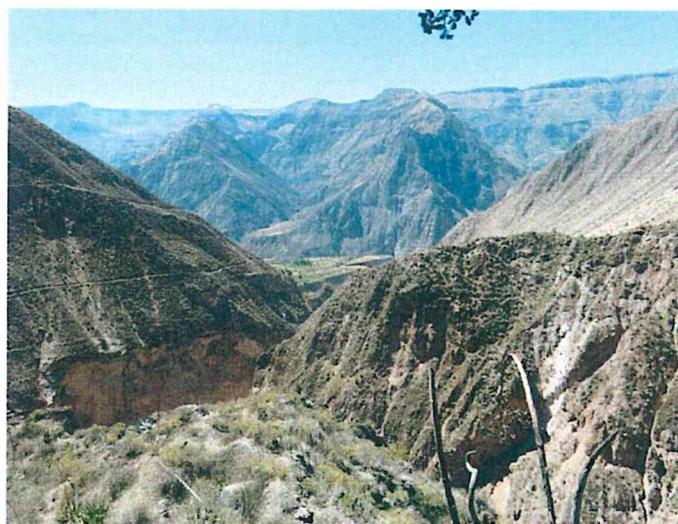


DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A6984

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL SECTOR DE HUARHUA

Región Arequipa
Provincia La Unión
Distrito Pampamarca



DICIEMBRE
2019

CONTENIDO

RESUMEN	1
1. INTRODUCCIÓN.....	2
1.1 Metodología de trabajo	2
1.2 Objetivo del estudio	2
2. GENERALIDADES	3
2.1 Ubicación y accesibilidad	3
3. ASPECTOS GEOLÓGICOS	5
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	9
4.1 Geformas de carácter tectónico degradacional y erosional	9
4.2 Geformas de carácter depositacional o agradacional	10
5. PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA	11
5.1 Conceptos teóricos	11
5.2 Deslizamientos y Derrumbes en la quebrada Yarqui	13
5.3 Factores condicionantes	17
5.4 Factores desencadenantes	17
6. PROPUESTAS DE MEDIDAS PREVENTIVAS.....	17
CONCLUSIONES	19
RECOMENDACIONES	19
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	20

RESUMEN

El gobierno regional de Arequipa mediante el oficio N° 453-2019-MPLU, solicita una evaluación técnica en el anexo de Huarhua, distrito Pampamarca, provincia La Unión, región Arequipa, por la problemática de movimientos en masa.

El acceso se realiza a través de la carretera Arequipa - Aplao (Valle de Majes) - Chuquibamba - Cotahuasi hasta llegar al anexo de Huarhua

Litológicamente se pueden evidenciar secuencias sedimentarias del Mesozoico, conformadas por rocas de la Formación Arcurquina, seguido de secuencias volcánicas del Cenozoico, de las Formaciones Alpabamba y Cotahuasi; ambas se encuentran cortadas en algunos sectores por intrusiones dioríticas. Todas estas secuencias estratigráficas se encuentran cubiertas por depósitos Cuaternarios aluviales y coluviales.

En el contexto geomorfológico se han configurado relieves de montañas en roca sedimentaria, volcánica e intrusiva; en cuyas laderas se han acumulado depósitos de piedemonte que conforman vertientes coluvio-deluvial.

Se identificó un deslizamiento traslacional activo con múltiples escarpas y derrumbes que obstruyen el canal que transporta agua para uso agrícola del pueblo Lancarolla.

Los factores que condicionan la ocurrencia de estos eventos son, el substrato rocoso, la infiltración de agua que aumentan la presión interna, las pendientes muy empinadas, aunados a cortes de talud. Las lluvias intensas y los sismos desencadenan su ocurrencia

De la cartografía geodinámica del deslizamiento traslacional, y otros movimientos en masa como derrumbes, se considera la zona de peligro muy alto; para lo cual se recomienda entre otros realizar trabajos de contención en la zona, plantear un nuevo trazo del canal que transporta las tuberías, entre otras medidas preventivas sugeridas en este documento.

1. INTRODUCCIÓN

El Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), dentro de sus 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; enmarcados dentro de la actividad 07 de asistencia técnica en evaluación de peligros geológicos a nivel nacional de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico.

El Gobierno Regional de Arequipa, mediante el oficio N° 453-2019-MPLU, de fecha 18 de junio del presente año, solicita la evaluación técnica en el anexo de Huarhua, distrito Pampamarca, provincia La Unión, región Arequipa.

Para la evaluación de peligros geológicos del sector mencionado, el INGEMMET, a través de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico, dispuso una brigada especializada conformada por los ingenieros, David Prudencio, Jessica Vela y Yhon Soncco; quienes desarrollaron los trabajos de campo, en octubre del presente.

1.1 Metodología de trabajo

La metodología para la elaboración del presente informe consta básicamente de recopilación bibliográfica, trabajos de campo y gabinete, las cuales se describen a continuación:

1.1.1. Recopilación bibliográfica y trabajos de gabinete

Recopilación de recursos bibliográficos de estudios anteriores realizados en la zona de estudio. Se elaboraron mapas de fotointerpretación, para ello se utilizaron imágenes satelitales Rapid-Eye y Landsat de los años 2018 – 2019.

1.1.2. Trabajos de campo

En el trabajo de campo se realiza el cartografiado a detalle de peligros geológicos.

1.1.3. Trabajo de gabinete

Los trabajos realizados en esta etapa consistieron en elaborar mapas geológicos y de peligros geológicos para la zona de estudio. Los trabajos culminaron con la redacción del informe técnico.

1.2 Objetivo del estudio

- ✓ Identificar, tipificar y caracterizar los peligros geológicos que podrían afectar la zona de estudio. Emitir recomendaciones pertinentes para la reducción o mitigación de los daños que pueden causar los peligros.

2. GENERALIDADES

2.1 Ubicación y accesibilidad

La zona de estudio se localiza en el anexo de Huarhua en el distrito de Pampamarca, provincia La Unión, Región Arequipa (figuras 1). Este anexo se encuentra a 14.2 km al noroeste del centro poblado de Cotahuasi (tabla 1). La zona de estudio se encuentra en las coordenadas geográficas de la tabla 2.

La zona es accesible desde Arequipa por la carretera asfaltada Arequipa - Aplao (Valle de Majes) - Chuquibamba - Cotahuasi – Huarhua (figuras 2 y 3). El viaje dura aproximadamente 7 h 30 min.

