

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7280

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL CERRO CRUZ DE SHALLAPA Y SU INFLUENCIA EN LA LOCALIDAD DE CHAVÍN DE HUÁNTAR

Departamento Áncash
Provincia Huari
Distrito Chavín de Huántar



EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL CERRO CRUZ DE SHALLAPA Y SU INFLUENCIA EN LA LOCALIDAD DE CHAVÍN DE HUÁNTAR

(Distrito Chavín de Huántar, provincia Huari, departamento Áncash)

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

Equipo de investigación:

*Guisela Choquenaira Garate
Segundo Núñez Juarez*

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2022). Evaluación de peligros geológicos en el cerro Cruz de Shallapa y su influencia en la localidad de Chavín de Huántar. Distrito Chavín de Huántar, provincia Huari, departamento Áncash. Lima: Ingemmet, Informe Técnico A7280, 48 p.

ÍNDICE

RESUMEN	4
1. INTRODUCCIÓN	5
1.1. Objetivos del estudio	5
1.2. Antecedentes y trabajos anteriores.....	5
1.3. Aspectos generales	8
1.3.1. Ubicación.....	8
1.3.2. Accesibilidad.....	8
1.3.3. Población.....	9
2. DEFINICIONES	10
3. ASPECTOS GEOLÓGICOS	11
3.1. Unidades litoestratigráficas	11
3.1.1. Formación Oyón (Ki-oy).....	11
3.1.2. Formación Chimú (Ki-chi).....	11
3.1.3. Depósito coluvial (Q-co)	11
3.1.4. Depósito aluvial – proluvial (Q-al, pl).....	13
3.1.5. Depósito proluvial (Q-pl).....	13
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	14
4.1. Modelo digital de elevaciones (MDE)	14
4.2. Pendientes del terreno.....	14
4.3. Unidades geomorfológicas.....	15
5. PELIGROS GEOLÓGICOS	17
5.1. Peligros geológicos por movimientos en masa.....	17
5.1.1. Derrumbe del cerro Cruz de Shallapa.....	17
5.1.2. Deslizamiento antiguo en proceso de reactivación en el cerro Cruz de Shallapa	23
6. MECANISMOS ASOCIADOS A LA INESTABILIDAD DEL TALUD	24
6.1. Factores condicionantes	24
6.2. Clasificación geomecánica.....	25
7. ANALISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD	28
7.1. Análisis cinemático con DIPS.....	28
8. TERRENOS PROPUESTOS PARA LA REUBICACIÓN	31
9. CONCLUSIONES	34
10. RECOMENDACIONES	35
11. BIBLIOGRAFÍA	36
ANEXO 1: MAPAS	37
ANEXO 2: DESCRIPCIÓN DEL MACIZO ROCOSO	42
ANEXO 2: MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN	45

RESUMEN

El presente informe es el resultado de la evaluación de peligros geológicos en el cerro Cruz de Shallapa y área aledaña, perteneciente a la jurisdicción distrital de Chavín de Huántar, provincia Huari, departamento Áncash. Con este trabajo, el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – Ingemmet, cumple con una de sus funciones que consiste en brindar asistencia técnica en peligros geológicos, para los tres niveles de gobierno (local, regional y nacional).

El derrumbe se produjo en rocas de tipo areniscas cuarzosas intercaladas con lutitas negras (Formación Oyón), que han sido afectadas por una deformación tectónica – estructural, dando origen a plegamientos (anticlinales y sinclinales), buzamientos casi verticales, lineamientos y fallas; originando un intenso fracturamiento de la roca, lo cual generó bloques entre 2.5 m a 0.20 m. La roca intacta tiene una resistencia a la compresión entre media a dura (50 – 100 Mpa); pero sus características geomecánicas condicionadas por la meteorización, alteración y fracturamiento, determinan sus características geomecánicas como macizo rocoso de mala calidad.

Desde el punto de vista morfológico, el área posee una topografía accidentada, definido por relieves modelados en rocas sedimentarias, y laderas de pendientes que varían entre 35° a 85°, consideradas de fuerte a muy escarpadas, lo que contribuye que, el material suelto disponible en las laderas se remueva fácilmente pendiente abajo, por efecto de la gravedad.

El 30 de junio del presente, en la ladera noreste del cerro Cruz de Shallapa ocurrió un movimiento en masa tipo derrumbe que movilizó aproximadamente 58 mil m³ de rocas y detritos. El derrumbe tiene un ancho promedio de 106 m y una distancia entre la zona de arranque y pie del derrumbe de 215 m. Afectó un área aproximada de 2.5 Ha; 42 viviendas destruidas, pérdida de 2.07 Ha de cultivo, 450 m de canal de riego, entre otros daños a la propiedad.

El evento continua activo y latente, muestra de ello son las constantes caídas de rocas, con diámetros de hasta 1.0 m y material suelto inestable en la cabecera del derrumbe, el cual podría caer y afectar las viviendas asentadas entre la calle Wiracocha y Jr. 17 de Enero.

Actualmente, hacia la parte izquierda del derrumbe, se tiene un deslizamiento antiguo en proceso de reactivación, compuesto por bloques (10%), grava (20%), arenas (40%) y limo-arcilla (30%); donde se observó múltiples agrietamientos longitudinales y transversales, con aperturas de hasta 60 cm, producidos en el camino de herradura y desplazamientos de hasta 2.6 m; el cual nos infiere el avance retrogresivo del evento.

Es importante mencionar que, según reportes locales, este evento empezó a generarse desde el año 1970, a raíz del sismo, donde se produjo agrietamientos con aperturas milimétricas en el terreno, que a través de los años ha ido incrementando, hasta perder su equilibrio.

Según el análisis cinemático realizado con el software Dips, en la ladera rocosa del cerro Cruz de Shallapa se tiene altas probabilidades de falla planar, cuña y por vuelvo, por lo cual requiere tratamiento y corrección.

Debido a las condiciones geológicas, geomorfológicas y de geodinámica externa que presenta el cerro Cruz de Shallapa, las viviendas asentadas al pie de la ladera, hasta el Jr. 17 de Enero, se les considera como **Zona crítica** y de **Peligro Muy Alto**.

Finalmente, reubicar las viviendas expuestas a Muy Alto peligro, hacia el sector denominado “Deposito vehicular de la Municipalidad Distrital de Chavín de Huántar. Además, realizar el desquinche o abatimiento del talud en la cabecera del derrumbe.

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 en zonas que tengan elementos vulnerables.

Atendiendo la solicitud de la Municipalidad Distrital de Chavín de Huántar, según Oficio N° 166-2022-GM/MDCHH, y solicitud del Congreso de la República, con Oficio N° 0266-2022-2023/FPM-CR), en el marco de nuestras competencias se realizó una evaluación de peligros geológicos por derrumbe en el cerro Cruz de Shallapa, que dejó 42 viviendas destruidas, pérdida de 2.07 Ha de cultivo, 450 m de canal de riego, así como también, el camino de herradura que conducía al mirador del cerro Cruz de Shallapa.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designó a los Ingenieros Guisela Choquenaira Garate y Segundo Núñez Juárez, para realizar la evaluación de peligros geológicos, del 2 al 4 de julio del 2022. Es importante mencionar la participación, en las evaluaciones de campo y reportes, de personal de la Compañía Minera Antamina S.A, INDECI y representantes de la Municipalidad Distrital de Chavín de Huántar.

La evaluación técnica se basa en la recopilación y análisis de información existente de trabajos anteriores realizados por Ingemmet, los datos obtenidos durante el trabajo de campo (puntos de control GPS y fotografías terrestres y aéreas), la cartografía geológica y geodinámica, con lo que finalmente se realizó la redacción del informe técnico.

Este informe se pone a consideración de la Municipalidad Distrital de Chavín de Huántar 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) Evaluar y caracterizar los peligros geológicos por movimientos en masa en el cerro Cruz de Shallapa, que compromete viviendas e infraestructura vial.
- b) Determinar los factores condicionantes que influyen en la ocurrencia de los peligros geológicos por movimientos en masa.
- c) Proponer medidas de prevención, reducción y mitigación ante peligros geológicos evaluados en la etapa de campo.

1.2. Antecedentes y trabajos anteriores

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

- A. Informe técnico A7276. Primer reporte “Inspección Geológica del derrumbe ocurrido el 30 de junio 2022 en el cerro Cruz de Shallapa” (Choquenaira, G. y Núñez, J. 2022), determinó el cerro en mención es una zona inestable, donde actualmente se están generando caída de rocas y se considera como **Zona Crítica**. Además, señala que,

desde el año 1970, a raíz de terreno del 30 de mayo el cerro empezó con un proceso de agrietamiento.

- B. Informe técnico. Movimientos en masa en la cuenca del río Huachecsa, Chavín de Huántar (Fidel, S., et al 2007). Describe la cartografía de peligros geológicos a escala 1:25 000, donde identificaron deslizamientos, derrumbes en la ladera noreste del cerro Cruz de Shallapa (figura 1), Así mismo, identificaron flujos de detritos que afectaron la localidad de Chavín de Huántar y el centro Arqueológico del mismo nombre, presentando hasta tres eventos de gran magnitud.
- C. Boletín N° 38, serie C: Riesgos Geológicos en la Región Áncash, realizado por Zavala, B. 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.

El estudio también realiza un análisis de susceptibilidad a movimientos en masa presentado en un mapa a escala 1: 250 000, donde el cerro Cruz de Shallapa y la localidad de Chavín de Huántar, se encuentran en zona de susceptibilidad Muy Alta (cuadro 1). Entendiéndose, la susceptibilidad a movimientos en masa como la propensión que tiene una determinada zona a ser afectada por un determinado proceso geológico (movimiento en masa), expresado en grados cualitativos y relativos.

- 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 Pushca como **Zonas Críticas (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 2).

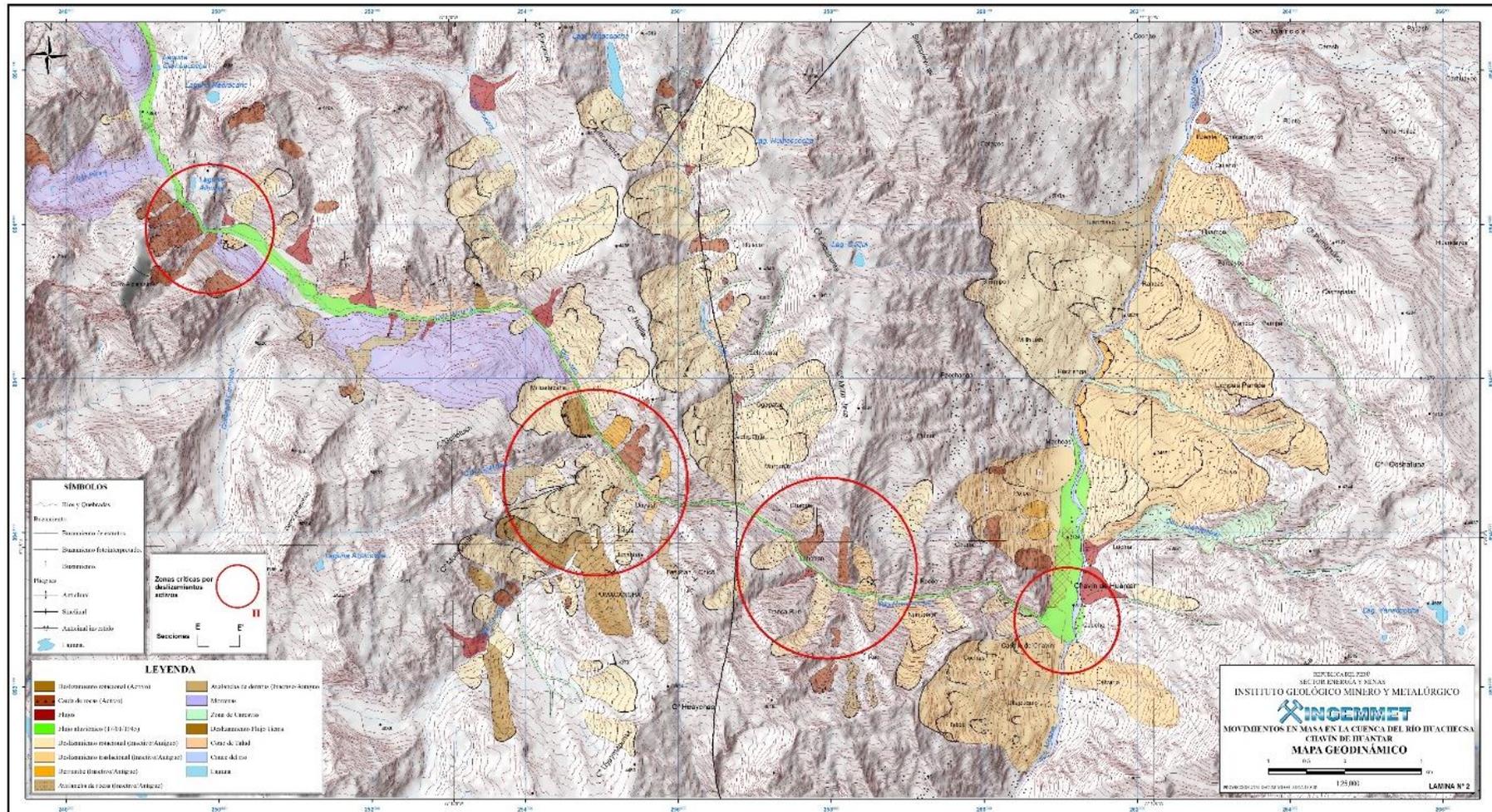


Figura 1. Cartografía de peligros geológicos en la ladera noreste del cerro Cruz de Shallapa y áreas adyacentes. Fuente: Zavala, B. et al 2009.

Cuadro 1. Zonificación de peligrosidad en la región Ancash con precipitaciones acumuladas en años normales.

Grado de peligrosidad	Características principales
Alta	Zona asociada con áreas de muy alta a alta susceptibilidad, se ha inventariado movimientos en masa antiguos y activos en diferentes localidades de la región Ancash, entre ellos Chavín de Huántar. Estos eventos fueron detonados por lluvias intensas y actividad sísmica.

Cuadro 2. Descripción de las zonas críticas identificadas en la provincia de Huari.

Área o sector	Peligros actuales o futuros	Vulnerabilidad o daños probables	Recomendaciones
Valle del río Mosna - Puchca (Chavín de Huántar) 44	Flujos de detritos, deslizamientos. Evidencia de aluviones históricos	Poblado de Chavín de Huántar y el tramo carretero que conduce al poblado de San Marcos	Limpieza del cauce de quebrada Huachecsa; control de taludes de corte en carretera nueva.

