

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A6977

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN EL CENTRO POBLADO DE CHANCHARÁ

Región Huancavelica
Provincia Churcampa
Distrito El Carmen



NOVIEMBRE
2019

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN EL CENTRO POBLADO DE CHANCHARÁ (Distrito El Carmen, provincia Churcampa, región Huancavelica)

ÍNDICE

RESUMEN	2
1. INTRODUCCIÓN.....	3
1.1. OBJETIVOS DEL ESTUDIO.....	3
1.2. ESTUDIOS ANTERIORES.....	4
2. GENERALIDADES	5
2.1. UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD.....	5
2.2. CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	6
3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS.....	8
3.1. GEOFORMAS DE CARÁCTER TECTÓNICO DEGRADACIONAL Y EROSIONAL	8
3.2. GEOFORMAS DE CARÁCTER DEPOSITACIONAL O AGRADACIONAL.....	9
4. ASPECTOS GEOLÓGICOS.....	11
4.1. UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS.....	11
5. PELIGROS GEOLÓGICOS	15
5.1. CONCEPTOS BÁSICOS.....	15
5.1.1. DESLIZAMIENTOS	15
5.1.2. DERRUMBES	16
5.1.3. FLUJOS	17
5.1.4. CÁRCAVAS.....	19
6. DESLIZAMIENTOS EN EL CENTRO POBLADO DE CHANCHARÁ.....	20
6.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS DESLIZAMIENTOS.....	20
7. MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y/O MITIGACIÓN EN LA ZONA EVALUADA.....	25
CONCLUSIONES.....	29
RECOMENDACIONES.....	30
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	31

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN EL CENTRO POBLADO DE CHANCHARÁ (Distrito El Carmen, provincia Churcampa, región Huancavelica)

RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa en el centro poblado de Chanchará. Con este trabajo, el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), cumple con una de sus funciones que consiste en brindar asistencia técnica de calidad e información actualizada, confiable, oportuna y accesible en geología.

En el centro poblado de Chanchará se identificaron movimientos en masa de tipo deslizamientos, flujos de detritos (huaicos), derrumbes, así como erosión de laderas a manera de cárcavas, estas últimas transportan material que es canalizado hasta su desembocadura en la quebrada Armahuayjo.

Entre los factores condicionantes que originaron los peligros geológicos identificados, se tienen: la morfología de las montañas, la pendiente del terreno, la composición litológica y calidad del substrato rocoso, así como el tipo de suelo que es de fácil remoción por acción hídrica. Las precipitaciones pluviales extraordinarias y la sismicidad de la zona son los factores desencadenantes que originan dichos eventos. También es importante considerar la exposición por la ocupación urbana no planificada.

Por las condiciones geológicas-geodinámicas y los antecedentes históricos, el centro poblado de Chanchará es considerado como Zona Crítica, de peligro alto por deslizamientos, derrumbes y flujos de detritos, ante la presencia de lluvias intensas y/o extraordinarias.

Finalmente, se brindan las recomendaciones viables técnica y económicamente por la población y sus autoridades, para reducir la vulnerabilidad y por tanto el riesgo a los peligros geológicos. Estas propuestas de solución se plantean con la finalidad de minimizar las ocurrencias de los procesos identificados; así como también evitar la generación de nuevas ocurrencias o eventos futuros que causen daños.

1. INTRODUCCIÓN

El Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), dentro de sus distintas funciones brinda asistencia técnica de calidad e información actualizada, confiable, oportuna y accesible en geología; que permite identificar, caracterizar, evaluar y diagnosticar aquellas zonas urbanas o rurales, que podrían verse afectadas por fenómenos geológicos que pudiera desencadenar en desastres. Estos estudios, concebidos principalmente como herramientas de apoyo a la planificación territorial y la gestión del riesgo (planes de emergencia), son publicados en boletines y reportes técnicos. Esta labor es desarrollada, principalmente, por la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico a través de la ACT.7: Evaluación de peligros geológicos a nivel nacional.

El alcalde de la Municipalidad Distrital El Carmen, Hugo Galván De La Peña, mediante Oficio N° 106-2019-MDEC/A de fecha 22 de mayo de 2019, solicitó al INGEMMET realice el estudio de peligros geológicos en el distrito de El Carmen, provincia de Churcampa, región Huancavelica, específicamente en el centro poblado de Chanchará.

Para la evaluación de los peligros geológicos en el centro poblado de Chanchará, el INGEMMET, a través de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico, dispuso una brigada especializada para que evalúe las zonas afectadas. La brigada estuvo conformada por los profesionales Manuel Vílchez y Julio Lara para realizar la inspección técnica. Los trabajos de campo se realizaron el día 01 de julio del presente año.

La evaluación técnica, se basó en la recopilación y análisis de información existente de trabajos anteriores realizados por el INGEMMET y otras instituciones técnicas competentes, la interpretación de imágenes satelitales de la zona de estudio, preparación de mapas temáticos preliminares para trabajos de campo, toma de datos en campo (fotografías y puntos de control con GPS), cartografiado geológico y geodinámico en campo, y finalmente la redacción del informe técnico correspondiente.

Este informe, se pone en consideración del Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED), el Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI), autoridades y funcionarios competentes, para la ejecución de medidas de mitigación y reducción del riesgo, a fin de que sea un instrumento técnico para la toma de decisiones en el distrito El Carmen.

1.1. OBJETIVOS DEL ESTUDIO

- Realizar la evaluación geológica-geodinámica del centro poblado de Chanchará ubicado en el distrito El Carmen, provincia Churcampa, región Huancavelica.
- Determinar las causas de origen de los peligros geológicos identificados.
- Recomendar acciones viables técnica y económicamente que permitan mitigar los peligros geológicos.

1.2. ESTUDIOS ANTERIORES

Entre los estudios realizados con anterioridad y que se tomaron como base para la realización del presente informe, se tienen:

- “Estudio de riesgos geológicos del Perú-Franja N° 3” (Dirección de Geología Ambiental, 2003). Según este estudio, el centro poblado de Chanchará se ubica en zonas con un riesgo muy alto a la ocurrencia de peligros geológicos tipo deslizamientos y movimientos complejos, así como un riesgo alto a la ocurrencia de flujos de detritos y lodo. Las características de estas áreas son la presencia de laderas de pendientes fuertes a muy fuertes, rocas con discontinuidades favorables, muy fracturadas, formaciones superficiales inconsolidadas a medianamente consolidadas, medianamente saturadas a saturadas, donde han ocurrido estos fenómenos o existe alta posibilidad de que ocurra. Finalmente, plantean medidas de prevención y mitigación para las zonas afectadas por los diferentes peligros geológicos.
- “Zonas críticas por peligros geológicos en la región Huancavelica” (Vilchez & Ochoa, 2014). En la región Huancavelica identificaron 1740 ocurrencias de peligros geológicos, entre las que destacan con un mayor número de ocurrencias los derrumbes, flujos de detritos, caídas de rocas, deslizamientos, etc. También identificaron 45 zonas críticas en toda la región Huancavelica, de las cuales 6 se encuentran en la provincia de Churcampa. La zona crítica corresponde a la Carretera Central tramo comprendido entre Quichuas y Mayoc (distritos de San Miguel de Mayoc, Locroja, El Carmen, Anco, Cosme y Colcabamba). Finalmente, recomiendan mejorar la carretera asfaltándola y construyendo alcantarillas, pontones y badenes que permitan el libre discurrir de los huacos, realizar la limpieza y descolmatado de quebradas, así como monitorear los deslizamientos activos.

En el mapa de susceptibilidad a movimientos en masa, escala 1: 250 000 (escala regional) elaborado por el INGEMMET (2018); el centro poblado de Chanchará se localiza en una zona de susceptibilidad alta a la ocurrencia de movimientos en masa, mientras que los alrededores presentan susceptibilidad muy alta a la ocurrencia de movimientos en masa (figura 1).

Susceptibilidad Alta: Zonas en donde la mayoría de condiciones del terreno son favorables para generar movimientos en masa, cuando se modifican sus taludes. Comprenden substratos rocosos de limolitas, limoarcillitas, areniscas, capas rojas, conglomerados, pizarras, areniscas y rocas intrusivas. Los relieves que presentan susceptibilidad alta son las montañas de moderada y fuerte pendiente, montañas y colinas estructurales, los terrenos que presentan pendientes que varían entre 20° y 35° (algunos casos hasta 45°), entre otros.

Susceptibilidad Muy Alta: Zonas en donde todas las condiciones del terreno son muy favorables para generar movimientos en masa. Principalmente son áreas donde ocurrieron deslizamientos en el pasado o recientes (inventariados en el presente estudio), o reactivaciones de los antiguos al modificar sus taludes, ya sea

como deslizamientos, derrumbes o movimientos complejos. Están concentrados donde el substrato rocoso es de mala calidad, comprende: rocas metamórficas (esquistos, pizarras y filitas), sedimentarias (limolitas, limoarcillitas, areniscas y yeso) y depósitos de vertiente (coluvio-deluviales), así como laderas con pendiente entre 20° y 35°, morfologías de montañas de moderada a fuerte pendiente y piedemontes (depósitos de deslizamientos antiguos, entre otros).

