

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

**Informe Técnico N° A7048**

# **EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN EL CASERÍO ANTONIO RAYMONDI LAS VEGAS**

Región Huánuco  
Provincia Leoncio Prado  
Distrito Daniel Alomía Robles



## ÍNDICE

1.	RESUMEN.....	2
2.	INTRODUCCIÓN.....	3
2.1.	OBJETIVOS DEL ESTUDIO.....	3
2.2.	ESTUDIOS ANTERIORES.....	4
3.	GENERALIDADES.....	5
3.1.	UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD.....	5
3.2.	CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	5
4.	ASPECTOS GEOLÓGICOS.....	8
4.1.	UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS.....	8
5.	ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS.....	11
5.1.	GEOFORMAS DE CARÁCTER TECTÓNICO DEGRADACIONAL Y EROSIONAL.....	11
5.2.	GEOFORMAS DE CARÁCTER DEPOSITACIONAL O AGRADACIONAL.....	12
6.	PELIGROS GEOLÓGICOS.....	14
6.1.	CONCEPTOS BÁSICOS.....	14
6.1.1.	DESLIZAMIENTOS.....	14
6.1.2.	DERRUMBES.....	15
6.1.3.	FLUJOS.....	16
6.1.4.	CÁRCAVAS.....	17
7.	CÁRCAVAS EN LA QUEBRADA RÍO TIGRE.....	18
7.1.	CAUSAS.....	22
7.2.	DAÑOS.....	24
8.	MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y/O MITIGACIÓN EN LA ZONA EVALUADA.....	28
8.1.	DRENAJE SUPERFICIAL.....	29
8.2.	DRENAJE SUBTERRÁNEO.....	31
	CONCLUSIONES.....	34
	RECOMENDACIONES.....	35
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	36

## **EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN EL CASERÍO ANTONIO RAYMONDI LAS VEGAS (Distrito Daniel Alomía Robles, Provincia Leoncio Prado, Región Huánuco)**

### **1. RESUMEN**

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa realizado en el caserío Antonio Raymondi Las Vegas. 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 temas de geología a nivel nacional.

El caserío Antonio Raymondi Las Vegas es afectado por movimientos en masa tipo deslizamientos, derrumbes y flujos de lodo, así como por los denominados otros peligros geológicos de tipo erosión de laderas (cárcavas); estos eventos se producen desde el año 2005. Hacia el noroeste del caserío se encuentra la quebrada Río Tigre donde se identificaron estos peligros geológicos y que aportan material al cauce de la quebrada que es canalizado hasta su desembocadura en el río Tulumayo; el avance retrogresivo de las cárcavas, generado en los meses de lluvias (noviembre a marzo), afectó viviendas, carreteras y áreas de cultivo del caserío en mención.

Entre los factores condicionantes que originaron los peligros geológicos identificados, se tienen: la morfología de las colinas y lomadas, 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. Se considera a las precipitaciones pluviales extraordinarias como el factor desencadenante que originaron dichos eventos. También es importante considerar la exposición de elementos de diferente índole por la ocupación urbana no planificada.

Por las condiciones geológicas-geodinámicas y los antecedentes históricos, el caserío Antonio Raymondi Las Vegas es considerado como Zona Crítica, de peligro muy alto por deslizamientos, derrumbes, flujos de lodo y erosión de laderas ante la presencia de lluvias intensas y/o extraordinarias.

Finalmente, se brindan medidas de prevención y/o mitigación, 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.



## 2. 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 y consideraciones geotécnicas a nivel nacional.

El alcalde Manuel Ponce Gómez de la Municipalidad Distrital de Daniel Alomía Robles, mediante Oficio N°102-2020-MDDAR/A de fecha 12 de febrero de 2020, solicitó al Ingemmet la realización de un estudio geológico en el caserío Antonio Raymondi Las Vegas ubicado en el distrito Daniel Alomía Robles, provincia Leoncio Prado, región Huánuco.

Para realizar la evaluación de los peligros geológicos en el caserío Antonio Raymondi Las Vegas, el Ingemmet, a través de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico, dispuso una brigada especializada para que realice los trabajos en las zonas afectadas; la brigada estuvo conformada por los profesionales Segundo Núñez y Julio Lara. Los trabajos de campo se realizaron los días 4 y 5 de marzo del presente año.

La evaluación técnica, se basó en la recopilación y análisis de información existente de trabajos anteriores realizados por el Ingemmet, la interpretación de imágenes satelitales, preparación de mapas para trabajos de campo, toma de datos (fotografías y puntos de control con GPS), cartografía geológica y geodinámica en campo, y finalmente la redacción del informe técnico.

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.

### 2.1. OBJETIVOS DEL ESTUDIO

- Realizar la evaluación geológica-geodinámica del caserío Antonio Raymondi Las Vegas ubicado en el distrito Daniel Alomía Robles, provincia Leoncio Prado, región Huánuco.
- Determinar las causas de origen de los peligros geológicos identificados.
- Recomendar acciones que permitan mitigar los peligros identificados.

## 2.2. ESTUDIOS ANTERIORES

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

- “Estudio de Riesgos Geológicos en la Región Huánuco” (Zavala & Vílchez, 2006). El trabajo realizado en este boletín muestra un inventario de peligros (840 ocurrencias), con una mayor ocurrencia de deslizamientos (32,2%), seguido de desprendimientos de rocas y derrumbes (19,1%), flujos de detritos (17,8%), erosión de laderas (13,2%), erosión fluvial e inundaciones (11,3%), movimientos complejos (5,2%), reptaciones (1,2 %) y vuelcos. La evaluación de campo en la infraestructura, centros poblados y zonas críticas, validadas además con los mapas de amenaza a los movimientos en masa elaborados, determinó, por sus características de potencialidad del peligro y vulnerabilidad asociada, un total de 60 zonas críticas; dentro de estas se encuentra la zona crítica del sector Las Vegas (distrito Daniel Alomía Robles), el cual se encuentra sujeto a deslizamientos, derrumbes, huaicos y erosión de laderas.
- “Zonas críticas por peligros geológicos en la región Huánuco” (Zavala & Vílchez, 2005). Este informe técnico identificó como zona crítica el sector Las Vegas en el distrito de Daniel Alomía Robles. Este sector se encuentra sujeto a deslizamientos, derrumbes, huaicos y erosión de laderas. Los deslizamientos activos producen la pérdida de terrenos de cultivo, cárcavas y terrenos con bad lands, así como los avances retrogresivos, que desestabilizan terrenos, los materiales sueltos son acarreados como huaicos y flujos de lodo. Afecta un tramo de 1600 m de la carretera Tingo María - Aguaytía con la ocurrencia de deslizamientos y derrumbes, se puede producir la pérdida de la plataforma de carretera. Se recomienda mejorar el sistema de drenaje de aguas de precipitación que discurren por las cárcavas. Mientras se están realizando trabajos de rehabilitación de la vía por medio de rellenos profundos en la plataforma de carretera con bloques de roca.
- “Geología de los cuadrángulos de Aguaytía, Panao y Pozuzo” (De La Cruz, Valencia & Boulaugger, 1996). Según este trabajo en la zona de estudio afloran rocas intrusivas, rocas sedimentarias de la Formación Tulumayo y depósitos aluviales. Las rocas intrusivas se encuentran formando stocks, generalmente son rocas de grano fino, holocristalinas, contienen principalmente plagioclasa, hornablenda con poca cantidad de biotita, cuarzo y feldespato potásico. La Formación Tulumayo está constituida por conglomerados con clastos de rocas intrusivas, areniscas cuarzosas rojas y areniscas feldespáticas, envueltas en una matriz limosa de color amarillo, los clastos tienen un tamaño que varía de 0.015 a 0.20 m, hacia la parte superior estos se hacen más angulosos y presenta lentes de limoarcillitas rojas. Los depósitos aluviales se acumulan en los flancos de los valles y en las quebradas tributarias; están constituidos por conglomerados polimícticos poco consolidados con clastos de tamaño heterogéneo con matriz limo-arcillosa.

### 3. GENERALIDADES

#### 3.1. UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD

El caserío Antonio Raymondi Las Vegas se encuentra ubicado en la parte alta de la quebrada Río Tigre, la cual es tributaria por la margen izquierda del río Quebrada San Carlos Grande, este último afluente por la margen derecha del río Tulumayo, el cual desemboca por la margen derecha en el río Huallaga. Políticamente pertenece al distrito Daniel Alomía Robles, provincia Leoncio Prado, región Huánuco; en las coordenadas centrales UTM (WGS 84 - Zona 18 Sur), figura 1:

Caserío	Norte	Este	Altitud
Antonio Raymondi Las Vegas	8 983 733	400 927	964 m s.n.m.

El acceso a la zona de estudio, desde la ciudad de Lima, se realizó por vía terrestre, para ello se debe seguir la siguiente ruta: Lima-Huánuco-Tingo María-caserío Antonio Raymondi Las Vegas por un tiempo estimado de 11 h 52 min, a través de un recorrido de 515.1 km aproximadamente (Cuadro 1).

Cuadro 1. Itinerario realizado por la brigada de campo desde la ciudad de Lima hasta el caserío Antonio Raymondi Las Vegas

Desde	Vía	Kilómetros	Tiempo estimado
Lima a Huánuco	Terrestre	379 km	8 h 38 min
Huánuco a Tingo María		120.6 km	2 h 54 min
Tingo María a caserío Antonio Raymondi Las Vegas		15.5 km	20 min

#### 3.2. CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA DE ESTUDIO

La zona de estudio está situada en el piso altitudinal entre 400 a 1 000 m s.n.m. que corresponde a la región Selva Alta. Se ubica en la parte alta de la quebrada Río Tigre, la cual es tributaria por la margen izquierda de la quebrada San Carlos Grande, esta última es afluente por la margen derecha del río Tulumayo que finalmente desemboca en el río Huallaga.

