

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

**Informe Técnico N° A7097**

# EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL CENTRO POBLADO DE TIAPARO

Región Apurímac  
Provincia Aymaraes  
Distrito Pochuanca



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

*Equipo de investigación:*

*Norma L. Sosa*

*Dulio H. Gómez*

**Referencia bibliográfica**

*Sosa N. & Gómez D. (2020). "Evaluación de peligros geológicos en el Centro poblado de Tiaparo", informe técnico, INGEMMET.*

## CONTENIDO

<b>RESUMEN</b> .....	3
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	4
<b>1.1. Objetivos del estudio</b> .....	4
<b>1.2. Antecedentes y trabajos anteriores</b> .....	5
<b>1.3. Aspectos generales</b> .....	5
1.3.1. UBICACIÓN.....	5
1.3.2. ACCESIBILIDAD .....	6
1.3.3. CLIMA .....	6
1.3.4. VEGETACIÓN.....	7
<b>2. ASPECTOS GEOLÓGICOS</b> .....	8
<b>2.1. Unidades litoestratigráficas</b> .....	8
2.1.1. Formación Hualhuani (Ki-hu).....	8
2.1.2. Formación Murco (Ki-mu) .....	8
2.1.3. Formación Gramadal (Js-g) .....	9
2.1.4. Formación Labra (Js-l).....	10
2.1.5. Deposito aluvial (Q-al).....	11
2.1.6. Deposito residual (Q-re).....	11
2.1.7. Deposito coluvio-deluvial (Q-cd).....	11
<b>3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS</b> .....	13
<b>3.1. Pendientes del terreno</b> .....	13
<b>3.2. Unidades geomorfológicas</b> .....	13
3.2.2. Geoformas de carácter depositacional y agradacional .....	15
<b>4. PELIGROS GEOLÓGICOS</b> .....	16
<b>4.1. Deslizamiento del 10 de octubre en el centro poblado de Tiaparo</b> .....	17
<b>5. CONCLUSIONES</b> .....	27
<b>6. RECOMENDACIONES</b> .....	28
<b>7. BIBLIOGRAFÍA</b> .....	29
<b>ANEXO 1: MAPAS</b> .....	30
<b>ANEXO 2: GLOSARIO</b> .....	34
<b>ANEXO 3: MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN</b> .....	36

## RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa, realizada en el centro poblado de Tiaparo, que pertenece a la jurisdicción de la municipalidad distrital de Pochuanca, provincia de Aymaraes, región Apurímac.

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 los tres niveles de gobierno (distrital, regional y nacional).

El deslizamiento rotacional que se inició a las 13.40 horas del 10 de octubre de 2020, es de tipo rotacional, la escarpa principal tiene una longitud de 178 m, presenta grietas de 0.30 cm a 1 m longitudinales y transversales, con saltos de 0.30 cm a 1.8 m, la masa del suelo se desplazó 170 m e dirección noroeste.

El deslizamiento, afectó un tramo de la carretera (interrumpió el tránsito vehicular y peatonal del sector), destruyó parte de la tubería del desagüe y agua potable afectando a los pobladores; así como cultivos de la zona.

Las unidades geológicas que afloran en la zona evaluada corresponden a rocas sedimentarias formaciones Hualhuani, Gramadal, Labra y Murco, depósitos coluvial-deluvial, residual, aluvial y antrópico, que han sufrido transporte por gravedad en donde se generó el deslizamiento; así como relleno artificial el que se encuentra al pie de la plataforma deportiva.

Las Geoformas identificadas corresponden a las de origen tectónico-degradacional (montañas de rocas sedimentarias) y Geoformas de carácter depositacional y agradacional, principalmente originadas por la ocurrencia de movimientos en masa antiguos, vertiente de depósito de deslizamiento y vertiente o piedemonte coluvio-deluvial. Con laderas de pendiente moderada (5° a 15°).

Se concluye que el área de estudio es considerada como una **Zona Crítica** de peligro alto a la ocurrencia deslizamientos, que puede ser reactivado por lluvias excepcionales o movimientos sísmicos.

Finalmente, se recomienda realizar la modificación de trazo de la carretera (estos trabajos deben ser diseñados y dirigidos por un especialista en geotecnia), identificar y reparar las tuberías de desagüe y agua potable. Estas propuestas de solución se plantean con la finalidad de minimizar la generación de los daños que puedan ocasionar los procesos identificados, como también evitar la generación de nuevos eventos que impacten a la sociedad.

## **1. INTRODUCCIÓN**

El INGEMMET, ente técnico-científico que desarrolla a través de los proyectos de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR) la “Evaluación de peligros geológicos y consideraciones geotécnicas a nivel nacional (ACT. 7)”, contribuye de esta forma con entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno mediante el reconocimiento, caracterización y diagnóstico del peligro geológico en zonas que tengan elementos vulnerables.

Atendiendo la solicitud de la Municipalidad provincial de Aymaraes, según oficio N° 600-2020-MPA-CH./AYM/APU, es en el marco de nuestras competencias que se realiza una evaluación de los eventos de tipo (deslizamiento), ocurridos el día (10 de octubre del presente), que afectó (plataforma de la carretera, tubería de desagüe, agua potable y cultivos).

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del INGEMMET designó a los especialistas Ingenieros Norma Sosa Senticala, Dulio Gómez Velásquez para realizar la evaluación técnica respectiva.

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

Este informe se pone en consideración de la municipalidad provincial de Aymaraes, donde se proporcionan resultados de la inspección y recomendaciones para la mitigación y reducción del riesgo de desastres, a fin de que sea un instrumento técnico para la toma de decisiones.

### **1.1. Objetivos del estudio**

El presente trabajo tiene como objetivos:

- a) Identificar, tipificar y caracterizar los peligros geológicos por movimientos en masa que se presentan en el Anexo Tiaparo, distrito Pochuanca, provincia Aymaraes, región Apurímac, eventos que pueden comprometer la seguridad física de personas, viviendas, obras de infraestructura y vías de comunicación en la zona de influencia de los eventos.
- b) Determinar las causas de origen de los peligros geológicos identificados.
- c) Emitir las recomendaciones pertinentes para la reducción o mitigación de los daños que pueden causar los peligros geológicos identificados.

## 1.2. Antecedentes y trabajos anteriores

Existen trabajos previos y publicaciones del INGEMMET, que incluyen el acantilado de la playa Chorrillos, relacionados a temas de geología y geodinámica externa, de los cuales destacan los siguientes:

- A) Informe técnico N°A6624, Segundo Reporte de Zonas Críticas por Peligros Geológicos y Geo-hidrologicos en la Región Apurímac, (2013) Este trabajo indica que en la zona de estudio se determinó como Zona Crítica N°4, Se recomienda realizar un estudio geotécnico para la elaboración de muro de contención en la parte baja de la cancha, así como canales de colección de aguas pluviales en la parte alta del deslizamiento y en la comunidad misma. Reubicar viviendas y terrenos de cultivo en el cuerpo del deslizamiento
- B) Geología de los cuadrángulos Chalhuanca (29p), Antabamba (29q), y SantoTomás (29r). Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, Serie A: Carta Geológica Nacional, describen las formaciones que se encuentran en la zona de estudio y alrededores.
- C) Estudio de riesgos geológicos del Perú, Franja N°2, (2020) Boletín N°27, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica- Ingemmet, Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico.
- D) En el mapa de susceptibilidad a movimientos n masa , escala 1:2 000 000 (escala regional) elaborada por el Ingemmet (2013), el centro poblado de Tiaparo, se localiza en una zona susceptible baja a media a la ocurrencia de movimientos en masa.

