta plegamientos (anticlinales y sinclinales), lineamientos y fallas geológicas que han condicionado el intenso fracturamiento de las rocas y la ocurrencia de diversos movimientos en masa, incluyendo avalanchas de rocas, deslizamientos y movimientos complejos. Estos eventos se catalogan como depósitos coluviales, coluvio-deluviales y proluviales, compuestos por bloques heterogéneos de formas angulosas, con diámetros de hasta 2 m, envueltos en una matriz arcillo-limosa.



Figura 1. Vista panorámica del centro poblado Cochao con sus tres sectores.

2.2. Unidades litoestratigráficas

2.2.1. Formación Chimú (Ki-chi)

De acuerdo con la Carta Geológica del cuadrángulo de Recuay – hoja 20-i, (Cobbing et al., 1996), esta formación está constituida por centenares de metros

de cuarcitas, areniscas y arcillitas intercaladas con lutitas, sobreyaciendo a la Fm. Oyón e infrayaciendo a la Fm. Santa, con ligera discordancia. (Figura 2),

La clasificación ISRM de esta roca sedimentaria analizada en campo para este sector corresponde a una ROCA METEORIZADA (III). De acuerdo a la resistencia, los índices de campo la tipifican como ROCA BLANDA (R_2) a ROCA MODERADAMENTE DURA (R_3), por lo cual podemos describir que al golpear con la punta del martillo se producen pequeñas marcas con un golpe fuerte del martillo. Esto nos permite inferir que el rango de la resistencia a compresión simple del material comprende 5.0 MPa – 50 MPa.



Figura 2. Se aprecia afloramientos de estratos rocosos, la litología comprende cuarcitas, areniscas grises de grano fino a medio con vetillas de cuarzo intercaladas con lutitas que corresponden a la Fm. Chimú. Las direcciones del plano de estratificación del afloramiento son dip: 36° , dip direction: 297° .

2.2.2. Depósitos Cuaternarios (Qh)

2.2.2.1. Depósitos coluviales (Qh-co):

Son depósitos inconsolidados, localizados al pie de la ladera, que alberga al centro poblado de Cochao. Estos compuestos por bloques y gravas no consolidadas, heterométricas y angulosas, de origen sedimentario (areniscas cuarzosas, limoarcillitas y calizas), dentro de una matriz limo arcillosa, con escasa cohesión y plasticidad media; presentan malas características geotécnicas y se consideran suelos no competentes, susceptibles a la generación de movimientos en masa. Por las evidencias que presentan se cataloga este depósito como una zona inestable (Figura 3).

2.2.2.2. Depósito coluvio-deluvial (Qh-cd)

Gran parte del centro poblado Cochao se encuentra asentada sobre depósitos coluvio-deluviales. Están compuestos por fragmentos líticos, angulosos a sub-angulosos con diámetros que varían de 0.01 a 0.20 m envueltos en matriz de arenas medias a gruesas con contenidos de limos y arcillas. Presentan cohesión y plasticidad media, son inestables, de malas características geotécnicas y se consideran suelos no competentes, susceptibles a la generación de movimientos en masa.



Figura 3. Depósitos coluvio-deluvial en el piedemonte del C.P. Cochao, depósitos coluviales ubicados en la ladera de la margen izquierda del río Mosna y depósitos fluviales en el curso principal del río.

2.2.2.3. Depósitos fluviales (Qh-fl):

Están conformados por gravas y arenas mal seleccionadas en matriz areno-limosa. Se puede apreciar en las márgenes del curso principal del río Mosna, formando parte de la llanura de inundación, así como de terrazas fluviales (Fotografía 4). Su granulometría está compuesta por bloques (20%), gravas (35%), arenas y limos (45%).

2.2.2.4. Depósito proluvial (Qh-pl):

Proviene de los depósitos de flujos de detritos, donde el material que los constituye es heterométrico, mal clasificado, subanguloso a subredondeado, englobado en una matriz fina; permeables y medianamente consolidados (figura 4). Su granulometría está compuesta principalmente por bolos (15%), cantos (20%), gravas (25%), gránulos (25%) arenas (15%) y limos (5%).



Figuraa 4. Vista aérea del centro poblado Cochao que está ubicado sobre un depósito coluvio-deluvial.

2.1. Contexto estructural

Estructuralmente el área paralela al centro poblado Cochao se encuentra en una cuenca Jurásica-Cretácica conformada principalmente por unidades geológicas de edad Cretácico-Temprano como la Formación Chimú. La zona de transición entre pliegues y fallas corresponde a secuencias pelíticas del Jurásico Superior, secuencias pelíticas y siliciclasticas del Cretácico Inferior (Grupo Goyllarisquizga respectivamente - Formación Chimú), unidas del batolito de "La Cordillera Blanca" y depósitos glaciares. Y finalmente la zona rígida y con fallas de gran extensión.

La zona plegada, fallada y sobre escurrida; se localiza al este del cuadrángulo de Recuay. Los plegamientos (sinclinales y anticlinales) tienen orientaciones andinas NO-NE (rumbo andino) y pueden abarcar grandes kilómetros; ocurren tanto en niveles pelíticos de la Fm. Oyón (Cretácico inferior); como en las secuencias siliciclasticas del Grupo Goyllarisquizga (Cretácico inferior) y son evidencia de una compresión NE-SO muy intensa. Muchos de los pliegues se encuentran cortados por fallas verticales y/o normales de rumbo trasandino que pone en contacto secuencias cretácicas y paleógenas.

Las fuerzas distensivas y comprensivas de estas fallas habrían modelado la gran variedad de estructuras geológicas presentes de manera local en el área de estudio, generando así plegamientos (anticlinorios) y condicionando el grado de fracturamiento de las rocas (figura 5).

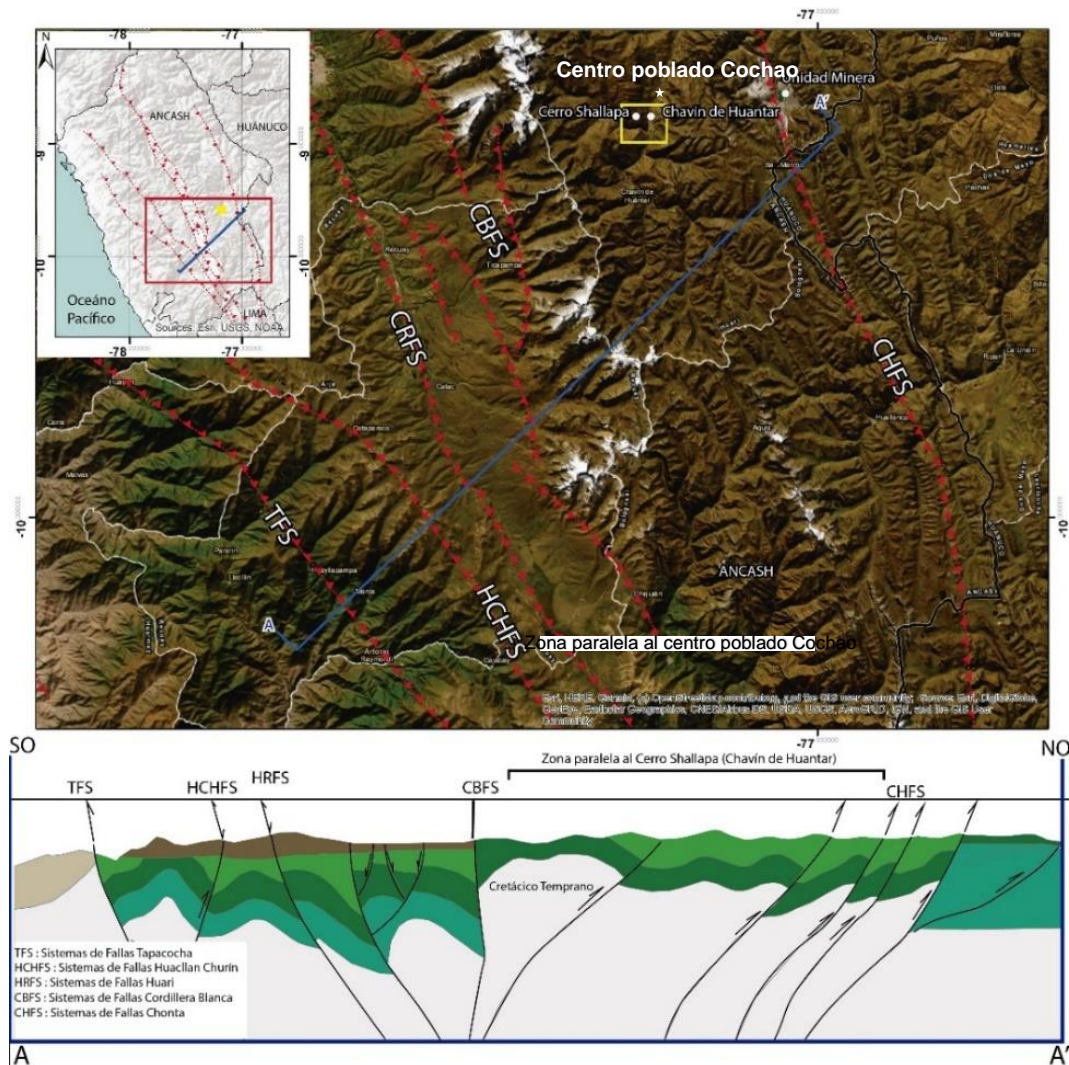


Figura 5. Principales fallas regionales y su influencia en las condiciones estructurales del área de inspección. Tomado de Romero, 2008.