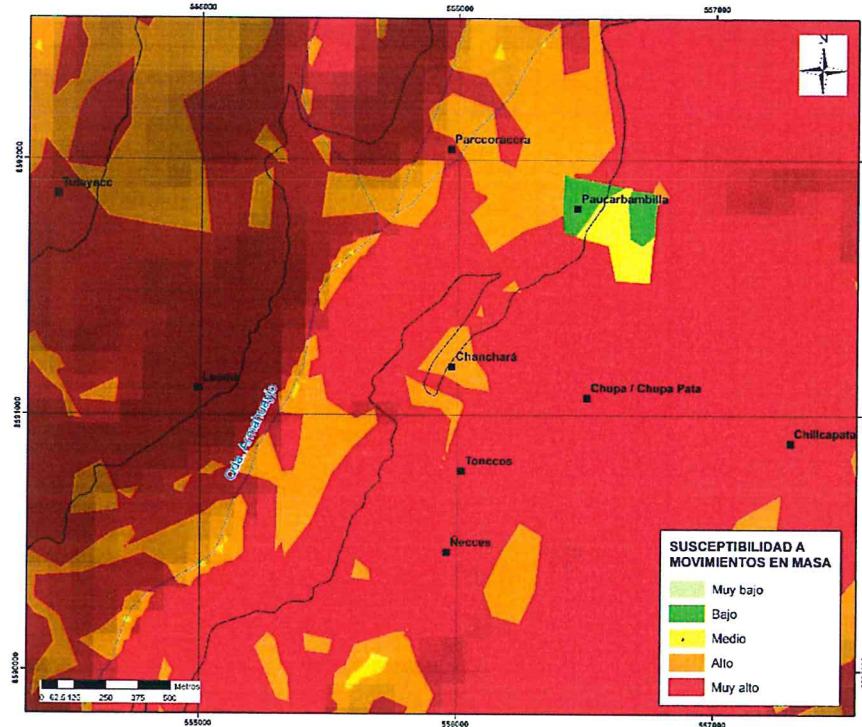


Figura 1. Mapa de susceptibilidad a movimientos en masa en la zona de estudio, donde se puede encontrar al centro poblado de Chanchará en zonas de muy alta y alta susceptibilidad a la ocurrencia de movimientos en masa

2. GENERALIDADES

2.1. UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD

El centro poblado de Chanchará se encuentra ubicado en la margen izquierda de la quebrada Armahuayjo, tributario del río Mantaro. Políticamente pertenece al distrito de El Carmen, provincia Churcampá, región Huancavelica; en las coordenadas centrales UTM (WGS 84-Zona 18 Sur), figura 2:

Centro poblado	Coordenada N	Coordenada E	Altitud
Chanchará	8 591 191.64	555 980.12	3 073 m s.n.m.

El acceso a la zona de estudio, desde la ciudad de Lima, es por vía terrestre, para ello se debe seguir la siguiente ruta: Lima-Matucana-La Oroya-Jauja-Huancayo-

Pampas-Locroja-Paucarbambilla-Chanchará por un tiempo estimado de 11 h 40 min, a través de 503.1 km aproximadamente.

El itinerario que se siguió fue el siguiente:

Desde	Vía	Kilómetros	Tiempo estimado
Lima a Huancayo	Terrestre	304 km	6h 46min
Huancayo a Pampas		71 km	1h 30min
Pampas a Locroja		112.1 km	2h 49min
Locroja a Chanchará		16 km	35 min

2.2. CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA DE ESTUDIO

La zona de estudio está situada en el piso altitudinal entre 2 300 a 3 500 m s.n.m.

Se ubica en la margen izquierda de la quebrada Armahuayjo que forma parte de la cuenca del río Mantaro.

El río Mantaro es el principal curso de agua que atraviesa la región central del Perú y cuenta con un área de drenaje de 33, 600 km².

El río Mantaro nace prácticamente de la laguna de Junín a una altitud de 4,080 m.s.n.m. y recorre aproximadamente 700 km hasta su confluencia con el río Apurímac, a 480 m.s.n.m., dando origen en este punto al río Ene; teniendo una pendiente promedio de 0.51% (INGEMMET, 1980).

El río Mantaro tiene un régimen de descargas muy irregular siendo en algunos casos torrencioso, con una diferencia pronunciada entre sus valores extremos, variando entre una alta concentración de las descargas durante un corto período del año, denominada período de avenidas, y una gran escasez o disminución de las mismas durante el período restante.

El área de trabajo presenta un clima frío, lluvioso, con lluvia deficiente en otoño e invierno, con humedad relativa que calificada como húmeda (SENAMHI, 2002).

La precipitación anual promedio es de 700 mm, mientras que la temperatura media anual se encuentra en 12 °C.

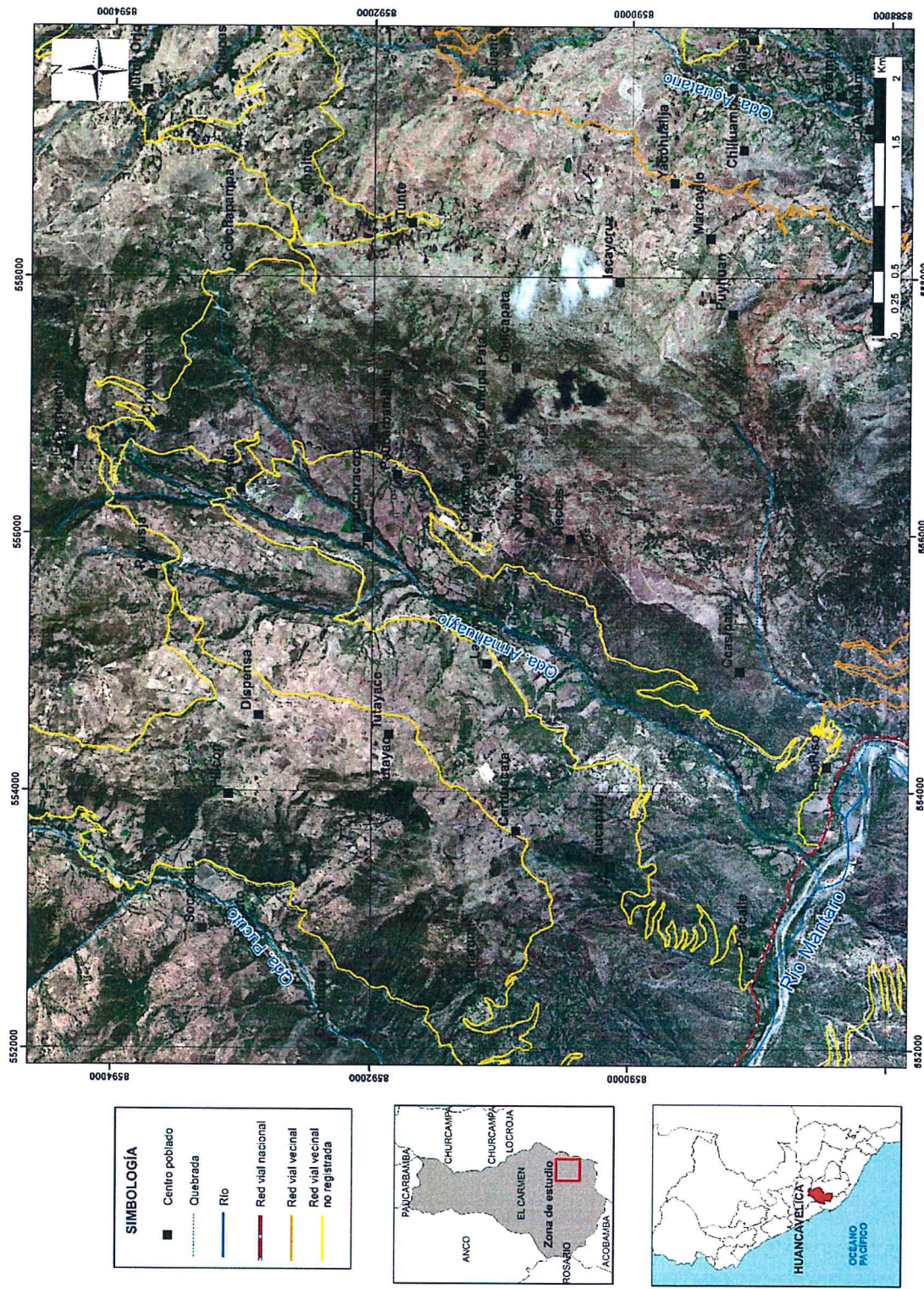


Figura 2. Ubicación del centro poblado Chanchará en la margen izquierda de la quebrada Armahuayajo

3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

Para poder caracterizar las unidades geomorfológicas identificadas en la zona de estudio, se consideraron criterios de control como: la homogeneidad litológica y la caracterización conceptual en base a aspectos del relieve en relación a la erosión (denudación) y sedimentación (acumulación).

Las geofomas particulares individualizadas se agrupan en dos tipos generales del relieve en función a su altura relativa, donde se diferencian: 1) Montaña y 2) Piedemonte. Ver cuadro 1.

Se tomó en cuenta, para la clasificación de las unidades geomorfológicas, la publicación de Villota (2005).

Cuadro 1. Unidades geomorfológicas identificadas

Unidades geomorfológicas de carácter tectónico degradacional y erosional	
Unidad	Sub unidad
Montaña	Montaña en roca sedimentaria (RM-rs)
Unidades geomorfológicas de carácter depositacional o agradacional	
Unidad	Sub unidad
Piedemonte	Vertiente o piedemonte aluvio-torrencial (P-at)
	Vertiente o piedemonte coluvio-deluvial (V-cd)

3.1. GEOFORMAS DE CARÁCTER TECTÓNICO DEGRADACIONAL Y EROSIONAL

Resultan del efecto progresivo de los procesos morfodinámicos degradacionales sobre los relieves iniciales originados por la tectónica o sobre algunos paisajes construidos por procesos exógenos agradacionales, estos procesos conducen a la modificación parcial o total de estos a través del tiempo geológico y bajo condiciones climáticas cambiantes (Villota, 2005).

Los paisajes morfológicos, resultantes de los procesos denudativos forman parte de las cadenas montañosas, colinas, superficies onduladas y lomadas. Dentro de este grupo se tiene la siguiente unidad:

Unidad de montaña

Es la unidad o componente de cualquier cadena montañosa y se define como una gran elevación natural del terreno, de diverso origen, con más de 300 metros de desnivel, cuya cima puede ser aguda, sub aguda, semi redondeada, redondeada o tabular y cuyas laderas regulares, irregulares a complejas y que presenta un declive promedio superior al 30% (FAO, 1968).