1.3. Aspectos generales

1.3.1. Ubicación

El área evaluada se encuentra en el cerro Cruz de Shallapa, en la margen izquierda de los ríos Mosna y Huachecsa, a 9.5 km, al suroeste del distrito de San Marcos. Políticamente, pertenece al distrito de Chavín de Huántar, provincia de Huari, departamento de Ancash (figura 2); en las siguientes coordenadas UTM (WGS84 – Zona 18 s) (cuadro 3):

Cuadro 3. Coordenadas del área evaluada

N°	UTM - WGS84 - Zona 17L		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	260500	8939450	-9.587360°	-77.182109°
2	261050	8939450	-9.587392°	-77.177101°
3	261050	8938900	-9.592363°	-77.177132°
4	260500	8938900	-9.592331°	-77.182141°
COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL				
C	260775	8939253	-9.589147°	-77.179616°

1.3.2. Accesibilidad

Se accede por vía terrestre desde la ciudad de Lima (Ingemmet-sede central), mediante la siguiente ruta (cuadro 4):

Cuadro 4. Rutas y accesos al área evaluada.

Ruta	Tipo de vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Lima – Catac	Carretera asfaltada	367	6h 18 minutos
Catac – Chavín de Huántar	Carretera asfaltada	67.2	1h 21 minutos

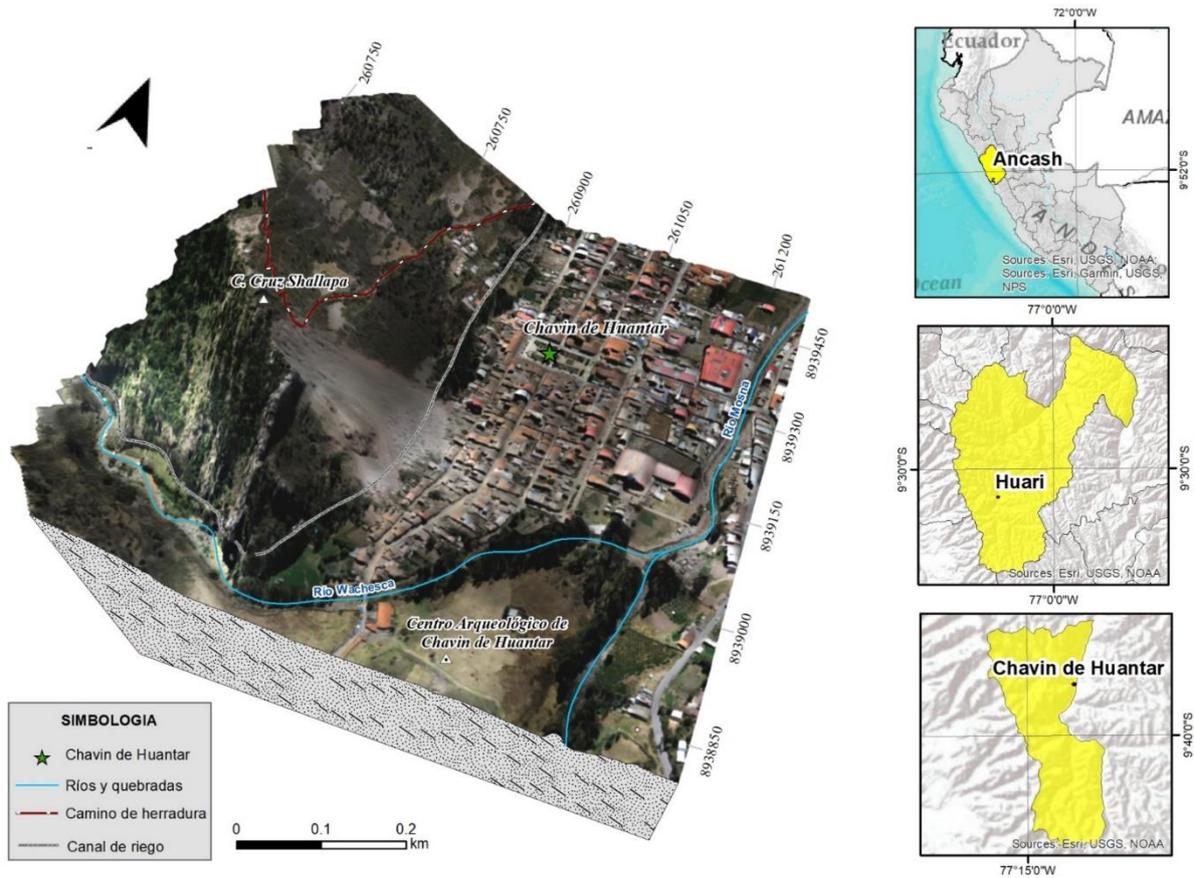


Figura 2. Ubicación del área evaluada, distrito de Chavín de Huántar, provincia de Huari, departamento Ancash

1.3.3. Población

Según Censo 2017 de vivienda y población (INEI), la distribución poblacional del distrito de Chavín de Huántar asciende a 2384 Habitantes y 881 viviendas censadas (fotografía 1).



Fotografía 1. Vista de las viviendas ubicadas en el distrito de Chavín de Huántar.

2. DEFINICIONES

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

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

CORONA (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.

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.

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).

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).

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

VUELCO: Movimiento en masa en el cual hay una rotación generalmente hacia delante de uno o varios bloques de roca o suelo, alrededor de un punto o pivote de giro en su parte inferior. Este movimiento ocurre por acción de la gravedad, por empujes de las unidades adyacentes o por la presión de fluidos en grietas (Varnes, 1978).

ZONAS CRÍTICAS: Son zonas o áreas con peligros potenciales de acuerdo a la vulnerabilidad asociada (infraestructura y centros poblados), que muestran una recurrencia, en algunos casos, entre periódica y excepcional. Algunas pueden presentarse durante la ocurrencia de lluvias excepcionales y puede ser necesario considerarlas dentro de los planes o políticas nacionales, regionales y/o locales sobre prevención y atención de desastres.

3. ASPECTOS GEOLÓGICOS

El análisis ingeniero - geológico realizado en las laderas del cerro Cruz de Shallapa, se desarrolló en base a la información obtenida en campo y la Carta Geológica del cuadrángulo de Recuay – hoja 20-i, (Cobbing et al., 1996), a escala 1/100 000, donde se presentan rocas sedimentarias del cretácico y depósitos coluvio, deluviales y aluviales del Cuaternario, éstos últimos a través de la cartografía y en base a la interpretación de imágenes satelitales, fotografías aéreas se completa en el mapa geológico, presentado en el mapa 1: Anexo 1.

3.1. Unidades litoestratigráficas

Las unidades litoestratigráficas que afloran en las laderas que circunscriben la localidad de Chavín de Huántar corresponden a rocas de origen sedimentario de las formaciones Oyón (Ki-oy) y Chimú (Ki-chi). En algunas zonas, estas unidades se encuentran cubiertas por depósitos coluviales, deluviales y residuales, que han sido acumulados desde el Pleistoceno hasta la actualidad.

3.1.1. Formación Oyón (Ki-oy)

Aflora ampliamente al oeste de Chavín de Huántar, particularmente en la margen izquierda del valle del río Mosna. Conformada por areniscas cuarzosas, de color blanquecinas, intercaladas con capas de limoarcillitas y lutitas negras (fotografía 2), con espesor variable entre 100 a 400 m. Localmente, se observó intercalación con potencias de 1.2 m. En el área de estudio es frecuente encontrar mantos de carbón que son explotados artesanalmente.

En la zona del derrumbe, el afloramiento se presenta moderadamente meteorizado y de mediano a muy fracturado, generando bloques sueltos entre 0.2 m a 0.5 m (figura 3), y en las zonas superiores al evento, bloques de hasta 1.5 m.

En la zona puntual, la estratificación del substrato rocoso buza a favor de la pendiente, y presenta 3 familias de fracturamiento. De acuerdo a sus características ingeniero – geológicas, se consideran como rocas de regular calidad geotécnica.

Esta zona, geodinámicamente, está asociada a derrumbes, vuelco y caída de rocas, con probabilidad de fallas en cuña, planar y vuelco.

3.1.2. Formación Chimú (Ki-chi)

Aflora en la parte alta del cerro Cruz de Shallapa, suprayace a las areniscas cuarzosas de la Formación Oyón. Así mismo, aflora ampliamente al este del sitio arqueológico de Chavín de Huántar, donde resalta por su accidentada morfología. Esta unidad está conformada por estratos de areniscas cuarzosas blancas y macizas en capas de 1 a 3 m de espesor que se han depositado en un ambiente deltaico en el Cretácico inferior.

3.1.3. Depósito coluvial (Q-co)

Los depósitos coluviales corresponden a agregados de fragmentos angulosos de roca, transportados por acción de la gravedad y que se acumulan regularmente en los taludes adyacentes a los macizos rocosos (fotografía 3).

En la zona puntual, estos depósitos se encuentran en la zona media y baja del derrumbe, transportados por acción de la gravedad. Están compuestos por bloques angulosos de hasta 2.5 m, gravas, arenas, limos -arcillas (fotografía 2).



Fotografía 2. Vista de afloramiento rocoso de areniscas, intercaladas con lutitas negras, se presentan de mediana a muy fracturadas.

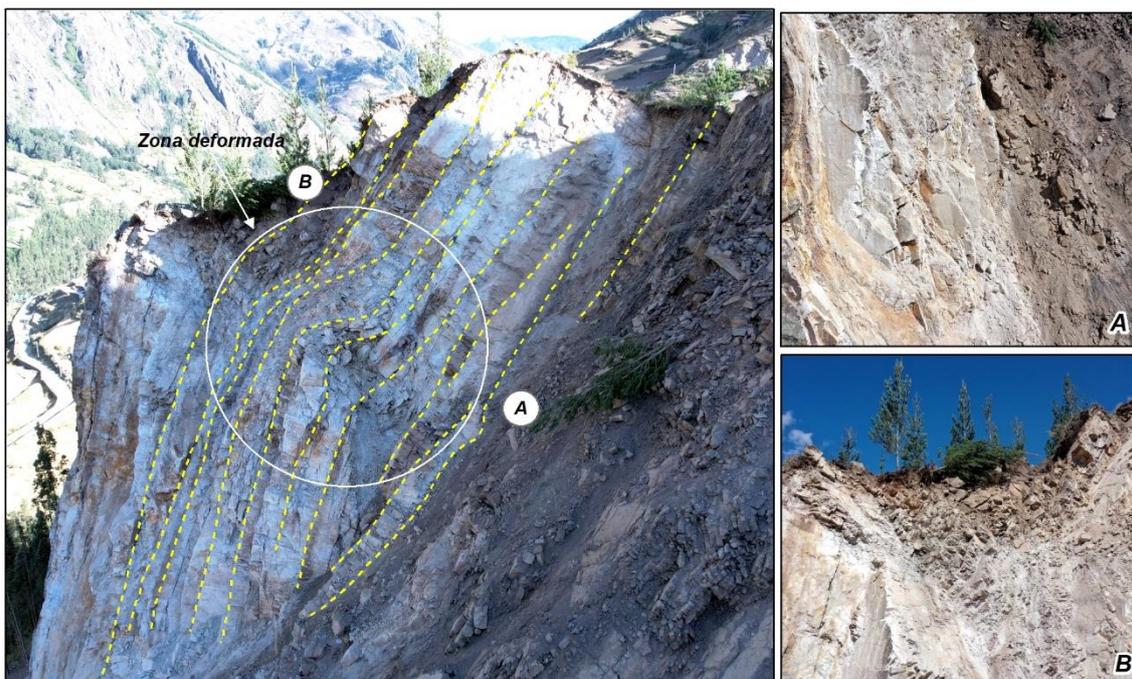


Figura 3. Vista del flanco derecho del derrumbe, donde el afloramiento rocoso se encuentra deformado, y fracturado a muy fracturado, formando bloques de 0.2 m. de diámetro.



Fotografía 3. Depósito coluvial depositado al pie del derrumbe del cerro Cruz de Shallapa, por acción de la gravedad, compuestos por bloques, con diámetros de hasta 1m, gravas, arenas limos y arcillas.

3.1.4. Depósito aluvial – proluvial (Q-al, pl)

Los depósitos aluviales, es producto del acarreo fluvial, constituidos por clastos redondeados a sub redondeados, con tamaños y formas variables en una matriz areno limosa y areno arcillosa, dependientes de la roca madre; sobre esta se tienen depósitos proluviales producto de los aluviones que afectaron la zona, siendo uno de estos el ocurrido en 1945. Actualmente, las viviendas de la localidad de Chavín de Huántar se encuentran asentadas sobre este depósito.

3.1.5. Depósito proluvial (Q-pl)

Son depósitos acarreados por flujo antiguos, compuesto por bloques sub angulosos a sub redondeados, en una matriz de gravas y limo arcillosos. La ocurrencia de los flujos de detritos, hacen del sitio peligroso a eventos futuros provenientes del río Huachecsa.

El sitio arqueológico de Chavín de Huántar se ubicó sobre el cono de deyección del río Huachecsa (huaicos y aluviones) originados antes de la llegada de los primeros habitantes a Chavín; y luego varias veces sepultada por varios flujos de detritos o aluviones provenientes de la quebrada.

4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

4.1. Modelo digital de elevaciones (MDE)

El área de estudio comprende elevaciones que van desde los 2916 m s.n.m. hasta los 3176 m s.n.m., clasificados en cinco niveles altitudinales, con la finalidad de visualizar la extensión con respecto a la diferencia de alturas. El derrumbe del cerro Cruz de Shallapa se encuentra comprendida entre 3166 m s.n.m y 3274 m s.n.m. (figura 4 B).