Tramo		Km.	Tipo de vía	Duración
Arequipa	Aplao	178.7	asfaltada	3h 9min
Aplao	Chuquibamba	49.5	asfaltada	1h 7min
Chuquibamba	Cotahuasi	142.0	asfaltada	2h 36min
Cotahuasi	Huarhua	14.2	afirmada	24min

Tabla 1. Distancias, duración de viaje y tipo de vía por tramo

Coordenadas geográficas de las zonas de estudio:

Zonas de estudio	Coordenadas
Sector Cochacallan	– 15° 12' 4.16" S – 72° 57' 47.99" O

Tabla 2. ubicación del sector de estudio en coordenadas geográficas

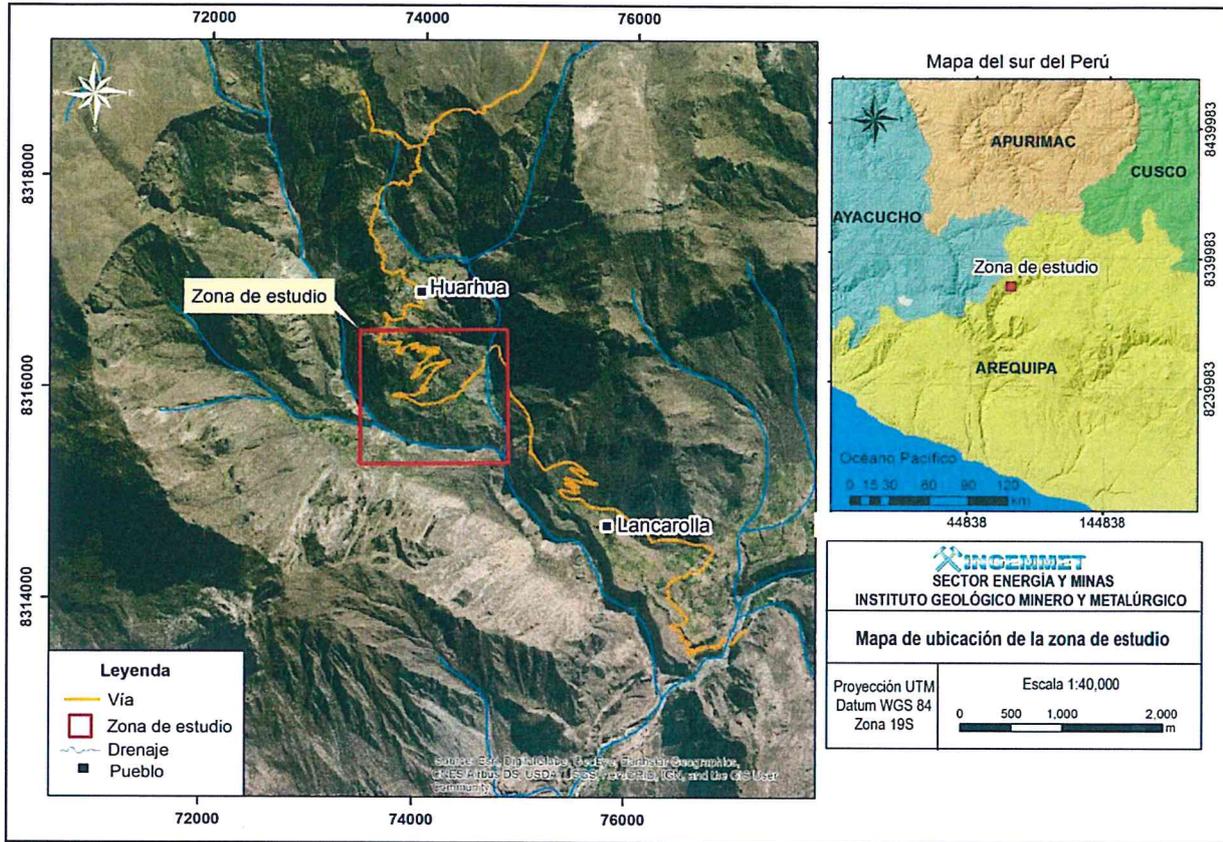


Figura 1. Mapa de ubicación de la zona de estudio.



Figura 2. Ruta de acceso desde Arequipa por la carretera asfaltada hasta Cotahuasi.

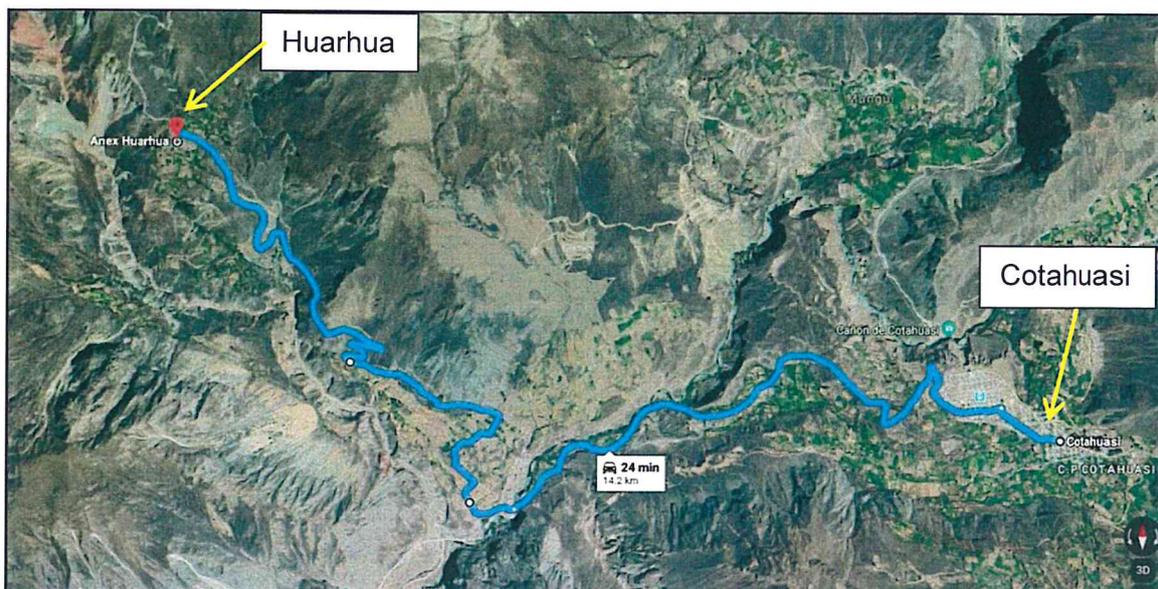


Figura 3. Ruta de acceso desde Cotahuasi por la carretera afirmada hasta Huarhua.