Presenta un clima frío, lluvioso, con lluvia deficiente en otoño e invierno, con humedad relativa calificada como húmeda.

La temperatura en promedio se encuentra en 24.5 °C y la precipitación anual acumulada es de 3 142 mm.

Las temperaturas más altas en promedio ocurren en abril, siendo alrededor de 24.8 °C, mientras que las temperaturas promedio más bajas del año se producen en el mes de agosto, con alrededor de 24.2 °C.

La menor cantidad de lluvia ocurre en el mes de agosto, con un promedio de 121 mm. La mayor cantidad de precipitación ocurre en enero, con un promedio de 416 mm (figura 2).

La variación en la precipitación entre los meses más secos y más húmedos es de 295 mm y la variación en las temperaturas durante todo el año es de 0.6 °C (Cuadro 2) (Fuente: Climate-Data.org).

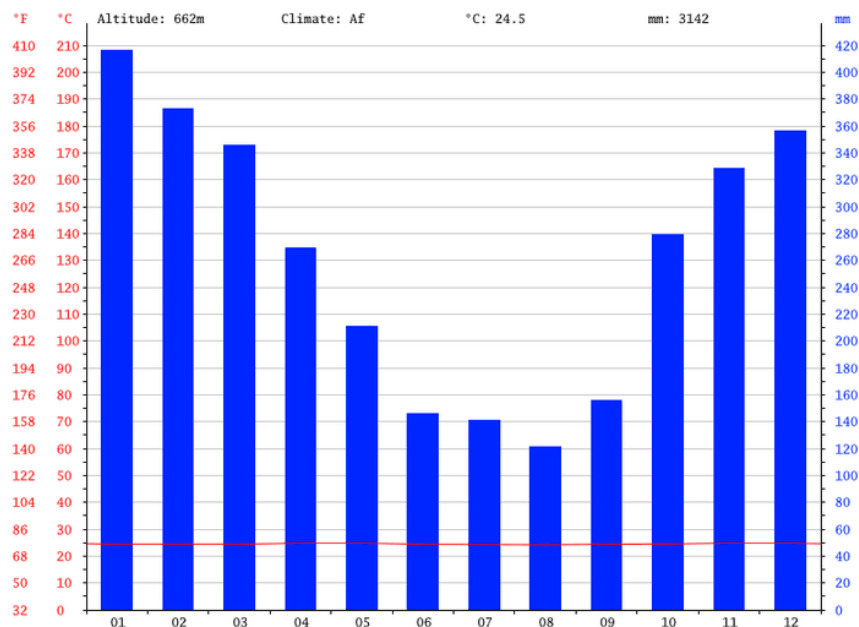


Figura 2. Climograma de Pumahuasi en donde se registra la mayor cantidad de precipitación en el mes de enero.

Cuadro 2. Tabla climática basada en datos históricos registrados en el sector de Pumahuasi.

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Temperatura media (°C)	24.4	24.4	24.4	24.8	24.8	24.4	24.3	24.2	24.4	24.5	24.8	24.8
Temperatura mín. (°C)	18.8	18.8	18.9	18.8	18.8	17.9	17.8	17.6	17.8	18	18.8	18.8
Temperatura máx. (°C)	30	30	30	30.9	30.9	30.9	30.8	30.9	31	31	30.9	30.9
Precipitación (mm)	416	373	346	269	211	146	141	121	156	279	328	356



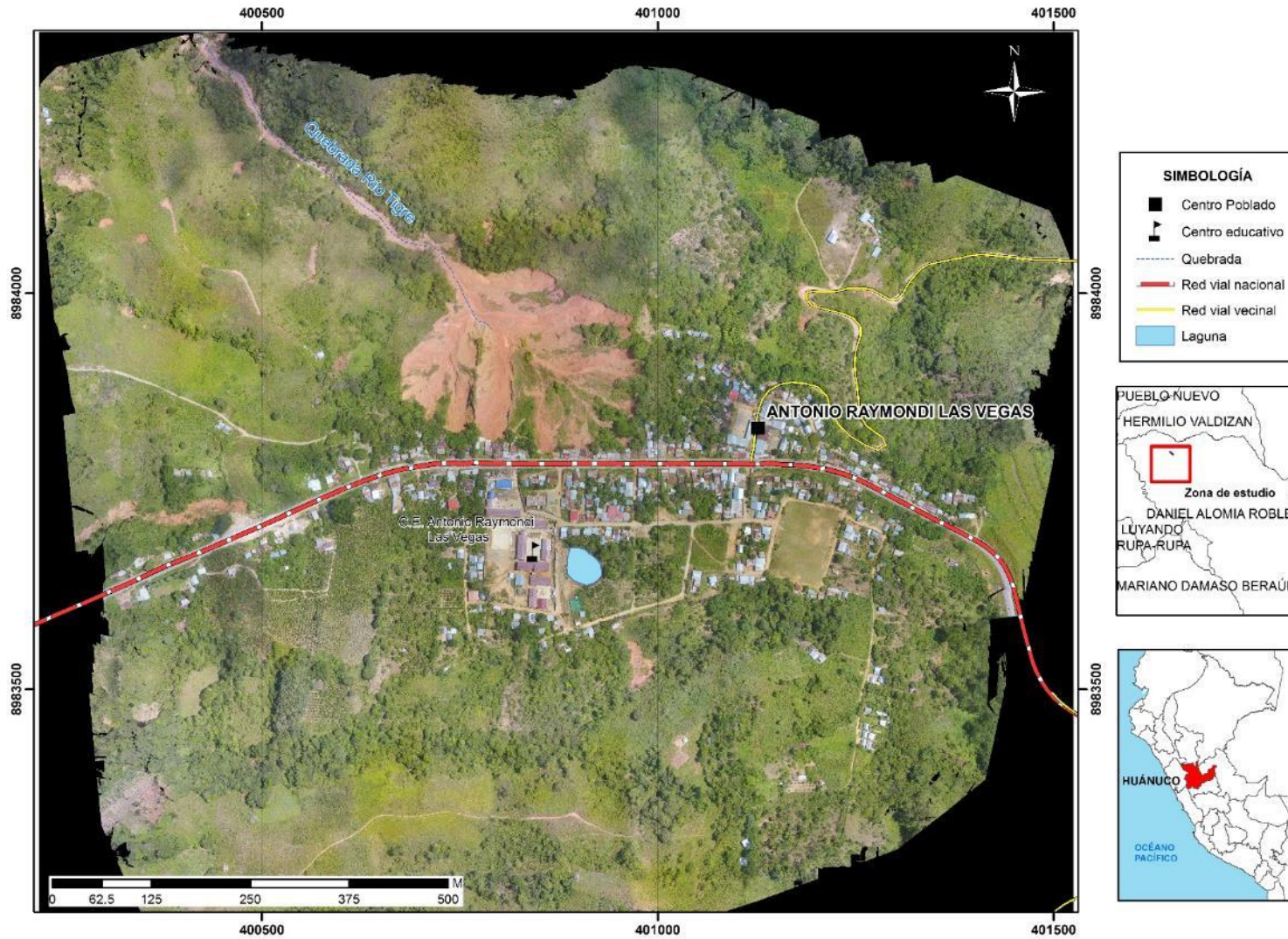


Figura 1. Ubicación del caserío Antonio Raymondi Las Vegas en el distrito de Daniel Alomía Robles.



## 4. ASPECTOS GEOLÓGICOS

El análisis geológico del área de estudio, se desarrolló teniendo como base el Boletín N° 80- Geología de los cuadrángulos de Aguaytía, Panao y Pozuzo -Hoja: 19I, 20I, 21I (De La Cruz, Valencia & Boulaugger, 1996), donde se indica que en la zona de estudio afloran rocas intrusivas, rocas sedimentarias de la Formación Tulumayo y depósitos aluviales.

La cartografía a detalle, realizada durante los trabajos de campo en la zona de estudio, permitió identificar rocas sedimentarias de la Formación Tulumayo, así como depósitos Cuaternarios (aluviales, coluvio-deluviales y aluvio-torrenciales).

### 4.1. UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS

Las unidades litoestratigráficas que afloran en el área de estudio, corresponden a rocas sedimentarias de la Formación Tulumayo y depósitos Cuaternarios (figura 3), diferenciándose las siguientes:

#### Formación Tulumayo (Qpl-tu)

Está constituida por conglomerados con clastos de rocas intrusivas, areniscas cuarzosas rojas y areniscas feldespáticas, envueltas en una matriz limosa de color amarillo (fotografía 1), los clastos tienen un tamaño que varía de 0.015 a 0.20 m, hacia la parte superior estos se hacen más angulosos y presenta lentes de limoarcillitas rojas. Se consideran a estas secuencias como rocas de calidad regular a mala y muy meteorizada. La calidad de las rocas se ve reducida por la presencia de filtraciones.

#### Depósitos aluviales (Qh-al)

Los depósitos aluviales se acumulan en los flancos de los valles y en las quebradas tributarias; están constituidos por bolos y gravas con formas redondeadas a subredondeadas poco consolidados, y de tamaño heterogéneo en matriz limo-arcillosa (fotografía 2). Las formas más o menos redondeadas de los fragmentos de roca dependen de las distancias que han sido transportados.

#### Depósitos aluvio-torrenciales (Qh-at)

Los depósitos aluvio-torrenciales se encuentran conformados por fragmentos rocosos heterométricos (guijarros, gravas y bloques) con relleno limo arenoso-arcilloso, depositado en el fondo de valles tributarios y conos deyección, en la confluencia de las quebradas. Ocupan las partes bajas del relieve colinoso y adyacente a las referidas zonas. Corresponden a depósitos de flujos de detritos antiguos y recientes de la quebrada Río Tigre.