Subunidad de montañas en rocas sedimentarias (RM-rs)

Estas formas del relieve están conformadas por substratos rocosos sedimentarios tipo conglomerados, calizas y areniscas, reducidos por procesos denudativos y que se encuentran conformando elevaciones alargadas y de pendiente moderada a alta (25° a 45°).

Estas geoformas se ubican en los alrededores del centro poblado de Chanchará (figura 3).



Figura 3. Vista panorámica de las montañas en rocas sedimentarias (RM-rs) identificadas al sureste del centro poblado de Chanchará. Vista al sureste

3.2. GEOFORMAS DE CARÁCTER DEPOSITACIONAL O AGRADACIONAL

Estas geoformas son resultado del conjunto de procesos geomorfológicos a los que se puede denominar constructivos, determinados por fuerzas de desplazamiento, como por agentes móviles, tales como: el agua de escorrentía y los vientos; 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. Dentro de este grupo se tienen la siguiente unidad:

Unidad de Piedemonte

Estas geoformas son resultado del conjunto de procesos geomorfológicos constructivos, determinados por fuerzas de desplazamiento, como por agentes móviles, tales como: el agua de escorrentía, los glaciares, las corrientes marinas, las mareas y los vientos, 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.

Las geoformas de carácter depositacional, identificadas en la zona de estudio, son:

Subunidad de vertiente o piedemonte aluvio-torrencial (P-at)

Esta unidad geomorfológica corresponde a los depósitos dejados por los flujos de detritos (huaicos) y de lodo de tipo excepcional. Se caracteriza por tener una pendiente suave (menor a 5°).

Está compuesto por fragmentos rocosos heterométricos (bloques, bolos y detritos), subangulosos, en matriz limo-arenosa, transportados por las quebradas y depositados en forma de cono.

Se identificaron estos piedemontes al sureste del centro poblado de Chanchará.

Subunidad de vertiente o piedemonte coluvio-deluvial (V-cd)

Esta unidad corresponde a las acumulaciones de laderas originadas por procesos de movimientos en masa (deslizamientos y derrumbes), así como también por la acumulación de material fino y detrítico, caídos o lavados por escorrentía superficial, los cuales se acumulan sucesivamente al pie de laderas.

Sobre estas geofomas se ubica el centro poblado de Chanchará (figura 4).

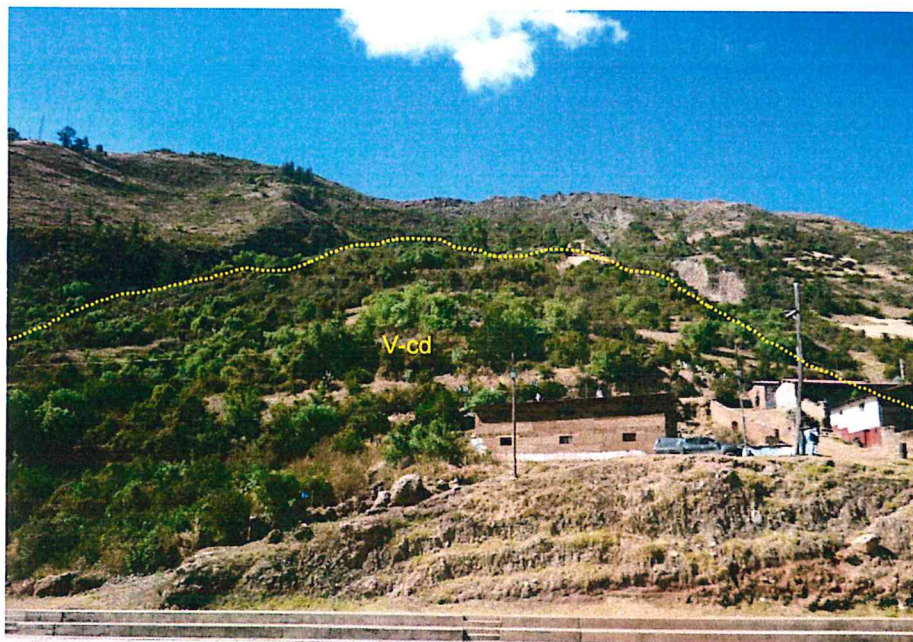


Figura 4. Piedemonte coluvio-deluvial (V-cd) formado por la acumulación de los depósitos de deslizamientos identificados en el centro poblado de Chanchará. Vista al sureste

4. ASPECTOS GEOLÓGICOS

El análisis geológico del área de estudio, se desarrolló teniendo como base el Boletín N° 72-Geología del cuadrángulo de Huanta-Hoja: 26-ñ (López et al., 1996), y la Revisión y actualización del cuadrángulo de Huancavelica (26-n) (Romero & Torres, 2003), donde indican que en la zona de estudio afloran rocas sedimentarias tipo conglomerados, calizas y areniscas, así como depósitos Cuaternarios (aluvio-torrenciales y coluvio-deluviales).

También se trabajó en base a la interpretación de imágenes de satélite y observaciones de campo para realizar un cartografiado a mayor detalle.

4.1. UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS

Las unidades litoestratigráficas que afloran en el área de estudio, corresponden a rocas sedimentarias y depósitos Cuaternarios (figura 5), diferenciándose las siguientes:

Grupo Cabanillas (D-ca)

Las rocas de este grupo se distribuyen ampliamente a manera de franja alargada con dirección NO-SE. Litológicamente, está compuesto en sus niveles más inferiores por una secuencia monótona de limoarcillitas, filitas, esquistos y pizarras oscuras de color negro, con algunas intercalaciones de areniscas oscuras y gris verdosas de grano grueso en capas delgadas.

Grupo Mitu (PsT-mi)

El Grupo Mitu de la región de Huancavelica fue dividido en dos miembros: Miembro Inferior y Miembro Superior. El Miembro Inferior está compuesto principalmente por rocas sedimentarias, formando una secuencia compuesta por areniscas intercaladas con conglomerados y limoarcillitas. Las unidades litoestratigráficas de este grupo afloran al norte y oeste del centro poblado de Chanchará. El Miembro Superior está compuesto principalmente por tobas, brechas y coladas volcánicas de composición andesítica a basáltica (fotografía 1).

Grupo Pucará (TrJi-pu)

Litológicamente se caracteriza por presentar en la parte inferior calizas grises a veces con chert intercaladas con areniscas cuarzosas verdosas; en algunos casos en la parte inferior se intercalan secuencias compuestas por coladas volcánicas (basaltos y andesitas), areniscas cuarzo-feldespáticas y limoarcillitas rojas. Hacia la parte media y superior se tiene calizas grises intercaladas con dolomitas y limoarcillitas grises.



Fotografía 1. Miembro superior del Grupo Mitu compuesto por tobas, brechas y coladas volcánicas de composición andesítica a basáltica. Vista al este

Grupo Goyllarisquizga (Ki-g)

Las rocas que pertenecen a este grupo se encuentran al sureste del centro poblado de Chanchará. Está compuesto por una secuencia de areniscas cuarzosas rojizas intercaladas con limoarcillitas a la base y hacia el techo se tiene areniscas cuarzosas blancas, esta secuencia está cortada por sills y diques de andesitas basálticas y basaltos.

Formación Chúlec-Pariatambo (Ki-ch-p)

Litológicamente está compuesta por arcillitas calcáreas en la base, pasando hacia arriba a margas interestratificadas con calizas en estratos delgados con una coloración gris amarillenta y con grosores inferiores a 50 cm. En la parte media de la secuencia se encuentran calizas micríticas de color gris claro con alto contenido de nódulos de chert. Hacia la parte superior se tienen calizas beige en estratos gruesos, micríticas, en algunos casos grises a gris oscuras.

Formación Huanta (Nm-H)

Aflora a manera de una franja alargada de dirección NO-SE. Litológicamente se halla compuesta por conglomerados con clastos subangulosos a subredondeados de volcánicos, calizas y areniscas, con diámetros de hasta 15 cm, intercalados con areniscas cuarzo feldespáticas, limolitas y limoarcillitas rojas.

Depósitos aluviales (Qh-al)

Estos depósitos se ubican mayormente en las altas quebradas y con pendientes fuertes. Se componen de gravas y bloques subangulosos a subredondeados

envueltos en una matriz limosa; intercalados con arenas gruesas conglomerádicas.

Depósitos coluvio-deluviales (Qh-cd)

Esta unidad litoestratigráfica consiste principalmente de bloques y gravas subangulosos a angulosos en una matriz limosa a limo-arenosa (fotografía 2). Agrupa depósitos de piedemonte de diferente origen (gravitacional y fluvio-gravitacional), que se acumulan en vertientes o márgenes de los valles como también en laderas superiores; en muchos casos son resultado de una mezcla de ambos. En conjunto, por su naturaleza son susceptibles a la erosión pluvial, remoción y generación de flujos de detritos (huaicos), y cuando son el resultado de antiguos movimientos en masa son susceptibles a reactivaciones detonadas por precipitaciones pluviales o al realizar modificaciones en sus taludes naturales. Se identificaron depósitos coluvio-deluviales, producidos por las precipitaciones extraordinarias ocurridas en la zona de estudio. Sobre estos depósitos se encuentra el centro poblado de Chanchará.



Fotografía 2. Depósitos coluvio-deluviales, sobre los cuales se ubica el centro poblado de Chanchará, formados por deslizamientos antiguos. Vista al suroeste

Depósitos aluvio-torrenciales (Qh-at)

Se encuentran conformados por fragmentos rocosos heterométricos (guijarros, gravas y bloques) con relleno limo arenoso-arcilloso, depositado en el fondo de valles tributarios y conoides deyectivos, en la confluencia de las quebradas. Ocupan las partes bajas del relieve montañoso y adyacente a las referidas zonas. Corresponden a depósitos de flujos de detritos (huaicos) y de lodo antiguos y recientes identificados en el centro poblado de Chanchará.