3. ASPECTOS GEOLÓGICOS

Para el análisis geológico de la zona de estudio se tomó como referencia la geología descrita en el boletín N° 50 Serie A, denominado Geología de los cuadrángulos de Chuquibamba y Cotahuasi (hojas 32-q y 31-q) elaborado por E. Olchanski y David Davila, *et al* (1994).

Las unidades litoestratigráficas más antiguas corresponden a secuencias sedimentarias del Mesozoico, conformadas por rocas de la Formación Arcurquina, seguido de secuencias volcánicas cenozoicas Alpabamba y Cotahuasi. Las unidades intrusivas de composición diorítica cortan las secuencias sedimentarias y volcánicas de las Formaciones Arcurquina y Alpabamba. Los depósitos del Cuaternario están representados por los depósitos aluviales y coluviales (figura 4).

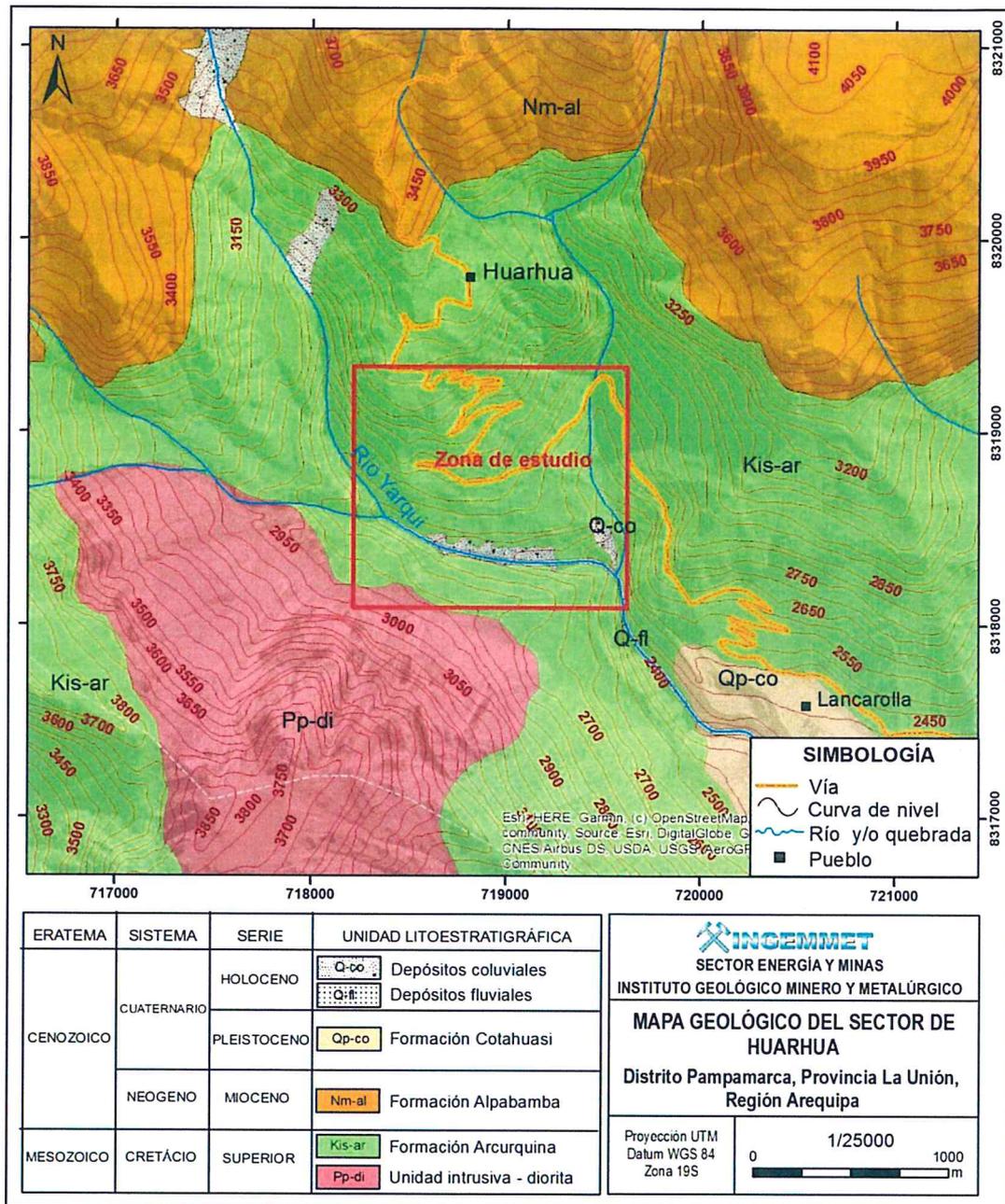


Figura 4. Mapa geológico del sector Cochacallan, tomado de Davila y Olchanski (1994).

- a) **Formación Arcurquina (Kis-ar):** Estos depósitos afloran dentro de la zona de estudio (figura 5), conformado por calizas grises, con niveles de sal, se presentan en estratos gruesos que llegan hasta 2 m de espesor. Hacia la parte superior de esta formación, se observa calizas arcillosas y suaves, tomando colores ocres y amarillentos. En los alrededores del pueblo de Huarhua, se encuentran minas de sal que son explotadas desde la época prehispánica. (Davila *et al.*, 2010).

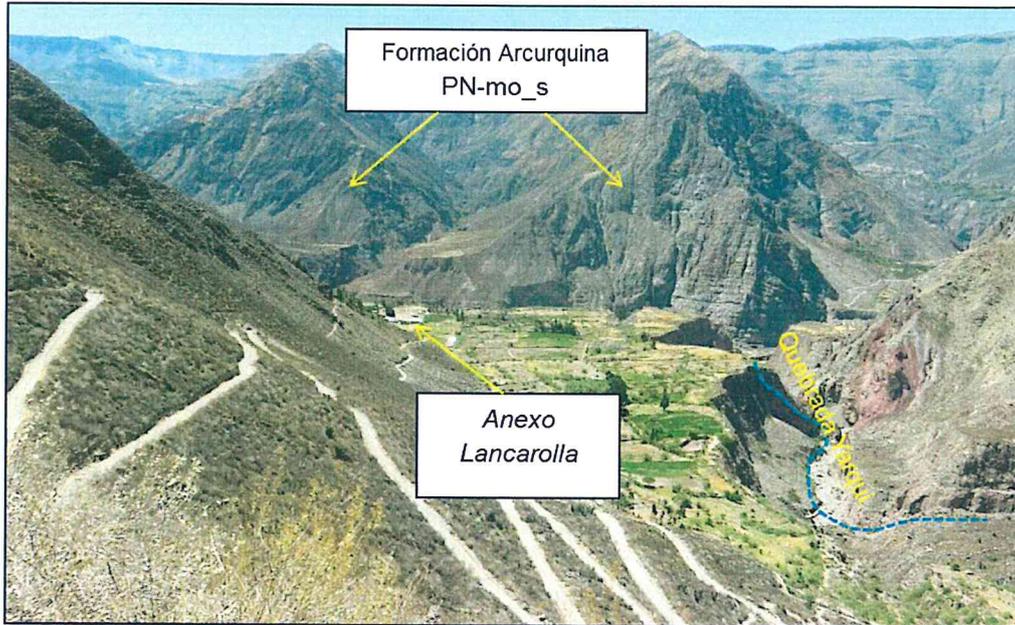


Figura 5. Afloramientos de la Formación Arcurquina en los alrededores del anexo Lancarolla.