3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

3.1. Pendientes del terreno

En el anexo 1 – mapa 2, se presenta el mapa de pendientes, elaborado en base a información del modelo de elevación digital de 12.5 m de resolución (USGS).

Del mapa se puede determinar que el sector evaluado y alrededores se encuentran en una ladera cuyos rangos de pendiente van desde la conformación de terrenos llanos (0°-1°), pasan de inclinación suave (1°-5°) a pendiente moderada (5°-15°), de dirección norte sur, originada por la erosión fluvial y la actividad geodinámica. Así mismo, se observa un cambio abrupto a terrenos de pendientes moderado a fuerte (15°-25°) a muy fuerte (25°-45°) hasta llegar a terrenos escarpados (>45°), los cuales corresponde a laderas de montañas, resultantes de una intensa erosión y desgaste de la superficie terrestre.

En promedio, la pendiente del sector evaluado se encuentra en una ladera cuyos rangos varían entre moderado (5°-15°) a muy escarpado (>45°) cuyas características principales se describen en la siguiente tabla 4:

Tabla 4. Rango de pendientes del terreno.

RANGOS DE PENDIENTES		
Pendiente	Rango	Descripción
0°-1°	Llano	Comprende terrenos planos de las zonas de altiplanicie, extremos más distales de abanicos aluviales y torrenciales, bofedales, terrazas, llanuras de inundación fondos de valle y lagunas.
1°a 5°	Inclinación suave	Terrenos planos con ligera inclinación que se distribuyen también a lo largo de fondos de valles, planicies y cimas de lomadas de baja altura, también en terrazas aluviales y planicies.
5°a 15°	Moderado	Laderas con inclinaciones entre 5° y 15° se consideran con susceptibilidad moderada a los movimientos en masa de tipo reptación de suelos, flujos de detritos. En este rango se asienta el C. P. de Cochao y se identificaron deslizamientos rotacionales.
15°a 25°	Fuerte	Pendientes que se distribuyen principalmente en los bordes de abanicos aluviales, conos, piedemontes proluviales-aluviales y planicies.
25°a 45°	Muy fuerte	Se encuentran en laderas de colinas y montañas sedimentarias, así como terrazas aluviales, que forman acantilados, vertientes de los valles.
>45°	Escarpado	Distribución a lo largo de laderas, cumbres de colinas y montañas sedimentarias, así como acantilados, donde se generaron la mayor cantidad de deslizamientos.

3.2. Unidades geomorfológicas

Para la caracterización de las unidades geomorfológicas en el área de estudio (anexo 1 – mapa 03), se consideraron criterios de control como: la homogeneidad litológica y caracterización conceptual en base a aspectos del relieve en relación a la erosión, denudación y sedimentación. (Vilchez, M., et al, 2019). En la tabla 5, se mencionan las

unidades y subunidades geomorfológicas que se muestran en la zona evaluada y alrededores.

Tabla 5. Unidades y subunidades geomorfológicas.

Unidades geomorfológicas de carácter tectónico degradacional y erosional	
Unidad	Subunidad
Montaña	Montaña estructural en roca sedimentaria (ME-rs)
Unidades geomorfológicas de carácter depositacional o agradacional	
Unidad	Subunidad
Piedemonte	Piedemonte proluvial o aluviotorrencial (P-pral)
	Vertiente o piedemonte coluvio-deluvial (V-cd)
	Vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd)
Terraza	Terraza fluvial (T-f)

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

3.2.1. Subunidad de montañas en rocas sedimentarias (ME-rs)

En estas montañas, el plegamiento de las rocas superficiales no conserva rasgos reconocibles de las estructuras originales, sin embargo, estas presentan localmente laderas controladas por la estratificación de rocas sedimentarias. El área evaluada corresponde a montañas en afloramientos de rocas sedimentarias de las Formaciones Chimú, según criterios geológico la Fm. Chimú esta sobreyaciendo a la Fm. Oyón, con ligera discordancia.

Sus relieves se encuentran asociados a procesos dominantes como derrumbes y/o deslizamientos. Se distribuye de sur a norte, en la parte alta del centro poblado Cochao (figura 6).

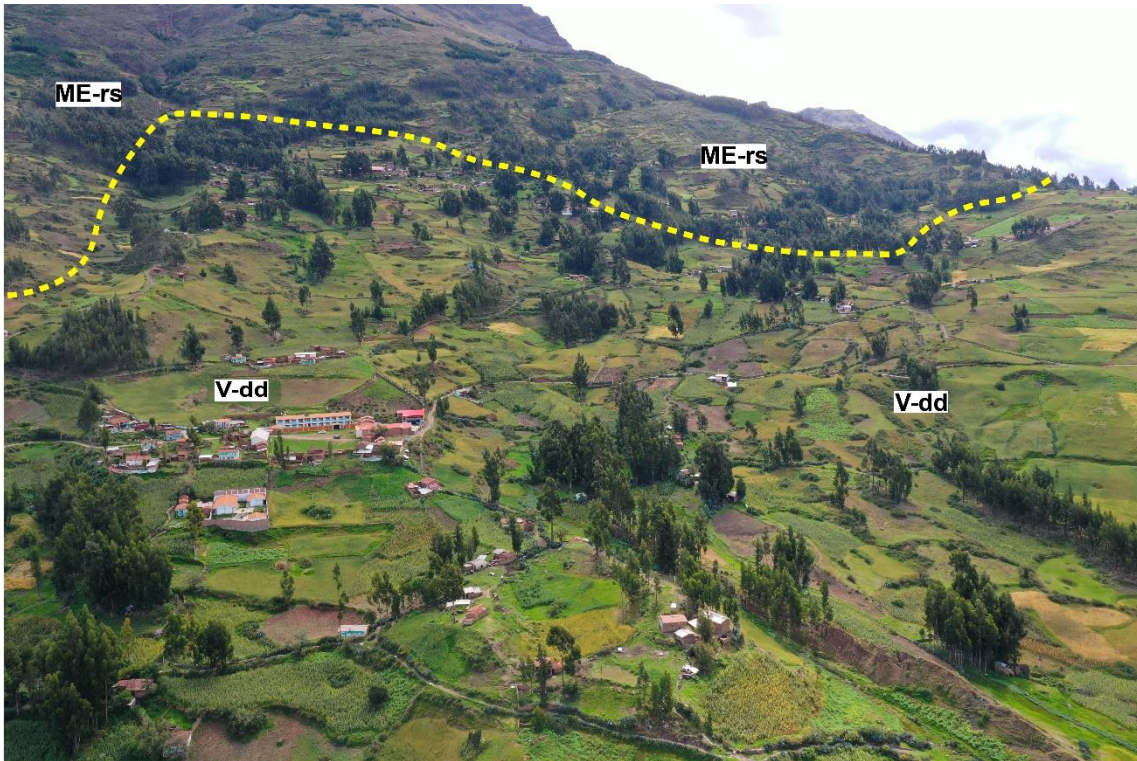


Figura 6. Vista con dirección al SE, donde se observa montañas en rocas sedimentarias y las vertientes de depósitos de deslizamientos.

Unidad de Piedemonte: Esta unidad es el resultado de procesos geomorfológicos constructivos determinados por fuerzas de desplazamiento como por agentes móviles, tales como: el agua de escorrentía, los vientos, entre otros; los cuales tienden a nivelar hacia arriba la superficie de la tierra, mediante el depósito de materiales sólidos resultantes de la denudación de terrenos más elevados.

3.2.2. Piedemonte proluvial o aluviotorrencial (P-pral)

Son el resultado de la acumulación de material movilizado a manera de flujos, modifican localmente la dirección de los cursos de ríos.

Corresponde a una superficie ligeramente inclinada extendida al pie del sistema montañoso, formada por el acarreo de material aluvial, arrastrado por corrientes de agua estacional y de carácter excepcional, en ocasiones a manera de flujos y avalanchas de detritos (figura 7). Ocupan las zonas de desembocadura y en el fondo de ríos y quebradas; generalmente asociadas a lluvias excepcionales.