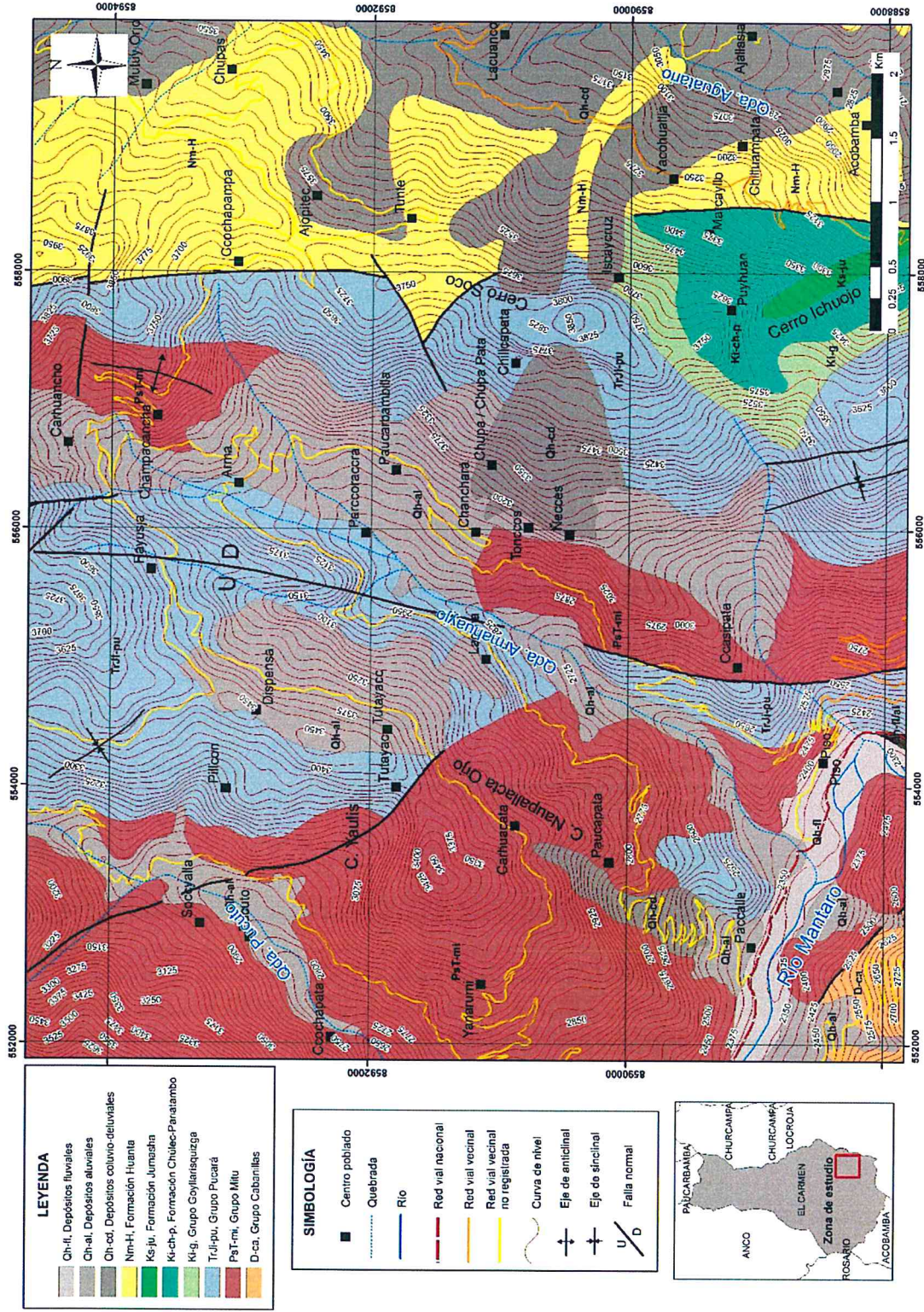


Figura 5. Mapa geológico de la zona de estudio

5. PELIGROS GEOLÓGICOS

Los peligros geológicos identificados en el centro poblado de Chanchará, corresponden a movimientos en masa de tipo deslizamientos, derrumbes y flujos de detritos (PMA: GCA, 2007), así como erosión de laderas en forma de cárcavas.

Estos procesos son resultado del modelamiento del terreno, así como la incisión sufrida por los cursos de agua en la Cordillera Occidental, que conllevó a la generación de diversos movimientos en masa, que modificaron la topografía de los terrenos y movilizaron cantidades variables de materiales desde las laderas hacia el curso de los ríos y quebradas.

Estos movimientos en masa, tienen como causas o condicionantes factores intrínsecos, como son la geometría del terreno, la pendiente, el tipo de roca, el tipo de suelo, el drenaje superficial-subterráneo, la cobertura vegetal, entre otros. Se tiene como “desencadenantes” de estos eventos las precipitaciones pluviales periódicas y extraordinarias, así como la sismicidad de la zona.

5.1. CONCEPTOS BÁSICOS

A continuación, se describen algunos términos referentes a peligros geológicos y que serán utilizados en el presente informe técnico.

5.1.1. DESLIZAMIENTOS

Los deslizamientos son movimientos ladera abajo de una masa de suelo o roca, desplazándose a lo largo de una superficie. Según Varnes (1978), se clasifica a los deslizamientos por la forma de la superficie de falla o ruptura por donde se desplaza el material, en traslacionales y rotacionales. En rocas competentes las tasas de movimiento son con frecuencia bajas, excepto en presencia de materiales altamente frágiles como las arcillas (PMA: GCA, 2007).

Los deslizamientos rotacionales son un tipo de deslizamiento en el cual la masa se mueve a lo largo de una superficie de falla curva y cóncava (figura 6). Los deslizamientos rotacionales muestran una morfología distintiva caracterizada por un escarpe principal pronunciado, y una contra-pendiente en la superficie de la cabeza del deslizamiento hacia el escarpe principal. La deformación interna de la masa desplazada es usualmente muy poca. Debido a que el mecanismo rotacional es auto-estabilizante, y este ocurre en rocas poco competentes, la tasa de movimiento es con frecuencia baja, excepto en presencia de materiales altamente frágiles como las arcillas sensitivas.

Los deslizamientos rotacionales pueden ocurrir lenta a rápidamente, con velocidades menores a 1 m/s. (PMA: GCA, 2007).

En la figura 7, se representa las partes principales de un deslizamiento rotacional.

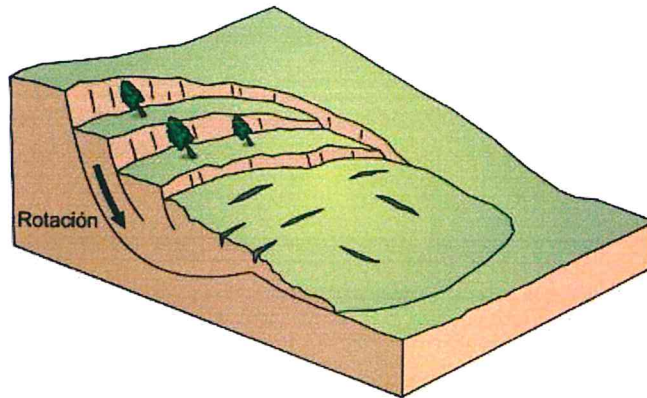
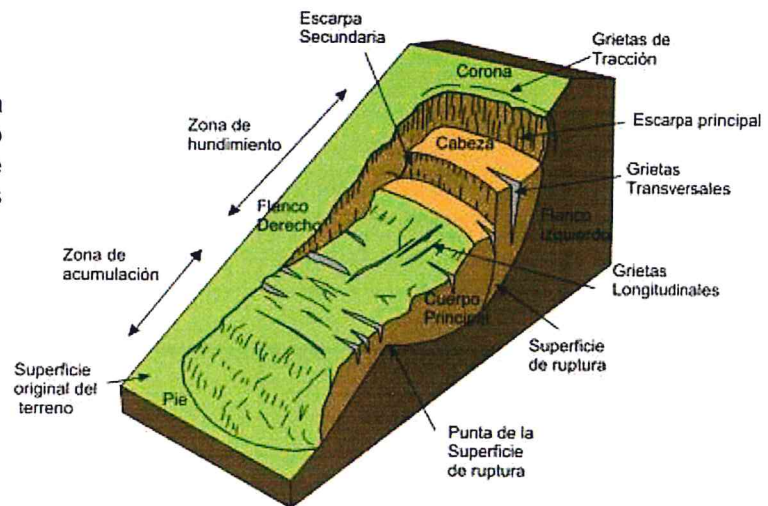


Figura 6. Esquema de un deslizamiento rotacional (tomado del Proyecto Multinacional Andino, 2007)

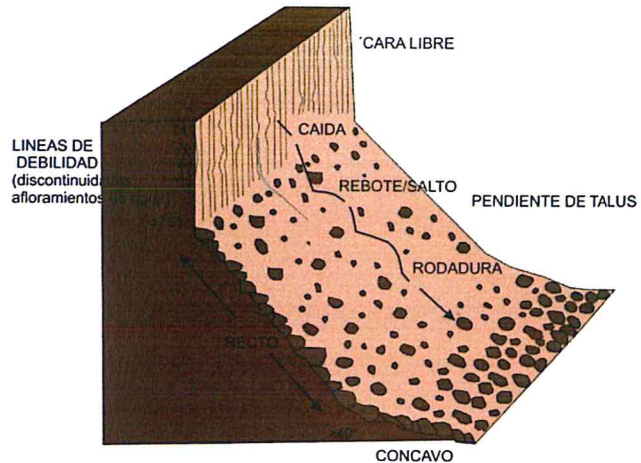
Figura 7. Esquema de un deslizamiento rotacional dónde se muestra sus partes principales



5.1.2. DERRUMBES

Los derrumbes son caídas violentas de material que se puede dar tanto en macizos rocosos como depósitos de cobertura, desarrollados por: heterogeneidad litológica, meteorización, fracturamiento, fuertes pendientes, humedad y/o precipitaciones, sismos y erosión generada en las márgenes. Estos fenómenos suelen producirse en taludes verticales en suelos inconsolidados a medianamente consolidados, rocas muy fracturadas y en el corte de carreteras, canteras, acantilados marinos, taludes de terraza, etc., figura 8.