b) Unidad intrusiva – diorita (Pd-di): A 2 km al sur del pueblo de Huarhua se encuentra un cuerpo intrusivo (diorita), que intruye a las calizas de la Formación Arcurquina y a los volcánicos de la Formación Alpbamba (figura 6). Se trata de dioritas gris verdosas con fenocristales de plagioclasas, biotita y anfíboles en una matriz de textura fanerítica. Las dioritas en el campo, tienen las mismas características que aquellos afloramientos intrusivos pequeños graníticos de esta área y que los intrusivos subvolcánicos ocurridos casi simultáneamente con los volcánicos del Grupo Tacaza (Davila *et al.*, 2010).

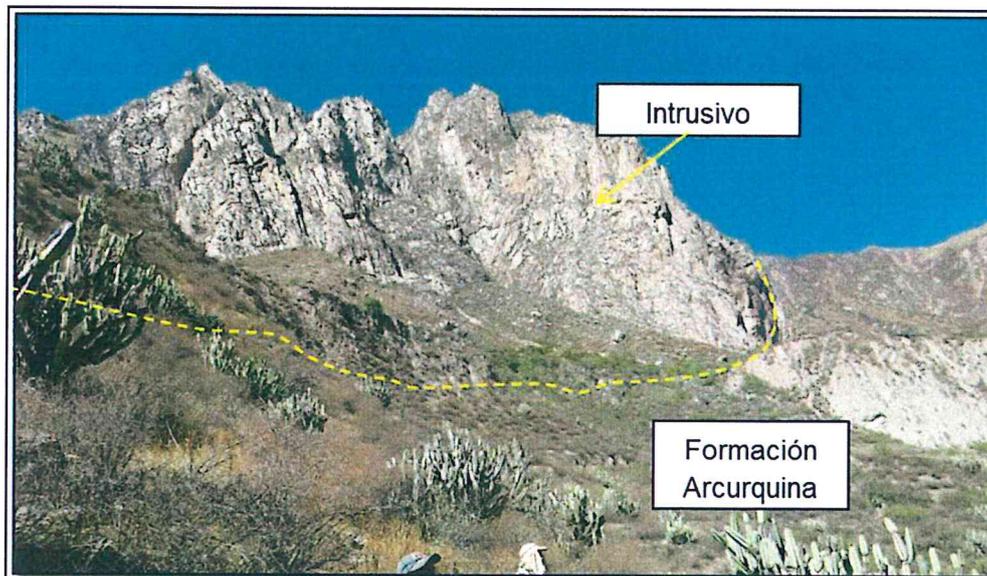


Figura 6. Cuerpo intrusivo - diorita, a 2 km al sur del pueblo de Huarhua.

- c) **Formación Alpabamba (Nm-al):** Aflora a 0.5 km al norte del pueblo de Huarhua (figura 4), compuesta por tobas dacíticas, lapillis, tobas brechoides; toda la secuencia tiene una coloración que varía de marrón a blanquecino a marrón grisáceo y coloración violácea; estas coloraciones características, permiten que sea fácilmente identificable en el campo, casi en forma regional, asimismo en las fotografías aéreas donde se le puede seguir por varias decenas de Kilómetros.

En el cuadrángulo de Cotahuasi, paraje de Llaclle, el cerro Sarencca así como en las partes altas del poblado de Puica, la Formación Alpabamba se encuentra interestrificada por lavas riolíticas a dacíticas (Davila, *et al.*, 2010).

- d) **Depósitos Fluviales(Q-fl):** Este depósito corresponde a la acumulación de material a lo largo de valles y en llanuras de inundación por corrientes fluviales. En la quebrada Yarqui, están constituidos por conglomerados, arenas y limo-arcillas (figura 7).



Figura 7. Depósitos fluviales en la quebrada Yarqui.

- e) **Depósitos coluviales (Q-co):** Los depósitos coluviales se encuentran en las laderas, constituyendo depósitos de pie de monte, producto de caídas de rocas o derrumbes de corto recorrido (figura 8). Están conformados por material heterométrico, de dimensiones milimétricas a centimétricas, que soportan bloques decimétricos e incluso métricos. En la zona de estudio los bloques son angulosos a sub-angulosos y de litología diversa, principalmente caliza, halita e ignimbrita.

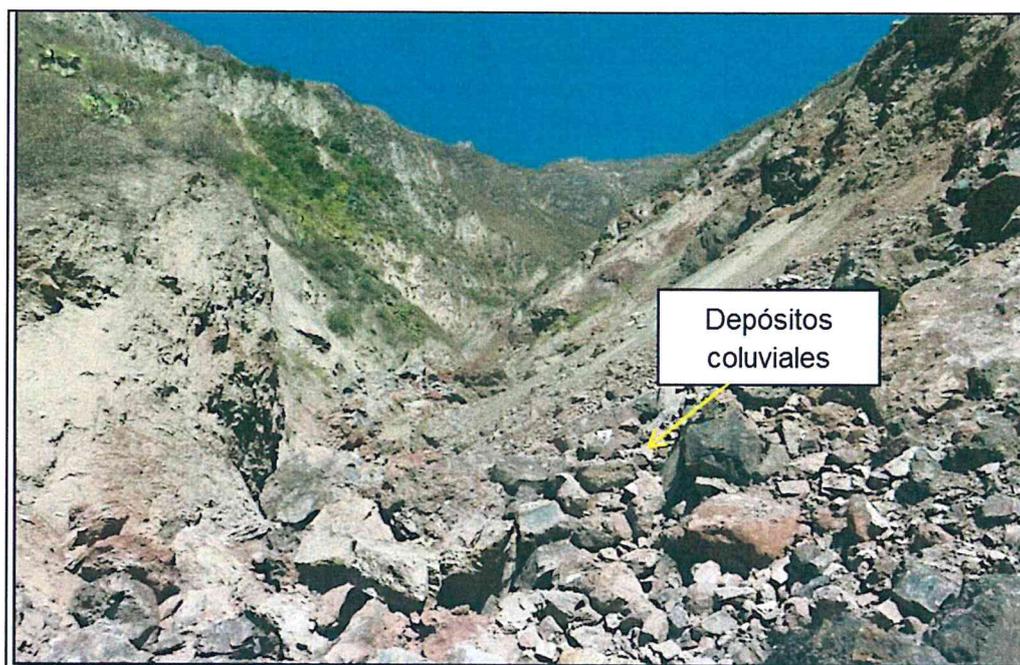


Figura 8. Depósitos coluviales en ambas márgenes de la quebrada Yarqui.