#### Depósitos coluvio-deluviales (Qh-cd)

Esta unidad litoestratigráfica 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.



Fotografía 1. Formación Tulumayo constituida por conglomerados con clastos de rocas intrusivas, areniscas cuarzosas rojas y areniscas feldespáticas, envueltas en una matriz limosa. Vista al sur.



Fotografía 2. Depósitos aluviales constituidos por bolos y gravas con formas redondeadas a subredondeadas poco consolidados, y de tamaño heterogéneo en matriz limo-arcillosa. Vista al suroeste.

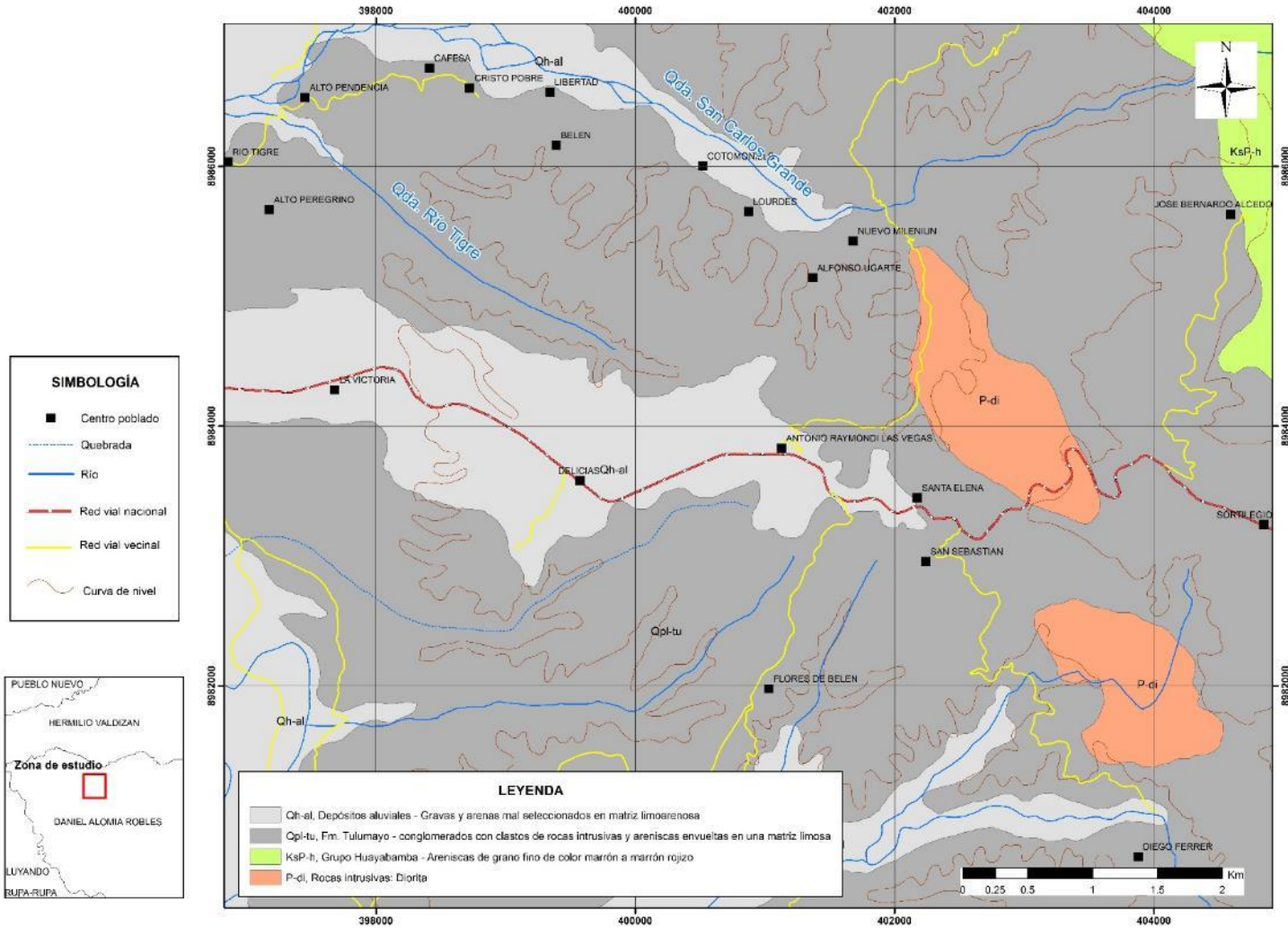


Figura 3. Mapa geológico de la zona de estudio.



## 5. 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 geoformas particulares individualizadas se agrupan en tres tipos generales del relieve en función a su altura relativa, donde se diferencian: 1) Colinas y lomadas, 2) Piedemonte y 3) Planicie. Ver cuadro 3.

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

Cuadro 3. Unidades geomorfológicas identificadas

Unidades geomorfológicas de carácter tectónico degradacional y erosional	
Unidad	Sub unidad
Colinas y lomadas disectadas	Colinas y lomadas disectadas en roca sedimentaria (RCLD-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)

### 5.1. 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 colinas y lomadas

Las colinas son elevaciones naturales del terreno con desnivel inferior a 300 metros, cuyas laderas se inclinan en promedio con valores superiores a 16% de pendiente. Mientras que las lomadas son elevaciones del terreno de similar altura



que las colinas, pero con cimas más amplias, redondeadas y alargadas, y gradientes entre 8% y 16%.

#### Relieve de colinas y lomadas disectadas en roca sedimentaria (RCLD-rs)

Estas geofomas están conformadas por substratos rocosos sedimentarios tipo conglomerados y areniscas, reducidos por procesos denudativos y que se encuentran conformando elevaciones alargadas y de pendiente moderada a alta (30° a 45°).

Se identificaron estas formas del relieve en los alrededores del caserío Daniel Alomía Robles Las Vegas (figura 4).

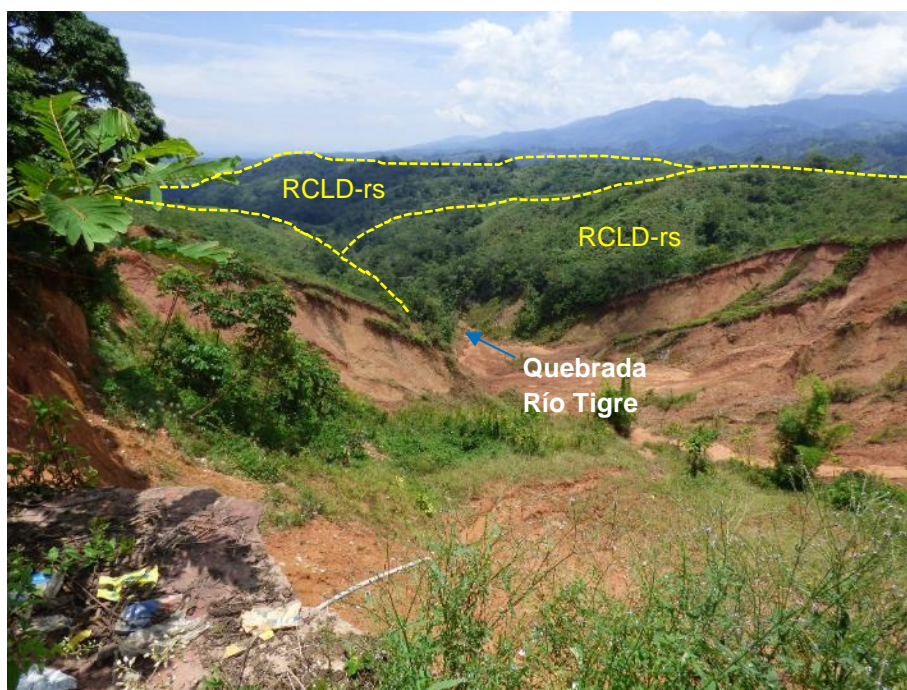


Figura 4. Colinas y lomadas disectadas en rocas sedimentarias, ubicadas en ambos márgenes de la quebrada Río Tigre. Vista al noreste.

## **5.2. GEOFORMAS DE CARÁCTER DEPOSITACIONAL O AGRADACIONAL**

Estas geofomas 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.

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

Vertiente o piedemonte aluvio-torrencial (P-at)

Esta unidad geomorfológica corresponde a los depósitos dejados por los flujos de detritos (huaicos) y de lodo que se producen de forma extraordinaria. 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.

Estas geoformas se identificaron en la quebrada Río Tigre (figura 5).

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 sucesivamente al pie de laderas.

Se identificaron estas formas de relieve en la quebrada Río Tigre (figura 5).



Figura 5. Vista al noreste de la quebrada Río Tigre donde se identificaron piedemontes aluvio-torrenciales (P-at) y coluvio-deluviales (V-cd).

## 6. PELIGROS GEOLÓGICOS

Los peligros geológicos identificados en el caserío Antonio Raymondi Las Vegas, corresponden a movimientos en masa de tipo deslizamientos, derrumbes y flujos de lodo (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 Oriental, 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 que caen en la zona.