Figura 8. Esquema de un derrumbe (Vilchez, 2015)



5.1.3. FLUJOS

Son movimientos en masa que durante su desplazamiento exhiben un comportamiento semejante al de un fluido; pueden ser rápidos o lentos, saturados o secos. En muchos casos se origina a partir de otro tipo de movimiento, ya sea un deslizamiento o una caída (Varnes, 1978).

Según la proporción de las fracciones sólidas y líquidas que conforman el flujo, así como por el mecanismo de movimiento y la velocidad del movimiento se pueden diferenciar hasta siete tipos diferentes de eventos: flujo seco, flujo de detritos, inundación de detritos, flujo de lodo, flujo de tierra, avalancha de rocas y avalancha de detritos (Varnes, 1978; Hungr et al. 2001 y Hungr, 2005).

a) *Flujo de detritos (huaicos)*

Es un flujo muy rápido a extremadamente rápido de detritos saturados, no plásticos (índice de plasticidad menor al 5 %), que transcurre principalmente confinado a lo largo de un canal o cauce con pendiente pronunciada.

Los flujos de detritos pueden ser rápidos o lentos, saturados o secos y originarse a partir de otros procesos, como deslizamientos o desprendimientos de rocas (Varnes, 1978).

Son capaces de transportar grandes volúmenes de fragmentos rocosos de diferentes tamaños y alcanzar grandes extensiones de recorrido, más aún si la pendiente es mayor.

Se refieren a movimientos en masa que durante su desplazamiento se comportan como un fluido; pueden ser lentos, saturados o secos, canalizados y no canalizados.

Según Hungr & Evans (2004) los flujos se pueden clasificar de acuerdo al tipo y propiedades del material involucrado, la humedad, la velocidad, el confinamiento lateral (canalizado o no canalizado) y otras características que puedan hacerlos distinguibles. Por ejemplo, se tienen flujos de detritos (huaicos), flujos de lodo, avalanchas de detritos o de rocas, etc. (figura 9).

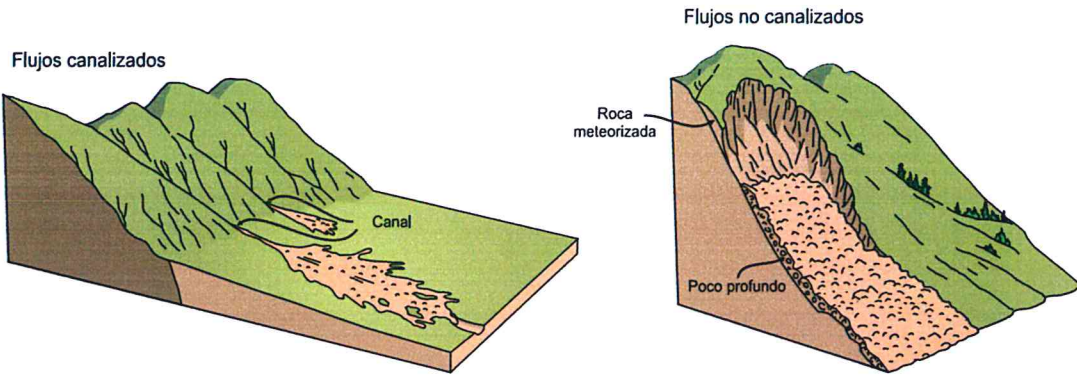


Figura 9. Esquema de flujos canalizados y no canalizados (Cruden & Varnes, 1996)

En este tipo de procesos se muestra una zona de inicio que forma un embudo, una zona de transición o tránsito y una zona de depositación en abanico como se muestra en la figura 10 (Bateman *et al*, 2006).

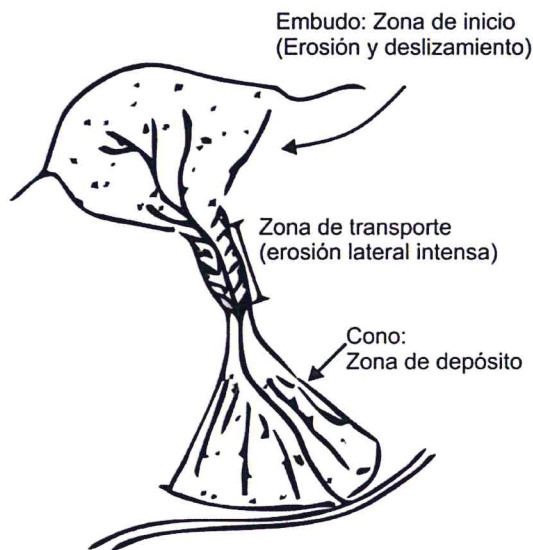


Figura 10. Esquema de generación de un flujo (Modificado de: Bateman *et al*, 2006)

Normalmente los flujos canalizados buscan retomar su lecho natural. El potencial destructivo de estos procesos está dominado por su velocidad y la altura alcanzada por el material arrastrado. La mayoría de los flujos de detritos alcanzan velocidades en el rango de movimiento extremadamente rápido y por naturaleza son capaces de producir la muerte de personas (Hung, 2005).

Por ello, estos eventos son muy violentos y tienen una gran cantidad de energía que destruye todo lo que encuentran a su paso. Por tanto, es muy importante una caracterización geológica detallada de los eventos, asociada al grado de peligro al que está expuesta un área determinada.

5.1.4. CÁRCAVAS

Según Poesen (1993) una cárcava es un canal resultante de la erosión causada por un flujo intermitente de agua durante o inmediatamente después de fuertes lluvias.

La FAO (1967) describe el crecimiento de las cárcavas como el resultado de la combinación de diferentes procesos, los cuales pueden actuar de manera aislada. Estos procesos comprenden:

- Erosión en el fondo o en los lados de la cárcava por la corriente de agua y materiales abrasivos (fragmentos de roca o partículas de suelo).
- Erosión por el agua de escorrentía que se precipita en la cabecera de la cárcava y que ocasiona la regresión progresiva de ésta.
- Derrumbes en ambos lados de la cárcava por erosión de las aguas de escorrentía.

Las cárcavas inicialmente tienen una sección transversal en forma de "V" pero al presentarse un material más resistente a la erosión o interceptar el nivel freático, se extienden lateralmente, tomando una forma en "U" (figura 11).

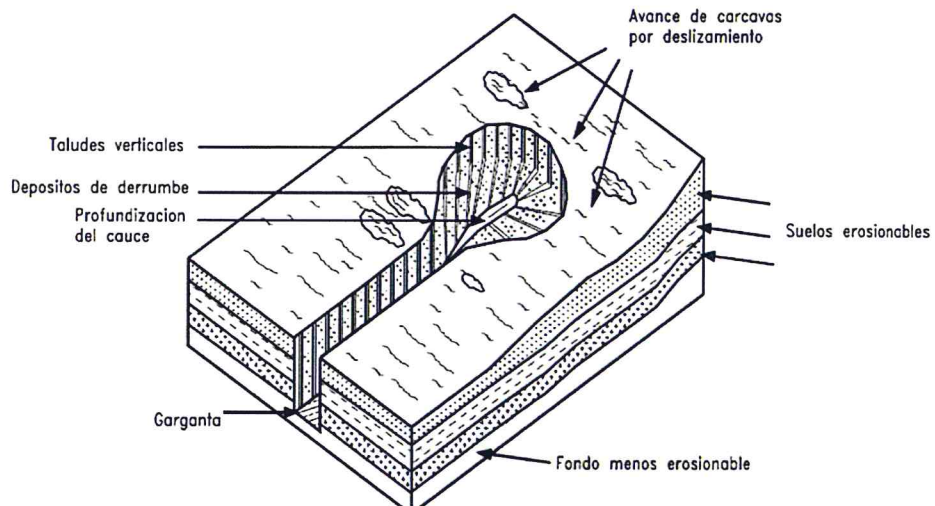


Figura 11. Esquema general de una cárcava. Tomado de Suárez (1998)

6. DESLIZAMIENTOS EN EL CENTRO POBLADO DE CHANCHARÁ

Los datos obtenidos en los trabajos de campo y la interpretación de imágenes satelitales permitió la identificación, delimitación y caracterización de los deslizamientos en el centro poblado de Chanchará.

Se identificaron deslizamientos antiguos de tipo rotacional. Se hizo la cartografía de estos eventos, así como de los escarpes principales y secundarios con alturas verticales mayores a 10 metros y 5 metros, respectivamente.

También se identificaron derrumbes y erosión de laderas a manera de cárcavas al sureste del centro poblado de Chanchará. Estos eventos generan material que es removido ladera abajo en forma de flujos de detritos y lodo.

A continuación, se detallan las características de estos peligros geológicos, los factores condicionantes y desencadenantes que favorecieron su ocurrencia y los daños que se podrían generar en el mencionado sector.

6.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS DESLIZAMIENTOS

Para la ocurrencia de los deslizamientos antiguos identificados se han considerado factores condicionantes y desencadenantes. Entre los factores condicionantes se tienen: la pendiente del terreno, la composición litológica y calidad del substrato rocoso, así como el tipo de suelo que es de fácil remoción por acción hídrica. Los deslizamientos, posiblemente, se originaron a consecuencia de las lluvias extraordinarias e intensas que ocurrieron en esta zona, la presencia de agua subterránea y la sismicidad presente en la zona.