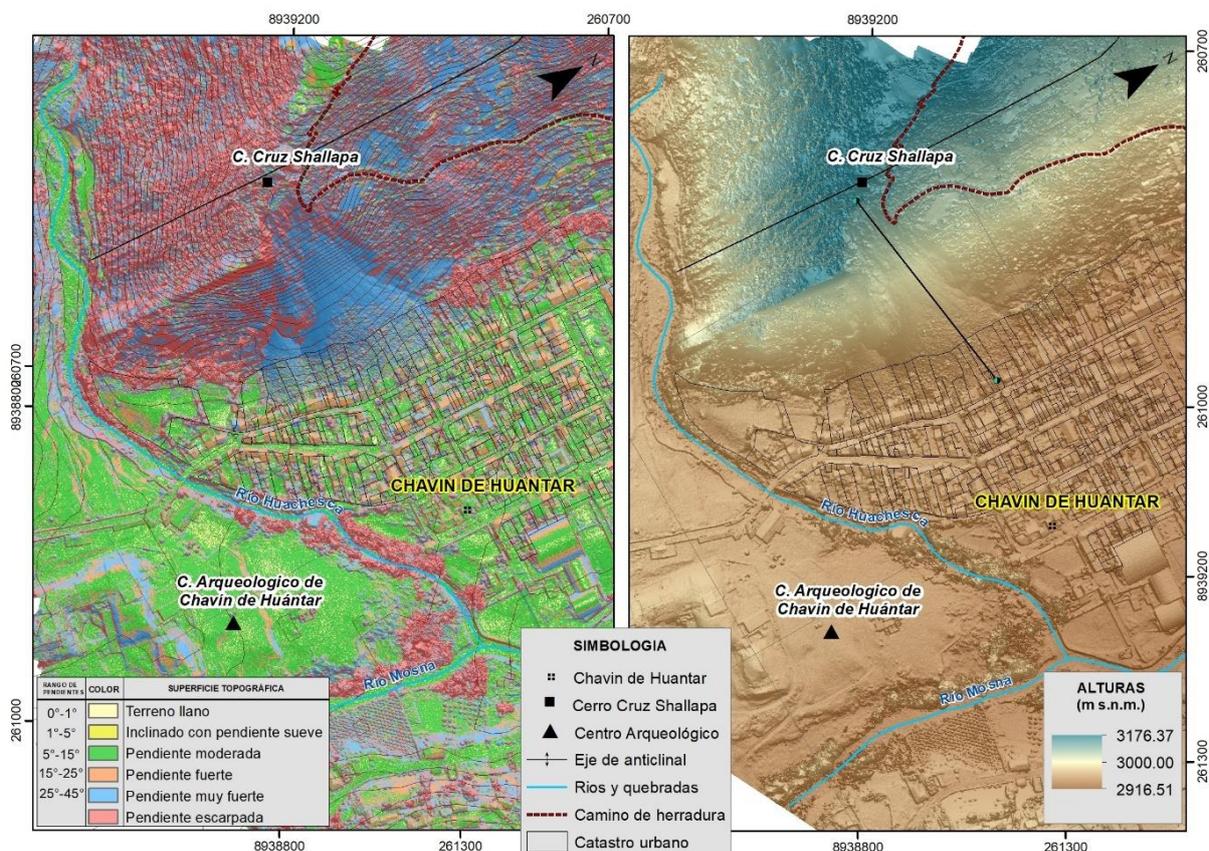
4.2. Pendientes del terreno

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

En la figura 4, se presenta el mapa de pendientes del actual relieve donde se produjo el derrumbe del 30 de junio en el cerro Cruz de Shallapa, elaborado en base al modelo de elevación digital de 0.07 m de resolución, obtenido a través de fotogrametría (Dron).

Debido a la configuración morfológica del cerro Cruz de Shallapa se presentan con mayor predominio laderas con pendientes muy fuertes (25° - 45°) a escarpadas ($>45^{\circ}$), con un cambio abrupto a terrenos de pendientes moderadas (5° - 15°) a ligeramente inclinado (1° - 5°), en esta última zona se encuentra asentadas las viviendas de la localidad de Chavín de Huántar.

Actualmente, la cara del derrumbe posee una pendiente promedio de 35° , mientras que el afloramiento sub verticalizado que circunscribe a la localidad de Chavín de Huántar, presenta 85°



4.3. Unidades geomorfológicas

Para la caracterización de las unidades geomorfológicas (Anexo 1: Mapa 2), 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.*, 2020).

A continuación, se mencionan las principales unidades y subunidades geomorfológicas identificadas y que conforman el relieve en la zona de estudio. Cabe recalcar que, dichas definiciones y unidades establecidas en el mapa geomorfológico regional del departamento de Ancash, a escala 1/ 1 000 000 (Ingemmet, 2012), fueron complementadas y modificadas con información obtenida en campo (figura 5).

4.3.1. 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 las siguientes subunidades:

Subunidad de montañas en rocas sedimentarias (RM-rs): Relieve modelado en secuencias de las formaciones Oyón y Chimú, conformada por areniscas cuarzosas, intercaladas con lutitas y limo arcillitas de color negro. Las montañas que cubren gran parte de la zona de estudio, presentan cimas subredondeadas y alargadas, cuyas laderas naturales poseen pendientes que varían de 25° a 85° (figura 6).

La ladera noreste del cerro Cruz de Shallapa, presenta una morfología accidentada debido a la presencia de eventos antiguos, que configuraron el actual relieve.

4.3.2. Unidad de piedemonte

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

Subunidad de vertiente coluvial (V-cd): Son depósitos inconsolidados, se encuentran localizados al pie de las laderas, en este caso puntual, al pie del derrumbe del cerro Cruz de Shallapa, resultantes de la acumulación de material caído desde las partes altas, por acción de la gravedad.

Subunidad de piedemonte proluvial (P-at): En la desembocadura de la quebrada Huachecsa, se ha formado un abanico, producto de la acumulación de material acarreado por aluviones históricos que han discurrido sobre esta quebrada, se caracteriza por presentar una pendiente menor a 5°.

4.3.3. Unidad de Terraza

Subunidad de terraza aluvial (T-al): Son depósitos acumulados por material de aporte proveniente de los ríos Huachecsa y Monas, se encuentran compactados y consolidados,

poseen pendientes bajas. Sobre esta unidad se encuentra asentado la localidad de Chavín de Huántar.



Figura 5. Se aprecia las siguientes unidades: (A) Montaña modelada en roca sedimentaria. (B) Abanico formado por la desembocadura de la quebrada Huachecsa, (C) terraza aluvial - proluvial.



Figura 6. La pendiente escarpada de la ladera noreste del cerro Cruz de Shallapa, favoreció la ocurrencia del derrumbe (Fotografía: Antamina). A) 55° B) 75°

5. PELIGROS GEOLÓGICOS

El principal peligro activo y latente identificado en el cerro Cruz de Shallapa, corresponde a movimientos en masa tipo derrumbes (Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas, 2007). Estos peligros son resultado del proceso de modelamiento del terreno, coadyuvado por la alternancia de rocas de diferente competencia, así como la presencia de fallas geológicas, anticlinales, sinclinales, inestabilizando las laderas rocosas y depósitos de eventos antiguos (Anexo 1: Mapa 3).

5.1. Peligros geológicos por movimientos en masa

5.1.1. Derrumbe del cerro Cruz de Shallapa

El peligro geológico, tipo derrumbe (fotografía 4), identificado en el cerro Cruz de Shallapa, movilizó aproximadamente 58 mil m³ de rocas y detritos y afectó un área aproximada de 2.5 Ha. Presenta un ancho promedio de 106 m y una distancia entre la zona de arranque y pie del derrumbe de 215 m (figura 7). Dejando 42 viviendas destruidas, pérdida de 2.07 Ha de cultivo, 450 m de canal de riego¹ (figura 8). El evento continua activo y latente, muestra de ello son las constantes caídas de rocas (bloques de hasta 1.0 m) y material suelto.

El evento inicia con una dinámica de vuelco, en los estratos de las lutitas negras muy fracturadas y meteorizadas, favorecido por la familia de fracturas que buzcan en contra de la pendiente (fotografía 5). Posteriormente, se desplaza cuesta abajo en forma de derrumbe.

En la parte alta del derrumbe se observó, material suelto inestable, el cual podría caer y afectar las viviendas asentadas entre la calle Wiracocha y Jr. 17 de Enero. Del mismo modo, en el flanco izquierdo, se observó desplazamientos de hasta 2.6 m (fotografía 6), en depósitos de deslizamientos antiguos, compuesto por bloques angulosos de hasta 0.5 m, gravas, arenas, limos y arcillas de color marrón oscuro; de continuar el avance (retrogresivo) del derrumbe, cabe la posibilidad de producirse otro evento parecido.

En la zona media del derrumbe, una protuberancia rocosa fracturada, desvió el depósito hacia el sureste, generando un cono de detritos y por el cual continúa desplazando bloques con diámetros de hasta 2.0 m (fotografía 7).

Por otro lado, adyacente al derrumbe, se observó otro evento antiguo (deslizamiento), con saltos de hasta 1.0 m, este se encuentra en proceso de reactivación, evidencia de ello son los múltiples agrietamientos longitudinales y transversales, con aperturas de hasta 60 cm (fotografía 8 y figura 9), producidos en el camino de herradura (ancho 1.5 m).

Es importante mencionar que, en la zona posterior del derrumbe, con dirección a la quebrada Huachecsa, las laderas presentan ligeros movimientos, que se evidencian por la inclinación de los árboles, típicas de zonas de movimientos activos de laderas (fotografía 9)².

Del mismo modo, los árboles ubicados en la parte bajan de la ladera, de cierta manera se comportaron como un “colchón” que amortiguó los materiales del derrumbe, evitando que afecte más viviendas e infraestructura (figura 10).

¹ Reporte complementario N° 1080-17-07-2022-COEN-INDECI.

² Imagen proporcionada por Antamina.

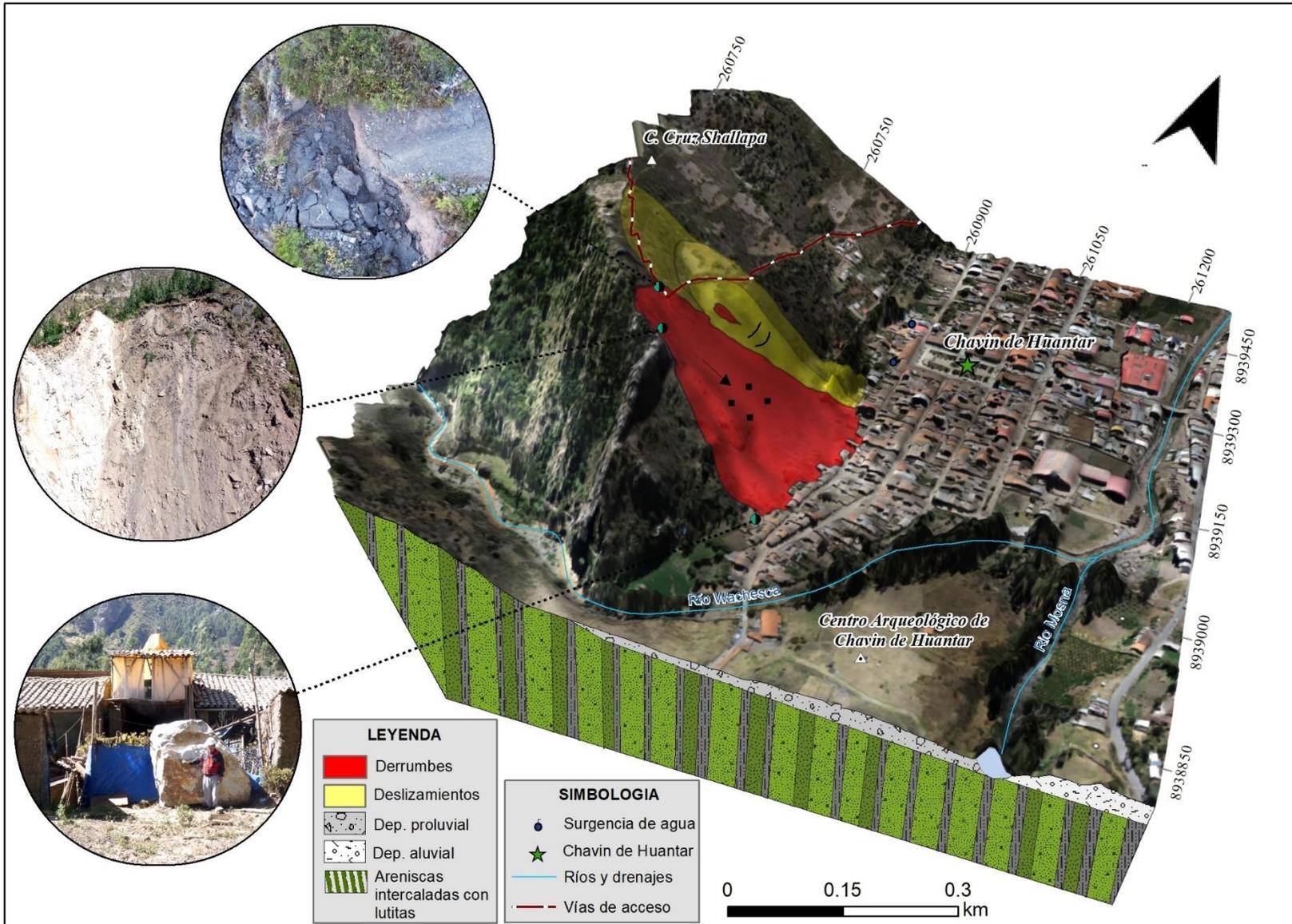


Figura 7. Imagen representativa del derrumbe acontecido el 30 de junio en la ladera del cerro Cruz de Shallapa.



Fotografía 4. Vista del derrumbe acontecido el 30 de junio del 2020, en la ladera noreste del cerro Cruz de Shallapa.



Figura 8. Viviendas afectadas por el derrumbe del 30 de junio del 2020. Las viviendas se encuentran asentadas detrás de la calle Wiracocha.



Fotografía 5. Vista de la zona de arranque del derrumbe (rocas muy fracturadas y alteradas), es notoria la presencia de material suelto inestable, el cual podría ceder cuesta abajo.



Fotografía 6. Vista del desplazamiento de hasta 2.6 m, en depósitos de deslizamientos antiguos. Fotografía tomada por Antamina.