### 6.1. CONCEPTOS BÁSICOS

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

#### 6.1.1. 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.

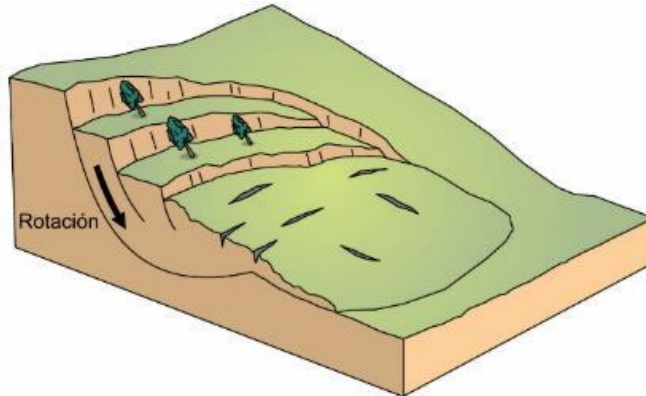
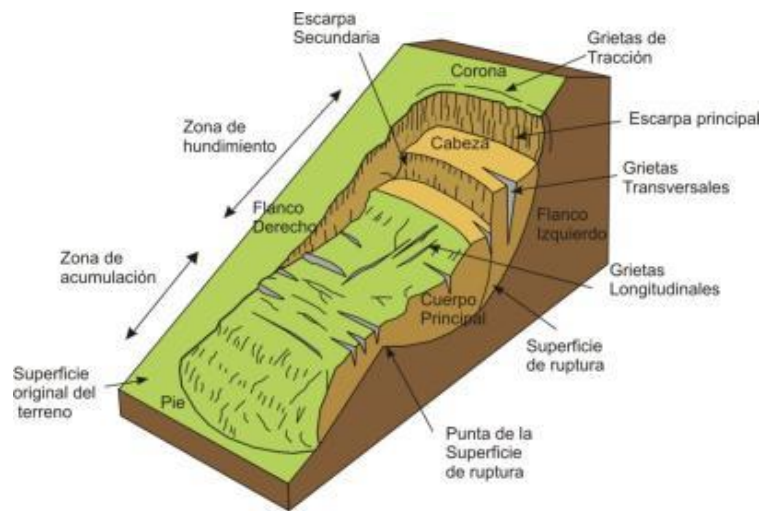


Figura 6. Esquema de un deslizamiento rotacional (tomado del Proyecto Multinacional Andino, 2007).

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

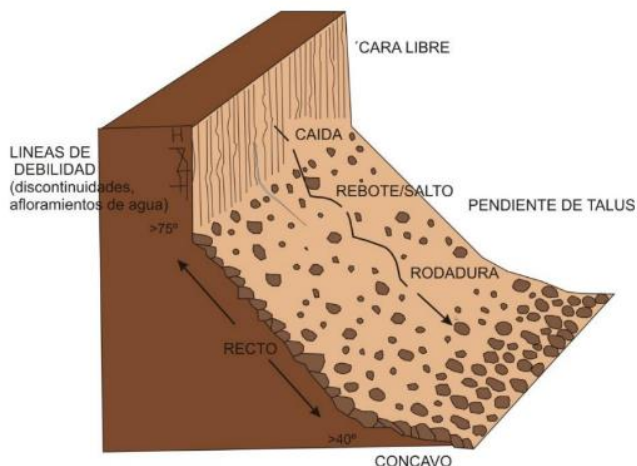


### 6.1.2. DERRUMBES

Los derrumbes son caídas violentas de material que se puede dar tanto en macizos rocosos como en 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 (Vílchez, 2015).



### 6.1.3. 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).

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).

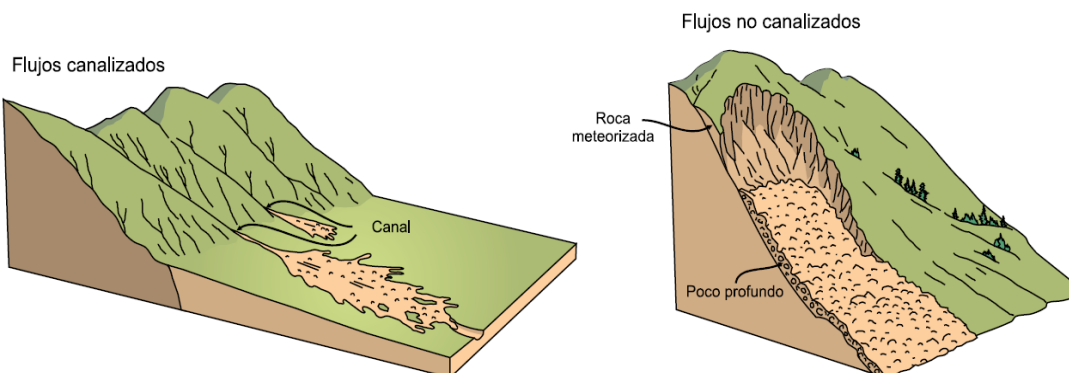


Figura 9. Esquema de flujos canalizados y no canalizados (Cruden & Varnes, 1996).

a) *Flujo de lodo (Mud flow)*

Flujo canalizado muy rápido a extremadamente rápido de detritos saturados plásticos, cuyo contenido de agua es significativamente mayor al del material fuente (Índice de Plasticidad mayor al 5%). El carácter de este tipo de movimiento es similar al del flujo de detritos, pero la fracción arcillosa modifica la reología del material. También se distingue de los deslizamientos por flujo de arcilla, en que el flujo de lodo incorpora agua superficial durante el movimiento, mientras que el deslizamiento por flujo ocurre por licuación in situ, sin un incremento significativo del contenido de agua (Hungry et al., 2001). En algunos países de Sudamérica se denomina flujo o torrente de barro.

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).

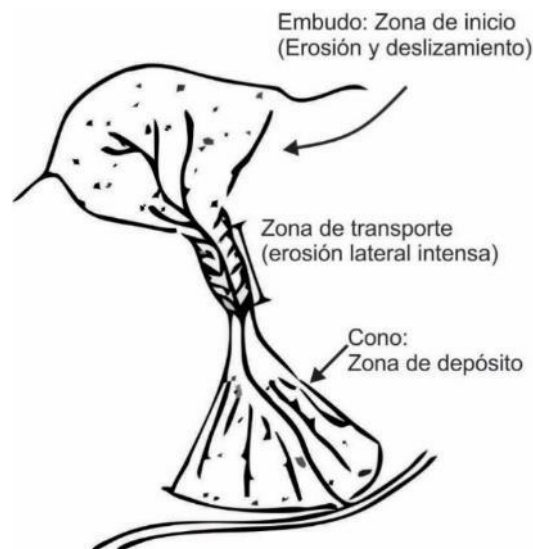


Figura 10. Esquema de generación de un flujo (Modificado de: Bateman *et al*, 2006).

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. 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.

**6.1.4. 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).

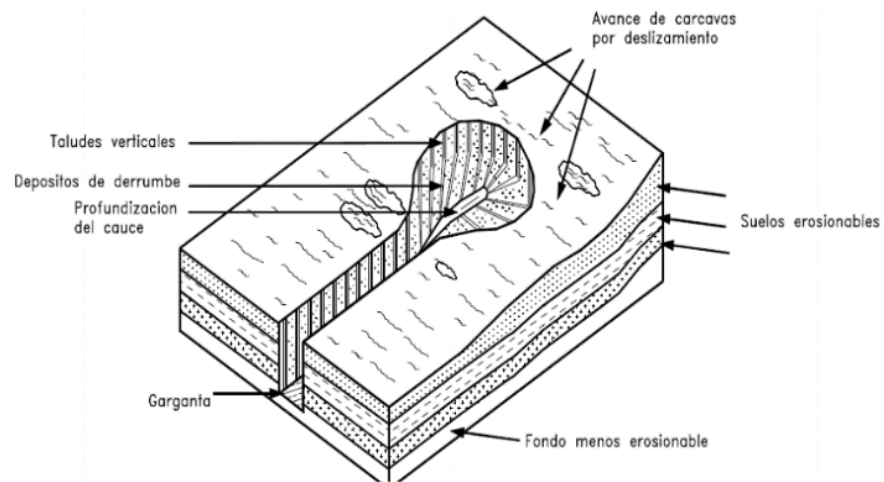


Figura 11. Esquema general de una cárcava. Tomado de Suárez (1998).

## 7. CÁRCAVAS EN LA QUEBRADA RÍO TIGRE

La ocurrencia de los procesos de erosión de laderas a manera de cárcavas identificados en la quebrada Río Tigre es favorecida por la morfología de las colinas y lomadas en rocas sedimentarias, la pendiente de las laderas que pueden superar los 35°, la naturaleza del suelo (incompetente), las filtraciones de agua de escorrentía, entre otros.

Durante los periodos de precipitaciones intensas y/o extraordinarias, la escorrentía superficial aumenta significativamente, generando el aumento progresivo de la capacidad de erosión en las paredes de las cárcavas.

Las cárcavas son el resultado de la erosión causada por un flujo intermitente de agua durante o inmediatamente después de fuertes lluvias, como las ocurridas en la zona de estudio. Como parte del avance retrogresivo de las cárcavas, en la cabecera de éstas se generan deslizamientos, mientras que en los lados se produce el ensanchamiento de las mismas ocasionando derrumbes. El material generado por los deslizamientos y derrumbes es canalizado por la quebrada Río Tigre como flujos de lodo.

Se identificaron cárcavas, deslizamientos, derrumbes y flujos de lodo en la quebrada Río Tigre y muy próximas a las viviendas del caserío Antonio Raymondi Las Vegas y la vía nacional Federico Basadre, así como cárcavas con un estado evolutivo maduro y/o antiguo, las cuales se reactivaron debido a las precipitaciones intensas ocurridas en la zona de estudio.

El análisis multitemporal realizado en la zona de estudio permitió identificar los procesos de erosión de ladera (cárcavas) desde el año 2005 hasta el 2020 (figura 12). De las imágenes disponibles se pudo determinar el avance promedio estimado de la erosión que fue de 5.8 metros por año. El apoyo logístico del Gobierno Regional de Huánuco a través del sobrevuelo con drones en la zona de estudio, permitió obtener imágenes recientes del evento para poder caracterizarlo y realizar la cartografía respectiva.