Los deslizamientos tienen las siguientes características y dimensiones:

- Longitud de escarpas principales: hasta 700 m aproximadamente.
- Longitud de escarpas secundarias: hasta 350 m aproximadamente.
- Forma de las superficies de rotura: rotacional.
- Saltos principales de más de 10 m.
- Presencia de saltos secundarios de más de 5 m (figuras 12 y 13).
- Presencia de agrietamientos longitudinales a los escarpes principales, ubicados dentro del área deslizada (figura 14).
- Diferencia de altura de la corona al pie de los deslizamientos principales: 1.46 km
- Áreas aproximadas de los deslizamientos: 51 ha.
- Se identificaron asentamientos y reactivaciones en el cuerpo del deslizamiento que hacen inestable la zona.

Factores condicionantes:

- a) Configuración geomorfológica de la zona de estudio (montañas modeladas en rocas sedimentarias).

- b) Pendiente promedio de la ladera de la montaña entre los 25° y 45°.
- c) Características litológicas del área (afloramientos de rocas de diferente competencia, conformados por secuencias del Grupo Mitu, Grupo Pucará y Grupo Goyllarisquizga; en donde se tienen areniscas, conglomerados, limoarcillitas, tobas, brechas, coladas volcánicas y calizas. Se consideran a estas secuencias como rocas de calidad regular a mala, muy fracturada y meteorizada; la calidad de la roca se ve reducida por la presencia de pliegues y fallas.
- d) Substrato de mala calidad con un grado de meteorización moderado a alto.
- e) Presencia de afloramiento rocoso fracturado.
- f) Material de remoción antiguo conformado por gravas y bloques en matriz limosa a limo-arenosa.
- g) Suelos de tipo limoso a limo-arenoso.
- h) Presencia de agua subterránea como manantiales que saturan los suelos.
- i) Cobertura vegetal de tipo matorrales dispersos, que ofrecen poca protección al suelo y la roca.

Factores desencadenantes:

Entre los factores desencadenantes se tienen las precipitaciones pluviales extraordinarias e intensas y la sismicidad y/o fallas que originaron los deslizamientos en el centro poblado de Chanchará.



Figura 12. Saltos secundarios verticales con más de 5 m de altura identificados al sureste del centro poblado de Chanchará. Vista al noreste

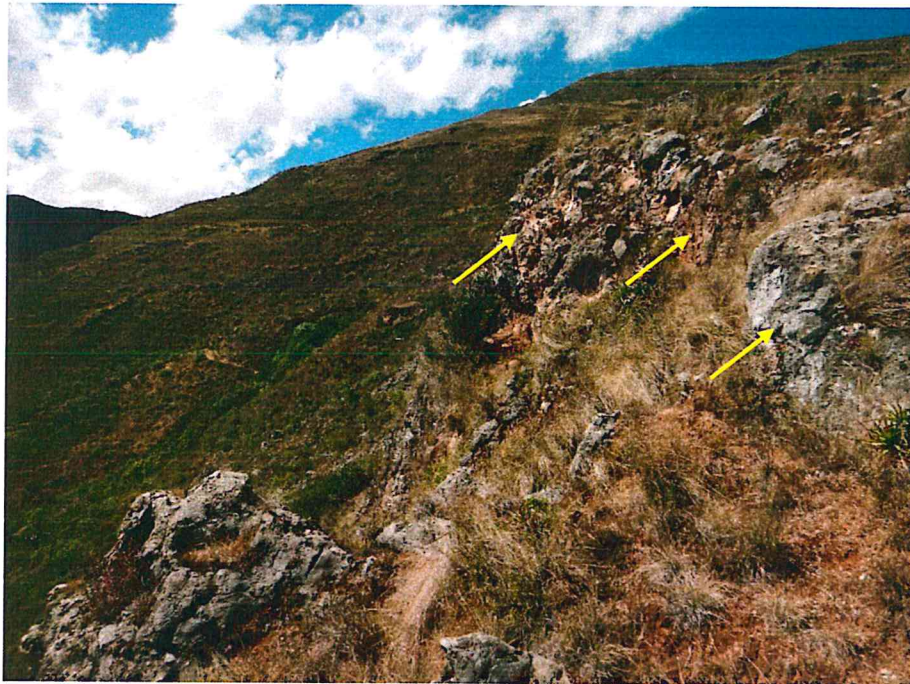


Figura 13. Saltos secundarios identificados al sureste del centro poblado de Chanchará. Vista al noreste



Figura 14. Agrietamientos longitudinales a los escarpes principales, ubicados dentro de la masa deslizada, con profundidades de hasta 1 m y separación de hasta 10 cm. Vista al este

Daños:

Los deslizamientos antiguos y las reactivaciones podrían afectar a la población del centro poblado de Chanchará ubicado sobre los depósitos de estos deslizamientos antiguos (figura 15), también se podrían afectar carreteras y zona de cultivo o pastizales. Por ello, se recomienda realizar un monitoreo diario de los deslizamientos y evitar la habilitación urbana de la zona, debido a que la población que se encuentra en un riesgo alto ante este tipo de peligro geológico.

En la figura 16, se muestra el cartografiado de los peligros geológicos identificados en el centro poblado de Chanchará y alrededores. Dicho mapa se elaboró con el uso de imágenes satelitales, antecedentes históricos y datos tomados en la salida de campo (fotografías y puntos de control GPS).

El mapa de peligros geológicos por movimientos en masa del centro poblado de Chanchará es una herramienta de apoyo a la planificación territorial y la gestión del riesgo (planes de emergencia) en el centro poblado mencionado.

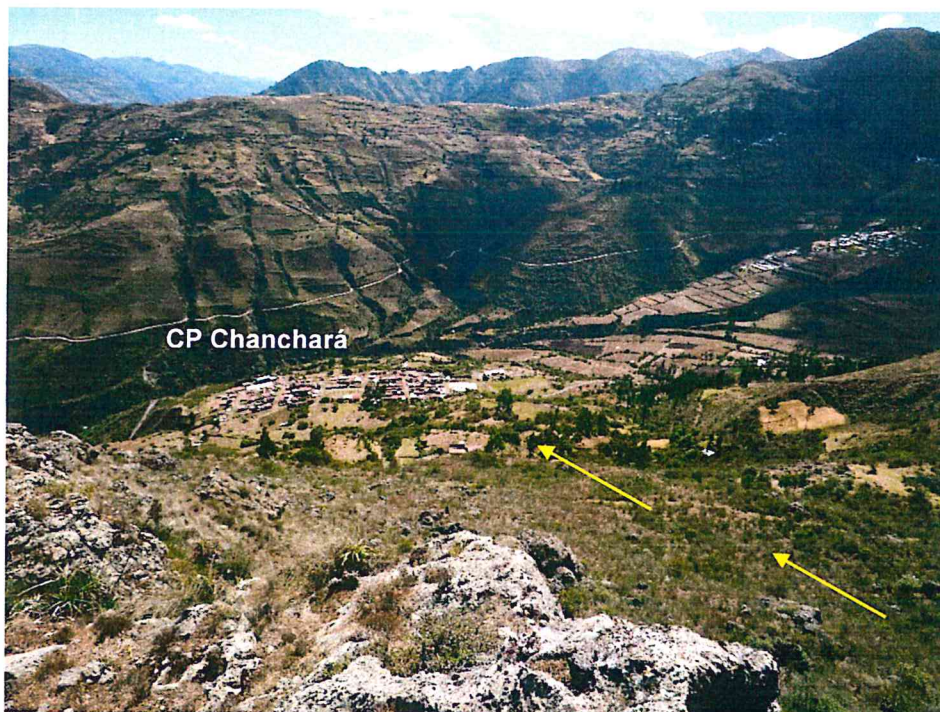


Figura 15. La población del centro poblado de Chanchará podría ser afectada por los deslizamientos identificados en la zona de estudio. La flecha indica la dirección de la masa deslizada. Vista al noroest