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

Corresponde a los paisajes originados por procesos gravitacionales. Varían de pequeños a grandes dimensiones, probablemente detonados por lluvias excepcionales. Agrupa depósitos de origen gravitacional y fluvio-gravitacional, acumulado en las vertientes o márgenes del valle; en muchos casos, son resultado de una mezcla de ambos, constituyendo escombros de laderas que cubren

parcialmente los afloramientos de las Fm. Chimú principalmente al SE del centro poblado Cochao.

En la figura 7, se muestra estas acumulaciones de ladera originadas por procesos de movimientos en masa antiguos y recientes. Se componen de depósitos consolidados a ligeramente consolidado; muestran una composición homogénea, tratándose de depósitos con corto a mediano recorrido, relacionados a laderas superiores adyacentes.

3.2.4. Subunidad de vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd)

Se refiere a una subdivisión geomorfológica dentro de una vertiente o ladera, caracterizada por la presencia de depósitos resultantes de deslizamientos de tierra; su morfología muestra un relieve ondulado con frente ligeramente escarpado al pie del cauce fluvial. (Figura 7).

3.2.5. Subunidad de terraza fluvial (T-fl)

Es una forma del relieve depositacional originado en la base o pie de un frente montañoso, asociada a la descarga de sedimentos de un curso de agua (río o quebrada), drena desde un área topográficamente elevada a un área baja y plana adyacente.



Figura 7. Vista con dirección al N, donde se observan unidades geomorfológicas de tipo vertientes con depósito de deslizamiento, vertientes coluvio-deluviales y terraza fluvial.

4. PELIGROS GEOLÓGICOS

Los peligros geológicos reconocidos en el centro poblado Cochao, corresponden a movimientos en masa de tipo: Deslizamientos rotacionales - Activos y Derrumbes - Activos (PMA: GCA, 2007).

Este movimiento en masa, tiene como causas o condicionantes, factores intrínsecos, como son la geometría del terreno, pendiente del terreno, tipo de roca y suelos, drenaje superficial-subterráneo y cobertura vegetal. Se tiene como “**desencadenante**” la socavación de la base de la ladera por la dinámica erosiva del río Mosna, exactamente en el sector Chilcapampa. Estas características en conjunto con la permanente infiltración de agua al terreno por actividad agrícola existente en las laderas, permite la acumulación de agua en el terreno y al estar altamente saturado se desestabiliza la ladera lo cual acelera el proceso de reactivación de la ladera, presentándose inicialmente como una reptación y que desencadena en deslizamiento y por los flancos en forma de derrumbes. Los peligros geológicos identificados en la zona inspeccionada y sus alrededores se presentan en el anexo 1 – mapa 4.

La caracterización de los eventos geodinámicos, se realizó en base a la información obtenida en los trabajos de campo, donde se identificaron los tipos de movimientos en masa a través del cartografiado geológico y geodinámico. Se basa en la observación y descripción morfométrica in situ, la toma de datos GPS, fotografías a nivel de terreno y del levantamiento fotográfico con dron.

A continuación, se desarrollan las características de los siguientes peligros geológicos:

4.1. Deslizamiento rotacional del Sector Quillaish

Los pobladores del centro poblado Cochao narran que, en el año 2020, el río Mosna experimentó una crecida significativa durante la época de lluvias entre febrero y marzo. El incremento del caudal y la capacidad de transporte de materiales con alto potencial destructivo erosionaron las bases de la ladera en el sector Quillaish, generando inestabilidad en toda la ladera.

El desplazamiento al activarse ladera arriba, los campos de cultivos y algunas viviendas fueron afectadas, algunos de los pobladores abandonaron sus terrenos y disminuyeron la capacidad productiva de sus campos de cultivos. A la fecha de la inspección se observó canales de riego abandonados sin mantenimiento, también se apreció puquiales, lo que indica que el terreno está saturándose.

La corona del deslizamiento es de forma irregular, muestra material inestable, que indica que aún puede seguir en el movimiento (figura 8).



Figura 8. Vista aérea del deslizamiento rotacional; la línea roja punteada refleja la corona del deslizamiento, el salto del escarpe comprende alturas desde 5 m hasta los 15 m y una longitud aproximada horizontal de 500 m.

4.1.1. Características visuales del evento

El deslizamiento ocurrido en el sector Quillaish, presenta la siguientes características y dimensiones:

- Estado de la actividad del movimiento: Activo (retrogresivo)
- Movimiento en masa de tipo: Deslizamiento rotacional.
- Forma de la escarpa principal: Semicircular.
- Superficie de rotura: Rotacional.
- Longitud de la mayor grieta (horizontal): 0.40 m.
- Salto principal: 15 m.
- Saltos paralelos a la escarpa inicial (ortogonal a horizontal): 2 m.

4.1.2. Factores condicionantes

- Configuración geomorfológica del área (vertiente con depósito de deslizamiento): En esta unidad se observa mayor frecuencia de erosión de laderas y presencia de movimientos en masa.
- Geometría del terreno: Pendiente del terreno pronunciada, de fuerte (15° a 25°) a muy escarpada (25° a 45°). Las elevadas pendientes junto a zonas urbanas generan una alta susceptibilidad a ocurrencia de deslizamientos.
- Litología: Conformada por suelo arcilloso de una potencia de 3 a 20 m en contacto con lutitas carbonosas, y niveles de roca muy fracturados correspondientes a la Fm. Chimú.

4.1.3. Factores detonantes

- Infiltración de agua al terreno: Las lluvias intensas y/o excepcionales entre los meses de diciembre a marzo, que saturan los terrenos y los desestabilizan.

4.1.4. Factores antrópicos

- Percolación: La perenne saturación de los suelos a consecuencia del riego por gravedad generan en los suelos arcillosos una mayor presión de poros, lo que lleva a la disminución de la presión efectiva del terreno y por consiguiente el colapso, ello se denomina suelo colapsable.

4.1.5. Daños por peligros geológicos

- Este evento afectó un área aproximada de 1000 m², donde se ubican más de cuatro viviendas, un centro educativo y terrenos de cultivo.

4.2. Derrumbes en las laderas de la margen izquierda del río Mosna.

En la margen izquierda del río Mosna se evidencian derrumbes, compuestos de suelos y algunos bloques de hasta 2 m, que por gravedad caen por la ladera hacia la ribera derecha del río Mosna y son transportados por estas mismas aguas abajo. La génesis de esta inestabilidad en la ladera se debe a un evento de erosión fluvial (figura 9) sucedido hace 3 años que dejó inestable la ladera, al socavar la base de la ladera los materiales inestables son propensos a moverse por gravedad y más aún en temporadas de lluvias.

4.2.1. Factores condicionantes

- Geometría del terreno: Pendiente del terreno pronunciada, de fuerte (15° a 25°) a muy escarpada (25° a 45°). Las elevadas pendientes junto a zonas urbanas generan una alta susceptibilidad a ocurrencia de deslizamientos. Donde el material inestable puede desplazarse cuesta abajo.
- Configuración geomorfológica del área (vertiente coluvio-deluvial): En esta unidad se observa mayor frecuencia de cárcavas y presencia de movimientos en masa.
- Litología: Conformada por suelo limo-arcilloso de una potencia de 10 a 30 m, que permite la filtración del agua
- Saturación del terreno: Aumento de peso de masa inestable.

Los factores interactúan, lo que todo en conjunto contribuye con la inestabilidad del terreno.

4.2.2. Factores detonantes

- Eventos sísmicos que actúan a favor de la desestabilidad de la ladera. Además, la infiltración de agua al terreno: Tanto como lluvias intensas y/o

excepcionales de 100 mm entre los meses de diciembre a marzo, que saturan los terrenos y los desestabilizan.