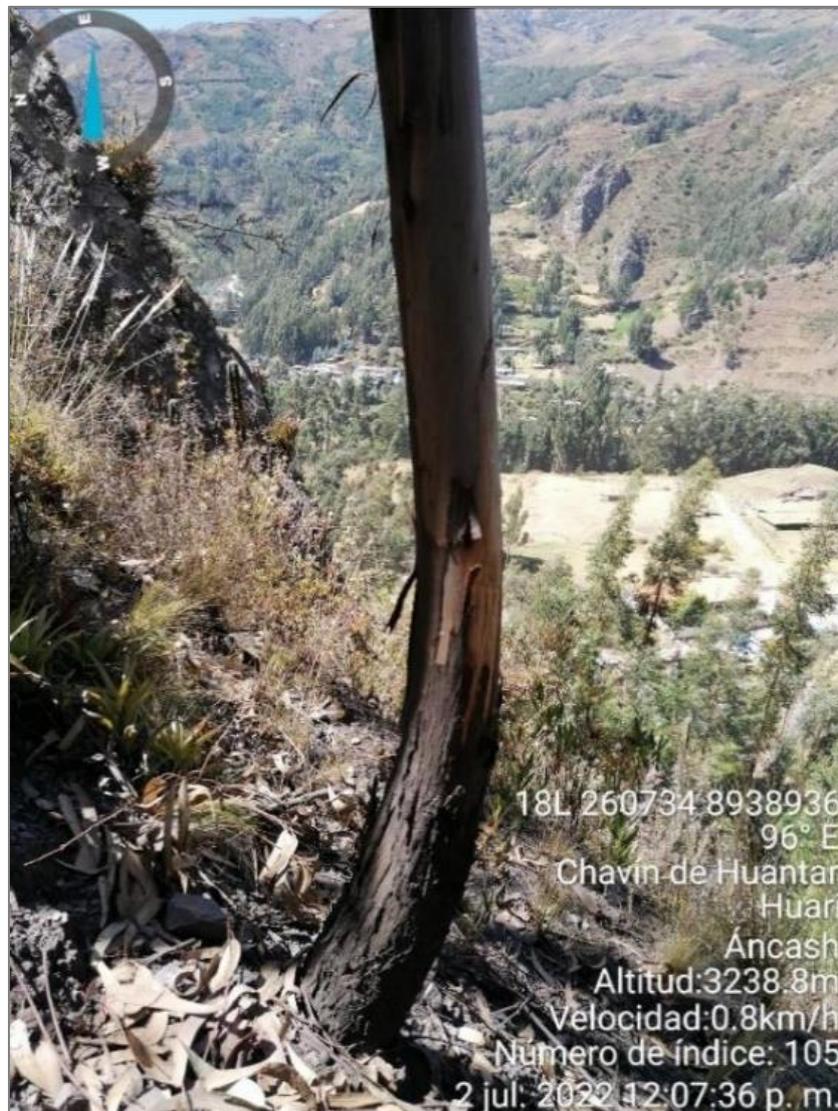
Fotografía 7. Vista de un bloque caída, de hasta 2 m de diámetro, dispuesto cerca de una vivienda.



Fotografía 8. Vista de los agrietamientos múltiples y continuos, producidos en el camino que conducía al mirador de Cerro Cruz de Shallapa.



Figura 9. Vista de Agrietamientos en el camino de herradura que corta depósito de deslizamiento antiguo. Presentan aperturas de hasta 60 cm.



Fotografía 9. Vista de árboles inclinados en la parte posterior al derrumbe, con dirección a la quebrada Huachecsa, el cual nos infiere que las laderas presentan ligeros movimientos, típicas de zonas de movimientos activos. Fuente: Antamina.



Figura 10 (A) y (B) Se muestra la zona de plantaciones de árboles arrastrados por el derrumbe.

En las viviendas asentadas al pie de la ladera (desde el Hotel Inca, en dirección norte), se han observado surgencias de agua, con nivel freático variable entre 0.5 a 2.0 m (figura 11).



Figura 11. Vista de captación de agua. A) Hotel Inca. B) En el interior de la vivienda, el nivel freático se encuentra a 0.8 m.

5.1.2. Deslizamiento antiguo en proceso de reactivación en el cerro Cruz de Shallapa

Por otro lado, adyacente al derrumbe descrito anteriormente, se observó deslizamiento antiguo, su escarpe principal no se observa por estar erosionado y cubierto de vegetación, solamente se aprecia la cicatriz del escarpe principal.

En el cuerpo del deslizamiento se observó escarpes secundarios con saltos de hasta 1.5 m, cubiertos de vegetación. También se apreció lomeríos u ondulaciones que son propias del movimiento antiguo.

La forma de este deslizamiento es de forma de herradura y de forma alargada, estrechándose aguas abajo.

El material del deslizamiento está conformado por bloques (10%), grava (20%), arenas (40%) y limo-arcilla (30%).

6. MECANISMOS ASOCIADOS A LA INESTABILIDAD DEL TALUD

6.1. Factores condicionantes

Factor litológico-estructural

En el contexto geológico regional, la gran deformación tectónica - estructural del área, con la presencia de plegamientos (anticlinales y sinclinales), buzamientos casi verticales, lineamientos, fallas y la intercaladas de areniscas cuarzosas, limoarcillitas y lutitas de la F. Oyón (Ki-Oy); han condicionado el intenso fracturamiento de las rocas.

Localmente, las areniscas cuarzosas de color blanquecinas, intercaladas con lutitas negras, en paquetes de hasta 1.00 m forman parte de un anticlinal, ello coadyuvo que el substrato rocoso en esa área, se presente muy fracturado, generando bloques sueltos que varían de 0.2 m a 0.5 m.

Es importante mencionar que, las lutitas y limoarcillitas son rocas poco competentes, que al meteorizarse originan suelos con propiedades poco resistentes, varían con el grado de humedad y la rapidez con la que se aplican los esfuerzos, siendo en estos materiales donde se produjo el plano de falla por vuelvo y posterior derrumbe.

En el área afectada, los estratos buzanan a favor de la pendiente (entre 55° y 85°), hacia la cabecera del derrumbe, se encuentra dispuestos de forma sub horizontal.

Factor geomorfológico

El área posee una topografía accidentada, definido por relieves modelados en rocas sedimentarias, con laderas de pendientes que varían entre 35° a 45°, consideradas de fuerte a muy fuerte; con un cambio a pendientes muy escarpadas (85°) en las laderas sub verticalizados, lo que contribuye que, el material suelto disponible en las laderas se erosione y se remueva fácilmente pendiente abajo, por efecto de la gravedad. La disposición de este último, fue un factor determinante para la ocurrencia del derrumbe suscitado en la ladera noreste del cerro Cruz de Shallapa (figura 12).

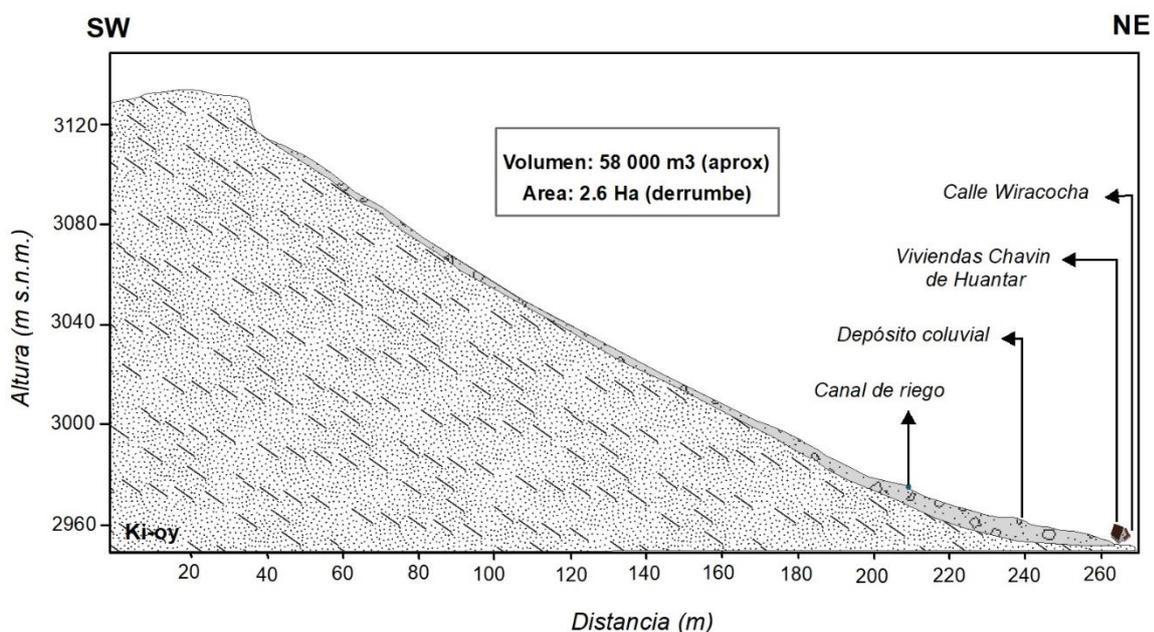


Figura 12. Perfil geológico de la zona afectada por derrumbe en el cerro Cruz de Shallapa.

6.2. Clasificación geomecánica

6.2.1. RMR de Bieniawski

La clasificación geomecánica de Bieniawski o clasificación RMR fue desarrollada en 1973, actualizada en 1979 y 1989, consiste en la clasificación de macizos rocosos en base a parámetros geotécnicos del afloramiento.

Para la clasificación geomecánica del macizo rocoso, mediante las características del afloramiento se evaluaron las diaclasas, discontinuidades (longitud, abertura, rugosidad, relleno y alteraciones), presencia de agua y resistencia de la roca.

Los valores de resistencia compresiva de la roca intacta, fueron determinados con el método indirecto (usando el martillo de geólogo, ISRM 1981), el índice de calidad (RQD) fue determinado para cada estación, mediante el registro lineal (Ramírez Oyanguren et al, 1984), teniendo como parámetro de entrada principal la frecuencia de fracturamiento.

Para estimar la calidad de roca, se realizó medidas en los afloramientos rocosos de la Formación Oyón, específicamente en las areniscas cuarzosas, las cuales se describen en las estaciones 1 y 2.

6.2.2. SMR para taludes

La clasificación SMR es un método de determinación de los factores de ajuste adecuados para aplicar la clasificación RMR de BIENIAWSKI a los taludes. Cualquier clasificación debe considerar, en primer lugar, que la rotura de un talud rocoso puede ocurrir según formas muy diferentes. En la mayoría de los casos la rotura de la masa rocosa está gobernada por las discontinuidades y se produce según superficies formadas por una o varias juntas. Las formas básicas son bien conocidas (Hoek & Bray, 1974) y se resumen a continuación: roturas planas, roturas en cuña, roturas por vuelco y roturas globales.

Estación geomecánica 1:

La clasificación geomecánica en la estación 1, se realizó en rocas que afloran en la parte posterior del flanco izquierdo del derrumbe.

La roca intacta tiene una resistencia a la compresión (dureza) entre media a dura (50 – 100 Mpa); pero sus condiciones de meteorización, alteración y fracturamiento; así como su contexto geomorfológico condicionan sus características geomecánicas como macizo rocoso de regular calidad, con probabilidades de colapso de falla por vuelco, planar y caídas (derrumbes) (figura 13).

Las rocas del flanco derecho del derrumbe se presentan deformadas, de mediana a muy fracturada, con espaciamientos entre las fracturas de 0.2 - 0.5 cm (esporádicamente de 1.5 m) y aberturas, que varían de 0.1 a 10 cm, generando bloques rocosos de hasta 1.5 m (Anexo 2).

Presenta un índice RQD que varía entre 50 – 75, se clasifica al macizo rocoso con una valoración para el RMR de 59, y una conversión para el SMR de 28, considerada como roca MALA; inestable, con presencia de rotura planar, cuñas y vuelcos; requiriendo corrección. Ver cuadro 5.



Figura 13. Vista del afloramiento rocoso, compuesto por brechas y diques volcánicos, intercaladas con areniscas de grano medio a grueso y limolitas de color pardo rojizo, se presentan de moderada a altamente meteorizada, y medianamente a muy fracturadas, con buzamiento preferencial al SE

Cuadro 5. Estación geomecánica 01: Macizo rocoso de calidad regular con un RMR de 59.

VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (R.M.R.)									
PARAMETRO	RANGO DE VALORES							VALORACI.	
	VALOR ESTIMADO								
R. COMPRES. UNIAxIAL (MPa)	>250 (15)	100-250 (12)	X 50-100 (7)	25-50 (4)	<25(2) <5(1) <1(0)	1	7		
RQD %	90-100 (20)	75-90 (17)	X 50-75 (13)	25-50 (8)	<25 (3)	2	13		
ESPACIAMIENTO (m)	>2 (20)	0,6-2 (15)	X 0,2-0,6 (10)	0,06-0,2 (8)	< 0,06 (5)	3	10		
CONDICION	PERSISTENCIA	<1m long. (6)	X 1-3 m Long. (4)	3-10m (2)	10-20 m (1)	> 20 m (0)	4A	4	
	ABERTURA	Cerrada (6)	<0.1mm apert. (5)	X 0.1-1.0mm (4)	1 - 5 mm (1)	> 5 mm (0)	4B	4	
DE	RUGOSIDAD	Muy rugosa (6)	Rugosa (5)	X Lig.rugosa (3)	Lisa (1)	Espejo de falla (0)	4C	3	
JUNTAS	RELLENO	Limpia (6)	Duro < 5mm (4)	Duro> 5mm (2)	Suave < 5 mm (1)	X Suave > 5 mm (0)	4D	0	
	ALTERACION	Sana (6)	Lig. Alterada. (5)	X Mod.Alterada. (3)	Muy Alterada. (2)	Descompuesta (0)	4E	3	
AGUA SUBTERRANEA	X Seco (15)	Humedo (10)	Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0)	5	15		
VALOR TOTAL RMR (Suma de valoración 1 a 5) =								59	
CLASE DE MACIZO ROCOSO									III
RMR	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	20 - 0				
DESCRIPCION	I MUY BUENA	II BUENA	III REGULAR	IV MALA	V MUY MALA				
SMR	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	20 - 0				
DESCRIPCION	I MUY BUENA	II BUENA	III REGULAR	IV MALA	V MUY MALA	IV			

Estación geomecánica 2:

La clasificación geomecánica en la estación 2, se realizó en rocas que afloran en la parte posterior a la cabecera del derrumbe (fotografía 10).

La valoración del macizo rocoso, compuesto por areniscas cuarzosas, presenta una resistencia a la compresión simple que varían 25 a 50 Mpa, por presentarse fracturadas y meteorizadas; y un índice RQD entre 50 - 75, se clasifica al macizo rocoso con una valoración para el RMR de 57, y una conversión para el SMR de 26, considerada como roca MALA; inestable, con presencia de rotura planar, cuñas y vuelcos; requiriendo corrección. Ver cuadro 6.



Fotografía 10. Afloramiento rocoso en la zona posterior a la cabecera del derrumbe, conformado por areniscas cuarzosas

Cuadro 6. Estación geomecánica 02: Macizo rocoso de calidad mala con un RMR de 57.

VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (R.M.R.)									
PARAMETRO	RANGO DE VALORES						VALORACI.		
	VALOR ESTIMADO								
R. COMPRES. UNIAxIAL (MPa)	>250 (15)	100-250 (12)	50-100 (7) X	25-50 (4)	<25(2) <5(1) <1(0)	1	4		
RQD %	90-100 (20)	75-90 (17) X	50-75 (13)	25-50 (8)	<25 (3)	2	13		
ESPACIAMIENTO (m)	>2 (20)	0,6-2 (15) X	0.2-0.6 (10)	0.06-0.2 (8)	< 0.06 (5)	3	10		
CONDICION DE JUNTAS	PERSISTENCIA	<1m long. (6) X	1-3 m Long. (4)	3-10m (2)	10-20 m (1)	> 20 m (0)	4A	4	
	ABERTURA	Cerrada (6)	<0.1mm apert. (5) X	0.1-1.0mm (4)	1- 5 mm (1)	> 5 mm (0)	4B	4	
DE JUNTAS	RUGOSIDAD	Muy rugosa (6)	Rugosa (5) X	Lig.rugosa (3)	Lisa (1)	Espejo de falla (0)	4C	3	
	RELLENO	Limpia (6)	Duro < 5mm (4)	Duro> 5mm (2) X	Suave < 5 mm (1)	Suave > 5 mm (0)	4D	1	
ALTERACION	Sana (6)	Lig. Alterada. (5) X	Mod.Alterada. (3)	Muy Alterada. (2)	Descompuesta (0)	4E	3		
	AGUA SUBTERRANEA	X Seco (15)	Humedo (10)	Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0)	5	15	
VALOR TOTAL RMR (Suma de valoración 1 a 5) =								57	
CLASE DE MACIZO ROCOSO									
RMR	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	20 - 0	III			
DESCRIPCION	I MUY BUENA	II BUENA	III REGULAR	IV MALA	V MUY MALA				
SMR	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	20 - 0	IV			
DESCRIPCION	I MUY BUENA	II BUENA	III REGULAR	IV MALA	V MUY MALA				

Los valores obtenidos mediante RMR fluctuaron entre 41 a 65, calificados como rocas de regular calidad, la nueva evaluación en base a SMR, muestran valores entre 28 y 26 respectivamente, clasificado como de mala calidad. Los taludes presentan juntas o discontinuidades y fallas por ruptura planar, cuñas y vuelcos. Taludes que requieren trabajos de corrección y protección (cuadro 7).

Cuadro 7. Cuadro comparativo de RMR versus SMR.

CLASES DE ESTABILIDAD SEGUN EL SMR (Romana, 1985)					
Clase tipo	V	IV	III	II	I
SMR	0-20	21-40	41-60	61-80	81-100
Descripción	Muy Mala	Mala	Normal	Buena	Muy Buena
Estabilidad	Totalmente inestable	Inestable	Parcialmente estable	Estable	Totalmente estable
Roturas	Grandes roturas por planos continuos o por la masa	Ruptura por falla planar, cuñas y vuelcos	Algunas juntas o muchas cuñas	Algunos bloques	Ninguna
Tratamiento	Re-excavación	Corrección	Sistemático	Ocasional	Ninguno

7. ANALISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD

Según el análisis cinemático, realizado en el talud rocoso del cerro Cruz de Shallapa, en base a los datos recolectados en la etapa de campo, muestra falla planar, vuelco y cuña (figura 14 y 15).

A continuación, se muestran los resultados obtenidos, que deben ser considerados para emplear las medidas correctivas, de esa manera evitar daños mayores a viviendas e infraestructura.

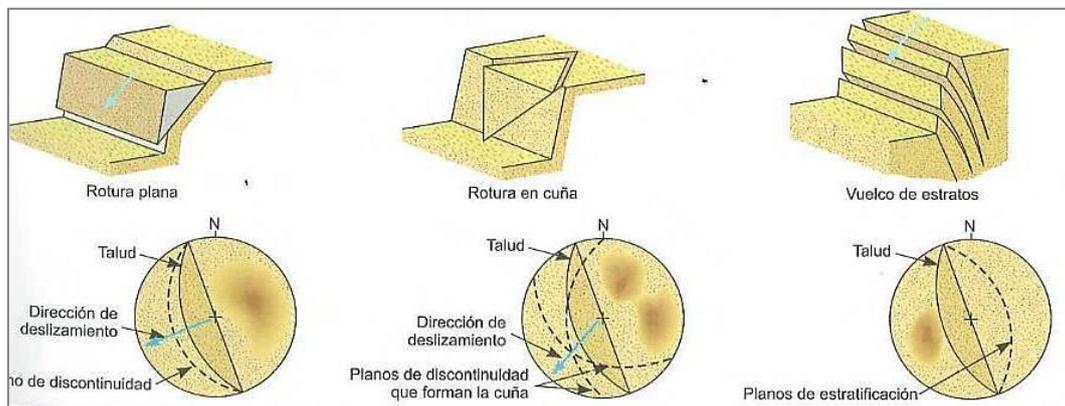


Figura 14. Vista de fallas por cuña, planar y vuelco.

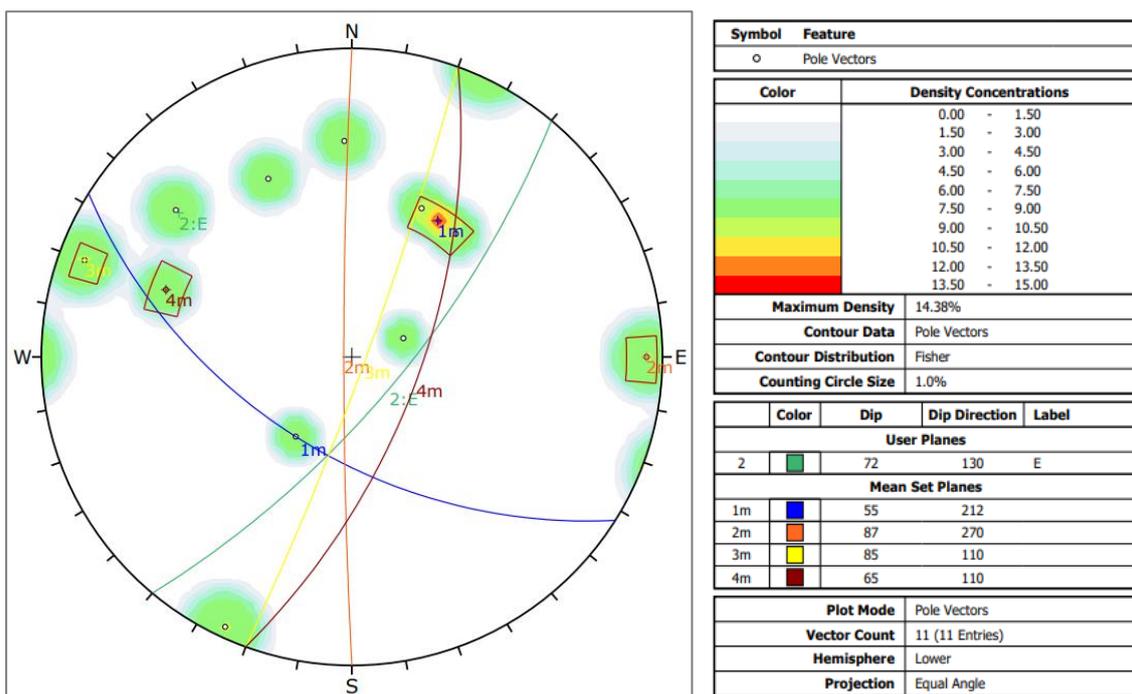


Figura 15. Información de las familias que podrían producir las fallas por cuña, planar y vuelco.

7.1. Análisis cinemático con DIPS

Datos tomados en campo y convertidos a dips y dipdirection en etapa de gabinete (cuadro 8).

Cuadro 8. Datos convertidos a dips y dipdirection

Datos para análisis	DIP	DIP DIRECTION
Talud	85	105
Estratificación	72	130
Familia de discontinuidad 1	55	212
Familia de discontinuidad 2	87	270
Familia de discontinuidad 3	85	110
Familia de discontinuidad 4	65	110

a. Análisis de falla planar

Según el análisis cinemático realizado en la ladera rocosa del cerro Cruz de Shallapa, se observa falla planar entre la estratificación y la junta de familia 4, con una probabilidad de falla de 45.45% (figura 16).

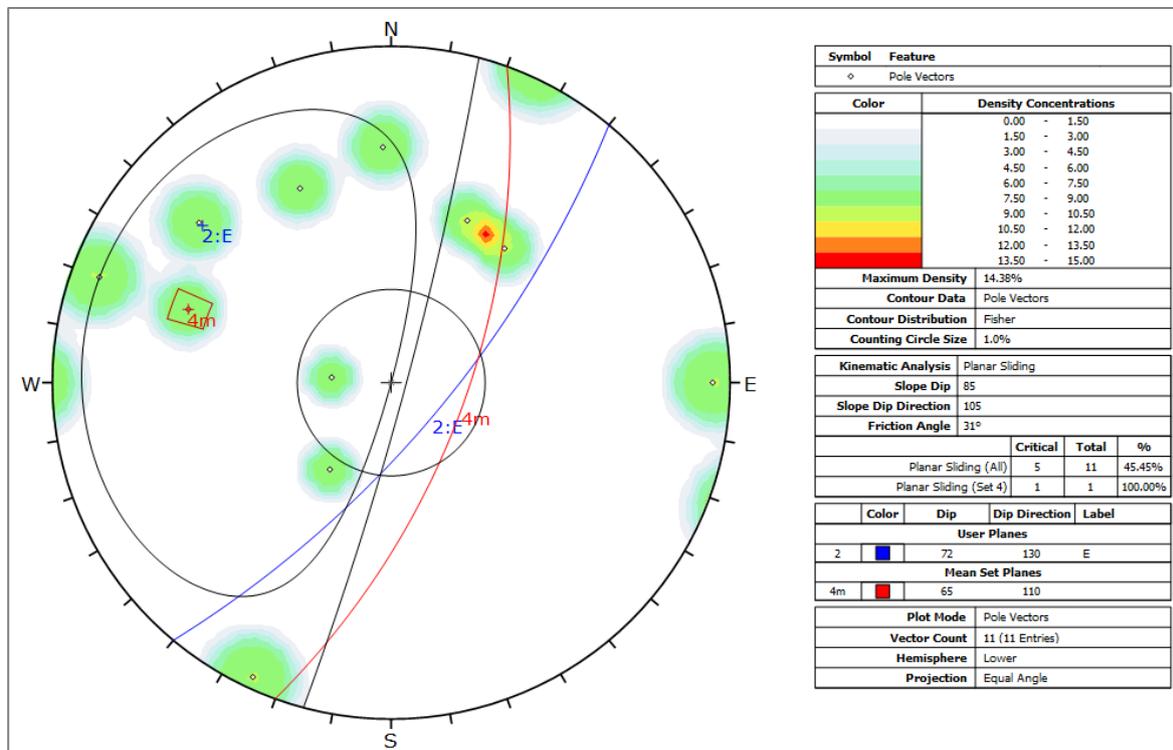


Figura 16. La proyección estereográfica muestra falla planar entre la estratificación y la familia 4.

a. Análisis de falla por cuña

Según el análisis cinemático realizado en la ladera rocosa del cerro Cruz de Shallapa, se observa falla en cuña entre la familia de juntas 1 – 4 y la estratificación con la familia de juntas 4; con una probabilidad de falla del 40% (figura 17).

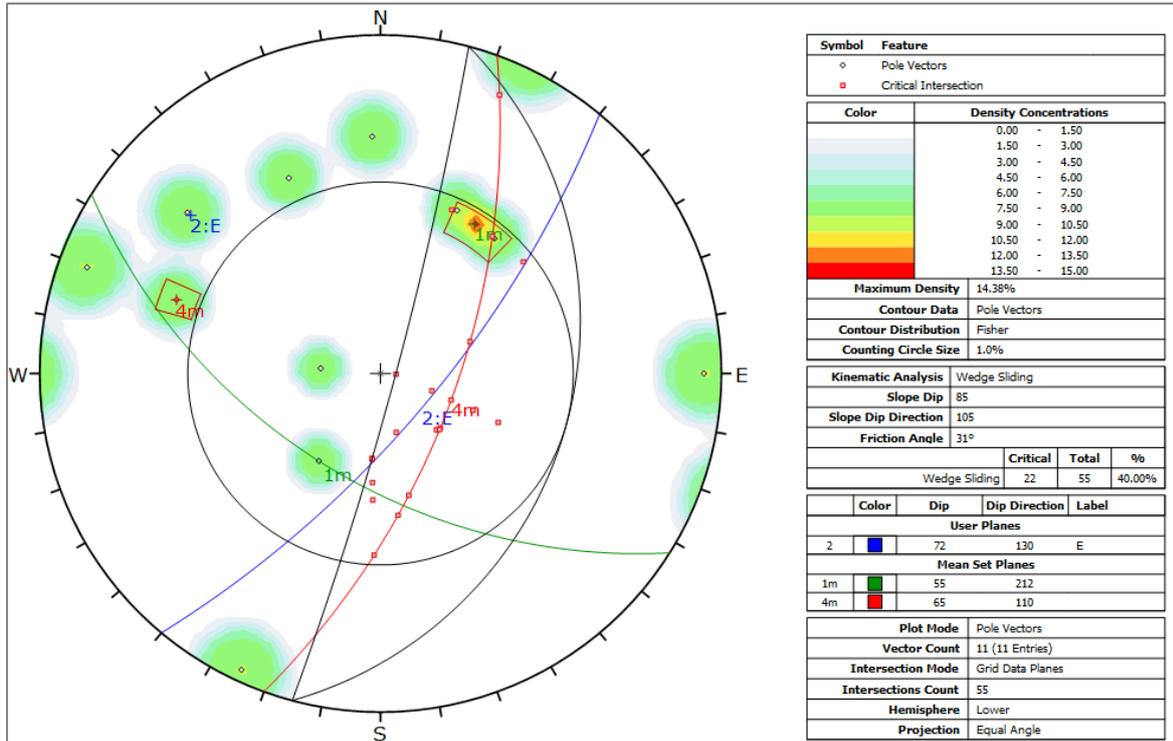


Figura 17. La proyección estereográfica muestra falla en cuña entre la familia de junta 1 – 4 y la estratificación y la familia 4.

b. Análisis de falla por vuelco

Según el análisis cinemático realizado en la ladera rocosa del cerro Cruz de Shallapa, se observa falla por vuelco con la familia de juntas 2, con una probabilidad de falla de 9% (figura 18).