## 1.3. Aspectos generales

### 1.3.1. UBICACIÓN

El área evaluada corresponde al centro poblado de Tiaparo, distrito de Pochuanca, provincia Aymaraes, región Apurímac (figura 1), en las coordenadas UTM (WGS84 - Zona 18S) siguientes:

**Cuadro 1.** Coordenadas del área de estudio.

N°	UTM - WGS84 - Zona 18S		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	705533	8432393	-14.181820°	-73.098549°
2	706050	8432082	-14.174953°	-73.090835°
3	705214	8431329	-14.172216°	-73.095631°
4	704687	831723	-14.178313°	-73.103423°
COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA				
A	705271	8431534	-14.181718°	-73.098539°

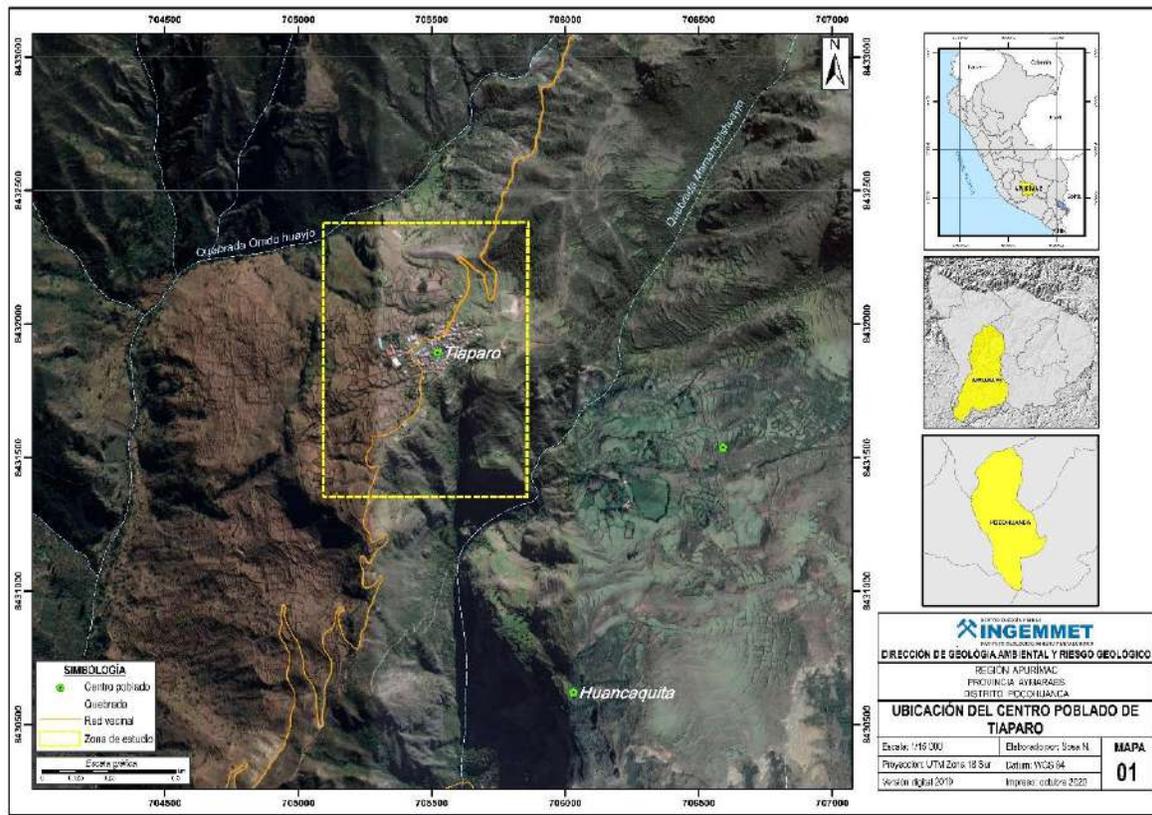


Figura 1. Mapa de ubicación de la zona inspeccionada.

### 1.3.2. ACCESIBILIDAD

El acceso a la zona utilizando un vehículo desde el INGEMMET, se realizó mediante la siguiente ruta:

Cuadro 2. Rutas y accesos a la zona evaluada.

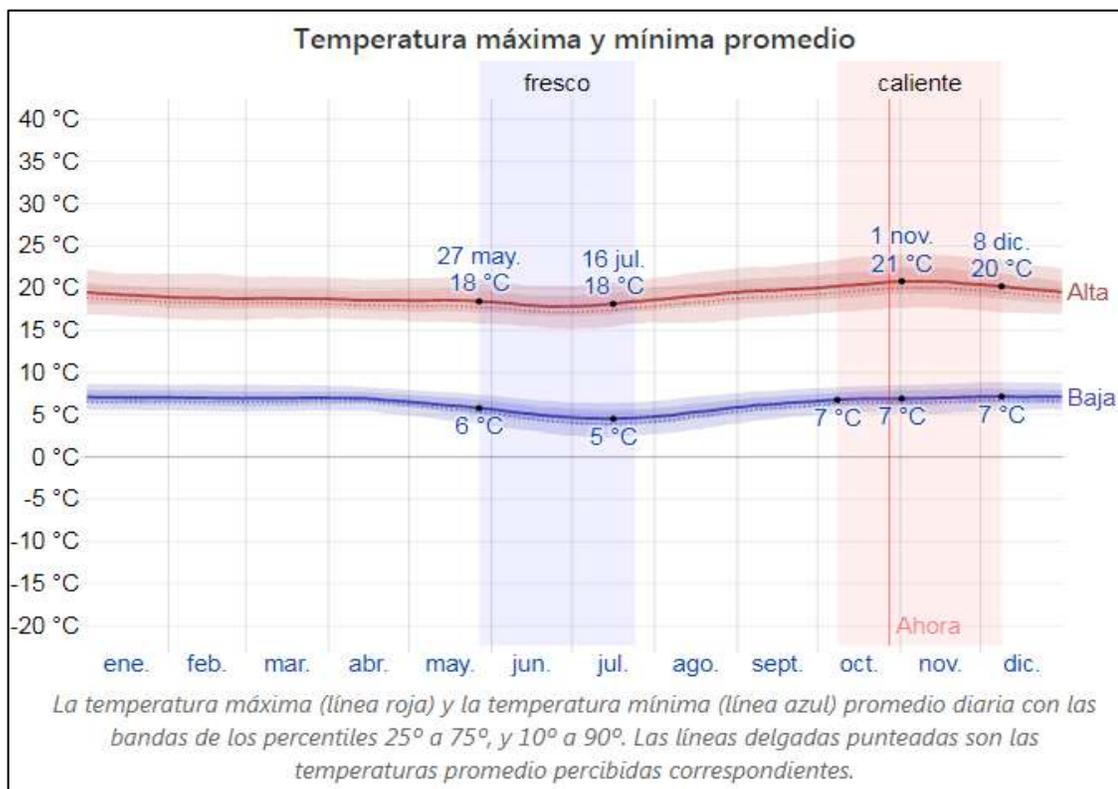
Ruta	Tipo de vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Lima - Nazca	Asfaltada	448km	6 horas y 30 minutos
Nazca - Chalhuanca	Asfaltada	379km	7 horas y 40 minutos
Chalhuanca - Tiaparo	Asfaltado/Trocha	82km	1 hora y 40 minutos

### 1.3.3. CLIMA

De acuerdo al Mapa climático nacional elaborado por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - SENAMHI, el centro poblado de Tiaparo presenta un tipo climático:

Zona de clima semi seco, frio, con deficiencia de lluvia en otoño e invierno, con humedad relativa calificada como seco

La temperatura máxima promedio diario es de 21°C y la mínima promedio es de 7°C, como se observa en la figura 2. Según el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), en la zona evaluada la precipitación pluvial acumulada durante el periodo lluviosos normal (octubre – marzo) es de 500 mm, pero menores de 1000 mm y para el periodo de precipitación acumulado



**Figura 2.** Temperatura máximas y medias de la zona de estudio (Weather Spark, 2020)

#### 1.3.4. VEGETACIÓN

El ecosistema presente en el distrito de Pochuanca, esta fundamentalmente diferenciado por la altitud sobre el nivel del mar y se puede encontrar una gran formación o tipo de vegetación que es característico del lugar como en la parte baja se encuentra especies nativas como el molle, huarango, gigantones, tunas, etc., en las partes altas encontramos grandes extensiones de especies esteparias, predominantemente de matorrales arbustos como la chillca y la taya.

Los terrenos afectados por el deslizamiento presentan cobertura vegetal de tipo cultivos de papa, cebada.

## 2. ASPECTOS GEOLÓGICOS

La evaluación geológica del área de estudio se elaboró teniendo como base el Boletín N°35 “Geología de los cuadrángulos de Chalhuanca, Antabamba y Santo Tomas, Hojas: 29-p, 29-q y 29-r. (Pecho V., 1981). En la zona de estudio, afloran rocas sedimentarias que se describen brevemente a continuación.

### 2.1. Unidades litoestratigráficas

Las unidades litoestratigráficas que afloran en la zona inspeccionada y alrededores corresponden a Cretácico Inferior. (anexo 1).

#### 2.1.1. Formación Hualhuani (Ki-hu)

Compuesta por areniscas cuarzosas blancas y grises de grano fino, masivas y con laminaciones. Se presentan intercaladas con niveles de pelitas negras carbonosas. Esta unidad se encuentra en la parte central de la zona de estudio; presentan estratificaciones por capas, medianamente compacto, muy meteorizado (más del 50% está descompuesto y/o desintegrada como suelo, roca fresca o descolorida. (fotografía 1).en la parte superior de esta formación se identificó una capa de 0.5 a 15cm de depósito residual, el cual está cubierto por pastos del sector.