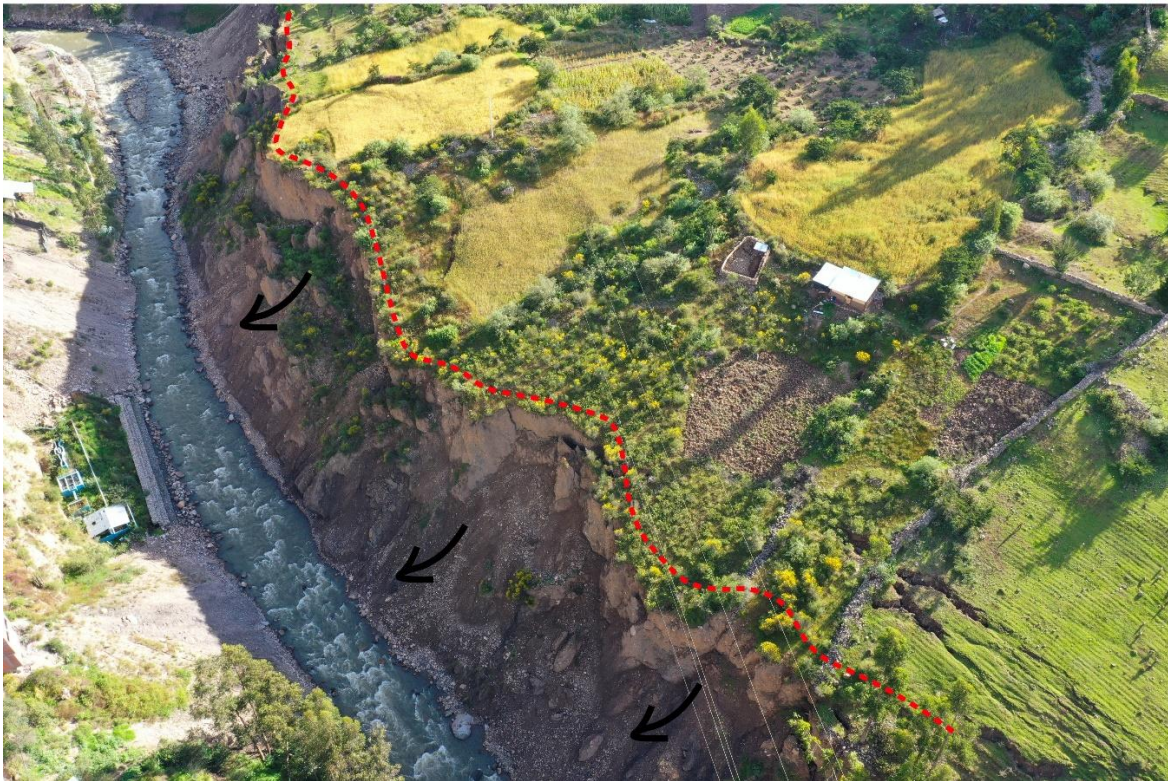


Figura 9. Vista aérea continuos derrumbes producidos por erosión fluvial del río Mosna.

4.3. Reptación en el sector de Quillaish.

En el sector Quillaish se evidencian un proceso de “reptación”, caracterizado por un movimiento lento. La génesis de esta inestabilidad en la ladera se debe a que el piedemonte es una vertiente de depósito de deslizamiento, se encuentra permanentemente saturada por el agua proveniente de la irrigación superficial de los campos de cultivo por la actividad agrícola.

El desplazamiento del terreno es permanente, se muestran cicatrices en el terreno y signos por los cuales se pueden identificar y tipificar, estos eventos son propensos a movilizarse por gravedad, en temporadas de lluvias o eventos telúricos.

4.2.1. Factores condicionantes

- Geometría del terreno: Pendiente del terreno pronunciada, de fuerte (15° a 25°) a muy escarpada (25° a 45°).
- Configuración geomorfológica del área (vertiente de depósito de deslizamiento): En esta unidad se observa mayor frecuencia de movimientos en masa.
- Litología: Conformada por suelo arcilloso de una potencia de 10 a 50 m. aproximada en contacto con la Fm. Chimú.

4.2.2. Factores detonantes

- Movimientos telúricos o sismos, que pueden activar el deslizamiento.
- Lluvias intensas y/o excepcionales entre los meses de diciembre a marzo, que saturan los terrenos y desestabilizan del deslizamiento.



Figura 10. Vista del terreno que esta reptando.

4.4. Reactivación de deslizamiento rotacional y derrumbes en las laderas del sector Chacapatac.

En el sector Chacapatac se evidencian derrumbes y múltiples grietas que corresponden a una reactivación de deslizamiento rotacional (figura 11).

En la escarpa se tienen lutitas muy fracturadas, que generan caída de rocas y derrumbes de menores dimensiones.

Por la actividad agrícola, riego por inundación, el agua se infiltra al terreno, lo que genera la inestabilidad del terreno. En temporada de lluvia se incrementa la inestabilidad.

4.4.1. Factores condicionantes

- Geometría del terreno: Pendiente del terreno pronunciada, de fuerte (15° a 25°) a muy escarpada (25° a 45°). Permite que el material inestable de la ladera se desplace cuesta abajo.
- Litología: Conformada por depósito arcilloso de una potencia de 2 a 4 m en contacto con lutitas carbonosas muy fracturadas correspondientes a la Fm. Chimú.

El depósito permite la filtración del agua al subsuelo, con ello un aumento de peso de la masa inestable.

4.4.2. Factores detonantes

- Movimientos sísmicos que actúan a favor de la desestabilidad de la ladera. Además, la infiltración de agua al terreno: Tanto como lluvias intensas y/o excepcionales entre los meses de diciembre a marzo, saturan los terrenos y los desestabilizan.

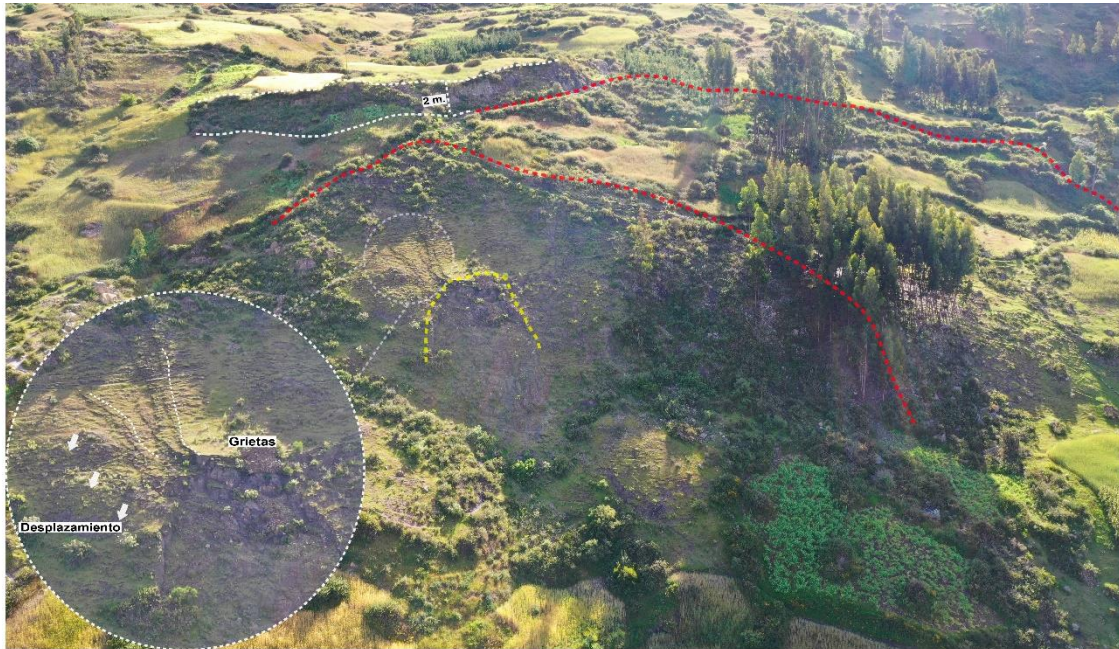


Figura 5. Vista aérea del sector Chacapatac, delineado de color amarillo la zona de derrumbes, delineado de color rojo las coronas de los deslizamientos, delineado de color blanco el desnivel del terreno de 2m. El círculo de color blanco contiene el zoom donde se exponen las grietas sentido SE y material desplazándose en sentido NE.

4.5. Movimiento complejo en el sector Chilcapampa.

El sector Chilcapampa se ubica al sur de Cochao, asentada sobre depósitos y afloramientos de cuarcitas y areniscas grises correspondientes a la Fm. Chimú.

Se tienen procesos de reptación, derrumbes y deslizamientos que incrementan la inestabilidad del terreno.

4.4.1. Factores condicionantes

- Geometría del terreno: Pendiente del terreno pronunciada, de fuerte (15° a 25°) a muy escarpada (25° a 45°). Esto genera que el material inestable de la ladera se desplace cuesta abajo.
- Litología: Conformada por suelo arcilloso de una potencia de 2 a 4 m en contacto con la Fm. Chimú. Los primeros permiten la infiltración del agua, lo segundo, genera la retención del agua, lo cual conlleva a la saturación del terreno.

4.4.2. Factores detonantes

- Movimientos sísmicos que actúan a favor de la desestabilidad de la ladera.
- Lluvias intensas y/o excepcionales de diciembre a marzo, que saturan los terrenos.



Figura 12. Vista aérea del sector Chilcapampa, la foto superior muestra ladera arriba, delineado de color rojo los flancos del deslizamiento y la foto inferior muestra ladera abajo, de color amarillo el borde de derrumbes.



La I.E.I. N°476 Chilcapampa está cimentada en un afloramiento rocoso de la Fm. Chimú en parte lutitas y otra parte esta cimentada en suelo limo-arcilloso, estas condiciones sumada a la pendiente del terreno y constante irrigación generan desplazamientos en el terreno. La ubicación de la I.E.I. es una vertiente de depósito de deslizamiento desde un enfoque geomorfológico.