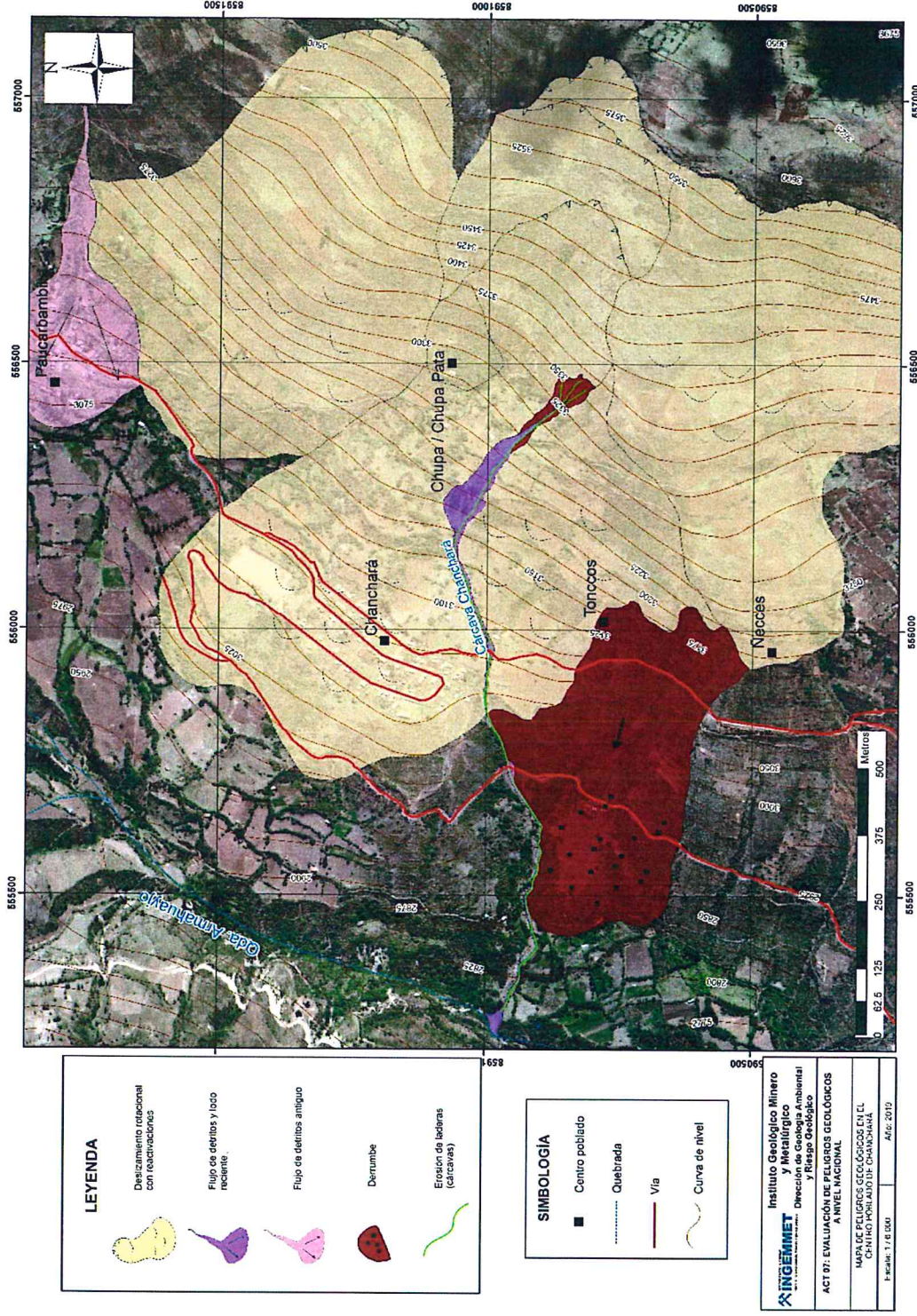


Figura 16. Mapa de peligros geológicos por movimientos en masa del centro poblado de Chanchará

7. MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y/O MITIGACIÓN EN LA ZONA EVALUADA

Considerando las condiciones geomorfológicas, geológicas, y de sitio identificadas, que caracterizan la susceptibilidad de los peligros geológicos por movimientos en masa en el centro poblado de Chanchará, se requieren de medidas estructurales para poder mitigar y prevenir futuros desastres.

Dentro de las principales medidas de estabilidad, para mitigar los peligros geológicos identificados, se encuentra el control del agua superficial, que es un sistema tendiente a controlar el agua y sus efectos, disminuyendo las fuerzas que producen movimiento y/o aumentando las fuerzas resistentes.

Los métodos de estabilización de los deslizamientos que contemplan el control del agua tanto superficial como subterránea son muy efectivos y son generalmente, más económicos que la construcción de grandes obras de contención, en cuanto tienden a desactivar o disminuir la presión de poros, considerada el principal elemento desestabilizante en las laderas. El drenaje reduce el peso de la masa y al mismo tiempo aumenta la resistencia de la ladera (Suarez, 1998).

Las medidas de drenaje recomendadas, son las siguientes:

7.1. DRENAJE SUPERFICIAL

El drenaje superficial tiene como finalidad recoger las aguas superficiales o aquellas recogidas por los drenajes profundos y evacuarlas lejos del talud, evitándose la infiltración y la erosión.

El sistema de recolección de aguas superficiales debe captar la escorrentía tanto de la ladera, como de la cuenca de drenaje arriba del talud y llevar el agua a un sitio seguro lejos del deslizamiento.

Las aguas de escorrentía se evacuan por medio de zanjas de drenaje, impermeabilizadas o no y aproximadamente paralelas al talud. Estas deben situarse a poca distancia de la cresta del talud y detrás de la misma, de manera que eviten la llegada del agua a las grietas de tensión que podrían existir o no (figura 17).

Se utilizan zanjas horizontales o canaletas de drenaje horizontal que son paralelas al talud y se sitúan al pie del mismo; canales colectores en espina de pescado, que combinan una zanja drenante o canal en gradería, según la línea de máxima pendiente, con zanjas secundarias (espinas) ligeramente inclinadas que convergen en la espina central. Su construcción y mantenimiento en zonas críticas debe tener buena vigilancia. Estos canales deben ser impermeabilizados adecuadamente para evitar la reinfiltración de las aguas (figura 18).

Los canales deben conducirse a entregas en gradería u otro disipador de energía que conduzca el agua recolectada hasta un sitio seguro (figuras 19 y 20).

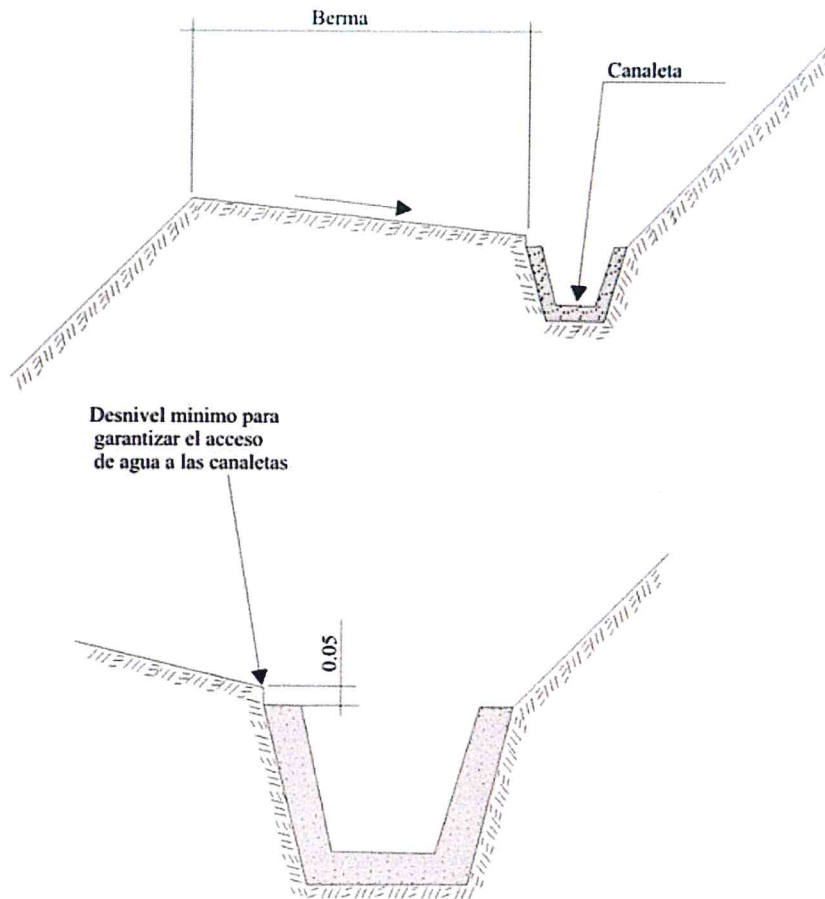


Figura 17. Detalle una canaleta de drenaje superficial (zanjas de coronación). Tomado de INGEMMET (2000)

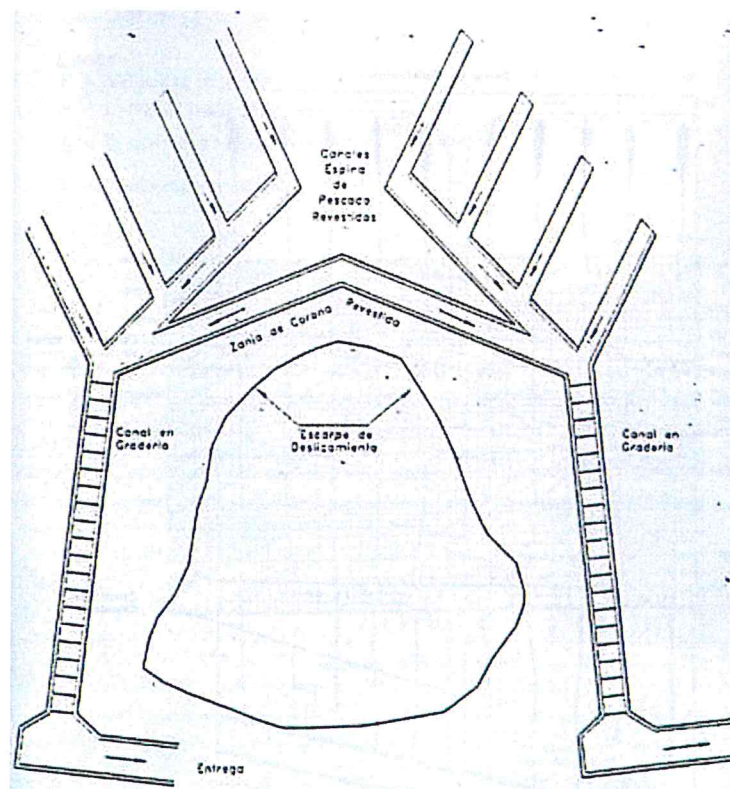


Figura 18. Esquema de planta de canales colectores espina de pescado con canales en gradería