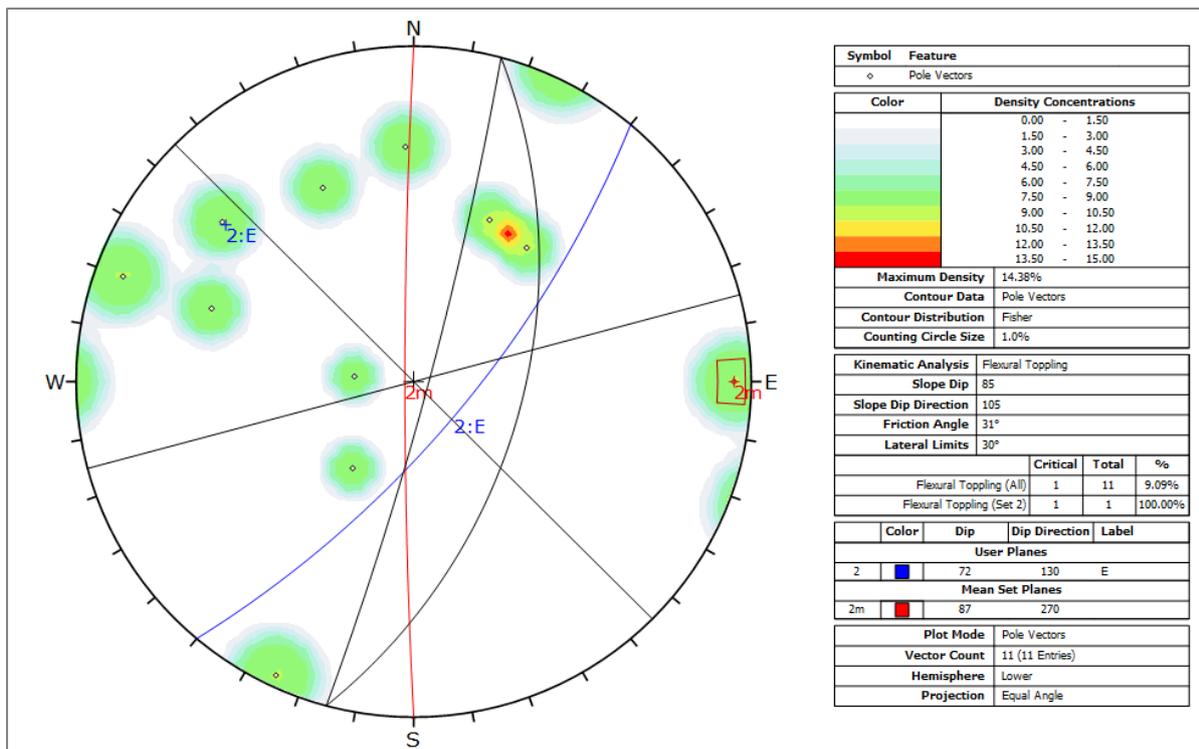


Figura 18. La proyección estereográfica muestra falla por vuelco con la familia de juntas 2.

8. TERRENOS PROPUESTOS PARA LA REUBICACIÓN

Estando en la zona de emergencia y viendo las necesidades de reubicar a los pobladores damnificados; se tomaron las siguientes acciones:

- a) Luego de reuniones de coordinación entre los representantes del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, Municipalidad distrital de Chavín de Huántar (MDCH) y el INGEMMET, se determinaron las posibles zonas de reubicación para ser evaluadas.
- b) Primero, las áreas a evaluar se foto interpretaron en base a imágenes satelitales del Google Earth. Se consideraron áreas fuera de zonas afectadas por movimientos en masa o procesos de erosión fluvial.
- c) Se realizaron trabajos de campo, para verificar insitu si las áreas propuestas puedan ser afectadas por algún tipo de peligro geológico.
- d) Para la evaluación, se consideraron 4 áreas propuestas.

a) Área 1

La primera zona evaluada se encuentra en las siguientes coordenadas UTM (WGS 84) (cuadro 9):

Cuadro 9. Coordenadas del área propuesta.

N°	NORTE	ESTE
1	8940436 N	260864 E
2	8940419 N	261025E
3	8940356 N	261021 E
4	8940376 N	260857 E

Se ubica en el Barrio Virgen del Carmen, al norte de la Plaza de Armas de Municipalidad Distrital de Chavín de Huántar, a una distancia de 1.1 km. Posee un área de 450 m².

Este terreno se encuentra sobre un depósito aluvial - proluvial, con baja pendiente, en la actualidad no se manifiestan peligros geológicos de tipo movimientos en masa, así como procesos de erosión; así como inundaciones fluviales que puedan afectar (figura 19).



Figura 19. Vista del terreno propuesto, demarcado de color amarillo, para la reubicación de las viviendas afectadas por el derrumbe del 30 de junio del 2022.

Este terreno en la actualidad está destinado como depósito o maestranza de los vehículos de la municipalidad en mención.

Según miembros de la MDCH, mencionan que este terreno para habilitarlo como depósito de vehículos de la municipalidad (Maestranza) fue nivelado y relleno con material de desmonte. En ese sentido, para habilitar al terreno como área urbana, primero se tiene que estimar el espesor del relleno, si es posible eliminarlo, para después acondicionarla. Para la cimentación de viviendas y otros, tener en cuenta el espesor del relleno.

b) Área 2

Se encuentra en las siguientes coordenadas UTM (WGS 84) (cuadro 10):

Cuadro 10. Coordenadas del área propuesta.

N°	NORTE	ESTE
1	8940273 N	260930 E
2	8940252 N	260931 E
3	8940229 N	260924 E
4	8940215 N	260922 E
5	8940193 N	260926 E
6	8940191 N	260913 E
7	8940181 N	260912 E
8	8940183 N	260887 E
9	8940205 N	260889 E,
10	8940226 N	260888 E
11	8940241 N	260881 E
12	8940276 N	260879 E,

Se ubica al norte de la plaza de armas de Municipalidad Distrital de Chavín de Huántar, a una distancia de 960 m. Abarca un área de 275 m².

Este terreno se encuentra sobre un depósito aluvial, con pendiente suave a llana. En la actualidad, esta área podría ser afectado por un flujo de detritos.

No es recomendable la reubicación en este sector.

c) Área 3

Se encuentra en las siguientes coordenadas UTM (WGS 84) (cuadro 11):

Cuadro 11. Coordenadas del área propuesta.

N°	NORTE	ESTE
1	8940108	260886
2	8940107	260906
3	8940095	260906
4	8940092	260921
5	8940028	260917
6	8940034	260895
7	8940037	260886
8	8940078	260886

Se ubica al norte de la plaza de armas de Municipalidad Distrital de Chavín de Huántar, a una distancia de 765 m. Posee un área de 260 m².

Este terreno se encuentra sobre un depósito aluvial, con pendiente suave a llana, al pie de la ladera de una colina (40 m), donde se parecía un deslizamiento antiguo que no muestra signos de reactivación.

Por medidas preventivas no es recomendable para la reubicación.

d) Área 4

Se encuentra en las siguientes coordenadas UTM (WGS 84) (cuadro 12):

Cuadro 12. Coordenadas del área propuesta.

N°	NORTE	ESTE
1	8939631	261250
2	8939556	261240
3	8939560	261222
4	8939572	261222
5	8939575	261203
6	8939561	261200
7	8939565	261169
8	8939576	261169
9	8939577	261159
10	8939637	261165

Se ubica al norte de la plaza de armas de Municipalidad Distrital de Chavín de Huántar, a una distancia de 380 m. Posee un área de 340 m².

Este terreno se encuentra sobre un depósito aluvial, con pendiente suave a llana, muy cerca (8.0 m aproximadamente) de la margen izquierda del río Mosna (fotografía 11).

Por medidas preventivas no es recomendable para la reubicación.



Fotografía 11. Terreno propuesto para la reubicación.

9. CONCLUSIONES

1. En el contexto geológico regional, la gran deformación tectónica - estructural del área, con la presencia de plegamientos (anticlinales y sinclinales), buzamientos casi verticales, lineamientos, fallas y la intercaladas de areniscas cuarzosas, limoarcillitas y lutitas; han condicionado el intenso fracturamiento de las rocas, generando bloques que varían de 0.2 m a 0.5 m; de esta manera la calidad del macizo rocoso.
2. Morfológicamente, el área posee una topografía accidentada, definido por relieves modelados en rocas sedimentarias, con laderas de pendientes que varían entre 35° a 85°, consideradas de fuerte a muy escarpadas, lo que contribuye que, el material suelto disponible en las laderas se erosione y se remueva fácilmente pendiente abajo, por efecto de la gravedad.
3. En la ladera noreste del cerro Cruz de Shallapa ocurrió un movimiento en masa tipo derrumbe en rocas muy fracturadas y de mala calidad (con rupturas tipo planar, cuñas y vuelcos) que movilizó aproximadamente 58 mil m³ de rocas y detritos. El derrumbe tiene un ancho promedio de 106 m y una distancia entre la zona de arranque y pie del derrumbe de 215 m. Afectó un área aproximada de 2.5 Ha; 42 viviendas destruidas, pérdida de 2.07 Ha de cultivo, 450 m de canal de riego, entre otros daños a la propiedad.
4. El evento continua activo y latente, muestra de ello son las constantes caídas de rocas, con diámetros de hasta 1.0 m y material suelto disponible en la cabecera del derrumbe.
5. Adyacente al derrumbe, se presenta un deslizamiento antiguo en proceso de reactivación, muestra de ellos son los múltiples agrietamientos longitudinales y transversales, con aperturas de hasta 60 cm, producidos en el camino de herradura, como también un salto hasta de 2.6 m.
6. Según el análisis cinemático realizado con el software Dips, en la ladera rocosa del cerro Cruz de Shallapa se tiene altas probabilidades de falla planar (44%), en cuña (45%) y por vuelco (9%); que pueden originar nuevos procesos con efectos importantes.
7. De las cuatro zonas propuestas como zonas de acogida para las viviendas afectadas por el derrumbe, el sector denominado "Deposito vehicular de la Municipalidad Distrital de Chavín de Huántar" – Barrio Virgen del Carmen, presenta mejores condiciones geológicas y geomorfológicas, para la reubicación.
8. Debido a las condiciones geológicas, geomorfológicas y de geodinámica externa que presenta el cerro Cruz de Shallapa, las viviendas asentadas al pie de la ladera, hasta el Jr. 17 de Enero, se les considera como **Zona crítica** y de **Peligro Muy Alto**.

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

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

Ing. Guisela Choquenaira Garate

10. RECOMENDACIONES

NO ESTRUCTURALES

1. Se recomienda reubicar las viviendas expuestas a Muy Alto peligro, hacia el sector denominado “Deposito vehicular de la Municipalidad Distrital de Chavín de Huántar”, ubicado en el Barrio Virgen del Carmen. Posteriormente, realizar un EVAR, para determinar el reasentamiento definitivo. El área afectada por el derrumbe, a partir de la calle Wiracocha hacia el talud o ladera, deberá quedar inhabilitada para asentamientos urbanos; esta debería convertirse en un parque temático, zona de recreo, entre otros.
2. Debido a la presencia de agrietamientos, es importante implementar el monitoreo del deslizamiento antiguo. El monitoreo puede ser satelital, topográfico o con extensómetros en las grietas.
3. En el anexo 1, se presenta el mapa 4 con la delimitación de las posibles zonas afectadas ante la reactivación del derrumbe, el cual debe mantenerse hasta realizar las medidas correctivas en la ladera noreste del cerro Cruz de Shallapa.
4. En el terreno denominado “Deposito vehicular de la Municipalidad Distrital de Chavín de Huántar”, es necesario realizar un estudio de suelos con fines de cimentación.
5. Para la habilitación del terreno, sería conveniente eliminar el material de relleno o tomarlo en cuenta para determinar la profundidad de cimentación de las estructuras.
6. Reforestar las laderas que circunscriben al terreno de reubicación y alrededores.
7. En la ladera oeste, que circunda el terreno de reubicación, cambiar el sistema de cultivo y utilizar riego tecnificado.
8. Controlar y supervisar los cortes de talud realizados en el cuerpo del deslizamiento antiguo, a fin de evitar la generación de mayor inestabilidad y reactivación de nuevos derrumbes.
9. A las autoridades locales se recomienda, realizar trabajos de sensibilización con los pobladores de la zona en temas de peligros geológicos y gestión del riesgo de desastres, con el fin de que, la intervención antrópica no acelere los procesos activación y/o reactivación de movimientos en masa. Así mismo, para que estén preparados y sepan cómo actuar ante la ocurrencia de nuevos eventos.