4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

Para la caracterización de las unidades geomorfológicas de la zona de estudio, se consideran criterios de control como: la homogeneidad litológica y la caracterización conceptual en base a aspectos del relieve en relación a la erosión o denudación y sedimentación o acumulación.

Tomando como base y referencia la clasificación y estandarización utilizada en la elaboración del mapa geomorfológico del Perú, elaborado por el INGEMMET y estipulado en documentos ISO, como especificación técnica DGAR-ET-002 y Manual guía para la elaboración de mapas productos de la DGAR DGAR-M-002.

4.1 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, semiredondeada,

redondeada o tabular y cuyas laderas regulares, irregulares a complejas y que presenta un declive promedio superior al 30% (FAO, 1968).

- a) **Subunidad de montaña en roca volcánica (RM-rv):** En la zona de estudio, esta unidad geomorfológica posee un relieve agreste, con pendientes de hasta 60° (figura 9), se presenta formando las altas cumbres. Litológicamente está compuesto de rocas de la Formación Alfabamba.
- b) **Subunidad de montaña en roca sedimentaria (RM-rs):** Esta unidad geomorfológica está conformada por anticlinales y sinclinales con superficies onduladas. Las laderas presentan pendientes de 40° a 60°, litológicamente estas montañas están compuestas por rocas de la Formación Arcurquina (figura 9).
- c) **Subunidad de montaña en roca intrusiva (RM-ri):** Esta subunidad está conformando laderas y crestas de topografía abrupta, con pendientes de 70° y con elevaciones que alcanzan los 4000 m s.n.m. Los cuerpos ígneos intrusivos que afloran en la zona de estudio son de composición diorítica y tienen formas irregulares a alargadas (figura 9).

4.2 Geformas de carácter depositacional o agradacional

Estas geformas 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 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 (Villota, 2005).

Unidad de Piedemonte

Corresponde a aquellas geformas de pendientes inclinadas con acumulaciones de material detrítico, siendo identificable por su característica de rupturas o cambios bruscos de pendiente (Zavala *et al.*, 2009).

- a) **Vertiente o piedemonte coluvio - deluvial (V-cd):** Esta unidad corresponde a las acumulaciones de laderas originadas por procesos de movimientos en masa (deslizamientos, derrumbes y caídas de rocas), así como también por la acumulación de material fino y detrítico, caídos o lavados por escorrentía superficial, los cuales se acumulan en las laderas (figura 9). Esta unidad es susceptible a generar caídas de rocas, deslizamientos y derrumbes.

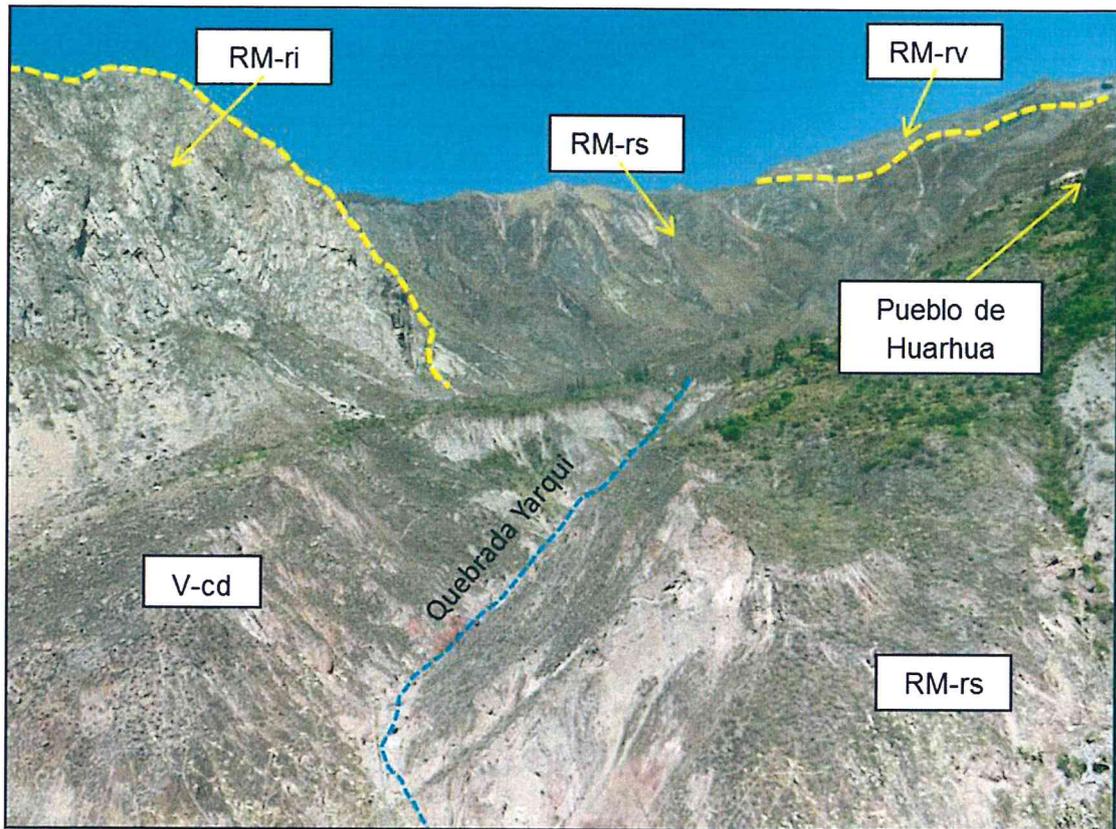


Figura 9. Unidades geomorfológicas en la zona de estudio.

5. PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA

5.1 Conceptos teóricos

Para explicar los eventos de movimientos en masa, tomamos como base la clasificación de Varnes (1996). y la terminología sobre movimientos en masa en la región andina preparado por el grupo GEMMA (2007). ya que describen los eventos de movimientos en masa de una forma clara y estandarizada para muchos países sudamericanos.

Los movimientos en masa que explicamos incluyen todos aquellos movimientos ladera debajo de una masa de roca, suelo (detritos o tierra), se clasifica primero por el tipo de movimiento y en segundo lugar por el tipo de material; los diferentes tipos de movimientos en masa son (tabla 3); desarrollado líneas abajo los tipos de peligros identificados en la zona.

Tipo	Subtipo
Caídas	Caída de roca (detritos o suelo)
Volcamiento	Volcamiento de roca (bloque)
	Volcamiento flexural de roca o del macizo rocoso
Deslizamiento de roca o suelo	Deslizamiento traslacional, deslizamiento en cuña
	Deslizamiento rotacional

Propagación lateral	Propagación lateral lenta
	Propagación lateral por licuación (rápida)
Flujo	Flujo de detritos
	Crecida de detritos
	Flujo de lodo
	Flujo de tierra
	Flujo de turba
	Avalancha de detritos
	Avalancha de rocas
	Deslizamiento por flujo o deslizamiento por licuación (de arena, limo, detritos, roca fracturada)
Reptación	Reptación de suelos
	Solifluxión, gelifluxión (en permafrost)
Deformaciones gravitacionales profundas	

Tabla 3: Tipos de movimientos en masa realizado por PMA (2007).

a) Deslizamiento traslacional

Es deslizamiento cualquier movimiento de ladera abajo de una masa desprendida del sustrato o de suelo, que normalmente ocurre a lo largo de una superficie de falla o de una zona delgada donde ocurre una deformación cortante (figura10).

En este tipo de deslizamientos la masa se mueve a lo largo de una superficie de falla plana u ondulada, estos movimientos suelen ser más superficiales y su desplazamiento discurre con frecuencia a lo largo de la discontinuidad (PMA, 2007).

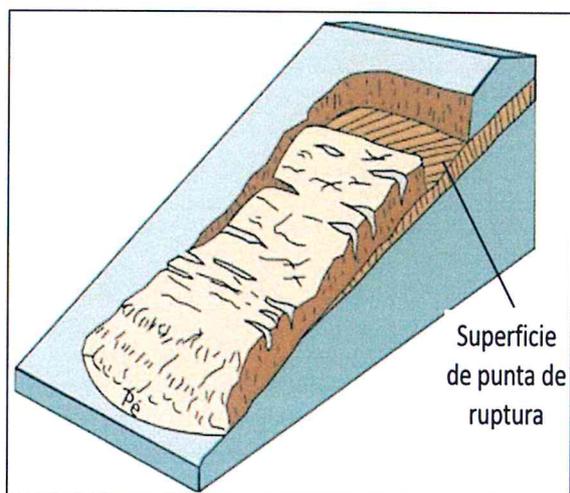


Figura 10: Esquema de un deslizamiento traslacional mostrando los rasgos morfológicos característicos, realizado por PMA (2007).

b) Flujo de detritos

Estos movimientos se comportan de forma semejante a los fluidos, puede alcanzar velocidades entre rápidas a extremadamente rápida si su composición de líquidos es más saturada, transcurre normalmente

confinado a lo largo del cauce de un canal, arrastró más material saturado en todo su camino, en algunos casos es la consecuencia de otros movimientos, la depositación de estos materiales es en forma de albardones, canales en forma de U, trenes de bloques rocosos y grandes bloques individuales, finalmente concluye su trayectoria en abanicos de detritos (PMA, 2007, figura 11).

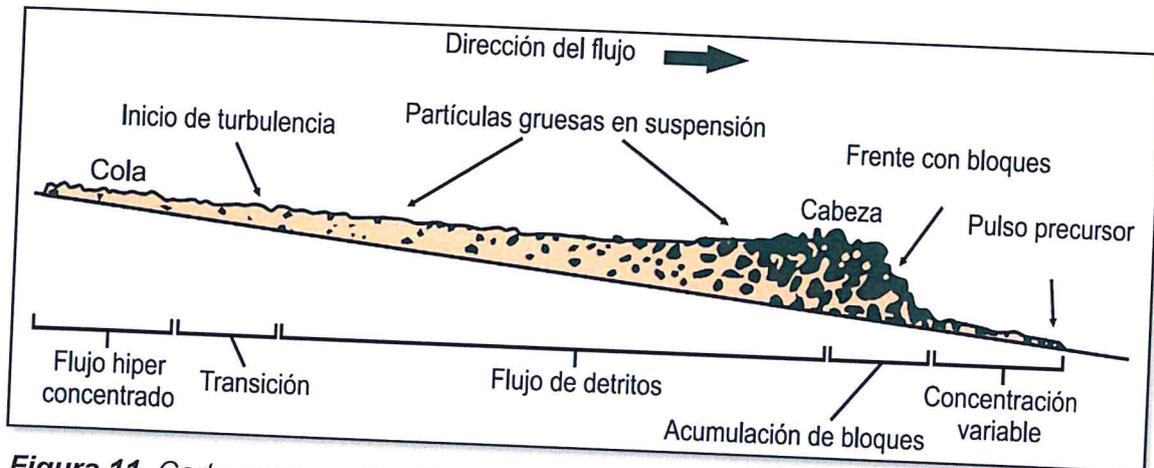


Figura 11. Corte esquemático típico de un flujo de detritos. Frente con bloques de un pulso del flujo de detritos (diagrama de Pierson, 1986, en PMA 2007).

5.2 Deslizamientos y derrumbes en la quebrada Yarqui

La zona del deslizamiento se encuentra en la ladera de la margen izquierda de la quebrada Yarqui, a 1.5 km hacia el sur del anexo de Huarhua.

El anexo de Lancarolla capta agua mediante tuberías desde la quebrada Yarqui, para uso agrícola y consumo humano del centro poblado; quienes se ven afectados con la ocurrencia de derrumbes y deslizamientos que dañan el sistema de abastecimiento (figura 12).

Según los pobladores, a 1 km aguas arriba de la quebrada existe una labor subterránea abandonada, donde se extraía sal comestible y que junto a ella aflora un ojo de agua, estas aguas discurren de manera permanente por la quebrada Yarqui, que van diluyendo las rocas carbonatadas y evaporíticas presentes en el fondo de la quebrada Yarqui (figura 13).