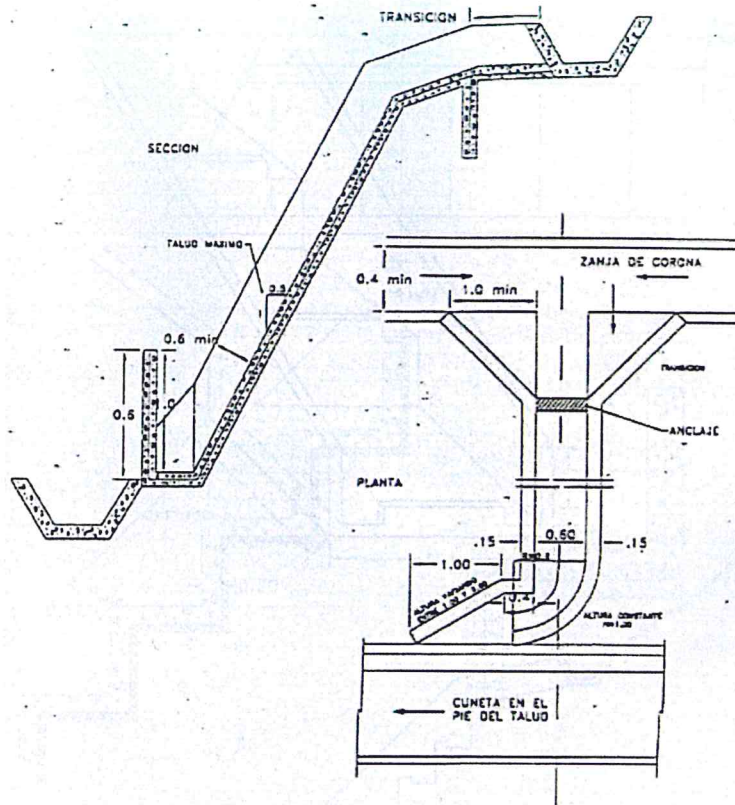


Figura 19. Detalle de un canal rápido de entrega

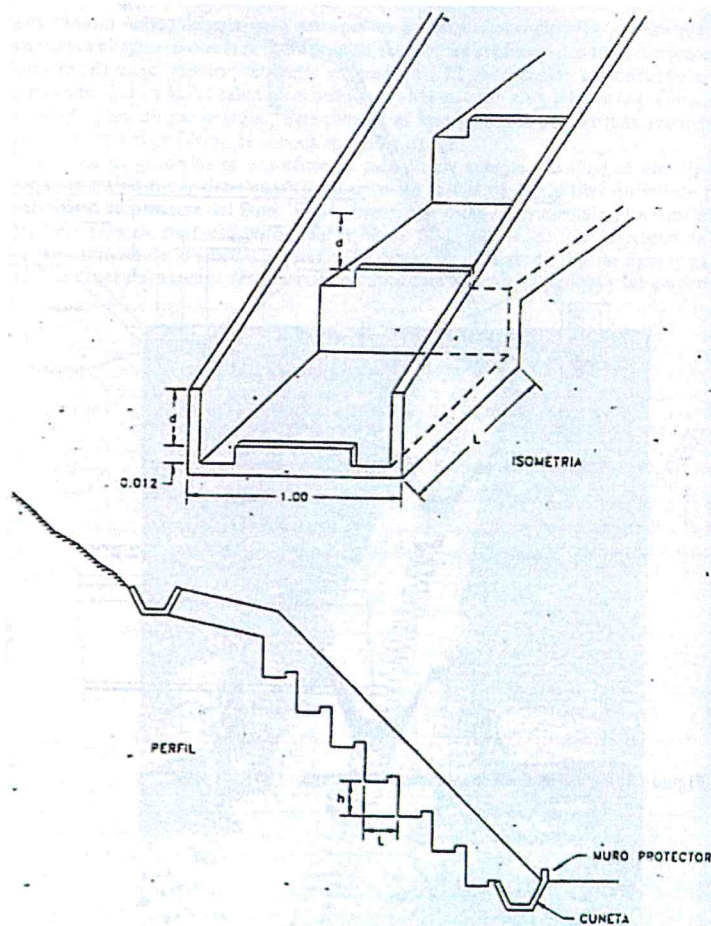


Figura 20. Canal de entrega con gradas de disipación

Otras medidas de prevención y mitigación, son las siguientes:

- Manejo agrícola: evitar riegos en exceso, estos deben ser cortos y frecuentes, de modo que limiten la infiltración y la retención en la capa superficial del suelo en contacto con los cultivos. Lo recomendable es evitar todo tipo de cultivo en las laderas.
- No debe construirse reservorios de agua sin revestimiento, ya que favorece a la infiltración y saturación del terreno y susceptible de deslizarse.
- En las cuencas altas se debe favorecer el cultivo de plantas que requieran poca agua y proporcionen una buena cobertura del terreno para evitar el impacto directo de la lluvia sobre el terreno.
- El desarrollo de vegetación natural (pastos, malezas, arbustos, árboles) contribuye a atenuar el proceso de incisión rápida de las masas deslizantes; no obstante, este seguirá produciéndose en forma lenta hasta alcanzar el equilibrio natural entre el suelo y la vegetación nativa.
- Evitar el sobre pastoreo que produzca deterioro y destrucción de la cobertura vegetal.
- Realizar el sellado de grietas abiertas formadas por el asentamiento de la ladera, con arcilla; con el objetivo de reducir el ingreso del agua hacia el subsuelo y que se desestabilice más el terreno.
- Realizar un monitoreo diario del movimiento de los deslizamientos, con el fin de estar prevenidos.
- Realizar la limpieza del cauce de la cárcava Chanchará ubicada al sureste del centro poblado y el encausamiento de la misma.

CONCLUSIONES

- a) El centro poblado de Chanchará se encuentra ubicado en la margen izquierda de la quebrada Armahuayjo, tributario del río Mantaro, en zonas de susceptibilidad muy alta y alta a movimientos en masa
- b) Geomorfológicamente, la población del centro poblado de Chanchará se encuentra sobre piedemontes coluvio-deluviales y en los alrededores se observan montañas en roca sedimentaria con pendiente promedio de la ladera entre los 25° y 45°.
- c) El centro poblado en mención, se encuentra sobre depósitos coluvio-deluviales que consisten principalmente de bloques y gravas subangulosos a angulosos en una matriz limosa a limo-arenosa, el substrato rocoso corresponde a rocas del Grupo Mitu, dividido en dos miembros: Miembro Inferior y Miembro Superior. El Miembro Inferior está compuesto por areniscas, conglomerados y limoarcillitas. El Miembro Superior está compuesto por tobas, brechas y coladas volcánicas de composición andesítica a basáltica. Se consideran a estas secuencias como rocas de calidad regular a mala, muy fracturada y meteorizada; la calidad de la roca se ve reducida por la presencia de pliegues y fallas.
- d) En centro poblado de Chanchará se identificaron movimientos en masa tipo deslizamientos, derrumbes y flujos de detritos, así como erosión de laderas en forma de cárcavas. El centro poblado en mención se ubica sobre depósitos de deslizamientos antiguos.
- e) Los peligros geológicos identificados en la zona de estudio son originados por factores condicionantes como: la morfología de las montañas, la pendiente del terreno, el tipo de suelo que es de fácil remoción por acción hídrica, mientras que el factor desencadenante son las precipitaciones pluviales intensas que ocurren en la zona. También se debe considerar la exposición por la ocupación urbana no planificada.
- f) Por las condiciones geológicas-geodinámicas, el centro poblado de Chanchará es considerado como Zona Crítica, de peligro muy alto por deslizamientos, derrumbes, flujos de detritos y cárcavas, ante la presencia de lluvias intensas y/o extraordinarias.

RECOMENDACIONES

- a) Realizar el monitoreo de los deslizamientos identificados, a fin de identificar alguna reactivación.
- b) Implementar un sistema de alerta temprana, en temporadas de precipitaciones pluviales intensas y/o extraordinarias para informar a la población involucrada y que pueda realizarse la evacuación de las zonas que pueden resultar afectadas.
- c) Implementar un sistema de señalización de rutas de evacuación ante la amenaza de derrumbes y flujos de detritos, así como la ocurrencia de nuevos deslizamientos o la reactivación de los deslizamientos ya identificados.
- d) No continuar con la habilitación urbana de la zona de estudio.
- e) Realizar la limpieza y profundización del cauce de la cárcava Chanchará.
- f) Las obras de rehabilitación deben ser dirigidas y ejecutadas por profesionales con conocimiento y experiencia en el tema.



Ing. CESAR A. CHACALTANA BUDIEL
Director (e)
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico
INGEMMET

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Cruden, D. & Varnes, D. (1996) - Landslides types and processes. In Turner, A.K & Schuster, R.L. Editores (1996). Landslides Investigation and Mitigation, Special Report 247, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C., 672 p.

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.

FAO (1967) - La erosión del suelo por el agua. Cuadernos de fomento agropecuario. N° 81 Roma. 207 p.

Hungr, O.; Evans, S. G.; Bovis, M. & Hutchinson, J. N. (2001) - Review of the classification of landslides of the flow type. *Environmental and Engineering Geosciences*, 7, 1-18.

Hungr, O. & Evans, S. G. (2004) - Entrainment of debris in rock avalanches: an analysis of a long run-out mechanism. *Geological Society of America Bulletin*, v. 116:1240-1252.

INGEMMET (1980) - Estudio geodinámico de la cuenca del río Mantaro (Departamentos Junín-Huancavelica). *Boletín Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica*, 5, 84 p.

López, J.; Cerrón, F.; Carpio, M. & Morales, M. (1996) - Geología del cuadrángulo de Huanta-Hoja: 26-ñ. INGEMMET, *Boletín Serie A: Carta Geológica Nacional*, 72, 192 p.

Poesen, J. (1993) - Gully typology and gully control measure in the european loess belt, en S. Wicherek, ed., Farm Land Erosion. In temperature plains environment and hills. 222-239.

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.

Romero, D. & Torres, V. (2003) - Revisión y actualización del cuadrángulo de Huancavelica (26-n). INGEMMET, 22 p.

Suárez, J. (1998) - Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales. Bucaramanga: Instituto de Investigación sobre Erosión y Deslizamientos, 282 p.

Varnes, J. (1978) - Slope movements types and processes. In: SCHUSTER, L. & KRIZEK, J. Ed, Landslides analysis and control. Washington D.C. National Academy Press Transportation Research Board Special Report 176, p.

Vílchez, M. & Ochoa, M. (2014) - Zonas críticas por peligros geológicos en la región Huancavelica. Informe Técnico. INGEMMET, 56 p.