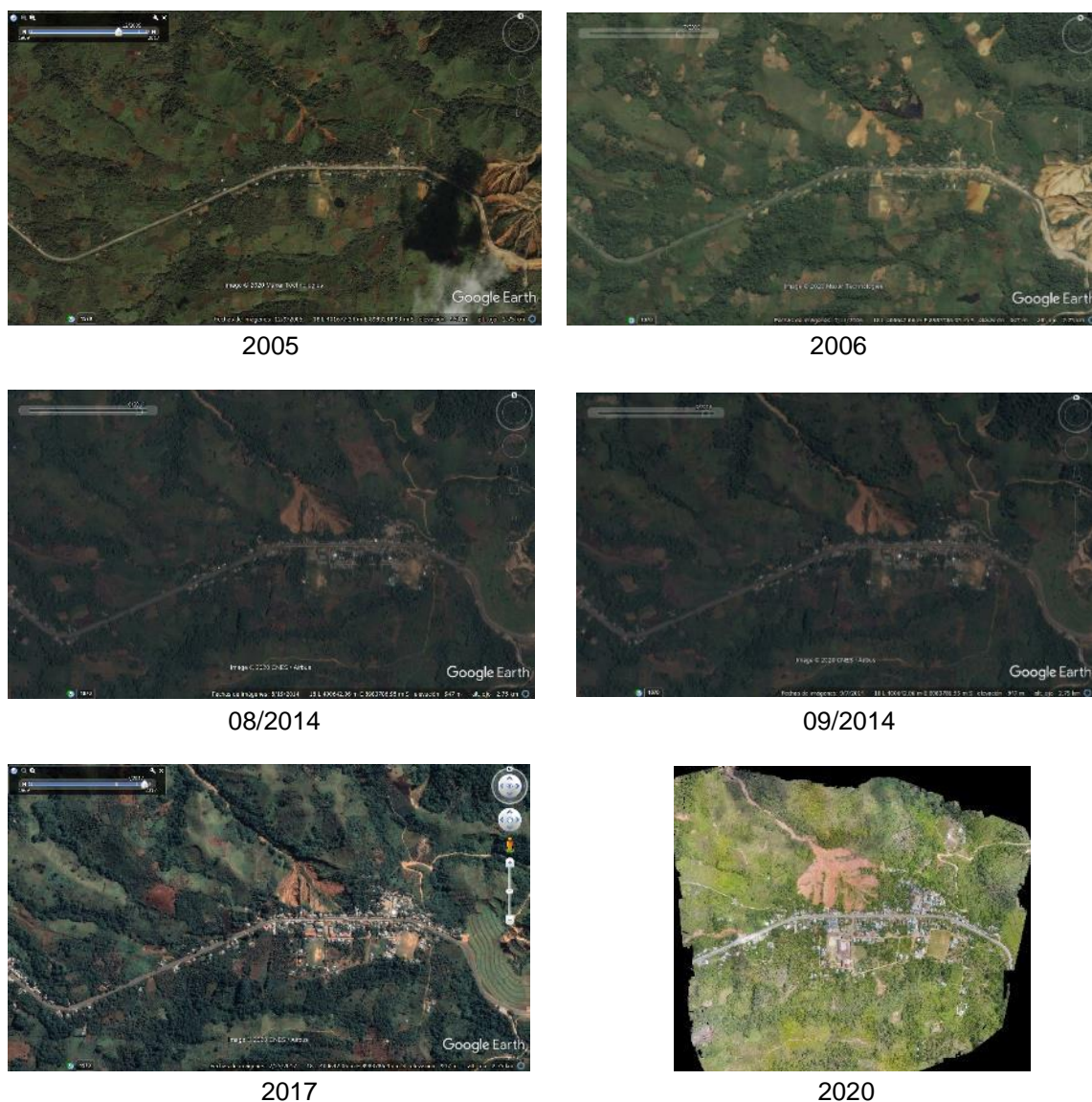


Figura 12. Análisis multitemporal, utilizando imágenes de Google Earth, que muestra desde el año 2005 hasta el 2017 el avance retrogresivo de las cárcavas hacia el caserío Antonio Raymondi Las Vegas, mientras que la imagen del 2020 se obtuvo del sobrevuelo de un dron. Las cárcavas se originaron durante o inmediatamente después de fuertes lluvias ocurridas en la zona de estudio.



Durante los trabajos de inspección geológica, realizados en el caserío Antonio Raymondi Las Vegas, se identificaron cuatro (04) procesos principales de erosión de laderas en cárcavas (figura 15). El proceso de carcavamiento se acentuó en la zona de estudio durante el mes de febrero del presente año.

Como se mencionó en la cabecera de las cárcavas, como parte del avance retrogresivo de éstas, se originaron movimientos en masa tipo deslizamientos (figura 14), en los lados se produjeron derrumbes por erosión de las aguas de escorrentía (fotografías 3 y 4), mientras que el material generado por los deslizamientos y derrumbes se canalizó por la quebrada Río Tigre a manera de flujos de lodo.

Los deslizamientos tienen coronas de 100 a 160 metros y saltos verticales de 20 a 25 metros. Los flujos de lodo formados a partir de los deslizamientos y derrumbes, están compuestos de material limoarcilloso que se canalizaron, aguas abajo, por la quebrada Río Tigre (figura 13).

Al suroeste del caserío Antonio Raymondi Las Vegas, se encuentra una depresión, la cual en periodo de lluvia se llena de agua; es posible que parte de estas aguas se filtre generando la saturación del terreno, lo cual favorece la ocurrencia de las cárcavas y la inestabilidad del suelo. La laguna tiene un ancho máximo de 40 metros y un largo máximo de 60 metros, mientras que la profundidad, según comentan los pobladores de la zona, es de 5 metros.

A 17 metros de la laguna se encuentra el C.E. Antonio Raymondi Las Vegas, el cual topográficamente se encuentra en una cota menor al de la laguna. Las aguas de la laguna son drenadas por un canal que tiene un ancho de 35 cm y una profundidad de 20 cm, este canal atraviesa el centro educativo y las aguas se drenan hacia el oeste del caserío Antonio Raymondi Las Vegas.

También se identificaron pequeños agrietamientos en la vía nacional Federico Basadre, la cual se encuentra de forma paralela a los procesos de erosión de laderas. El avance retrogresivo de las cárcavas está desestabilizando el terreno y produciendo asentamientos en dicha carretera.



Figura 13. Vista panorámica hacia el noroeste de los procesos de erosión de laderas a manera de cárcavas. Desde el 2005 hasta la actualidad se puede observar el avance retrogresivo de estos procesos, lo cual ha generado deslizamientos (escarpas delimitadas por líneas amarillas discontinuas), derrumbes y flujos de lodo hacia la quebrada Río Tigre. Mientras que en febrero de este año las viviendas del caserío Antonio Raymondi Las Vegas fueron afectadas.



Fotografía 3. Vista panorámica hacia el noreste de las cárcavas cuyo avance retrogresivo ha generado deslizamientos en la cabecera de las cárcavas y derrumbes en ambos lados de éstas. Todos estos procesos tienen dirección hacia la quebrada Río Tigre, incluyendo los flujos de lodo que se han canalizado por dicha quebrada.



Fotografía 4. Cárcavas identificadas al oeste del caserío Antonio Raymondi Las Vegas, cuya ocurrencia causada por las precipitaciones pluviales de febrero de este año, han afectado la carretera Federico Basadre.



Figura 14. Vista al oeste de la erosión de laderas a manera de cárcavas, en cuyas cabeceras se han producido deslizamientos que han afectado a la población del caserío Antonio Raymondi Las Vegas.



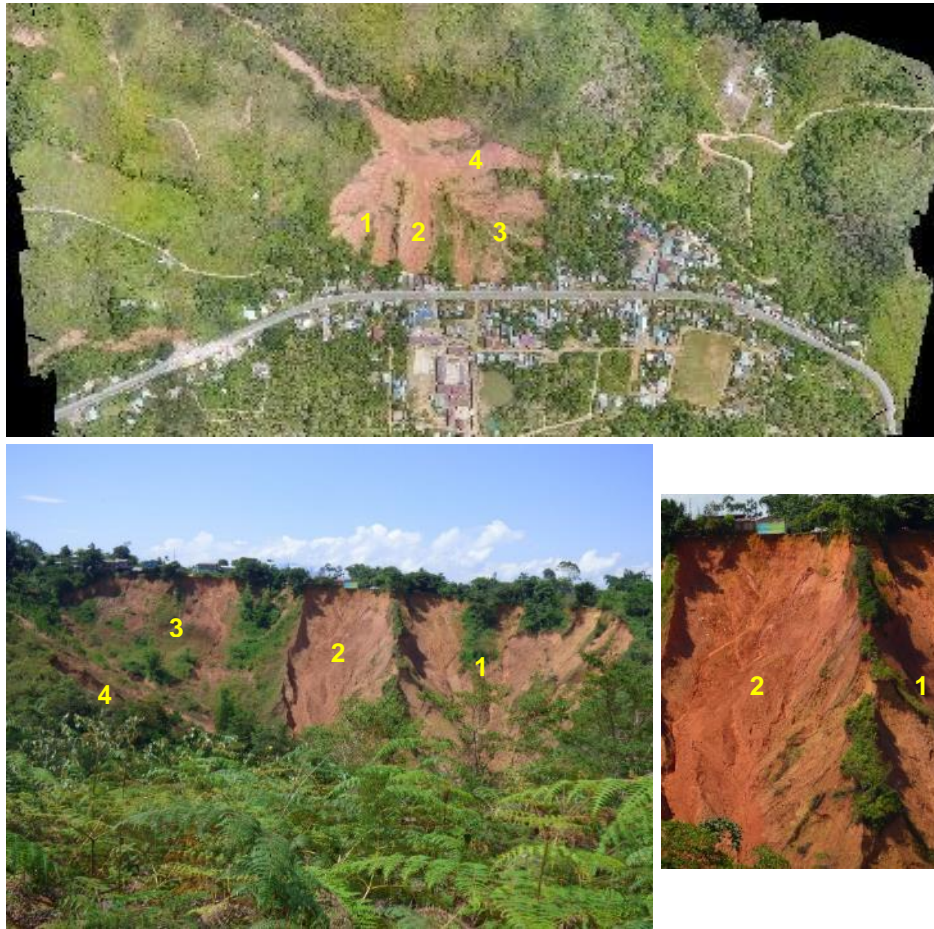


Figura 15. Cuatro (04) procesos principales de erosión de laderas en cárcavas identificados caserío Antonio Raymondi Las Vegas que destruyeron viviendas y afectaron otras en el caserío en mención.