**Fotografía 1.** Vista con dirección al noreste, donde se observa el grado de fracturamiento en los niveles de areniscas de grano fino a medio, de coloración blanquecina, muy fracturado. Se encuentra en las coordenadas UTM 8431540 N, 705331 E con una altitud 3535 m s.n..m

#### 2.1.2. Formación Murco (Ki-mu)

Está constituido por intercalaciones de areniscas rojizas de grano fino con laminaciones oblicuas de bajo ángulo, horizontales y flaser bedding; con limoareniscas y lutitas rojas

y verdes. Hacia la parte media, presenta estratos submétricos de areniscas cuarzosas y feldespáticas blanca y hacia el techo presenta intercalaciones de areniscas, conglomerados con limoarcillitas y limoareniscas rojas y violáceas con capas delgadas de yeso y calizas. (fotografía 2)



**Fotografía 2.** Vista al norte de Tiaparo donde se observa limoarcillitas y limoareniscas de color rojizo acompañado con areniscas. Ubicada en las coordenadas UTM 8432151 N, 705947 E, con una altitud de 3772 m s.n.m.

### 2.1.3. **Formación Gramadal (Js-g)**

Compuesta hacia la base por intercalaciones de rocas pelíticas, lutitas o limoarcillitas en colores variables que pueden ser negros, grises o verdes, con areniscas grises oscuras. Sobreyaciendo al nivel inferior afloran calizas gris azulinas, micritas con venillas de calcitas de hasta 7 m de espesor, con presencia de fósiles. Hacia el tope, afloran intercalaciones de lutitas y areniscas, con niveles carbonatados restringidos. (fotografía 3)



**Fotografía 3.** Vista al sur del poblado de Tiaparo, donde se observa intercalación de lutitas con areniscas. Se encuentran en las coordenadas UTM 8431136 N, 705235 E, con una altitud de 3526 m s.n.m

#### 2.1.4. Formación Labra (Js-I)

Constituida hacia la base por areniscas cuarzo-feldespáticas, de color blanco, marrón amarillento o gris e intercalaciones milimétricas de arena de grano fino a medio o con limoarenitas, limoarcillitas o lutitas negras con contenido fosilífero. A veces la intercalación se da con niveles de calizas o areniscas calcáreas. (fotografía 4)



**Fotografía 4.** Vista al noroeste, donde se observa la secuencia de areniscas. Ubicadas en las coordenadas UTM 8430602 N, 703343 E con una altitud de 3458 m s.n.m

#### 2.1.5. Depósito aluvial (Q-al)

Conformados por gravas y arenas mal seleccionadas en matriz arenolimososa. Afloran en los cursos principales de los ríos, formando parte de la llanura de inundación, así como de las terrazas fluviales.

#### 2.1.6. Depósito residual (Q-re)

Son generados por la erosión de las ignimbritas, conformadas por arenas, cuentan con poco transporte y se ubican en la zona de los deslizamientos de Tiaparo. Permanecen in situ cuando parte de una roca es removida por procesos químicos de meteorización, generalmente disolución o lixiviación, su origen es de la Formación Hualhuani. (fotografía 5).



**Fotografía 5.** Vista donde se observa material del depósito residual, zona donde se generó el deslizamiento reciente. Ubicado en las coordenadas UTM 8431561 N, 705284 E, con una altitud de 3612 m s.n.m.

#### 2.1.7. Depósito coluvio-deluvial (Q-cd)

Son depósitos que se encuentran acumulados al pie de laderas prominentes, como material de escombros constituidos por gravas, guijarros con clastos subangulosos a angulosos y matriz areno-limososa que han sufrido transporte por gravedad y agua. Los depósitos de esta unidad están conformados por los depósitos de movimientos en masa antiguos, como son deslizamientos, avalanchas y derrumbes (fotografía 6).



**Fotografía 6.** Vista con dirección al noreste, donde se aprecia el depósito residual, ubicados en las coordenadas UTM 8431985 N, 705732 E, con una altitud de 3700 m s.n.m.

#### 2.1.8. Relleno antrópico (R-art)

Para el caso de la zona evaluada el relleno antrópico está conformado por desmonte de construcción de plataforma deportiva, provenientes de la zona urbana y el material resultante de excavaciones realizadas en la parte alta del centro poblado de Tiaparo.

Actualmente, sobre este depósito se asienta una plataforma deportiva, próxima a la trocha carrozable ubicada a 15m, se encuentra en una zona muy susceptible a deslizamiento. (figura 3)



**Figura 3.** Geoformas de relleno artificial sobre las cuales se asienta una plataforma deportiva, ubicado en las coordenadas UTM 8432032 N, 705758 E, con una altitud de 3712 m s.n.m.

### 3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

#### 3.1. Pendientes del terreno

La pendiente es un parámetro importante en la evaluación de procesos por movimientos en masa, actúa como factor condicionante y dinámico en la generación de movimientos en masa (ficha de Inventario: DGAR-F-148, INGEMMET).

En el Anexo 1, se presenta un mapa de pendiente elaborado en base a un modelo de elevación digital (DEM), de 30 m de resolución, tomado del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS). La pendiente en las laderas que conforman el relieve montañoso en la zona estudiada varía de inclinación suave a moderada 5° a 15°.

#### 3.2. Unidades geomorfológicas

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

##### 3.2.1. 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). Así en el área evaluada se tienen:

##### **Unidad de Montaña**

Se consideran dentro de esta unidad a las geoformas que tienen una altura de más de 300 m con respecto al nivel de base local; diferenciándose las siguientes subunidades según el tipo de roca que las conforman y los procesos que han originado su forma actual.

##### *a) Subunidad de Montañas en rocas sedimentarias (RME-rs)*

Dentro de esta subunidad geomorfológica se encuentran las elevaciones de terreno que hacen parte de las cordilleras, levantadas por la actividad tectónica y su morfología actual depende de procesos exógenos degradacionales determinados por la lluvia-escorrentía y el agua de subsuelo, con fuerte incidencia de la gravedad. En estas montañas el plegamiento en las rocas, no conserva rasgos reconocibles de las estructuras originales, sin embargo, estas pueden presentar localmente laderas controladas por la estratificación de rocas sedimentarias.

En la zona evaluada, corresponde a montañas modeladas en afloramientos de areniscas color blanquecinas de las formaciones Hualhua, Murco, Gramadal y Labra. (figura 4 y 5).



**Figura 4.** Vista con dirección al oeste, donde se observa montañas de la Formación Labra.



**Figura 5.** Vista donde se observa montañas de la Formación Murco y en la parte inferior se observa vertiente, ubicado en las coordenadas UTM 8431942 N, 705889 E con una altitud de 3740 m s.n.m

*b) Subunidad de Colina en cuerpos intrusivos o subvolcánicos (RC-ci/sv)*

Corresponde a afloramientos de cuerpos intrusivos o subvolcánicos, que se encuentran conformando elevaciones alargadas, de baja a moderada pendiente. Esta unidad se localiza al sur del centro poblado de Tiaparo, a 1km aproximadamente.

### 3.2.2. Geformas de carácter depositacional y agradacional

Están representadas por las formas de terreno resultantes de la acumulación de materiales provenientes de los procesos denudativos y erosionales que afectan las geoformas preexistente. Se tienen las siguientes unidades y subunidades.

#### 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 solidos resultantes de la denudación de terrenos más elevados.

##### a) *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, avalanchas 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. (figura 6) Esta sub unidad en la zona de estudio es aprovechado como terrenos de cultivo, donde usa un sistema de riego por inundación que satura los suelos y al ser este de tipo limoarcillosos, se tornan en laderas susceptibles a procesos movimientos en masa.



**Figura 6.** Se observa la subunidad vertiente coluvio deluvial, presente en la zona del deslizamiento reciente del centro poblado de Tiaparo, en las coordenadas UTM 8431578 N, 705227 con una altitud de 3602 m s.n.m.

##### b) *Subunidad de vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd)*

Corresponde a las acumulaciones de ladera originadas por procesos de movimientos en masa antiguos y recientes, que corresponden a deslizamientos, avalanchas de rocas y/o

movimientos complejos. Generalmente su composición litológica es homogénea; con materiales inconsolidados a ligeramente consolidados. Son depósitos de corto a mediano recorrido relacionados a las laderas superiores de los valles. Su morfología es usualmente convexa y su disposición es semicircular a alargada en relación con la zona de arranque o despeque del movimiento en masa.