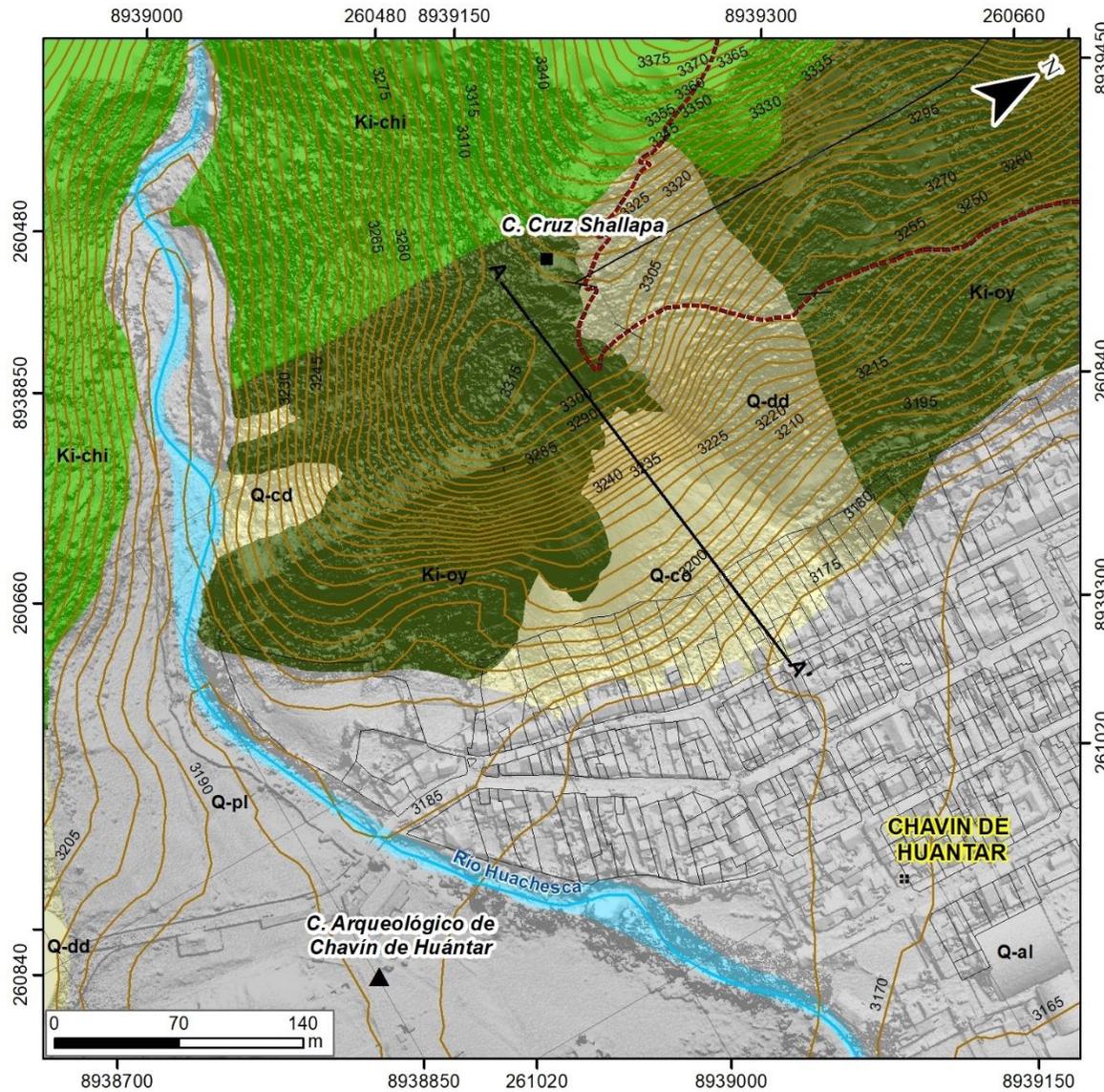
ESTRUCTURALES

1. Realizar el desquinche y/o abatimiento del talud en la cabecera del derrumbe, debido a la presencia de material inestable que continúa cediendo cuesta abajo. Esta medida de corrección debe ser realizada de manera adecuada y por especialistas en el tema.
2. Construir un muro de contención a la altura de la calle Wiracocha, en un tramo aproximado de 50 m, ante la ocurrencia de nuevos eventos (caídas de rocas o derrumbes). La factibilidad, disposición, tipo de estructura y dimensiones debe ser realizado por especialistas.

11. BIBLIOGRAFÍA

- Cobbing, & Sanchez, A. (1996) - En la "Memoria descriptiva del cuadrángulo de Recuay (20-i).
- 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.
- Fidel, B & Valenzuela, G. (1998) – Movimientos en masa en la cuenca del río Huachecsa. Primer reporte. Lima: INGEMMET, 42 p.
- González, L.; Ferrer, M.; Ortuño, L. & Oteo, C., eds. (2002) - Ingeniería Geológica. Madrid: Pearson Educación, 732 p.
- Köppen, W. (2010). Klassifikation der Klimate nach Temperatur, Niederschlag und Jahresablauf (Clasificación de climas según temperatura, precipitación y ciclo estacional.). Petermanns Geogr. Mitt., 64, 193-203, 243-248
- 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.
- Suárez, J. (1998) - Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales. Bucaramanga: Instituto de Investigaciones sobre Erosión y Deslizamientos, Universidad Industrial de Santander, 548 p.
- Zavala, B. (2011) - Boletín N° 44, serie C, "Riesgos geológicos en la región Ancash.
- Zavala, B. (2007) - Zonas críticas por peligro geológico y geohidrológico en la región Ancash".

ANEXO 1: MAPAS

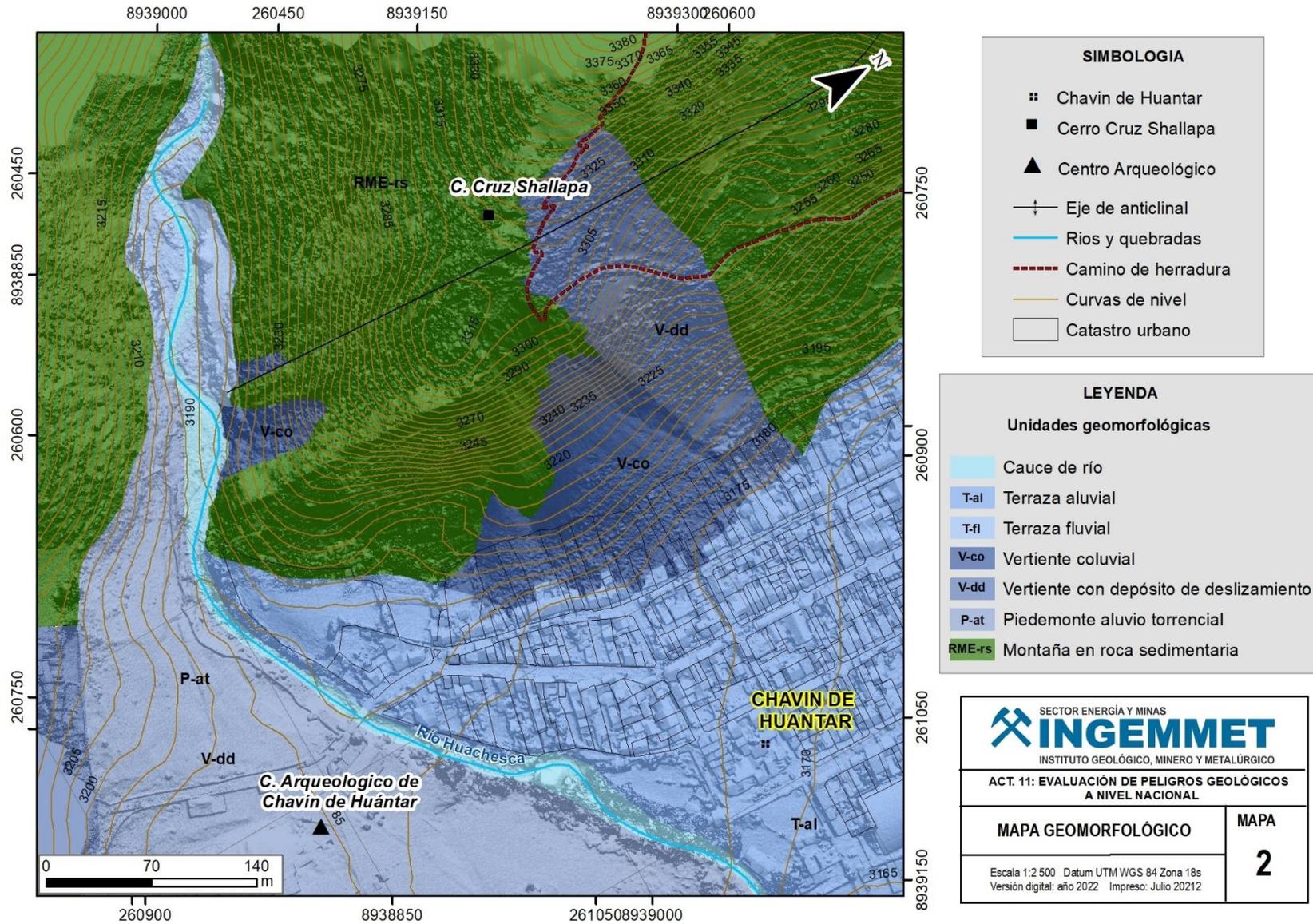


SIMBOLOGIA	
⦿	Chavin de Huantar
■	Cerro Cruz Shallapa
▲	Centro Arqueológico
—	Buzamientos
↕	Eje de anticlinal
—	Rios y quebradas
---	Camino de herradura
—	Curvas de nivel
□	Catastro urbano

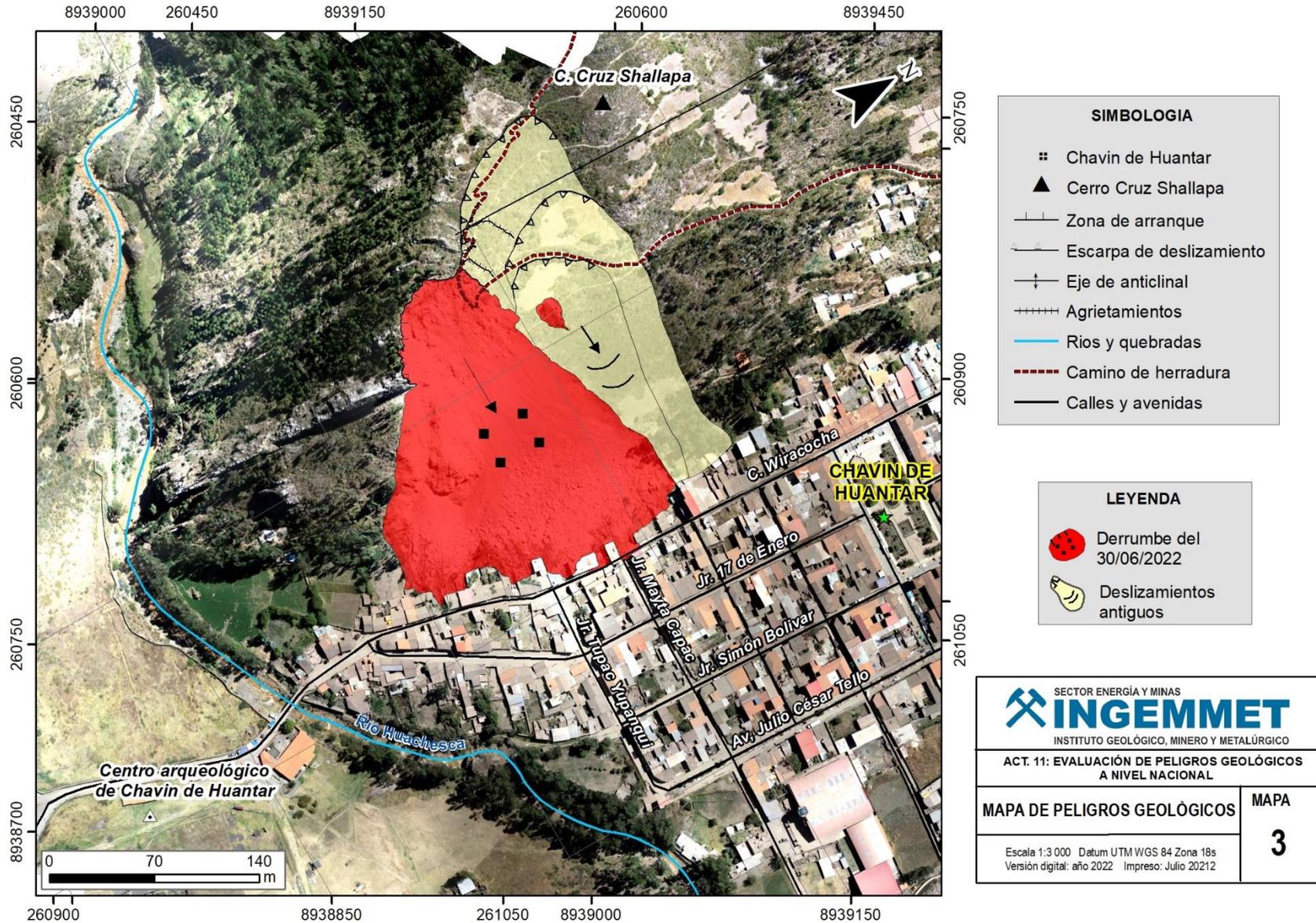
Era/era	Sistema	Serie	UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS	
CENOZOICO	CUATERNARIO	Holoceno	Dep. Coluvial	Q-co Bloques, gravas, arenas mal seleccionados, depositado al pie de las laderas
			Dep. Aluviales	Q-al Gravas y arenas subredondeados con matriz limo arenosa, formando terrazas
			Dep. Proluvial	Q-pl Bloques de hasas 7 m de diametro, gravas, arenas mal seleccionados, en matriz areno limosa
MESOZOICO	CRETÁCICO	Tepalcates	Fm. Chimú	D-ca Areniscas cuarzosas blancas masivas en estratos de 1 m a 3 m de grosor
			Grupo Goyllarisquegua	
			Fm. Oyón	Ki-oy Areniscas cuarzosas blancas intercaladas con limoarcillitas grises y niveles de carbón

SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO	
ACT. 11: EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL	
MAPA GEOLÓGICO	MAPA 1
Escala 1:3 000 Datum UTM WGS 84 Zona 18s Versión digital: año 2022 Impreso: Julio 2012	

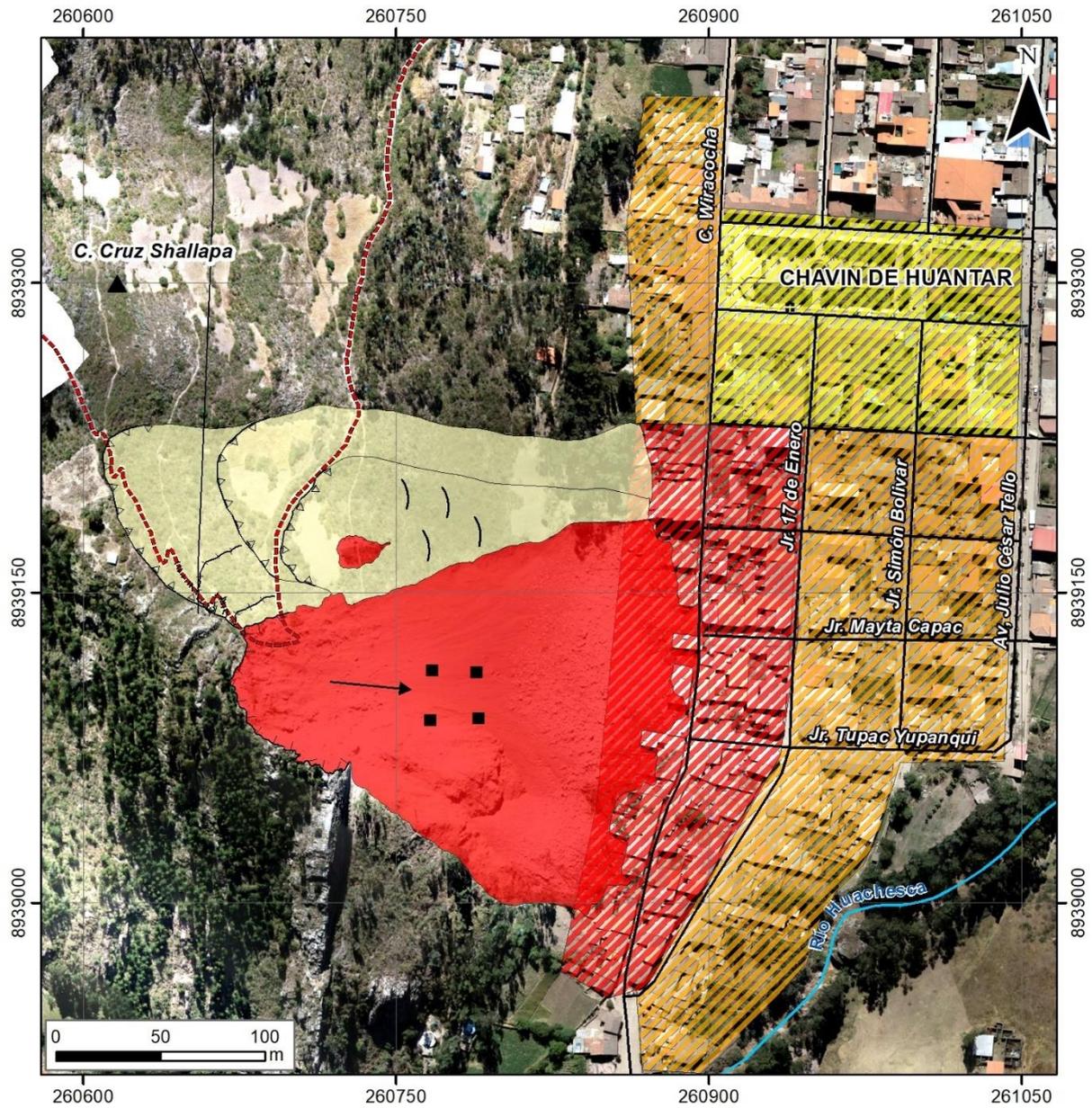
Mapa 1. Mapa geológico del área evaluada.