Las afectaciones del desplazamiento del terreno a las instalaciones del centro educativo son visibles a través de múltiples fracturas en las aulas, muros de contención o cerco del colegio y veredas en general, estas se exponen en las fotos, dado que es frecuentado por niños menores de 5 años es relevante su atención afín de prevenir situaciones adversas a posteriori.

Figura 13. Panel de fotografías: **1.** Vista panorámica de la I.E.I. N°476 Chilcapampa. **2.** Poste de alumbrado eléctrico inclinado, evidencia del movimiento. **3.** Grietas en la base de los muros. **4.** Muros de la puerta resanados ante el colapso de la puerta. **5.** Muros cimentados sobre areniscas grises. **6.** Cerco de muros cimentados en lutitas negras. **7.** Muro agrietado de la I.E.I. **8.** Muro y columna divididas por grietas en las paredes de las aulas de los niños menores. **9.** Veredas agrietadas con aberturas de 1cm.

5. CONCLUSIONES

- 1) En el centro poblado Cochao, sectores de Chilcapampa, Quillaish y Chacapatac, se identificaron peligros geológicos por movimientos en masa de tipo deslizamientos, derrumbes y reptación de suelos activos. Los eventos analizados con alta prioridad se tipifican como deslizamientos rotacionales de avance retrogresivo, estos eventos generan afectación en campos de cultivo desde febrero del 2020.
- 2) En febrero del 2023, se reactivaron dos deslizamientos de tipo rotacional. El evento de mayor magnitud presenta un escarpe principal con longitud de 15 m y salto que varía de 5 a 15 m; afectan aproximadamente 20 000 m² de campos de cultivo. Dada la actividad retrogresiva del evento podría afectar la vía vecinal que comunica a pueblos aledaños.
- 3) En la zona evaluada y alrededores afloran rocas de origen sedimentario de la Formación Chimú; conformadas por areniscas cuarzosas muy fracturadas. Intercaladas con lutitas y limolitas. En el sector Chacapatac afloran básicamente lutitas negras muy fracturadas, lo cual condicionó la ocurrencia de deslizamientos y derrumbes. Las lutitas meteorizadas, según la clasificación de la ISRM con consideradas como roca METEORIZADAS (V), geotécnicamente se clasifican como ROCA MUY BLANDA (R1) por lo que tendrían índices de resistencia a compresión simple entre 0.25 MPa. 5.0 MPa.
- 4) Geomorfológicamente, la zona de estudio se encuentra sobre vertientes con depósitos de deslizamiento y vertientes con depósitos coluvio-deluvial, circundadas con montañas de rocas sedimentarias, las laderas presentan pendientes moderadas (5°-15) a fuerte (15°-25) se tiene también vertiente coluvial y terrazas aluviales.
- 5) Se considera como factor de la activación del deslizamiento se debe a la infiltración de las aguas proveniente del sistema de riego (por gravedad), llegan a saturar al suelo, generando inestabilidad en la ladera, y en consecuencia la activación de los deslizamientos de Quillaish, Chacapatac y Chilcapampa.
- 6) Por las condiciones geodinámicas, geológicas y geomorfológica, al centro poblado **Cochao**, en los sectores Quillaish, Chacapatac y Chilcapampa, se le considera como zonas de **Peligro Alto y Críticas**.

6. RECOMENDACIONES

Para la zona del deslizamiento rotacionales activos

1. De continuar el movimiento del deslizamiento en el sector de Quillaish, las viviendas aledañas deberán ser reubicadas.
2. Reubicar las viviendas ubicadas en laderas aledañas al río Mosna (sector Quillaish).
3. Evitar el riego por inundación, para evitar la infiltración de agua al subsuelo.
4. Prohibir la construcción de nuevas viviendas o la adición de más pisos, en las viviendas actuales próximas al río Mosna (sector Quillaish).
5. Impulsar la construcción de un sistema de drenaje técnicamente sustentado, revestido y debidamente impermeabilizado en el sector Chilcapampa, además de atender los requerimientos del I.E.I. N°476 Chilcapampa.
6. Evaluar la expansión de las grietas; de incrementarse estas, considerar la propuesta de hacer un nuevo trazo de la vía, para lo cual es importante realizar estudios geotécnicos previos a la construcción de infraestructura.
7. Realizar la Evaluación de Vulnerabilidad y Riesgo (EVAR) correspondiente para identificar y mitigar posibles impactos futuros.
8. Sensibilizar a los pobladores sobre los peligros geológicos y la gestión de riesgos, con el objetivo de minimizar las ocurrencias y los daños que pueden ocasionar los procesos identificados.



Ing. **BILBERTO ZAVALA CARRIÓN**
Director (e)
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico
INGEMMET

7. BIBLIOGRAFÍA

Abad, L. O. ESTABILIDAD DE TALUDES EN SUELOS.

Bañón, L., & Beviá García, J. F. (2000). Manual de carreteras. Volumen I: elementos y proyecto. Caminos I.

Dirección de Geología Ambiental (2003) - Estudio de riesgos geológicos del Perú-Franja N° 3. INGEMMET, *Boletín Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica*, 28, 373 p.

Iqbal, M. J., & Mohanty, B. (2007). Experimental calibration of ISRM suggested fracture toughness measurement techniques in selected brittle rocks. *Rock Mechanics and Rock Engineering*, 40(5), 453-475.

Loaiza Gómez, S. X., & Rincón Leal, S. A. (2018). Comparación de los parámetros de consolidación obtenidos en los equipos de la Universidad Pontificia Bolivariana de Bucaramanga y verificación de asentamientos en modelo a escala.

Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI (2017) – Directorio Nacional de Centros Poblados. Censos Nacionales 2017: XII de Población; VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas. (Consulta: Junio 2021). Disponible en: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1541/index.htm.

Morche, W., Albán Avila, C. A., De la Cruz Wetzell, J. S., & Cerrón Zeballos, F. (1995). Geología del cuadrángulo de Ayacucho. Hoja: 27-ñ-[Boletín A 61].

Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007) - Movimientos en Masa en la Región Andina: Una guía para la evaluación de amenazas. Servicio Nacional de Geología y Minería, Publicación Geológica Multinacional, No. 4, 432 p., 1 CD-ROM.

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (2020) – SENAMHI. (consulta: enero 2022). <https://www.senamhi.gob.pe/?p=estaciones>.

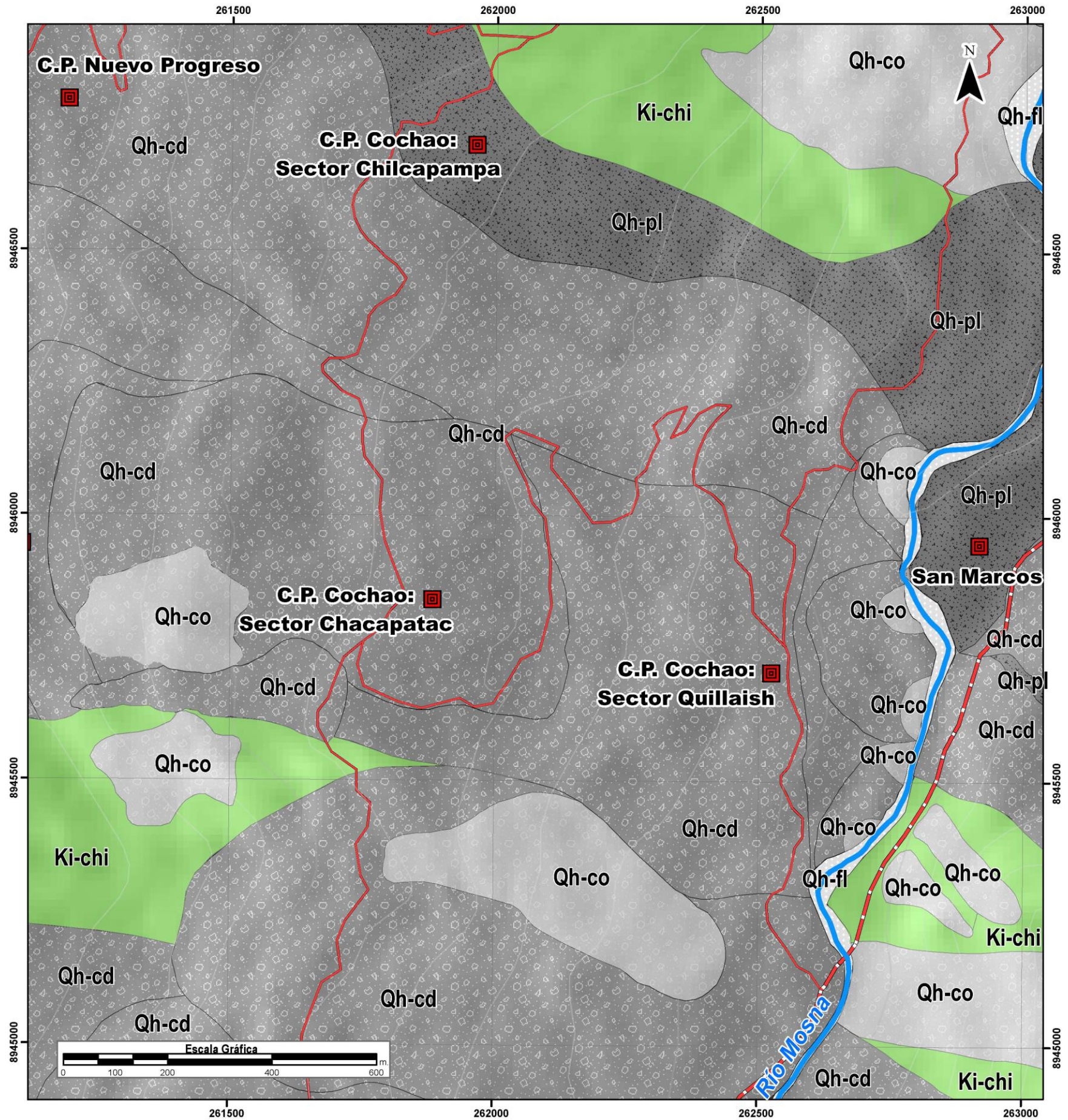
Valiente Sanz, R., Sobrecases Martí, S., & Díaz Orrego, A. (2016). Estabilidad taludes, conceptos básicos, parámetros de diseño y métodos de cálculo. *Revista civilizate*, (7), 50-54.