Actualmente, esta geoforma se encuentra en la parte alta del centro poblado de Tiaparo, ubicada a 50m, en una zona de moderada susceptibilidad a deslizamiento. (Actualmente, sobre esta geoforma se asienta una plataforma deportiva, próxima a la trocha carrozable, ubicada a 15m. se encuentra en una zona muy susceptible a deslizamiento (figura 7).



**Figura 7.** Se observa la subunidad vertiente con depósito de deslizamiento, ubicado en la parte alta del centro poblado de Tiaparo, con coordenadas UTM 8432065 N, 705861 E, con una altitud de 3742 m s.n.m.

c) *Subunidad Vertiente Piedemonte aluvio-torrencial (P-at)*

Conforman también planicies inclinadas a ligeramente inclinadas y extendidas, ubicadas al pie de estribaciones andinas o los sistemas montañosos, formadas por la acumulación de sedimentos que son acarreados por corrientes de agua de carácter excepcional, relacionadas a lluvias ocasionales, extraordinarias y muy excepcionales que se presentan en la región; Ubicada en las márgenes de las quebradas; sus materiales pueden ser arrancados y transportados por las corrientes de ríos principales en los cuales confluyen.

#### **4. PELIGROS GEOLÓGICOS**

Los peligros geológicos reconocidos en la zona evaluada, corresponden a movimientos en masa de tipo deslizamiento y erosión de ladera (PMA: GCA, 2007).

Estos peligros geológicos tienen como causas o condicionantes a factores intrínsecos, como son la geometría del terreno, la pendiente, el tipo de roca, el tipo de suelo, el drenaje superficial-subterráneo y la cobertura vegetal. Mientras que los factores “desencadenantes” de estos eventos son es la sismicidad.

#### 4.1. Deslizamiento del 10 de octubre en el centro poblado de Tiaparo

El día 10 de octubre del presente año, se inició un movimiento en masa de tipo deslizamiento, entre las coordenadas UTM 8431589 N, 705291 E, con una altitud de 3618 m s.n.m. el cual se encuentra a 280 m de la población mencionada, este evento se inició en un tramo de la carretera de Tiaparo a Huancapampa.

El deslizamiento es de tipo rotacional, presenta una escarpa elongada con 178 m longitudinal, como se muestra en la figura 8. La distancia entre la escarpa al ápice es de 170 m. El material del depósito identificado es limoarcilloso, lo que ha facilitado el asentamiento de la plataforma de la vía, esta se asentó 1 m. Se observa que el asentamiento de la plataforma es de un m, como se muestra en la figura 9.

Según la información obtenida por parte de la población del centro poblado de Tiaparo, hace 15 años se generó un deslizamiento de menor diámetro, ubicados a unos 20 m en dirección noreste del actual deslizamiento; afectando cultivos. Con este precedente se determina que la zona es muy susceptible a la ocurrencia de peligros geológicos por movimientos en masa.



**Figura 8.** Vista donde se observa la escarpa de deslizamiento, delimitada con una línea de color amarillo, el que se encuentra al sur del centro poblado de Tiaparo.



**Figura 9.** Se visualiza que la plataforma se asentó en 1m, como se muestra en la figura: línea amarilla trazo antiguo y trazo actual con línea naranja.

La superficie del deslizamiento es de tipo rotacional, con desplazamiento en dirección noreste, presentan agrietamientos transversales y longitudinales que varían entre 0.30 cm a 3 m, con aperturas de 0.20 cm a 1m. (figura 10) y profundidades visibles de 1.60 m. presenta saltos de 0.30cm a 1.8m.

El deslizamiento destruyó parte del canal de desagüe del centro poblado, tubería de PVC, como se observa en la figura 11.

Así mismo se evidenció la presencia de aguas subterráneas en dos sectores del deslizamiento; el primero se encuentra próximo a la carretera ubicado en las coordenadas UTM 8431570 N, 705268 E con una altitud de 3612 m s.n.m, y la segunda al pie del deslizamiento entre las coordenadas UTM 8431592 N, 705221 E, con una altitud de 3590 m s.n.m. también se identificó filtraciones de agua, (figura 12), según los pobladores reaparecen cada cierto tiempo en distintos puntos. Lo que se genera la saturación del suelo, favoreciendo la infiltración.



**Figura 10.** Se observó agrietamientos transversales con aberturas de hasta 1m, con profundidades de hasta 1.6m, ubicadas en la coordenadas UTM 8431608 N, 705256 E, con altitud de 3611 m s.n.m.



**Figura 11.** Vista donde se observa tubería de desagüe repuesto y variado, se visualiza que estas se asientan en troncos, los cuales deberían estar fijos sobre estructuras estables, ubicado en las coordenadas UTM 8431541 N, 705267 E, con una altitud de 3607 m s.n.m.

En la figura 13, se hace una comparación de imágenes: la primera es la del año 2018 obtenida del Google Earth del año 2018, y la segunda es una imagen captada con el Drone tomada a 13 días de haberse generado el deslizamiento.



**Figura 12.** Vista donde se observa: a) ojo de agua en parte del material depositado del deslizamiento (línea amarilla), b) se observa agua empozada a 4 m de la vía (línea amarilla), ubicadas entre las coordenadas UTM a) 8431584 N, 705242 E y b) 8431539 N, 705262 E con una altitud de 3606 m s.n.m



**Figura 13.** Vista donde se observa: a) imagen satelital del Google Earth del año 2018, b) imagen tomada con el Drone, a 13 días de la generación de del deslizamiento rotación del centro poblado de Tiaparo.

#### 4.1.1. Características visuales del evento

El deslizamiento identificado en el centro poblado de Tiaparo, distrito de Pochuanca, tienen las siguientes características (figura 14):

- Deslizamiento de tipo rotacional
- Longitud de la escarpa, 178 m.
- Distancia entre la escarpa y el pie del deslizamiento es 170 m, y de la reactivación es de 80 m.
- Presenta material colgado en la zona de depósito, que forma terreno inestable.
- Área total de 1.8 ha.
- Saltos de 0.30cm 1.8 m.
- Presencia de agrietamientos longitudinales y transversales de 0.30 cm a 15 m.
- Forma de la superficie de ruptura: plana



**Figura 14.** Deslizamiento identificado en el centro poblado de Tiaparo, imagen tomada con el Drone.

## **a) Factores condicionantes**

### Factores de sitio

- a) El sector presenta montañas de rocas sedimentarias con depósitos de deslizamiento, con laderas de pendiente moderada (5° a 15°).
- b) Substrato muy meteorizado, susceptible a procesos por movimientos en masa.
- c) Presencia de suelos residuales poco saturados por sectores.
- d) Suelo que permite la filtración y retención del agua.
- e) Cobertura vegetal regular, por ser utilizados como terrenos de cultivos

### Factores antrópicos

- a) Corte de carretera, sobrecarga de la misma, debido a que se encuentran sobre un depósito de deslizamiento.
- b) Mal manejo de sistema de riego, manifestándose en el vertimiento de aguas hacia el deslizamiento, utilizan sistema de riego por gravedad que saturan los suelos se evidencio la humedad existente en el terreno. (fotografía 6 y 7)
- c) Mal uso de sistema de riego, como canal de regadío sin revestimiento que atraviesa la zona inestable y.
- d) No cuentan con un sistema de drenaje