## 7.1. CAUSAS

Las cárcavas se originan a consecuencia de las lluvias extraordinarias e intensas que ocurren en el caserío Antonio Raymondi Las Vegas y los alrededores. Entre los factores condicionantes se tienen: la morfología de las montañas, la pendiente del terreno, el tipo de suelo que es de fácil remoción por acción hídrica, entre otros. Mientras que el factor detonante son las precipitaciones pluviales.

*Factores condicionantes:*

- a) Configuración geomorfológica de la zona de estudio (colinas y lomadas disectadas y modeladas en rocas sedimentarias).
- b) Pendiente promedio de la ladera de las colinas y lomadas entre los 30° y 45°.
- c) Características litológicas del área (afloramiento de rocas sedimentarias tipo conglomerados con clastos de rocas intrusivas, areniscas cuarzosas rojas y areniscas feldespáticas, envueltas en una matriz limosa (fotografía 5). Se consideran a estas secuencias como rocas de calidad regular a mala y muy

meteorizada. La calidad de las rocas se ve reducida por la presencia de filtraciones.

- d) Substrato rocoso de mala calidad con un grado de meteorización moderado a alto.
- e) Presencia de afloramiento rocoso fracturado.
- f) Suelos de tipo limo-arcilloso con presencia de gravas.
- g) Presencia de agua subterránea como manantiales que saturan los suelos (figura 16).
- h) Cobertura vegetal de tipo matorrales dispersos, que ofrecen poca protección al suelo y la roca.
- i) La deforestación sufrida en la zona que dejó a los suelos sin de protección.



Fotografía 5. Los afloramientos de rocas sedimentarias tipo conglomerados (clastos de rocas intrusivas, areniscas cuarzosas rojas y areniscas feldespáticas, envueltas en matriz limosa) que se encuentran muy meteorizadas. Vista al norte.



Figura 16. Se identificaron manantiales que saturan los suelos ubicados dentro de las cárcavas. Vista al noroeste.



*Factor desencadenante:*

Las precipitaciones pluviales intensas fueron el factor desencadenante que originaron las cárcavas en el caserío Antonio Raymondi Las Vegas, las cuales saturan los terrenos y los desestabilizan.

## 7.2. DAÑOS

Entre los daños que se ocasionaron y según el SINPAD con código N° 117901, se registraron viviendas colapsadas parcialmente y 19 viviendas expuestas (02 iglesias y 01 comedor popular), así como la carretera principal Federico Basadre que se encuentra expuesta.

Se identificaron viviendas destruidas y afectadas (fotografías 6 y 7) por el avance retrogresivo de las cárcavas.

Una institución educativa fue parcialmente destruida, mientras que otras viviendas ubicadas muy próximas a las cárcavas se encuentran en alto riesgo de colapsar o ser afectadas (fotografía 9).

La carretera nacional Federico Basadre también puede ser afectada, esta se encuentra ubicada a 8 metros de las cárcavas. En esta carretera se han identificado agrietamientos producidos por el asentamiento del terreno, ocasionado por las cárcavas que se encuentran muy cerca. Cabe mencionar que en un tramo de esta carretera se produjeron asentamientos, que se encontraban en rehabilitación durante la inspección en campo (fotografía 8).



Fotografía 6. Viviendas e institución educativa destruidas y afectadas por el avance retrogresivo de las cárcavas. Vista al sureste.



Fotografía 7. Viviendas destruidas e inhabitables ubicadas en la cabecera de las cárcavas. Vista al oeste



Fotografía 8. Carretera Federico Basadre, vía nacional que atraviesa el caserío Antonio Raymondi Las Vegas que fue afectada por las cárcavas, cuya rehabilitación se venía realizando durante la inspección en campo. Vista al oeste





Fotografía 9. Viviendas del caserío Antonio Raymondi Las Vegas ubicadas muy próximas a las cárcavas, se puede observar la inclinación de los árboles que indican la inestabilidad del terreno debido a estos procesos. Vista al oeste

En la figura 17, se muestra el cartografiado de los peligros geológicos por movimientos en masa identificados en el caserío Antonio Raymondi Las Vegas y alrededores. Dicho mapa se elaboró con el uso de imágenes satelitales, imágenes generadas por el sobrevuelo con dron, antecedentes históricos y datos tomados en los trabajos de campo (fotografías y puntos de control GPS).

El mapa de peligros geológicos por movimientos en masa es una herramienta de apoyo a la planificación territorial y la gestión del riesgo (planes de emergencia) en el caserío Antonio Raymondi Las Vegas.

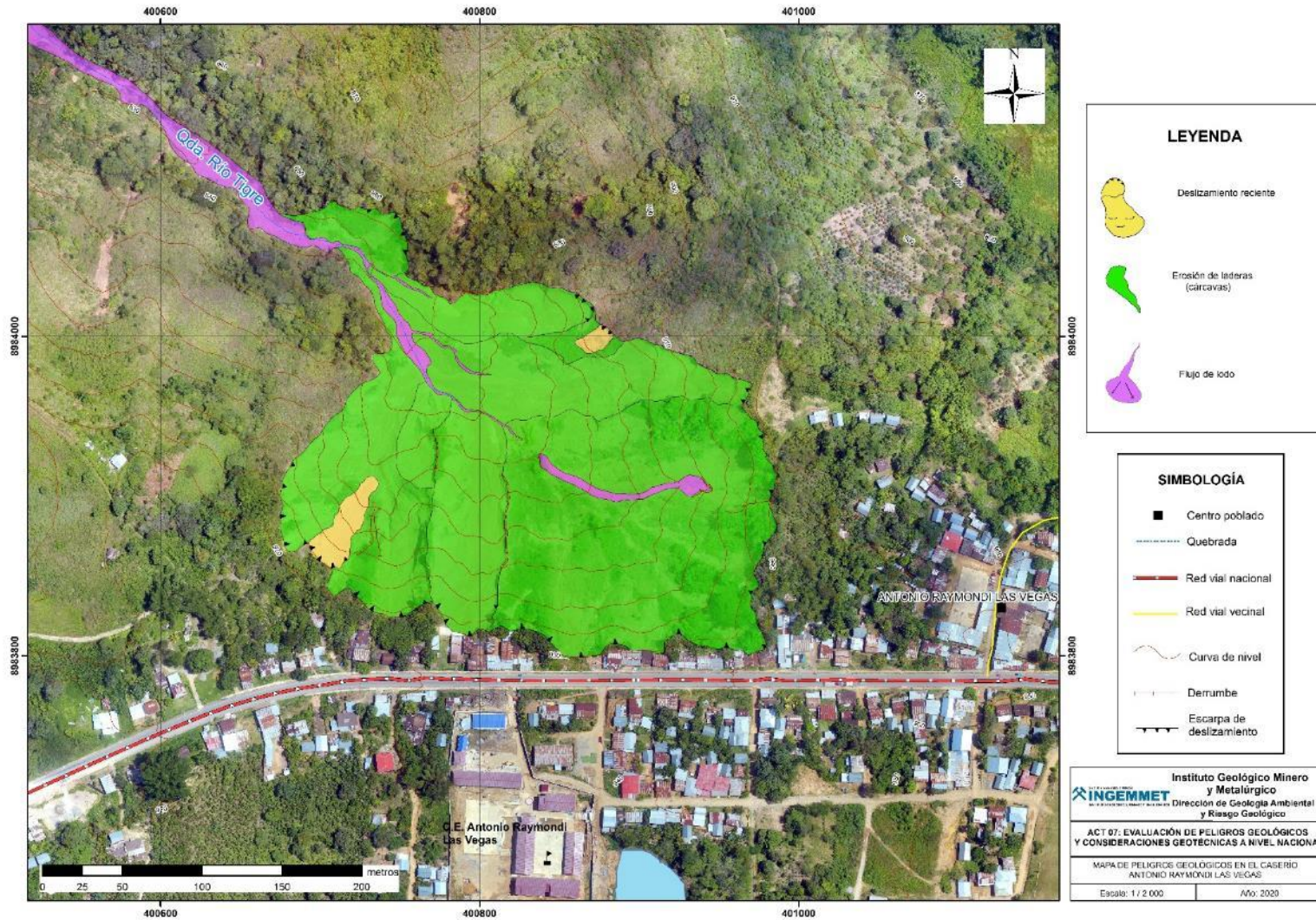


Figura 17. Mapa de peligros geológicos del caserío Antonio Raymondi Las Vegas.