Vilchez, M.; Ochoa, M. & Pari, W. (2019) - Peligro geológico en la región Ayacucho. INGEMMET, *Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica*, 69, 225 p., 9 mapas.

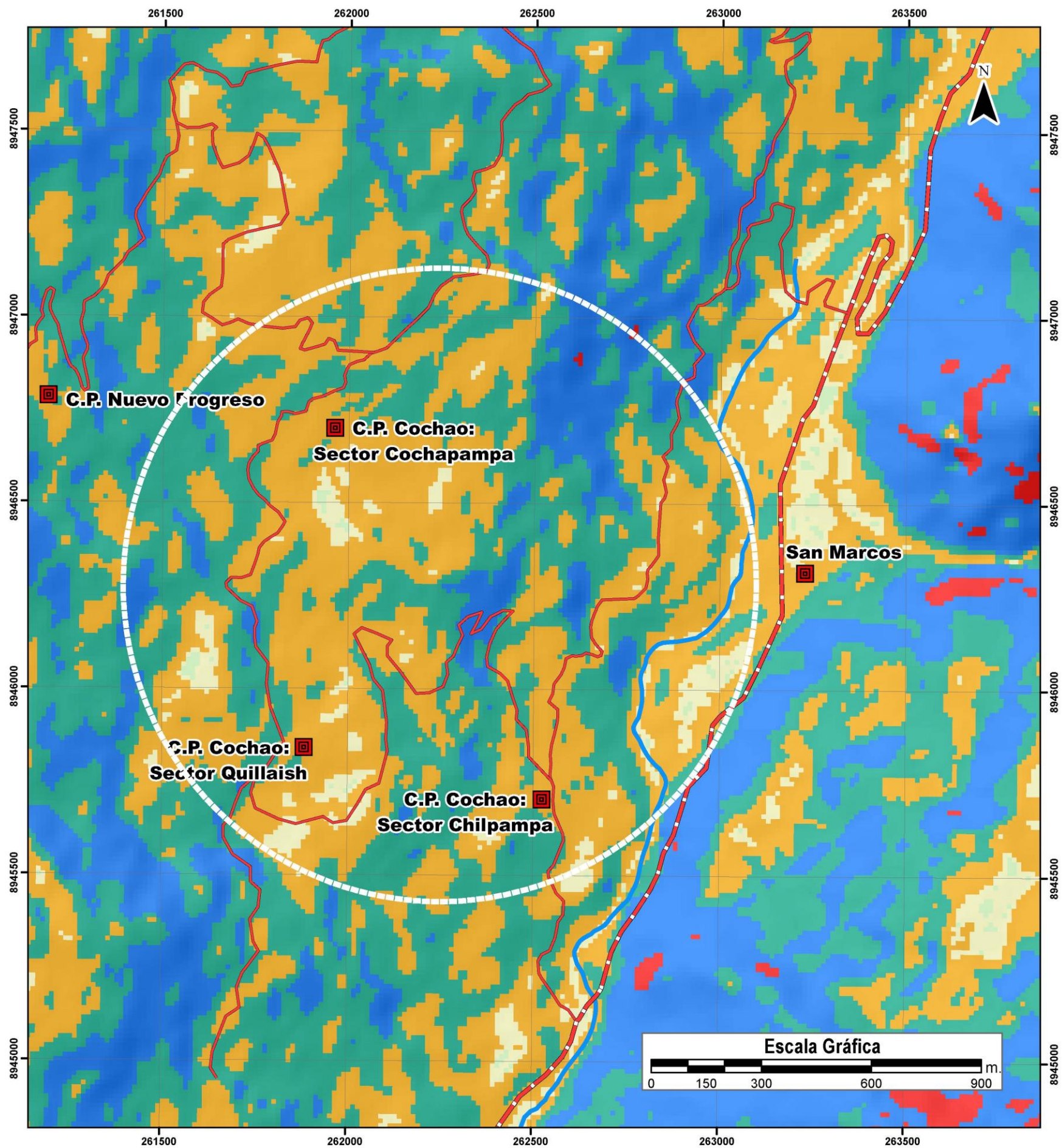
Vílchez Mata, M. S., & Ochoa Zubiata, M. B. (2014). Zonas críticas por peligros geológicos en la región Ayacucho.

Wilson, J. J., Reyes Rivera, L., & Garayar, J. (1995). -Geología de los cuadrángulos de Pallasca, Tayabamba, Corongo, Pomabamba, Carhuaz y Huari. Hojas: 17-h, 17-i, 18-h, 18-i, 19-h, y 19-i-[Boletín A 60].

ANEXO 1: MAPAS



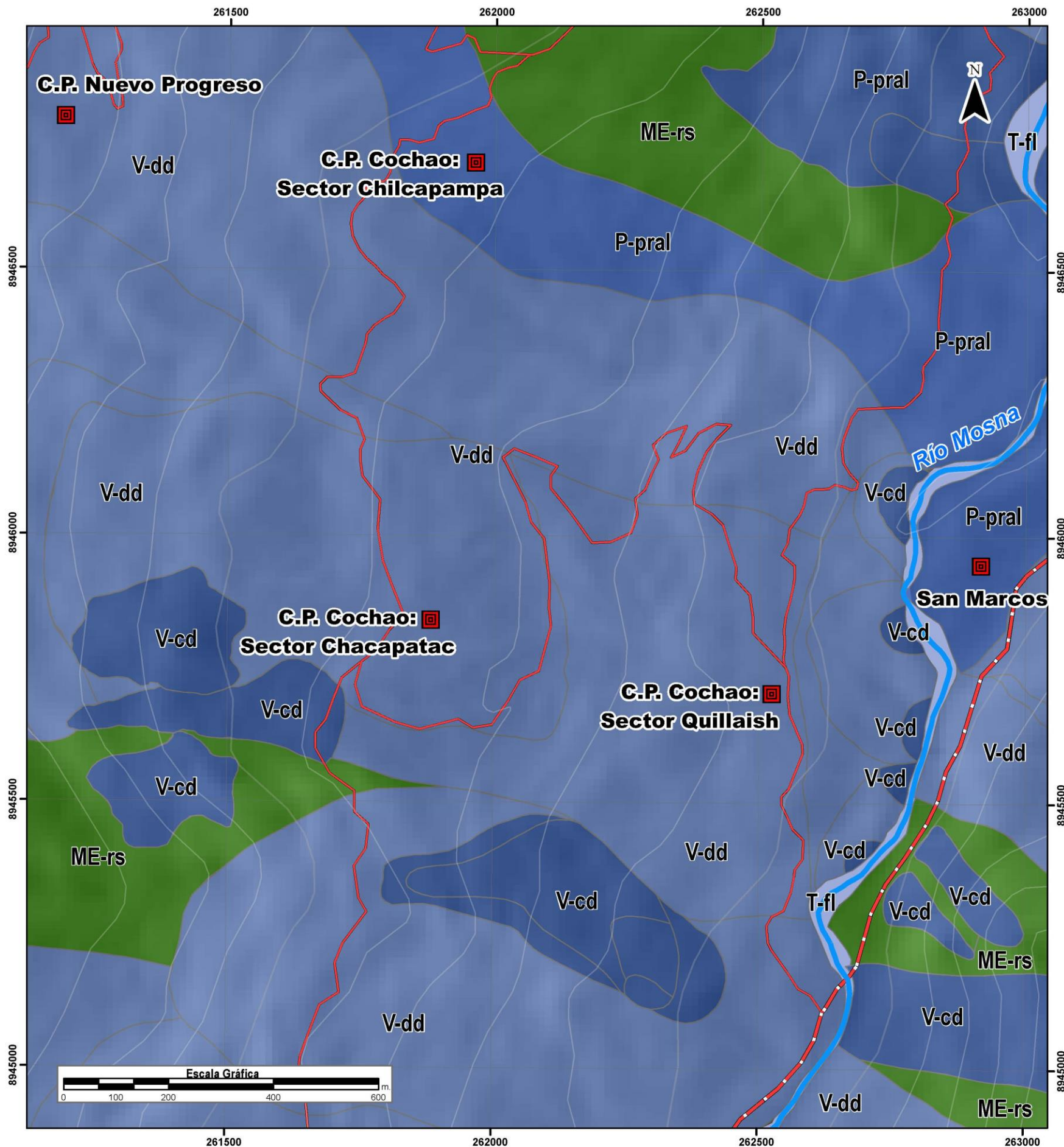
<p>UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS</p> <p>Ki-chi Grupo Goyllarisquizga- Formación Chimú</p> <p>Qh-pl Depósito proluvial</p> <p>Qh-cd Depósito coluvio-deluvial</p> <p>Qh-co Depósito coluvial</p> <p>Qh-fl Depósito fluvial</p>	<p>SIMBOLOGÍA</p> <p>■ Centro poblado</p> <p>— Carretera</p> <p>— Vía vecinal</p> <p>— Ríos</p> <p>— Curvas de nivel</p>	<p>SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO</p> <p>DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO</p> <p>DEPARTAMENTO ANCASH PROVINCIA HUARI DISTRITO CHAVÍN DE HUÁNTAR CENTRO POBLADO COCHAO - SECTOR CHILPAMPA</p> <p>MAPA GEOLÓGICO</p> <p>Escala numérica : 1 / 7000</p> <p>Proyección: UTM Zona 18 Sur Datum: WGS 84</p> <p>MAPA 01</p>
--	---	--