Mapa 2. Mapa geomorfológico del área evaluada.



Mapa 3. Cartografía de peligros geológicos del área evaluada.



LEYENDA	
	Derrumbe del 30/06/2022
	Deslizamientos antiguos
ZONAS PROBABLES DE AFECTACIÓN	
	Peligro muy alto
	Peligro alto
	Peligro medio

SIMBOLOGIA	
	Chavin de Huantar
	Cerro Cruz Shallapa
	Zona de arranque
	Escarpa de deslizamiento
	Eje de anticlinal
	Agrietamientos
	Rios y quebradas
	Camino de herradura
	Calles y avenidas

SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO	
ACT. 11: EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL	
MAPA DE PELIGROS GEOLÓGICOS	MAPA 4
Escala 1:2 500 Datum UTM WGS 84 Zona 18s Versión digital: año 2022 Impreso: Julio 20212	

Mapa 4. Delimitación de las probables zonas de afectación por el derrumbe suscitado el 30 de junio del 2022, y áreas adyacentes. Tomar solo referencial.

ANEXO 2: DESCRIPCIÓN DEL MACIZO ROCOSO

DATOS DE MAPEO GEOMECANICO
CHAVIN DE HUANTAR
Estación 1

LUGAR: **Estación 1**
NIVEL: _____
LABOR: _____

POR: **GCHG**
FECHA: **02/07/2022**
HOJA: **1 / 2**

N° ESTACION	ORIENTACION DE LA CARA TALUD		TRAMO		VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (R.M.R.)											
	RUMBO	BUZAMIENTO	DESDE	HASTA	PARAMETRO	RANGO DE VALORES					VALOR ESTIMADO	VALORACI.				
E-01	N 225°	73SE	0	4 m		R. COMPRE. UNIAxIAL (MPa)	>250 (15)	100-250 (12)	X 50-100 (7)	25-50 (4)			<25(2) <5(1) <1(0)	1	7	
TIPO DE ROCA					FRECUENCIA FRACTURA											
A		%	B		%	N° Fract. / m.										
Ar		70	Lutitas		30	1 a 5										
TIPO	ORIENTACION		RELLENO		ESPACIAMIENTO		COMENTARIOS									
ESTRUC.	RUMBO, DIR.	BUZAM.	TIPO	ESPEJOR												
D	220	55SW														
D	25	88° NE														
D	35	35°NE														
					R. COMPRE. UNIAxIAL (MPa)											
					RQD %											
					ESPACIAMIENTO (m)											
					CONDICION											
					DE											
					JUNTAS											
					AGUA SUBTERRANEA											
VALOR TOTAL RMR (Suma de valoración 1 a 5) = 59																
CLASE DE MACIZO ROCOSO																
RMR		100 - 81		80 - 61		60 - 41		40 - 21		20 - 0		III				
DESCRIPCION		I MUY BUENA		II BUENA		III REGULAR		IV MALA		V MUY MALA						
SMR		100 - 81		80 - 61		60 - 41		40 - 21		20 - 0		IV				
DESCRIPCION		I MUY BUENA		II BUENA		III REGULAR		IV MALA		V MUY MALA						

GRADO	INDICE DE RESISTENCIAS IDENTIFICACION DE CAMPO	RANGO RESIS. COMP. Mpa
R1	Deleznable con golpes firmes con la punta de martillo de geólogo se desconcha con una cuchilla	1,0 - 5,0
R2	Se desconcha con dificultad con cuchilla. Marcas poco profundas en la roca con golpe firme del martillo (de punta)	5 - 25
R3	No se raya ni desconcha con cuchillo. La muestra se rompe con golpe firme del martillo	25 - 50
R4	La muestra se rompe con mas de un golpe del martillo	50 - 100
R5	Se requiere varios golpes de martillo para romper la muestra	100 - 250
R6	Solo se rompe esquirlas de la muestra con el martillo	> 250

ABREVIACION DE TIPO DE ROCA	
Cz	Caliza
And	Andesitas
Gr	Granito
Ar	Arenisca
Lu	Lutitas

ABREVIACION DE TIPO DE ESTRUCTURAS	
D	Diaclasa
Fn	Falla
Ct	Contacto
E	Estrato

ABREVIACION DE TIPO DE RELLENO	
Ox	Oxido
Arc	Arcilla
Ca	Carbonatos
Pzo	Panizo

ABREVIACION DEL ESPACIAMIENTO	
1	> 2 m
2	0.6 - 2 m
3	0.2 - 0.6 m
4	0.06 - 0.2 m
5	< 0.06 m

GRADO	INDICE DE ALTERACION DESCRIPCION
I SANA	Ningún signo de alteración en el material rocoso. Quizás lig. decoloración sobre superficies de discontinuidades principales
II LIGERO	La decoloración indica alteración del material rocoso y superf. de disc. El material rocoso descolorido extremadamente es más débil que en su condición sana.
III MODERADA	Menos de la mitad del mat. rocoso esta descomp. y/o desintegrado a un suelo la roca sana o decolorada se presenta como un marco continuo o como núcleo rocoso.
IV MUY ALTERD.	Mas de la mitad del mat. rocoso esta descomp. y/o desintegrado a un suelo. La roca sana o decolorada se presenta como un núcleo rocoso.
V DESCOMPU.	Todo el material rocoso esta descomp. y/o desintegrado a suelo. La estructura original de la masa rocosa aun se conserva intacta.



ANEXO 2: MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN

a. Corrección por modificación de la geometría del talud

Abatimiento de la pendiente. La disminución de la pendiente de los taludes es uno de los métodos más utilizados para mejorar su estabilidad y en ocasiones es la primera opción a considerar. Al igual que con otros métodos, éste no es de uso universal y su efectividad puede variar de un sitio a otro. La disminución de la pendiente puede ser efectivo en deslizamientos rotacionales, pero generalmente tiene muy poco efecto o puede tener un efecto negativo en deslizamientos de traslación.

Al disminuir la pendiente del talud, se disminuyen las fuerzas actuantes y adicionalmente el círculo crítico de falla se hace más largo y más profundo aumentándose en esta forma el factor de seguridad. El abatimiento se puede lograr por corte o por relleno (figura 20). Al disminuir la pendiente del talud debe analizarse si al bajar la pendiente no se está facilitando la activación o reactivación de fallas profundas. En todos los casos es conveniente la realización de análisis de estabilidad para determinar los efectos reales de la disminución de la pendiente.

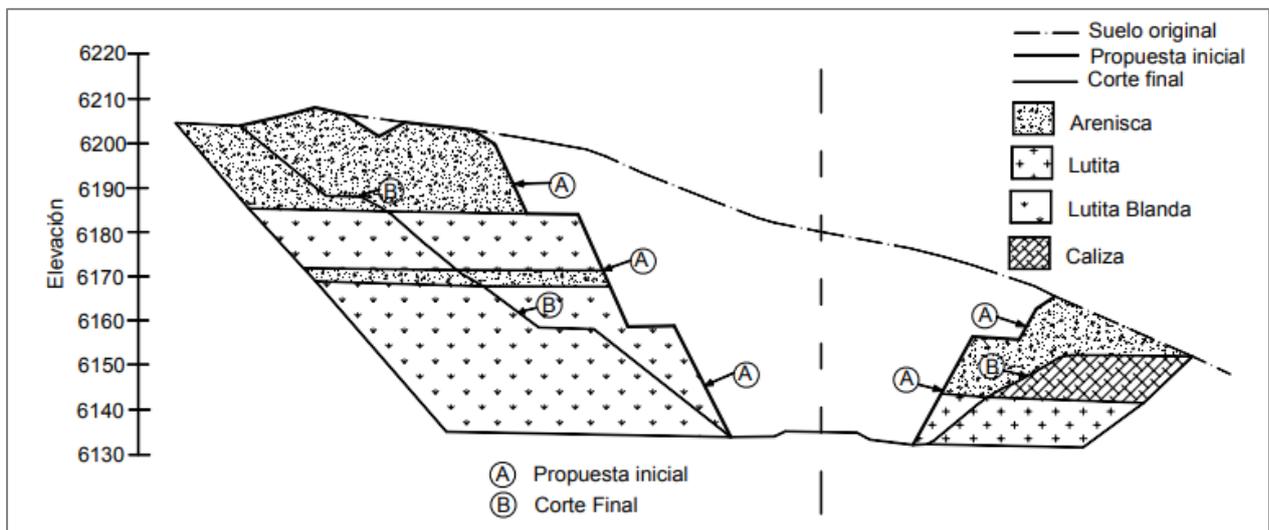


Figura 20. Talud con ángulo uniforme y talud con excavado de forma escalonada con bermas y bancos (González, 2002).

Las acciones que pueden realizarse sobre la geometría de un talud para mejorar su estabilidad son las siguientes:

- Eliminar la masa inestable o potencialmente inestable. Esta es una solución drástica que se aplica en casos extremos, comprobando que la nueva configuración no es inestable.
- Eliminar el material de la parte superior (descabezamiento) de la masa potencialmente deslizante. En esta área el peso del material contribuye más al deslizamiento y presenta una menor resistencia, dado que la parte superior de la superficie de deslizamiento presenta una máxima inclinación. Por ello la eliminación de escasas cantidades de material produce aumentos importantes del factor de seguridad.

Una de las técnicas más utilizadas para la estabilización de taludes es la conformación o diseño de la morfología del talud (cuadro 13). Al modificar la forma de la superficie del talud, se puede lograr un equilibrio de masas, que reduzca las fuerzas que producen el movimiento y que aumente la longitud del círculo crítico de falla.

Cuadro 13. Métodos de conformación topográfica del talud

Método	Ventajas	Desventajas
Remoción de materiales de la cabeza del talud	Muy efectivo en la estabilización de los deslizamientos rotacionales.	En movimientos muy grandes, las masas que se van a remover tendrían una gran magnitud.
Abatimiento de la pendiente	Efectivo, especialmente en los suelos friccionantes.	No es viable económicamente, en los taludes de gran altura.
Terraceo de la superficie	Además de darle estabilidad al deslizamiento, permite construir obras para controlar la erosión.	Cada terraza debe ser estable independientemente.
Colocación de bermas o contrapesos	Contrarrestan el momento de las fuerzas actuantes y, además, actúan como estructura de contención.	Se requiere una cimentación con suficiente capacidad de soporte.

Fuente: Suarez, 1996.

Terraceo del talud. El terraceo se puede realizar con el propósito de controlar la erosión y facilitar el establecimiento de la vegetación, o para aumentar el factor de seguridad (figura 6.2).

La altura de las gradas es generalmente de 5 a 7 metros y cada grada debe tener una cuneta revestida para el control del agua superficial. El sistema de cunetas a su vez debe conducir a una estructura de recolección y entrega con sus respectivos elementos de disipación de energía. Las terrazas son muy útiles para control de aguas de escorrentía. Al construir las terrazas, el talud puede quedar dividido en varios taludes de comportamiento independiente, produciéndose taludes estables.

Para el diseño de bermas y pendientes se deben tener en cuenta los siguientes criterios:

- **Formación geológica.** A mayor competencia de la roca se permiten mayores pendientes y mayores alturas. Las areniscas, calizas y rocas ígneas duras y sanas, permiten taludes casi verticales y grandes alturas. Los esquistos y lutitas no permiten taludes verticales. Se deben colocar bermas anchas en los sitios de cambios bruscos de litología.
- **Meteorización.** Al aumentar la meteorización se requieren taludes más tendidos, menores alturas entre bermas y mayor ancho de las gradas. Los materiales muy meteorizados requieren de taludes inferiores a 1H: 1V, y en la mayoría de las formaciones geológicas no se permiten alturas entre bermas superiores a 7.0 metros y requieren anchos de berma de mínimo 4.0 metros.
- **Microestructura y estructura geológica.** A menos que las discontinuidades se encuentren bien cementadas, las pendientes de los taludes no deben tener ángulos superiores al buzamiento de las diaclasas o planos de estratificación. Entre menos espaciadas sean las discontinuidades se requieren pendientes menores de talud. Para materiales muy fracturados se requieren taludes, alturas y bermas similares a los que se recomiendan para materiales meteorizados.

- **Niveles freáticos y comportamiento hidrológico.** Los suelos saturados no permiten taludes superiores a 2H: 1V, a menos que tengan una cohesión alta.
- **Sismicidad.** En zonas de amenaza sísmica alta no se deben construir taludes semiverticales o de pendientes superiores a 1/2H:1V, a menos que se trate de rocas muy sanas.
- **Factores antrópicos.** En zonas urbanas no se recomienda construir taludes con pendientes superiores a 1H: 1V y las alturas entre bermas no deben ser superiores a 5.0 metros.
- **Elementos en riesgo.** Los taludes con riesgo de vidas humanas deben tener factores de seguridad muy altos.