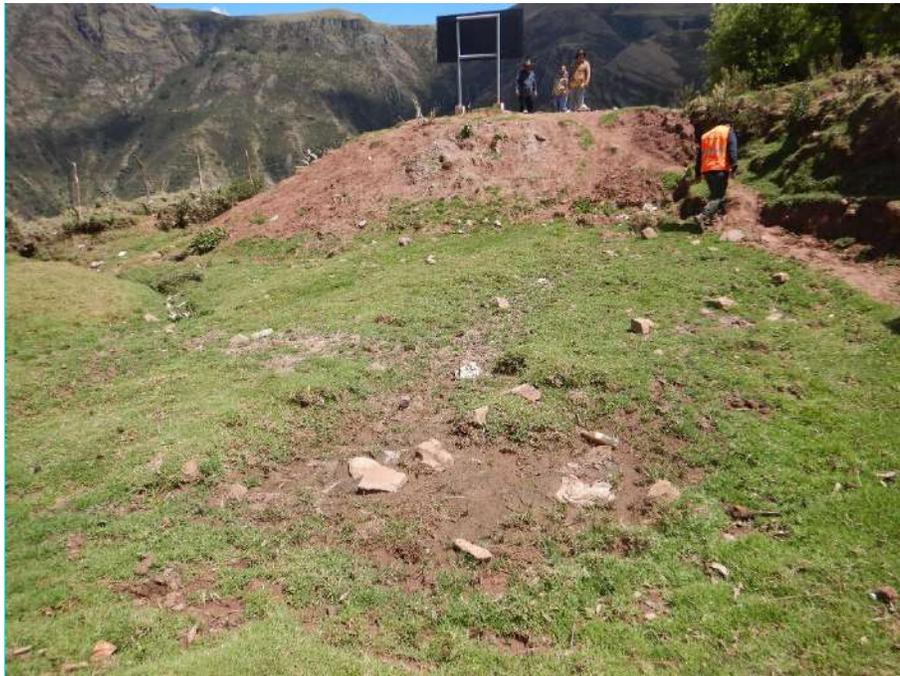
## **b) Factores desencadenantes**

### Factores naturales

- Las lluvias intensas que se presentan entre los meses de diciembre a abril, son desencadenantes, así como lluvias excepcionales.
- La actividad sísmica que ocurre en la provincia de Aymaraes, genera vibraciones que pueden desestabilizar las laderas. A mayor intensidad, duración y frecuencia de la actividad sísmica, mayor la probabilidad que el peligro se reactive y genere daños.



**Fotografía 6.** Vista donde se observa canal sin revestimiento, la cual discurre directamente al deslizamiento. Actualmente se evidencia, ubicada en las coordenadas UTM 8431564 N, 705360 E, con una altitud de 3621 m s.n.m.



**Fotografía 7.** Se observa pequeños sectores con humedad que en el tiempo de lluvias generan pequeños bofedales, a 10m al norte de este punto se encuentra el pozo séptico de la posta del centro poblada, la que discurre en esta dirección. Ubicada en las coordenadas UTM 8431598 N, 705329 E, con una altitud de 3624 m s.n.m.

### c) Daños

El deslizamiento generó:

- Afectó 130m lineales de la plataforma, interrumpiendo el tránsito vehicular de Huancapampa a Tiaparo.
- Afectó La tubería de desagüe (PVC) del centro poblado de Tiaparo, en un tramo de 100m aprox.
- Afectó Tubería del agua e un tramo de 50m aprox.
- Parcelas de eucalipto (árboles inclinado)
- Cultivos de la zona



**Fotografía 8.** Tramo de la carretera afectada por el deslizamiento.

## 5. CONCLUSIONES

- a) En el centro poblado de Tiaparo se viene produciendo un deslizamiento rotacional, este evento se generó el 10 de octubre del presente año. La zona de estudio, presenta un relieve agreste que forma montañas en rocas sedimentarias, con laderas con pendiente moderada (5° a 15°).
- b) El deslizamiento ocurrido, es de tipo rotacional, con saltos verticales de 0.30m a 1.8m, presenta agrietamientos con aperturas de 0.30cm a 1m, con profundidades visuales hasta de 1.6m, la distancia entre el escarpe principal y el ápice es de 170 m, manifiesta el grado de actividad e inestabilidad de la zona, en donde no se descarta la ocurrencia de nuevo asentamiento de esta masa de terreno
- c) El deslizamiento, afectó un tramo de la carretera que interrumpió el tránsito vehicular entre Huancapampa a Tiaparo, destruyo parte de la tubería del desagüe y agua potable; así como cultivos de la zona.
- d) Esta zona se considera como zona crítica por peligros geológico, lo cual se corrobora con el “Segundo Reporte de Zonas Críticas por Peligros Geológicos y Geohidrológicos en la región Apurímac”, elaborado por INGEMMET (2013), identificado como la zona N°4.
- e) Las unidades geológicas que afloran en la zona evaluada y alrededores corresponden a rocas de origen sedimentario de las formaciones Hualhuani, Gramadal, Labra y Murco, con depósitos coluvial-deluvial (conformados por gravas, guijarros con clastos subangulosos a angulosos y matriz areno-limosa que han sufrido transporte por gravedad en donde se generó el deslizamiento; Así como relleno artificial el que se encuentra al pie de la plataforma deportiva del centro por lado en mención. En la zona afectada se tiene material limo-arcilloso, considerado como de mala calidad geotécnica, formando suelos de grano fino
- f) Las Geoformas identificadas son montañas de rocas sedimentarias, vertiente o piedemonte coluvio-deluvial y vertiente de depósito de deslizamiento.
- g) Dado las condiciones litológicas, geomorfológicas, hidrogeológicas y de pendiente del terreno, se considera como una zona inestable, considera una zona inestable. Es una **zona de peligro muy alto**.

## 6. RECOMENDACIONES

- A) Dado que las condiciones de inestabilidad en la ladera continúan, se recomienda **Modificar** el trazo de carretera, el nuevo trazo debe estar fuera de la influencia del deslizamiento, previo estudio geotécnico.
- B) Identificar y reparar las tuberías de desagüe que presentan problemas de rotura, para no saturar el suelo.
- C) No realizar riego de cultivos por gravedad, porque esta mala práctica de regadío ayuda a filtración de agua.
- D) Realizar el relleno y sellado de grietas abiertas, localizadas dentro del cuerpo y sobre la corona del deslizamiento, para evitar la infiltración de aguas de lluvia, con ello se obtiene que el terreno no se sature.
- E) Revestir los canales de riego.
- F) Captar y derivar las aguas de manantiales que se encuentran dentro y cerca del cuerpo del deslizamiento; estas aguas deberán ser conducidas por medio de canales revestidos hacia cauces naturales (quebradas) ubicadas lejos de las zonas inestables.
- G) Realizar trabajos de sensibilización con los pobladores de la zona en temas de peligros geológicos y es gestión de riesgos de desastre, para que estén preparados y sepan cómo actuar ante la ocurrencia de nuevos eventos que pueden afectar su seguridad física

**Norma Luz Sosa Senticala**  
Especialista en peligros geológicos  
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico

## 7. BIBLIOGRAFÍA

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.

Villacorta, S., Valderrama P. Vasquez, P., Madueño, M., (2013) Segundo Reporte de Zonas Críticas por Peligros Geológicos y Geo-hidrológicos en la región Apurímac, Informe técnico N°A6624 Ingemmet.

Pecho, V., (1981) Geología de los cuadrángulos de Chalhunaca, Antabamba y Santo Tomas. Hojas 29-p, 29-q y 29-r. Boletín N°35 Serie A Carta Geológica Nacional. Ingemmet.

Acosta, J., Rodriguez I., Villareal, E., Huamani, D., (2011) Memoria sobre la Geología económica de la región Apurímac, Proyecto GE 33: Metalogenia y Geología Económica por Regiones, Ingemmet. 44 p.