La disolución de las rocas aumenta la susceptibilidad a generar peligros múltiples, una evidencia de esto es que en los márgenes del cauce de la quebrada se observó precipitación de minerales carbonatadas y evaporíticas, los cuales poseen alta facilidad de ser afectados por erosión fluvial.

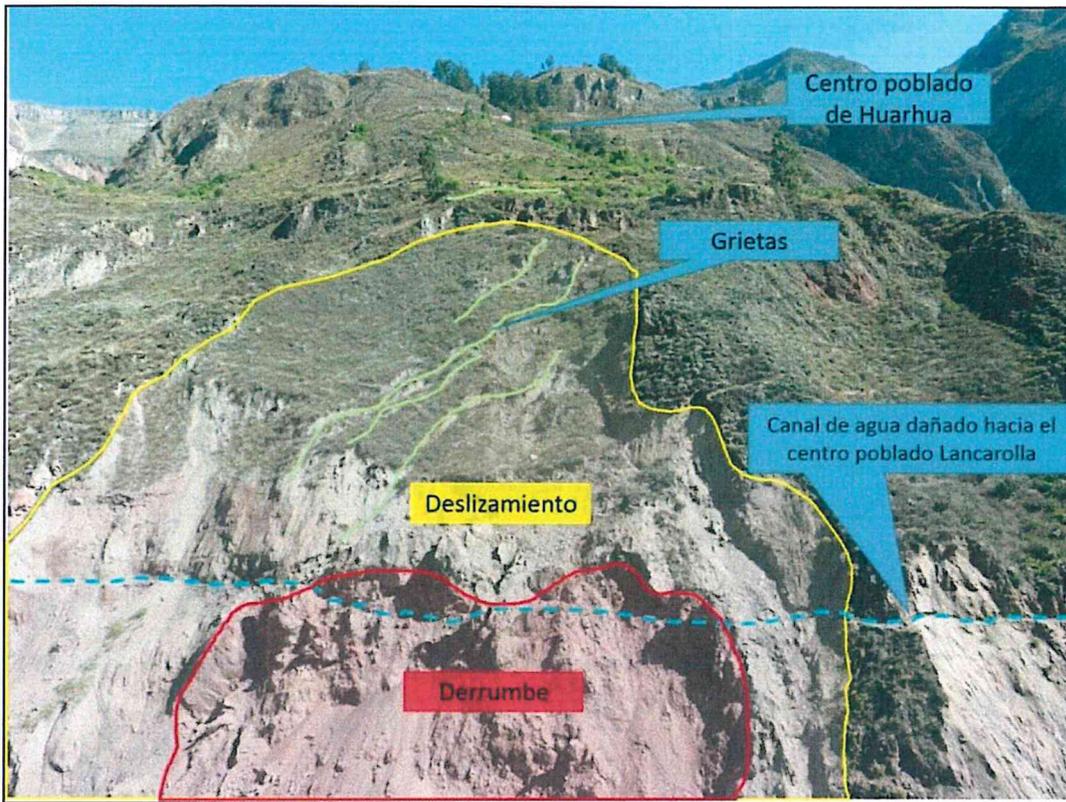


Figura 12. Se aprecia en la quebrada Yarqui, el canal de agua en medio del deslizamiento que llega al fondo de la quebrada, también se aprecia grietas del deslizamiento.



Figura 13. En ambos márgenes del cauce de la quebrada Yarqui, se aprecia la disolución de materiales evaporíticos, dispuestas como costras.

Otro problema que genera mayor susceptibilidad a la zona, son los materiales acumulados en el canal del río que están represando la quebrada (figura 14), estos materiales generan flujo de detritos afectando las zonas bajas de la quebrada con socavamientos del canal del río y laderas de la montaña, generando mayor pendiente y desestabilizando la quebrada.



Figura 14. En la quebrada Yarqui mirando aguas arriba, se aprecia el material derrumbado que se generó del cuerpo del deslizamiento, que obstruye el cauce de la quebrada.

El deslizamiento principal corresponde a una reactivación de un deslizamiento antiguo. Presenta una corona de forma irregular, con dimensiones aproximadas de 250 m de ancho, 190 m de altura, con saltos de 1.5 m aproximadamente, y múltiples agrietamientos en el cuerpo del deslizamiento y parte superior.

También se cartografió un derrumbe dentro del cuerpo del deslizamiento principal, este obstruye actualmente el cauce de la quebrada, en el depósito originado por el derrumbe se observó bloques hasta de 1 m de diámetro.