RANGO DE PENDIENTES	
0-1°	Terreno llano
1°-5°	Terreno inclinado con pendiente suave
5°-15°	Pendiente moderada
15°-25°	Pendiente fuerte
25°-45°	Pendiente muy fuerte a escarpada
>45°	Terreno muy escarpado

SIMBOLOGÍA	
	Centro poblado
	Carretera
	Vía vecinal
	Ríos

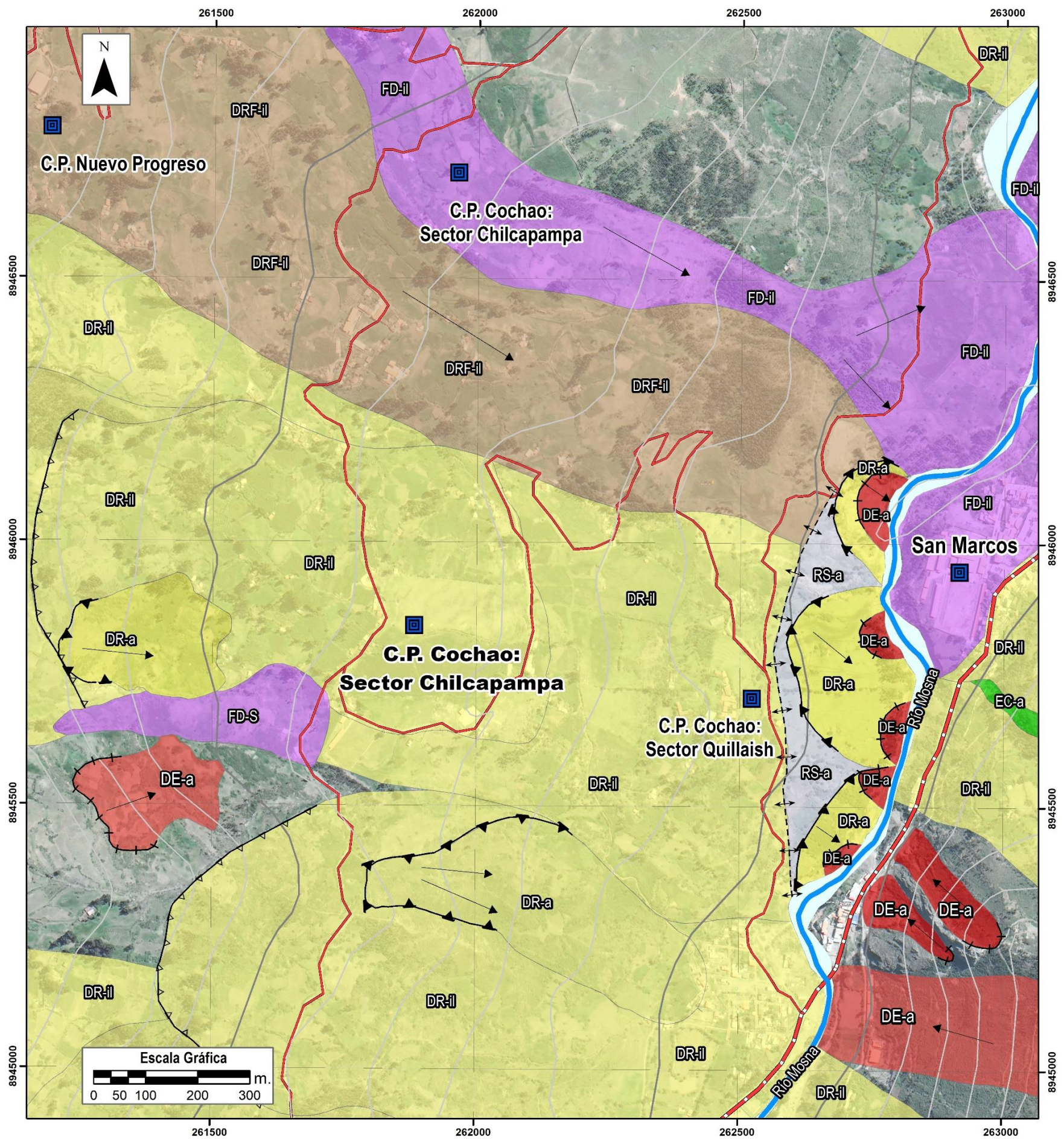
<p>SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO</p>	
<p>DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO</p>	
<p>DEPARTAMENTO ANCASH PROVINCIA HUARI DISTRITO CHAVÍN DE HUÁNTAR CENTRO POBLADO COCHAO - SECTOR CHILPAMPA</p>	
<p>MAPA DE PENDIENTES</p>	
<p>Escala numérica : 1 / 10000</p>	<p>MAPA 02</p>
<p>Proyección: UTM Zona 18 Sur Datum: WGS 84</p>	



UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS	
ME-rs	Montaña en roca sedimentaria
P-pral	Piedemonte proluvial o aluviotorrencial
V-dd	Vertiente con depósito de deslizamiento
V-cd	Vertiente coluviodeluvial
T-fl	Terraza fluvial

SIMBOLOGÍA	
	Centro poblado
	Carretera
	Vía vecinal
	Ríos
	Curvas de nivel

<p>SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO</p> <p>DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO</p>	
<p>DEPARTAMENTO ANCASH PROVINCIA HUARI DISTRITO CHAVÍN DE HUÁNTAR CENTRO POBLADO COCHAO - SECTOR CHILPAMPA</p>	
MAPA GEOMORFOLÓGICO	
Escala numérica : 1 / 7000	MAPA 03
Proyección: UTM Zona 18 Sur Datum: WGS 84	



LEYENDA	
DE-a	Derrumbe activo
DE-I	Derrumbe inactivo latente
DRF-I	Deslizamiento - fujó
DR-a	Deslizamiento rotacional activo
DR-I	Deslizamiento rotacional inactivo latente
EC-a	Erosión en cárcava activa
FD-I	Flujo de detritos inactivo latente
RS-a	Reptación de suelos activo

SÍMBOLOS	
	Centro poblado
	Área de estudio
	Carretera
	Vía vecinal
	Ríos
	Curvas de nivel
	Escarpe de derrumbe
	Escarpe de deslizamiento activo
	Escarpe de deslizamiento inactivo
	Dirección de movimiento

 SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO	
DEPARTAMENTO ANCASH PROVINCIA HUARI DISTRITO CHAVÍN DE HUÁNTAR CENTRO POBLADO COCHAO	
PELIGROS GEOLÓGICOS	
Escala numérica : 1 / 7000	MAPA
Proyección: UTM Zona 18 Sur Datum: WGS 84	04
Versión digital 2024 Impreso: Septiembre 2024	