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

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

Dentro de las principales medidas de estabilidad, para mitigar los movimientos en masa identificados, se encuentran el control del agua superficial y subterráneo, debido a que las filtraciones de aguas de escorrentía son un factor importante en la inestabilidad del terreno, y la estabilización de las cárcavas para evitar el avance retrogresivo de éstas hacia el caserío en mención. La estabilización de las cárcavas se debe realizar considerando los trabajos realizados en el sector Belén (fotografía 10) ubicado al sureste del caserío Antonio Raymondi Las Vegas.



Fotografía 10. Estabilización de las cárcavas ubicadas en el sector Belén. Estos mismos trabajos se deben realizar del caserío Antonio Raymondi Las Vegas. Vista al noroeste

El control del agua superficial es un sistema tendiente a controlar el agua y sus efectos, disminuyendo las fuerzas que producen movimiento y/o aumentando las fuerzas resistentes. El control del agua tanto superficial como subterránea es muy efectivo y es generalmente más económico. El drenaje reduce el peso de la masa y al mismo tiempo aumenta la resistencia de la ladera (Suarez, 1998).

## 8.1. 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 de las cárcavas.

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 18).

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 19).

Los canales deben conducirse a entregas en gradería u otro disipador de energía que conduzca el agua recolectada hasta un sitio seguro (figuras 20 y 21).

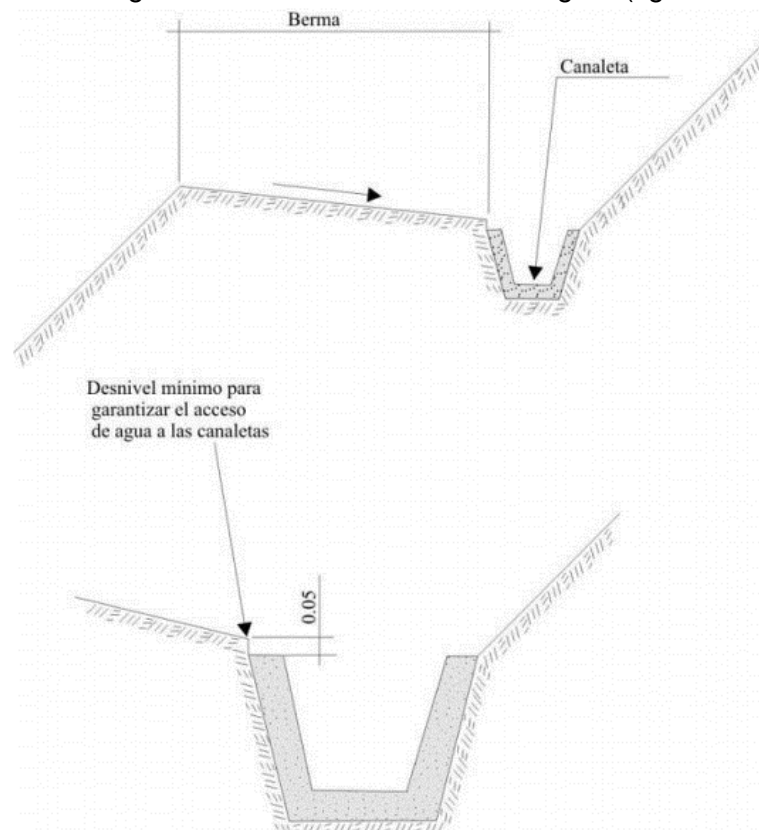


Figura 18. Detalle una canaleta de drenaje superficial (zanjas de coronación). Tomado de INGEMMET (2000)

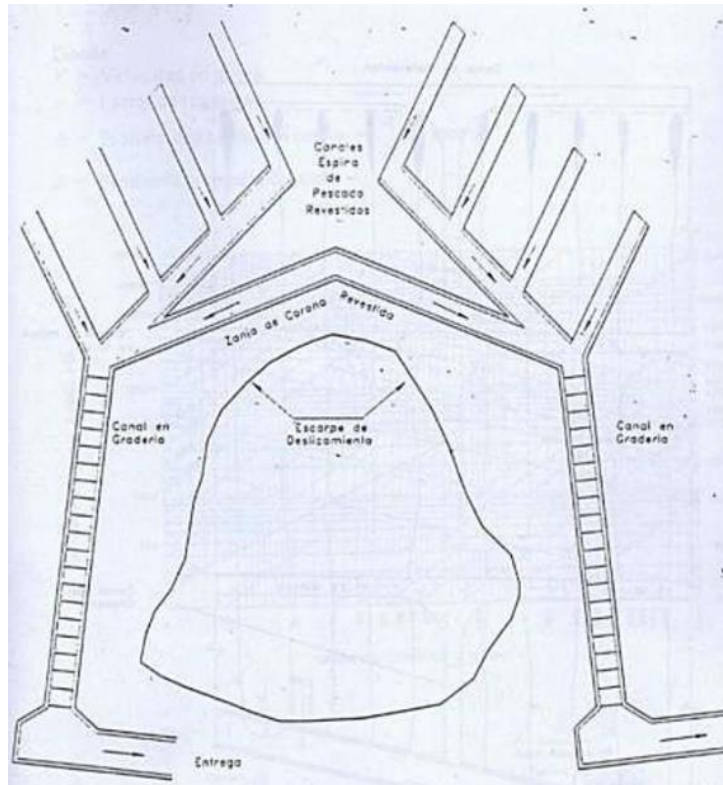


Figura 19. Esquema de planta de canales colectores espina de pescado con canales en gradería

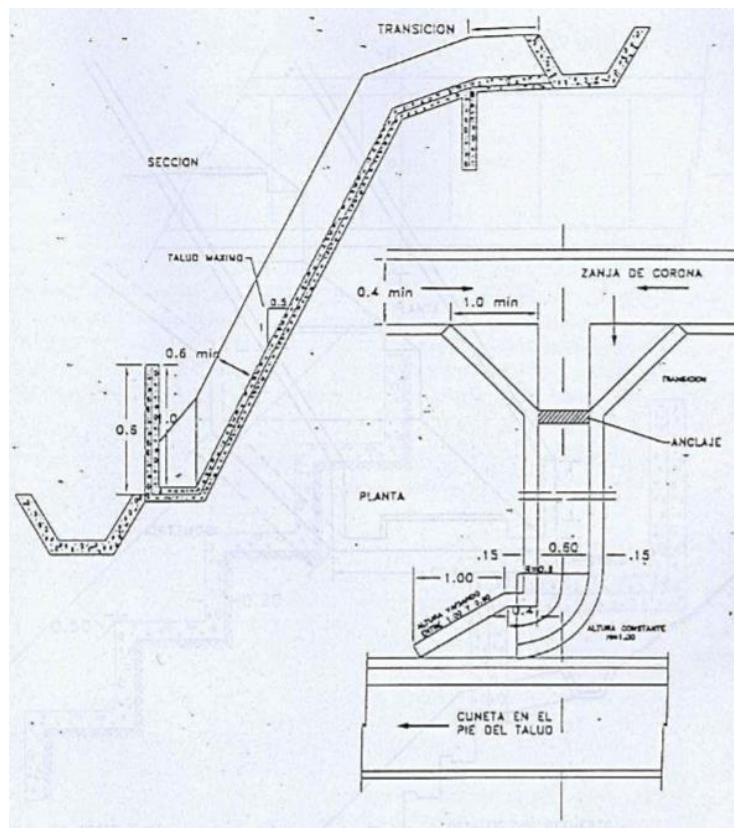


Figura 20. Detalle de un canal rápido de entrega



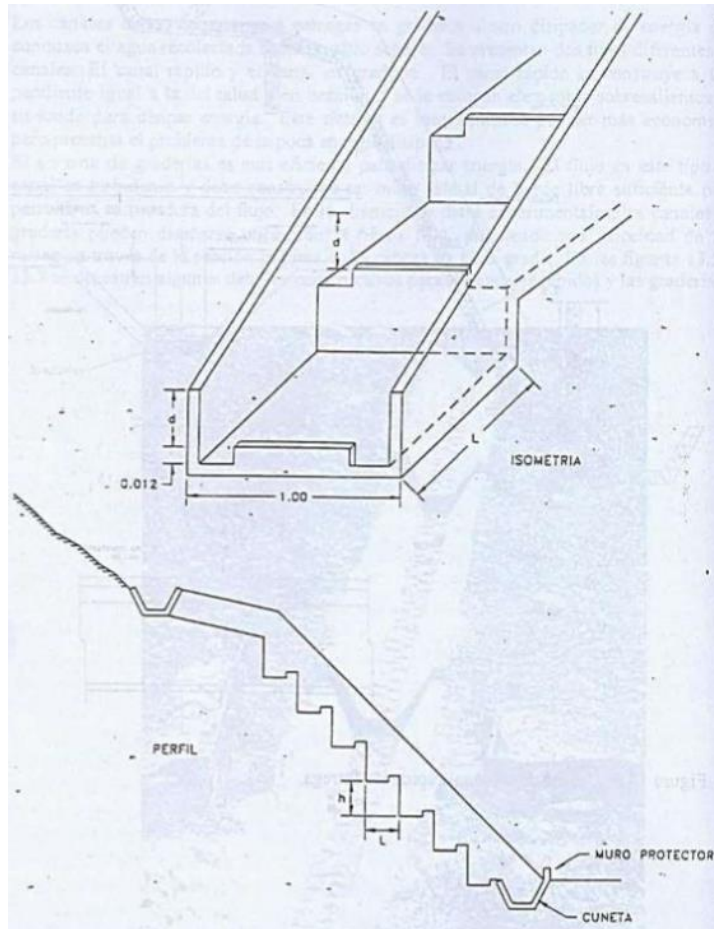


Figura 21. Canal de entrega con gradas de disipación

## 8.2. DRENAJE SUBTERRÁNEO

El control de las aguas subterráneas tiene como objetivos controlar la presión producida por estas aguas y regular las fluctuaciones del nivel freático, brindando estabilidad y garantizando la permanencia de las obras que se encuentran en la superficie del terreno, así como mejorar la aireación del suelo a favor de las coberturas vegetales; este control se hace a través de filtros o subdrenes interceptores, consistentes en zanjas rellenas de material filtrante y elementos de captación y transporte de agua. Existen diferentes tipos (Suárez, 1992), con material de filtro y tubo colector; con material grueso permeable sin tubo (filtro francés); con geotextil como filtro, material grueso y tubo colector; con geotextil, material grueso y sin tubo; y tubo con capa gruesa de geotextil alrededor (figura 22).