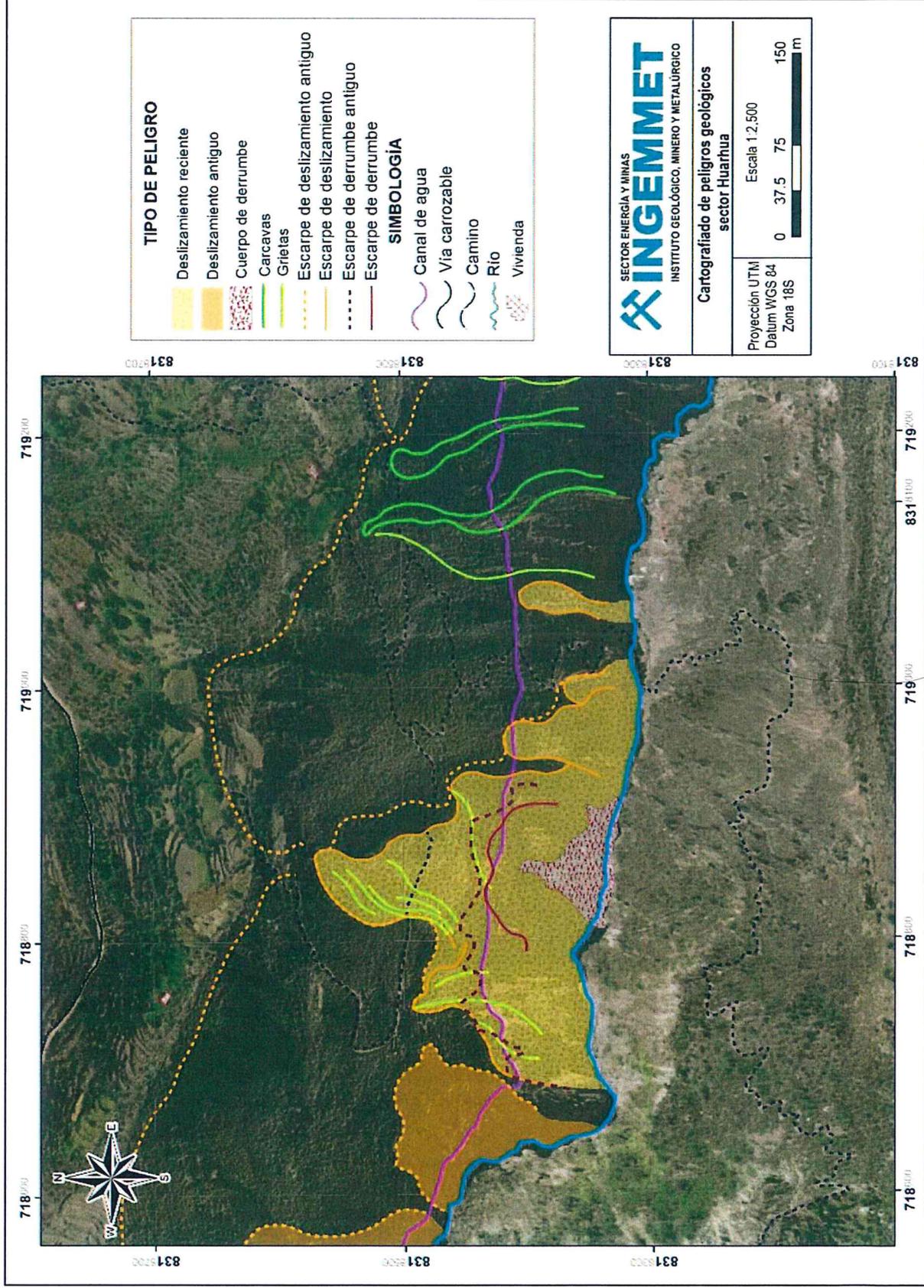


Figura 15. Se aprecia el cartografiado de los peligros geológicos por movimiento en masa de la quebrada Yarqui.

5.3 Factores condicionantes

Entre los factores condicionantes se tienen:

- a) Substrato rocoso alterado conformado por ignimbritas poco compactas que se fracturan fácilmente; así como la presencia de calizas con bastante contenido de materiales evaporíticos en la parte baja.
- b) La infiltración de agua desde las partes superficiales aumenta la presión interna de las rocas, generando saturación y reducción de la estabilidad.
- c) Morfología de montañas sedimentarias y pendientes empinadas a escarpadas superiores a 45° (Vilchez, *et.al.*2013).
- d) Escasa presencia de cobertura vegetal.
- e) Actividad antrópica de corte de talud para instalación de tuberías.

5.4 Factores desencadenantes

- a) Lluvias intensas, que generan la infiltración y presión en el suelo para fracturarse y consiguientemente deslizarse.
- b) La ocurrencia de sismos en este sector, generan desestabilización en el terreno.

6. PROPUESTAS DE MEDIDAS PREVENTIVAS

Los deslizamientos y derrumbes ocurren esencialmente de forma natural pero también por la actividad antrópica (agrícola, deforestación y cortes de talud) mal desarrollada que acelera los procesos; asimismo por el socavamiento al pie de laderas, la utilización de canales sin revestir, etc. A continuación, se proponen algunas medidas de mitigación y reducción para el manejo de estas zonas:

- Los canales que transportan agua por la ladera de la quebrada Yarqui deben ser revestidos (concreto, mampostería, terrocemento entre otros) y en la zona del deslizamiento debe estar entubado, para minimizar la infiltración y saturación del terreno en época de avenidas.
- 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.

- Reforestar laderas con fines de estabilización. En la selección de árboles a utilizar deben contemplarse las características de las raíces, las exigencias en tipo de suelos y portes que alcanzaran versus la pendiente y profundidad de los suelos.

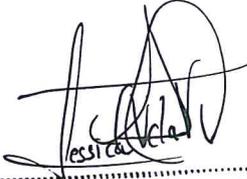
CONCLUSIONES

1. De acuerdo a la cartografía geodinámica, se evidencian procesos de movimientos en masa importantes como la reactivación de deslizamiento traslacional y derrumbes que obstruyen, dañan el curso del río y el canal de abastecimiento, situado en la quebrada Yarqui. Por lo tanto se considera la zona con peligro muy alto.
2. Según observaciones de campo, las causas del deslizamiento principal de la quebrada Yarqui fueron, la presencia de calizas, evaporitas y substrato de ignimbritas meteorizadas y poco compactas que condicionan la susceptibilidad a movimientos en masa.
3. Los trabajos de corte de talud, para realizar el canal e instalar las tuberías de transporte de agua hacia el anexo Lancarolla, generan el aumento de inestabilidad del talud.
4. Las obstrucciones del cauce de la quebrada Yarqui por eventos de movimientos en masa pueden generar nuevos peligros como flujos de detritos, además de socavamiento del talud debilitando las laderas.

RECOMENDACIONES

1. Se debe evitar construir infraestructura alguna en ladera de la margen izquierda de la quebrada Yarqui.
2. Se recomienda plantear un nuevo trazo del canal que transporta las tuberías de agua del anexo de Lancarolla, debido a que el actual trazo es afectado por procesos de movimientos en masa activos.
3. Controlar y recomendar la asistencia técnica en la elaboración de obras de infraestructura y cortes de talud en la zona deslizada, debido a que todo el sector se encuentra presentando procesos de geodinámica caracterizado como zona de susceptibilidad muy alta.
4. Tomar las propuestas de medidas preventivas vertidas en el documento, para evitar que siga generándose más deslizamientos en el sector.


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


.....
JESSICA CAROLINA VELA VALDEZ
INGENIERA GEOLOGA
CIP N° 215198

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CRUDEN, D.M.; VARNES, D.J. (1996). Landslide types and processes, en Turner, K., y Schuster, R.L., ed., Landslides investigation and mitigation: Washington D.C, National Academy Press, Transportation Research Board Special Report 247, p. 36- 75.

Davila, D. & Olchanski, L. (2011). Geología de los cuadrángulos de Chuquibamba y Cotahuasi. INGEMMET, Hoja 32-q & 31-q, Boletín N° 50, Serie A, Carta Geológica Nacional, 52 p.

Diaz, A. & Ramírez, J. (2010). Estudio Geológico-Económico de rocas y minerales industriales de Arequipa y Alrededores. INGEMMET, Boletín N° 22, Serie B.

Villota, H. (2005). Geomorfología Aplicada a Levantamientos Edafológicos y Zonificación de Tierras. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Departamento Administrativo Nacional de Estadística, Bogotá, Colombia.

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, N° 4, 432p.

Vilchez, M., Luque, G. & Rosado, M. (2013) Estudio de riesgo geológico en la región Piura. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 52, 250 p., 9 mapas.