ANEXO 2: MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN

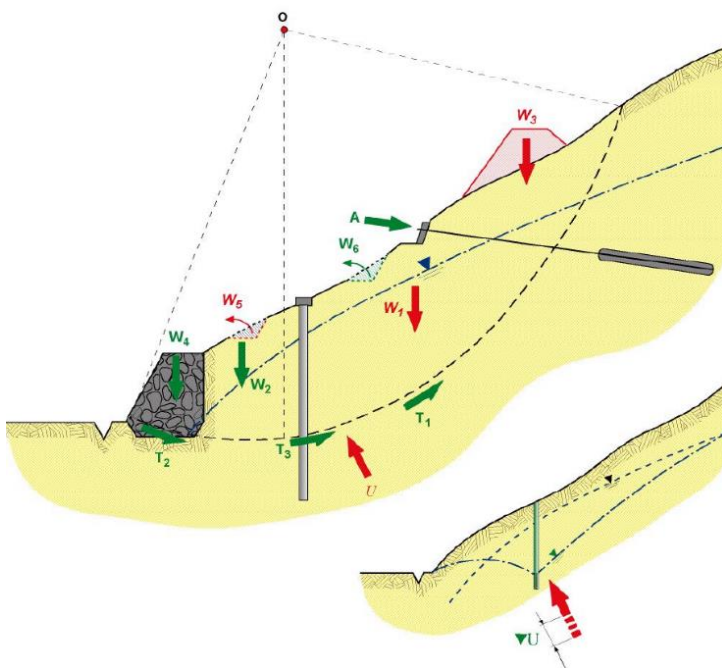
A partir de la evaluación geológica-geodinámica realizada, se dan algunas propuestas de intervención de forma general para la zona evaluada. Se debe considerar como medidas de prevención y mitigación ante futuros eventos que puedan causar desastres en las laderas del cerro, el no permitir la expansión urbana hacia las laderas y reubicar las zonas agrícolas, alejándolas de las pendientes de la montaña.

Modificar la geometría del talud

Estabilidad de taludes

Para conseguir la estabilidad de una ladera se tendrá que aumentar las fuerzas que la estabilizan, frente a las que generan el colapso como se muestra en el siguiente esquema:

Figura 1: Esquema de estabilidad de taludes



Fuerzas Estabilizadoras

- T_1 = Resistencia al corte del terreno
- W_2 = Pesos que originan "Momento estabilizador"
- W_4 = Pesos que aumentan el "Momento estabilizador"
- W_6 = Excavaciones que reducen el "Momento volcador"
- T_1 = Aumento local de resistencia al corte (mejorar material)
- T_3, A = Fuerzas estabilizadoras externas
- ∇U = Reducción de la presión de agua

Fuerzas Desestabilizadoras

- W_1, W_3 = Pesos que originan "Momento volcador"
- U = Presión de agua
- W_5 = Excavaciones que reducen el "Momento estable"

Fuente: Estabilidad de taludes en suelos. Ortuño A., L., 2010.

Muro de escolleras

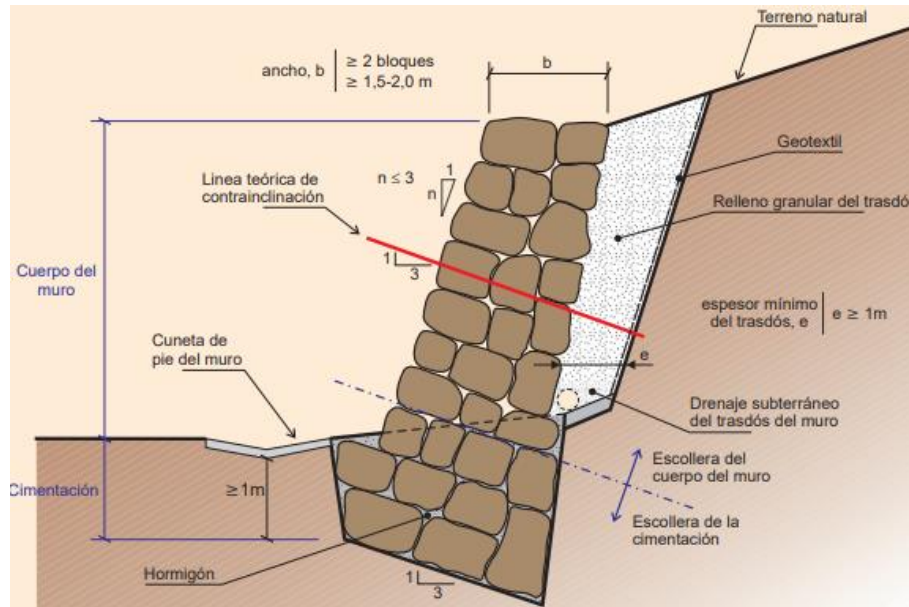
Las obras hechas con grandes bloques de piedra son habituales en la construcción civil. Una primera clasificación atiende a su modo de ejecución. Así tenemos las vertidas (diques rompeolas), las compactadas (pedraplenes, presas, etc.) o las colocadas (muros). A este último caso nos referimos en esta entrada.

Los muros de escollera son los formados por grandes bloques pétreos, obtenidos generalmente mediante voladura y de forma más o menos prismática y superficies rugosas.

El Ministerio de Fomento de España ha editado una guía para el proyecto y la ejecución de este tipo de muros. En dicho documento, se entienden por muros de escollera colocada, los constituidos por bloques de roca irregulares, de forma poliédrica, sin labrar y de gran tamaño (masa comprendida entre 300 y 3000 kg), que se colocan uno a uno mediante maquinaria específica, con funciones de contención o sostenimiento. Según

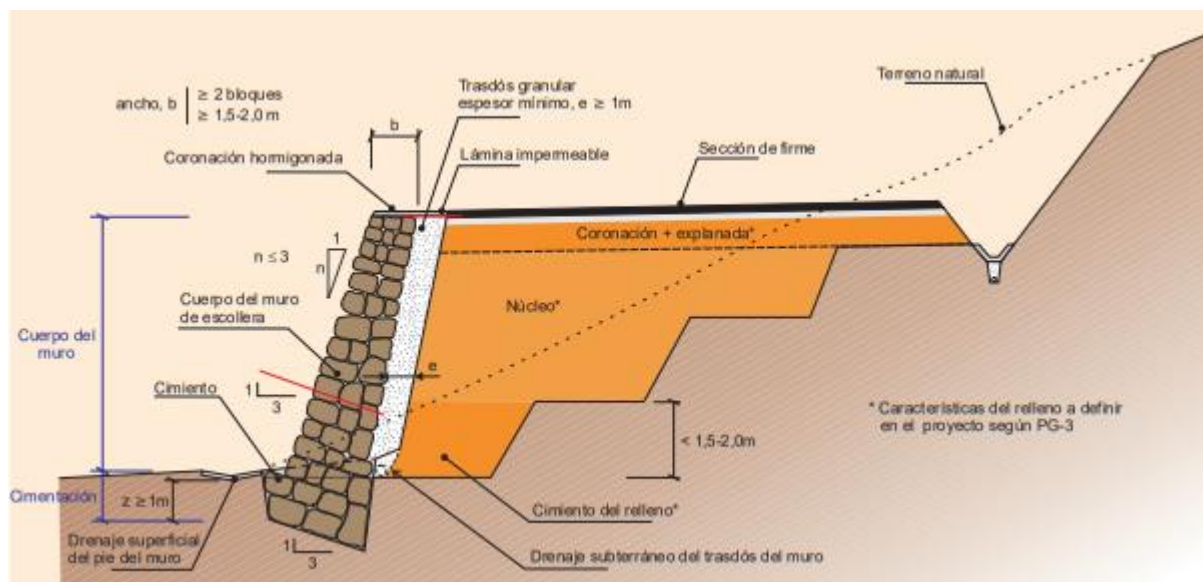
YEPES, V. (2020). Procedimientos de construcción de cimentaciones y estructuras de contención. Colección Manual de Referencia, 2ª edición. Editorial Universitat Politècnica de València, 480 pp.

Figura 2: Definición geométrica de la sección tipo de un muro de escollera colocada con función de contención



Fuente: Guía para el proyecto y la ejecución de muros de escollera en obras de carretera, Ministerio de Fomento de España, (2006).

Figura 3: Diagrama de la ubicación de un muro de escollera con geometría corregida



Fuente: Guía para el proyecto y la ejecución de muros de escollera en obras de carretera, Ministerio de Fomento de España, (2006).

Drenes Californianos:

El agua en el terreno afecta de gran manera la estabilidad global de las infraestructuras por lo que es importante drenar el agua a través de drenes a mitad de los taludes y encausar estos niveles de agua (ver figura 11).

Figura 10: Diagrama de la ubicación de un muro de escollera con geometría corregida



Fuente: Catálogo de productos, Cimentaciones y Voladuras de Galicia, S.L.(2018).