La elección del tipo de dren interceptor, estará en función del presupuesto y materiales disponibles, así como de las necesidades de captación y caudal del dren; dentro de las limitaciones e implicaciones en su manejo (Suárez, 1989), se destaca la tendencia al taponamiento, producto del transporte y deposición de las partículas más finas del suelo, razón por la cual debe ser muy cuidadosamente escogido el material de filtro, y el tipo y calidad de geotextil a utilizar. Asimismo,



es necesario prestar especial atención a las plantas, ya que invaden los drenes, al taponar los orificios de drenaje.

El sellado de grietas es otra actividad de gran importancia, en la búsqueda del control del agua y estabilidad del terreno; con ella se previene la penetración del agua a través de grietas existentes en la superficie del terreno, y su posterior contacto con el subsuelo, el cual favorecería eventualmente la ocurrencia de derrumbes en cercanías a las cabeceras de las cárcavas.

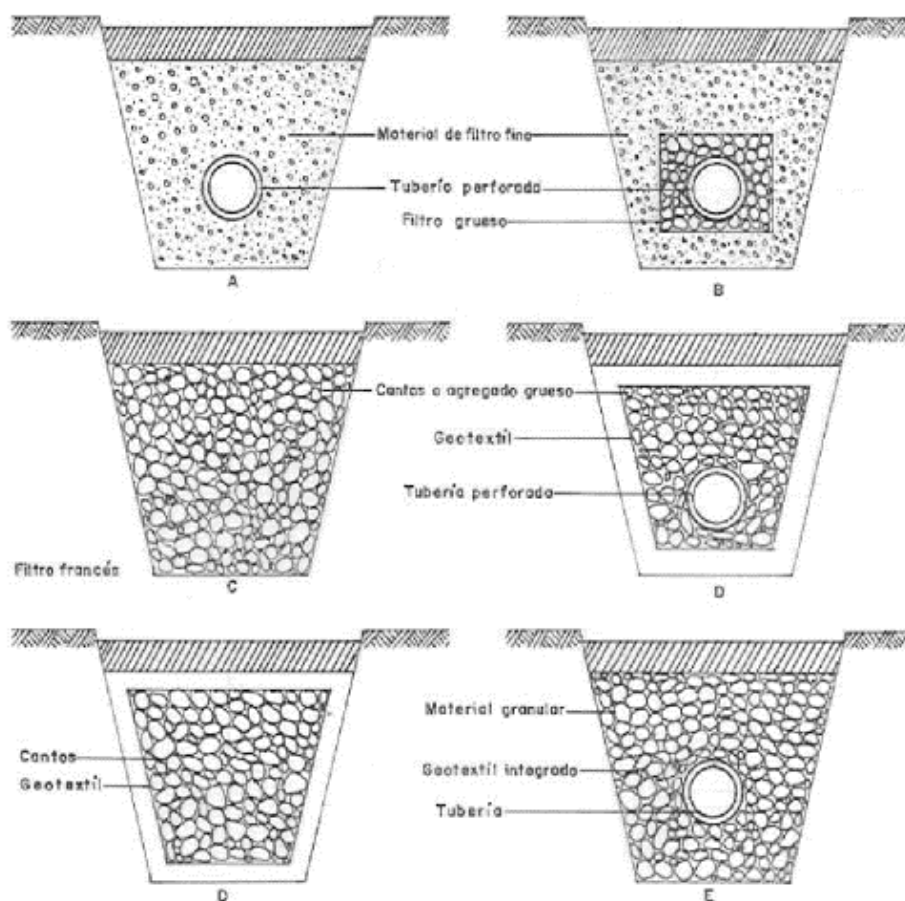


Figura 22. Tipos de subdrenes interceptores (Adaptado de Suárez, 1992)

Otras medidas de prevención y/o mitigación, son las siguientes:

- Reubicar a la población y viviendas que se encuentran próximas a las cárcavas, debido a que se encuentran en un riesgo muy alto ante los peligros geológicos identificados en la zona de estudio.
- Drenar el agua de la laguna para evitar la infiltración al subsuelo y que siga desestabilizando el terreno.
- 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.

- 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 (figura 23).
- 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 sobrepastoreo que produzca deterioro y destrucción de la cobertura vegetal.
- Realizar un monitoreo diario del avance retrogresivo de las cárcavas, con el fin de estar prevenidos del aumento de su actividad.
- No debe construirse reservorios de agua sin revestimiento, ya que favorece a la infiltración y saturación del terreno.

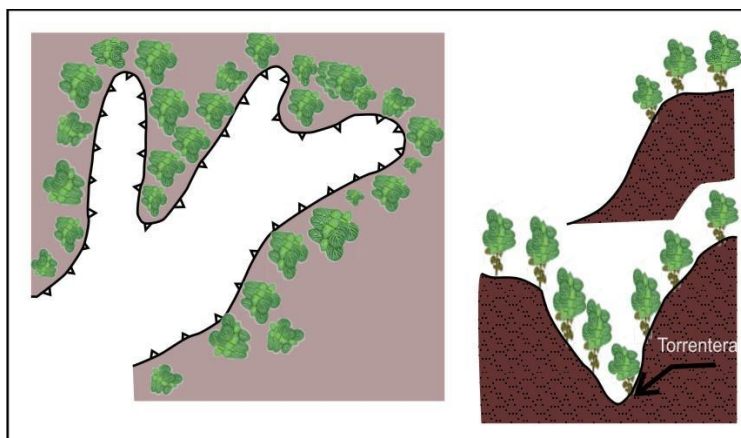


Figura 23. Vista en planta y en perfil de los procesos de forestación en cabeceras y márgenes de las áreas inestables

## CONCLUSIONES

- a) El caserío Antonio Raymondi Las Vegas se encuentra ubicado en la parte alta de la quebrada Río Tigre, en zonas de susceptibilidad alta y muy alta a la ocurrencia de movimientos en masa.
- b) Geomorfológicamente, la población del caserío Antonio Raymondi Las Vegas se encuentra sobre relieves de colinas y lomadas disectadas en roca sedimentaria con pendiente promedio de la ladera entre los 30° y 45°.
- c) El caserío en mención, se encuentra sobre conglomerados con clastos de rocas intrusivas, areniscas cuarzosas rojas y areniscas feldespáticas, envueltas en una matriz limosa de color amarillo, los clastos tienen un tamaño que varía de 0.015 a 0.20 m, hacia la parte superior estos se hacen más angulosos y presenta lentes de limoarcillitas rojas. 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 agua subterránea.
- d) En caserío Antonio Raymondi Las Vegas se identificaron movimientos en masa tipo deslizamientos, derrumbes y flujos de lodo, así como procesos de erosión de laderas en forma de cárcavas.
- e) Los peligros geológicos identificados en la zona de estudio son originados por factores condicionantes como: la morfología de las colinas y lomadas, 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 caserío Antonio Raymondi Las Vegas es considerado como **Zona Crítica**, de peligro muy alto por deslizamientos, derrumbes, flujos de lodo y cárcavas, ante la presencia de lluvias intensas y/o extraordinarias.

## RECOMENDACIONES

- a) Realizar el monitoreo del avance retrogresivo de las cárcavas, las cuales producen deslizamientos en la cabecera y derrumbes en ambos lados de éstas.
- b) En temporada de lluvias intensas y/o extraordinarias realizar la evacuación de las personas que se encuentran en las viviendas que podrían ser afectadas. Para esto implementar un sistema de señalización de rutas de evacuación ante la amenaza de deslizamientos y derrumbes, así como la ocurrencia de nuevos eventos o la reactivación de los procesos ya identificados.
- c) No continuar con la habilitación urbana de la zona de estudio.
- d) Realizar la limpieza y mejoramiento del sistema de drenaje.
- e) Las obras de rehabilitación deben ser dirigidas y ejecutadas por profesionales con conocimiento y experiencia en el tema.



Segundo A. Núñez Juárez  
Jefe de Proyecto-Act-07



César Augusto Chacaltana Budiel  
Director de Geología Ambiental y Riesgo Geológico



## 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.

De La Cruz, J.; Valencia, M. & Boulaugger, E. (1996) - Geología de los cuadrángulos de Aguaytía, Panao y Pozuzo. INGEMMET, *Boletín Serie A: Carta Geológica Nacional*, 80, 136 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.

Mc Laughlin, D. H. (1925) - Notas sobre la geología y fisiografía de los Andes Peruanos en los departamentos de Junín y Lima (Traducción). *Inf. y Mem. Bol. Soc. Ing. del Perú*, Vol. 27, No. 2.

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.

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.

Zavala, B. & Vílchez, M. (2005) - Zonas críticas por peligros geológicos en la región Huánuco. Informe técnico. Reporte preliminar, 39 p.

Zavala, B. & Vílchez, M. (2006) - Estudio de Riesgos Geológicos en la Región Huánuco. INGEMMET, *Boletín Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica*, 34, 174 p