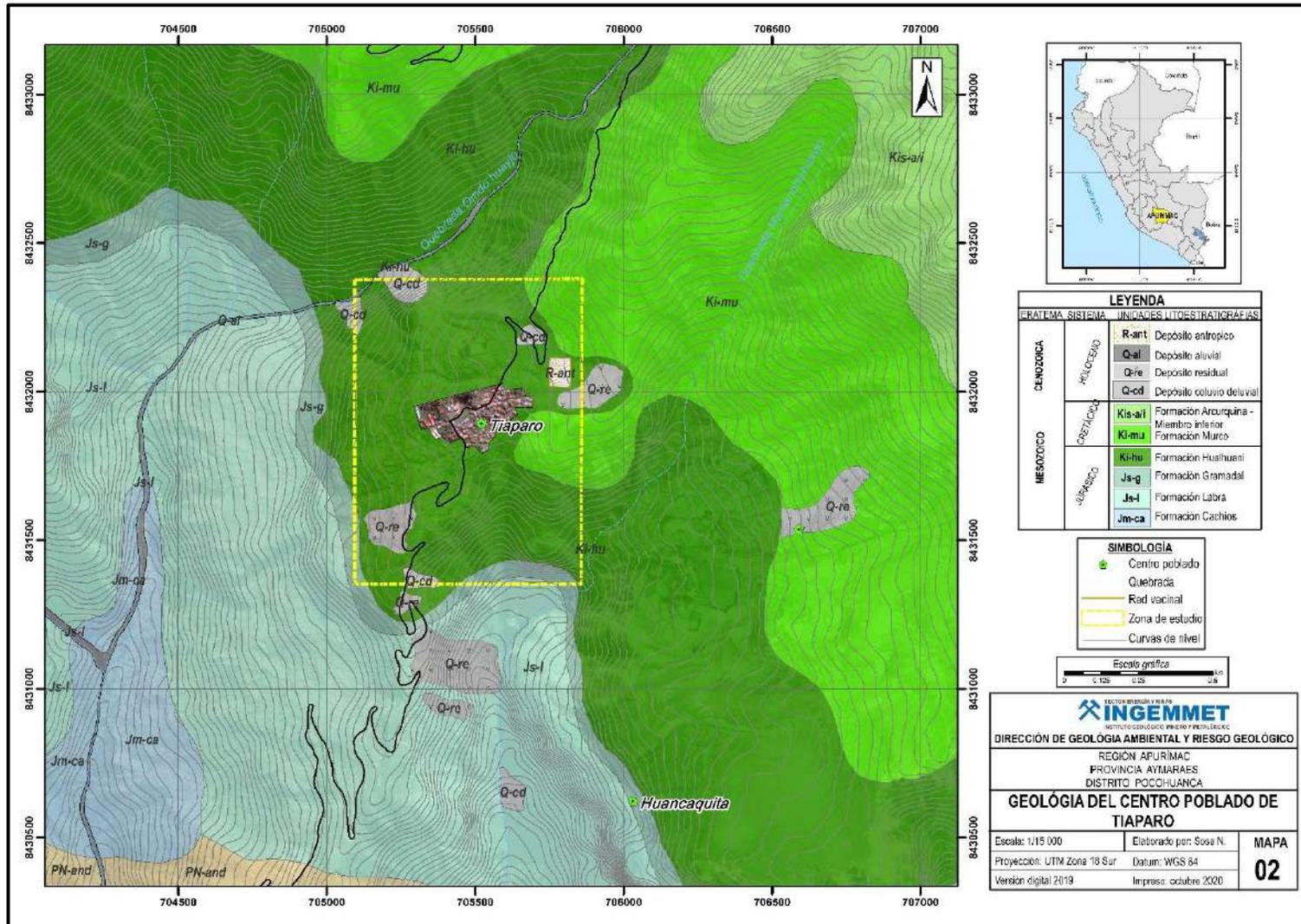
Villota, H. (2005) – Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de las tierras. 2. Ed. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 210 p.

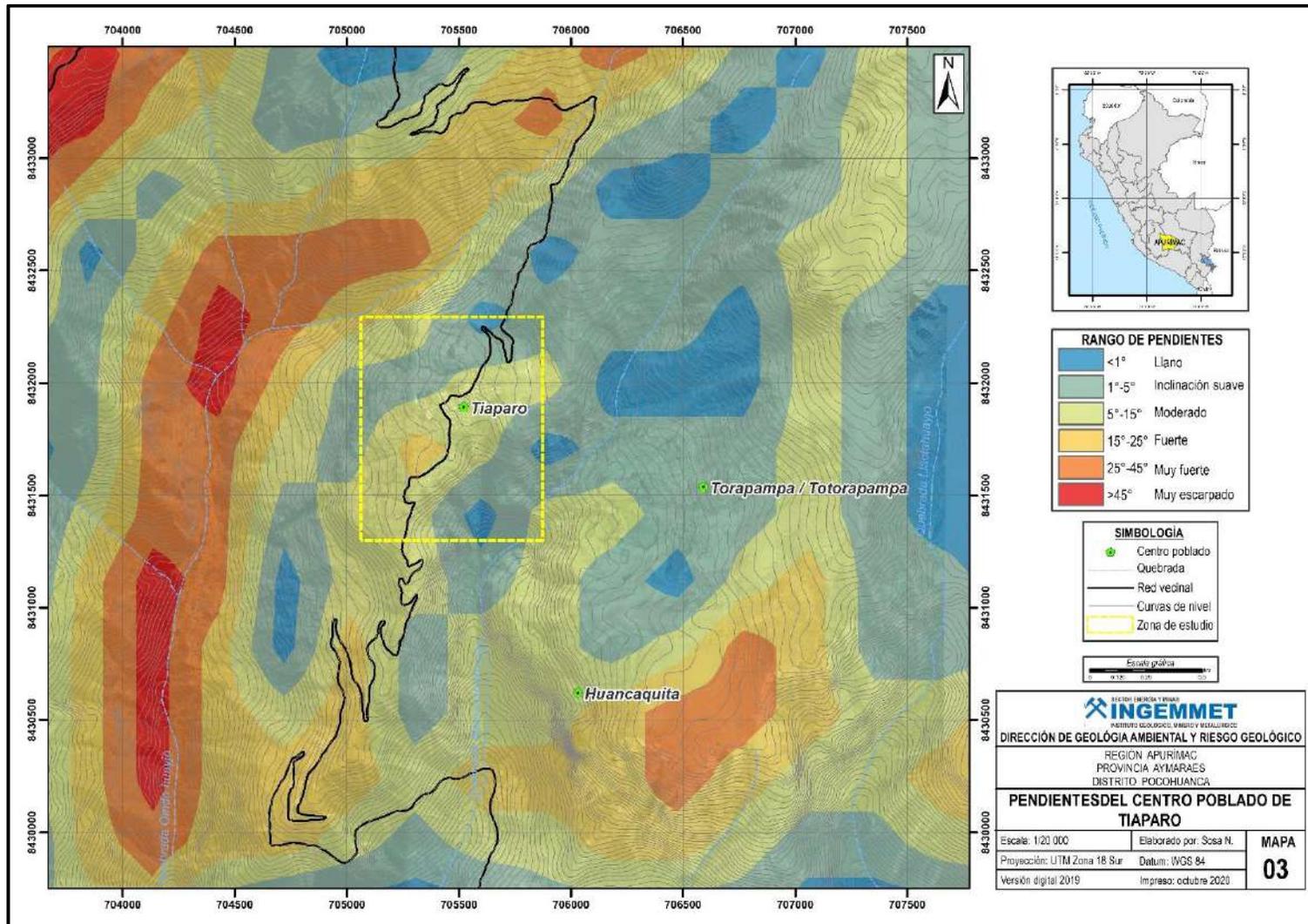
Mapa Nacional de Cobertura Vegetal (2015) Mapa nacional de cobertura vegetal: memoria descriptiva / Ministerio del Ambiente, Dirección General de Evaluación, Valoración y Financiamiento del Patrimonio Natural. -- Lima: MINAM, 2015. 100: il. col., maps., tbls.

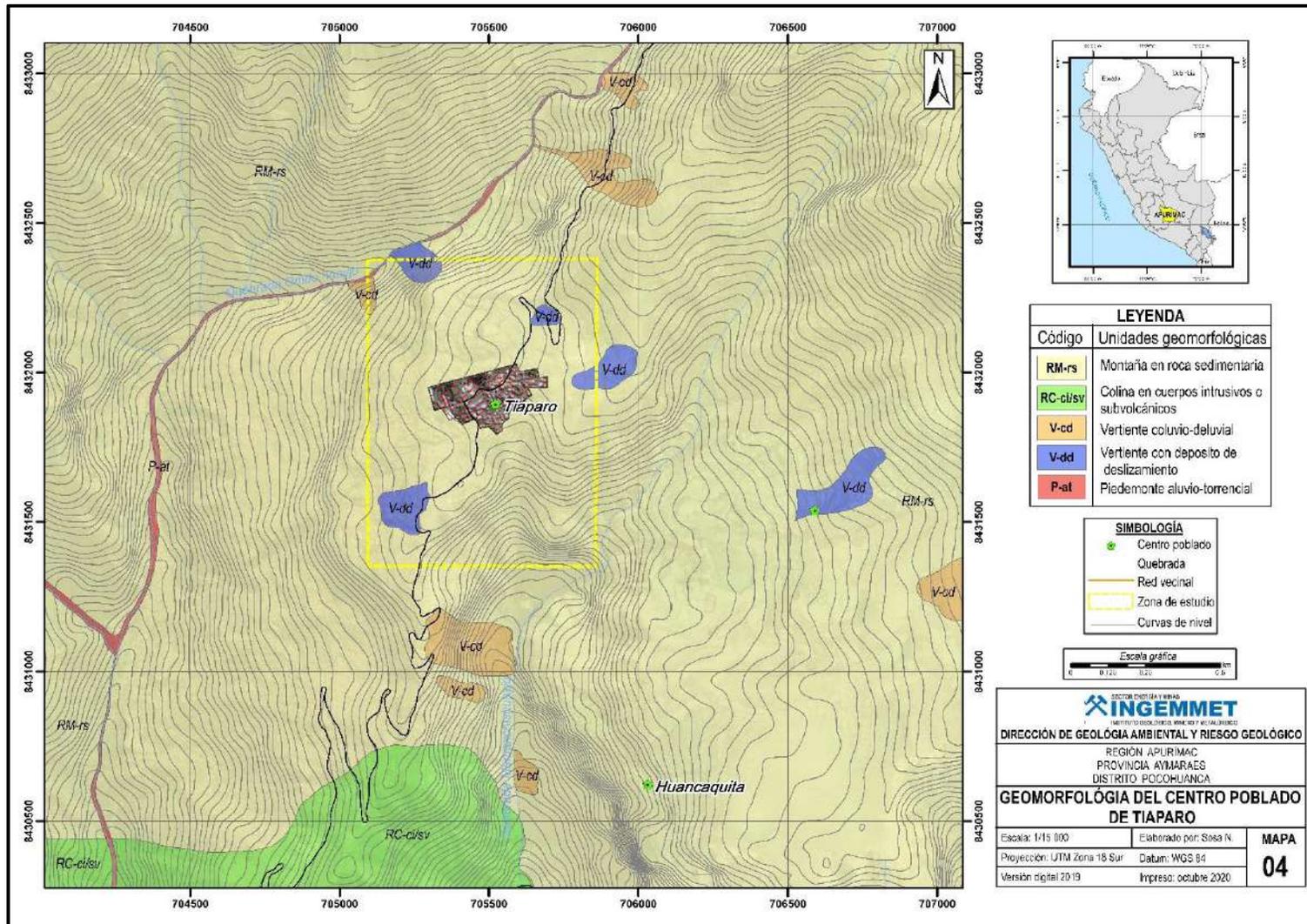
Senamhi, Clasificación de climas de Werm Thornthwaite: [www.senamhi.gob.pe](http://www.senamhi.gob.pe)

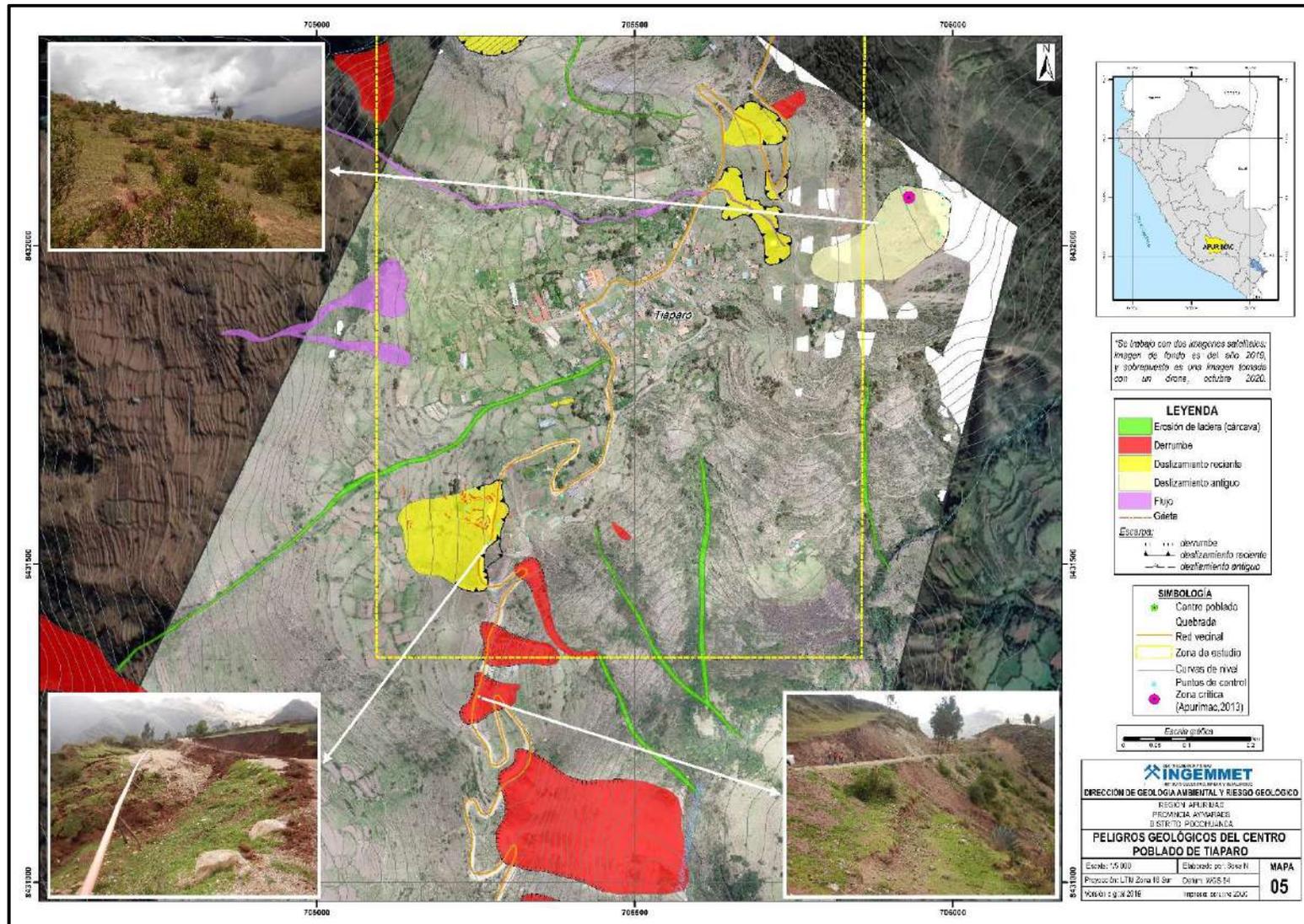
Weather Spark: <https://es.weatherspark.com/>

**ANEXO 1: MAPAS**





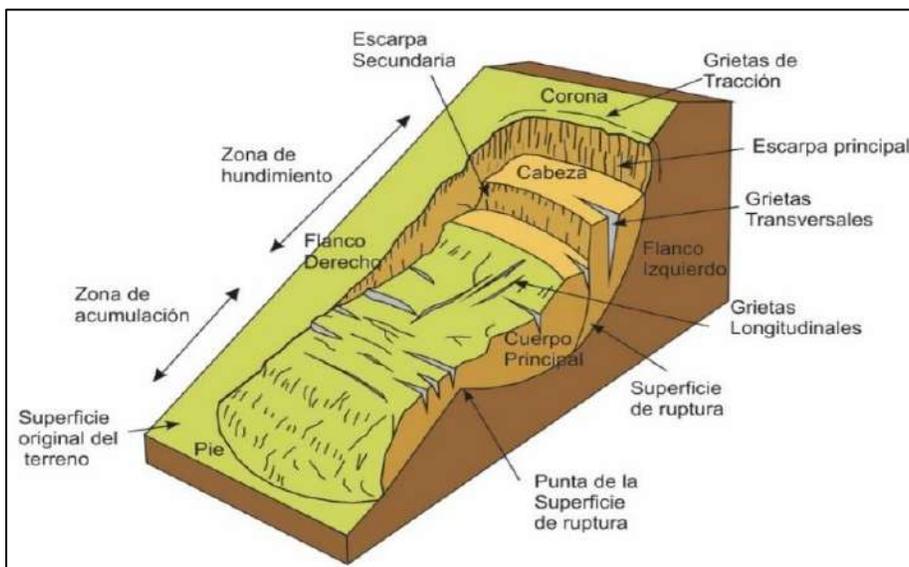




## ANEXO 2: GLOSARIO

**Susceptibilidad a movimientos en masa:** Está definida como la propensión que tiene determinada zona a ser afectada por un determinado proceso geológico (movimiento en masa), expresado en grados cualitativos y relativos. Los factores que controlan o condicionan la ocurrencia de los procesos geodinámicos son intrínsecos (la geometría del terreno, la resistencia de los materiales, los estados de esfuerzo, el drenaje superficial y subterráneo, y el tipo de cobertura del terreno), y los detonantes o disparadores de estos eventos son la sismicidad y la precipitación pluvial

**Deslizamiento:** Es un movimiento ladero abajo de una masa de suelo o roca cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla, o de una delgada zona en donde ocurre una gran deformación cortante. Según la clasificación de Varnes (1978), se puede clasificar a los deslizamientos, por la forma de la superficie de rotura por la cual se desplaza el material, siendo estos de tipo traslacional y rotacional. En rocas competentes las tasas de movimiento son con frecuencia bajas, excepto en presencia de materiales altamente frágiles como las arcillas (PMA: GCA, 2007).



**Figura 1.** Esquema de un deslizamiento rotacional. Fuente: Movimientos en Masa en la Región Andina: Una Guía para la Evaluación de Amenazas (PMA: GCA, 2007).

**Derrumbe:** Son desprendimientos de masas de roca, suelo o ambas, a lo largo de superficies irregulares de arranque o desplome como una sola unidad, que involucra desde pocos metros hasta decenas y centenas de metros (figura 1). Se presentan en laderas de montañas de fuerte pendiente y paredes verticales a subverticales en acantilados de valles encañonados. También se presentan a lo largo de taludes de corte realizados en laderas de montaña de moderada a fuerte pendiente, con afloramientos fracturados y alterados de diferentes tipos de rocas; así como en depósitos poco consolidados.

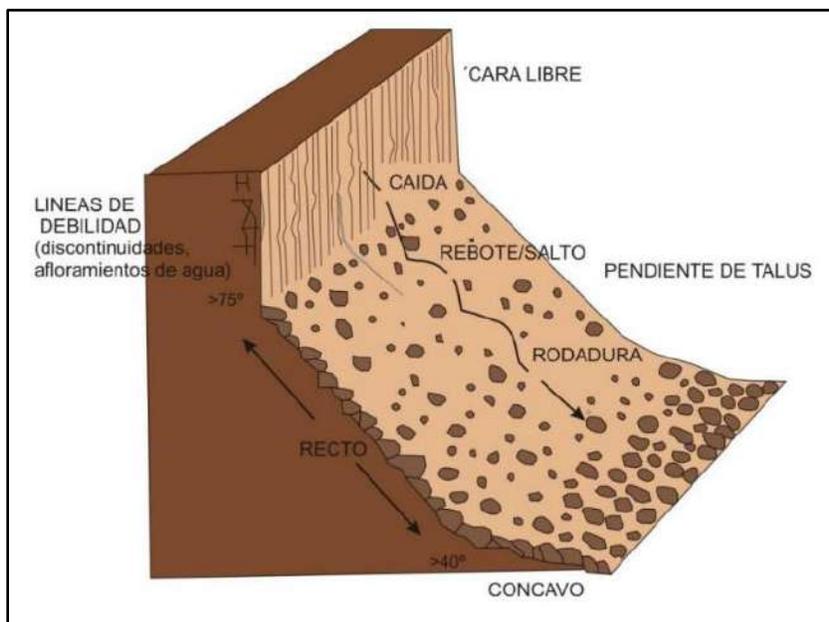


Figura 1. Esquema de un derrumbe.

**Erosión de laderas:** Este tipo de proceso es considerado predecesor de la ocurrencia de grandes eventos de movimientos en masa. La erosión de los suelos es producto de la remoción del material superficial por acción del agua o viento. El proceso se presenta debido a la presencia de agua en forma de precipitación pluvial (lluvias) y escorrentías (escurrimiento), que entra en contacto con el suelo. En el primer caso, por el impacto; y, en el segundo caso, por fuerzas tractivas que vencen la resistencia de las partículas (fricción o cohesión) del suelo y se generan los procesos de erosión (Duque et al., 2016).

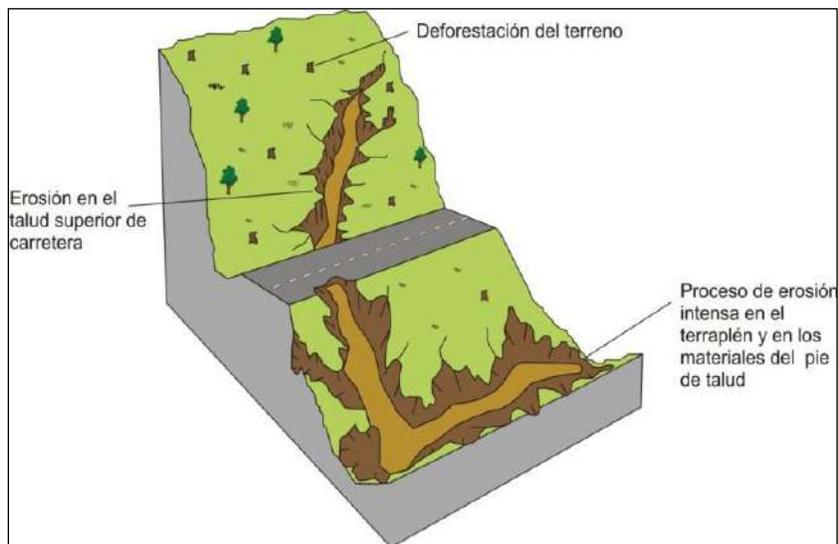
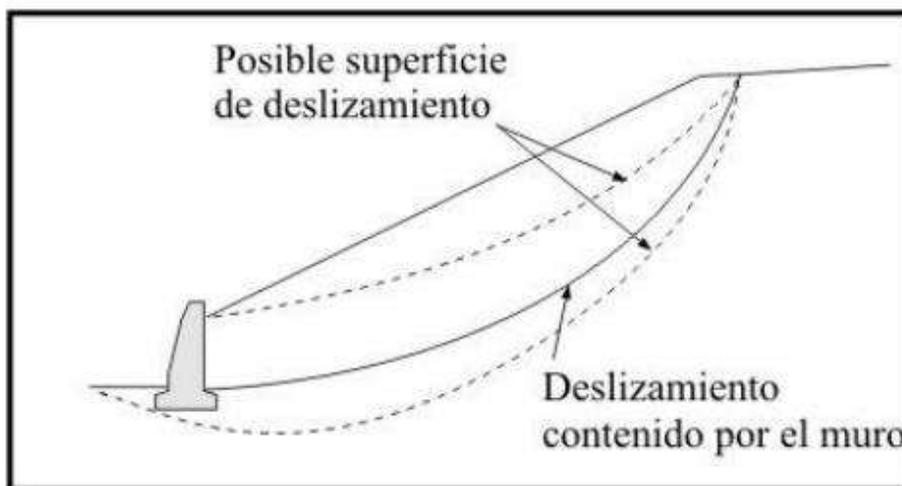


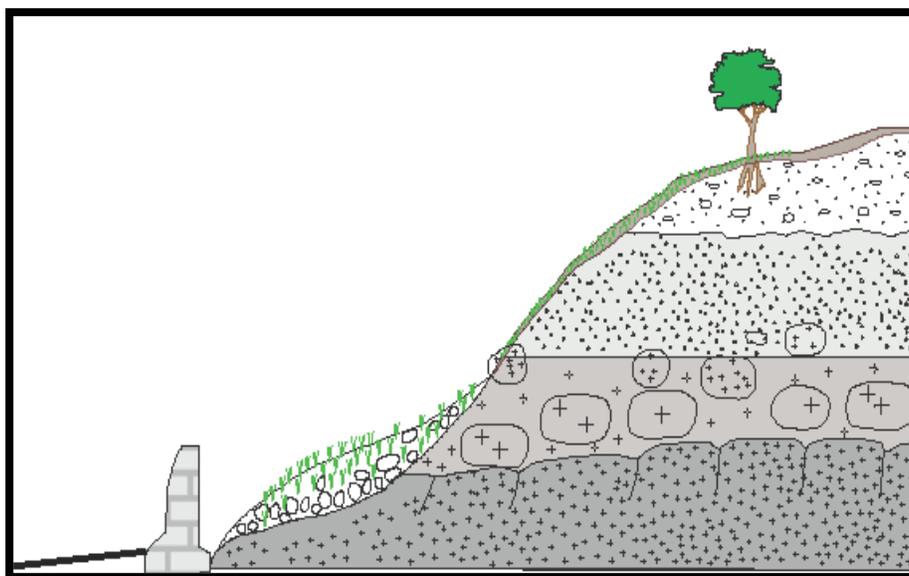
Figura 2. Esquema de erosión de laderas en cárcavas.

### ANEXO 3: MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN

**Corrección por muros:** Los muros se emplean frecuentemente como elementos resistentes en taludes (Figura 1). En ocasiones se emplean para estabilizar deslizamientos existentes o potenciales al introducir un elemento de contención al pie (Figura 2). Esta forma de actuar puede tener varios inconvenientes. En primer lugar, la construcción del muro exige cierta excavación en el pie del talud, lo cual favorece la inestabilidad hasta que el muro esté completamente instalado. Por otra parte, el muro no puede ser capaz de evitar posibles deslizamientos por encima o por debajo del mismo, considerar estas medidas para el deslizamiento antiguo el que se encuentra próximo a la plataforma deportiva.



**Figura 1.** Contención de un deslizamiento mediante un muro (INGEMMET, 2000)



**Figura 2.** Relleno estabilizador sostenido por el muro (Elaboración propia)