

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

**Informe Técnico N° A7050**

# **EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS DEL SECTOR TAMBILLO. ZONA PROPUESTA PARA REUBICACIÓN DEL POBLADO DE AMATA**

Región Moquegua  
Provincia General Sanchez Cerro  
Distrito Coalaque



## CONTENIDO

RESUMEN.....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	2
1.1 Metodología de trabajo.....	2
1.2 Objetivo del estudio.....	2
2. GENERALIDADES.....	3
2.1 Ubicación y accesibilidad.....	3
3. ASPECTOS GEOLÓGICOS.....	5
4. ASPECTOS GEOMORFÓLOGICOS.....	9
4.1 Geformas de carácter tectónico degradacional y erosional.....	9
5. CAUSAS DE APARICIÓN DE FRACTURAS EN EL SECTOR NUEVO AMATA ..	10
6. PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL SECTOR DE TAMBILLO .....	12
6.1 Erosión de laderas.....	15
CONCLUSIONES.....	19
RECOMENDACIONES.....	20
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	22
GLOSARIO.....	23

## RESUMEN

El presente informe técnico contiene datos de observaciones realizadas en el Centro Poblado “Nuevo Amata” y en la zona propuesta para reubicación en el sector de Tambillo, distrito de Coalaque, provincia General Sánchez Cerro, departamento Moquegua.

En la inspección realizada en el Centro Poblado “Nuevo Amata”, se observó 4 viviendas que presentan grietas en sus paredes y pisos. Las causas son antrópicas, viviendas construidas sobre material de relleno no controlado, filtración de aguas, cimentaciones inadecuadas y construcción de carreteras, las cuales modifican los estados de esfuerzos y disminuyen los factores de seguridad a los deslizamientos. Este sector se ha convertido en un área susceptible a movimientos en masa como deslizamientos, derrumbes o hundimientos.

El polígono propuesto para reubicación del pueblo de Amata, sector de Tambillo, se encuentra sobre suelos residuales de origen volcánico, conformados por conglomerados de tobas y lavas de la Formación Sencca, en matriz arcillosa de color marrón. Sobreyaciendo a esta secuencia se encuentran depósitos de caída de lapilli de pómez del volcán Huaynaputina. Los suelos residuales son inestables y propensos a deformaciones, así mismo es susceptible a deslizamientos.

Las geoformas identificadas en los alrededores del sector de Tambillo corresponden a las de origen tectónico-degradacional (montañas en roca sedimentaria, roca volcánica y volcánico-sedimentaria). El sector propuesto para reubicación se encuentra en geoforma montaña en roca volcánico-sedimentaria, con laderas de pendientes entre 5° y 10°.

Los peligros geológicos identificados en la zona evaluada, están condicionados por la naturaleza litológica, la configuración geomorfológica y la proximidad de a centros volcánicos. El principal peligro geológico identificado son erosiones de laderas (surcos y cárcavas). La mayor cantidad de erosiones en cárcavas en el sector de Tambillo, ocurre donde aflora la ceniza volcánica dejada por la erupción del volcán Huaynaputina (1600), este es un material de mala calidad geotécnica.

Por las condiciones geodinámicas y geológicas (tipo de rocas y suelos), el sector de Tambillo se considera de **alto peligro**, susceptible a ser afectado por movimientos en masa.

Se recomienda reubicar a la población de Amata a un lugar que cumpla con todas las condiciones de seguridad, con la finalidad que no sea afectado en un futuro por movimientos en masa u otros tipos de peligro.

## 1. INTRODUCCIÓN

El Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), dentro de sus funciones brinda asistencia técnica de calidad e información actualizada, confiable, oportuna y accesible en geología, que permite identificar, caracterizar, evaluar y diagnosticar aquellas zonas urbanas o rurales, que podrían verse afectadas por fenómenos geológicos que pudiera desencadenar en desastres; enmarcados dentro de la Actividad 07 Asistencia técnica en evaluación de peligros geológicos y consideraciones geotécnicas a nivel nacional de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico.

El Sr. Adrián Jaime Medina Mencia, representante legal de la Comunidad Campesina de Amata, mediante el documento “Carta N° 029-2020-DC. - C.c Amata/Provincia General Sánchez Cerro - Moquegua”, de fecha 05 de febrero del presente año, solicitó una evaluación técnica en el sector “Tambillo”, área propuesta para reubicación del poblado “Nuevo Amata”; así como también la evaluación técnica del sector “Nuevo Amata”, donde se han presentado fracturas en viviendas. Ambos sectores se encuentran en distrito de Coalaque, provincia Sánchez Cerro, región Moquegua.

Para atender dicha solicitud, se delegó a los ingenieros Jessica Vela y Yhon Soncco; los trabajos de campo se realizaron los días 20 y 21 de febrero del 2020, para ello se realizó las coordinaciones con el Sr. Adrián Jaime Medina Mencia, representante legal de la Comunidad Campesina de Amata y el Sr. Salome Luciano Chávez Mamani, presidente de la Comunidad Campesina de Amata.

### 1.1 Metodología de trabajo

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

#### 1.1.1. Recopilación bibliográfica y trabajos de gabinete

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

#### 1.1.2. Trabajos de campo

En el trabajo de campo se realizó el cartografiado a detalle de peligros geológicos y toma de datos de las características geológicas y geomorfológicas del sector.

#### 1.1.3. Trabajo de gabinete

Los trabajos realizados en esta etapa consistieron en elaborar mapas y redacción del informe técnico, el cual contiene las conclusiones y recomendaciones pertinentes.

### 1.2 Objetivo del estudio

- Identificar, tipificar y caracterizar los peligros geológicos que podrían afectar la zona propuesta para la reubicación del poblado de Amata.

- Determinar las causas del agrietamiento del terreno del sector Nuevo Amata.
- Emitir recomendaciones pertinentes para la reducción o mitigación de los daños que pueden causar los peligros.

## 2. GENERALIDADES

### 2.1 Ubicación y accesibilidad

El sector “Tambillo” se encuentra a 5 km al suroeste del poblado “Nuevo Amata”, distrito Coalaque, provincia Sánchez Cerro, departamento Moquegua (figuras 1 y 2). Se localiza a 27 km al oeste del cráter del volcán Huaynaputina.

La zona es accesible desde Arequipa por la carretera asfaltada de Characato, luego se continúa por una carretera afirmada pasando por Pocsi, Polobaya y Puquina. El sector de Tambillo se encuentra a 40.3 km del pueblo de Puquina.

Tramo		Km.	Tipo de vía	Duración
Characato	Puquina	44.4	Afirmada	55 min
Puquina	Tambillo	40.3	Trocha	1 h 10 min

Coordenadas geográficas de las zonas de estudio:

Zonas de estudio	Coordenadas
Sector Tambillo	– 16°39'12.65"S – 71° 6'43.27"O





**Figura 2.** Ruta de acceso desde Characato (Arequipa) hasta Tambillo (Moquegua).

### 3. ASPECTOS GEOLÓGICOS

Según Atencio y Romero (2000), en el área de estudio se tienen unidades litoestratigráficas que corresponden a secuencias sedimentarias del Grupo Yura (formaciones Puente y Cachios) del Jurásico. Además, afloran secuencias volcánicas de la Formación Ciguaya del Paleogeno. Así como también rocas Volcano-Sedimentarias de la Formación Sencca y rocas del Complejo Cerro Blanco del Plioceno. También afloran depósitos del Holoceno, representados por los depósitos morrénicos (figura 3).

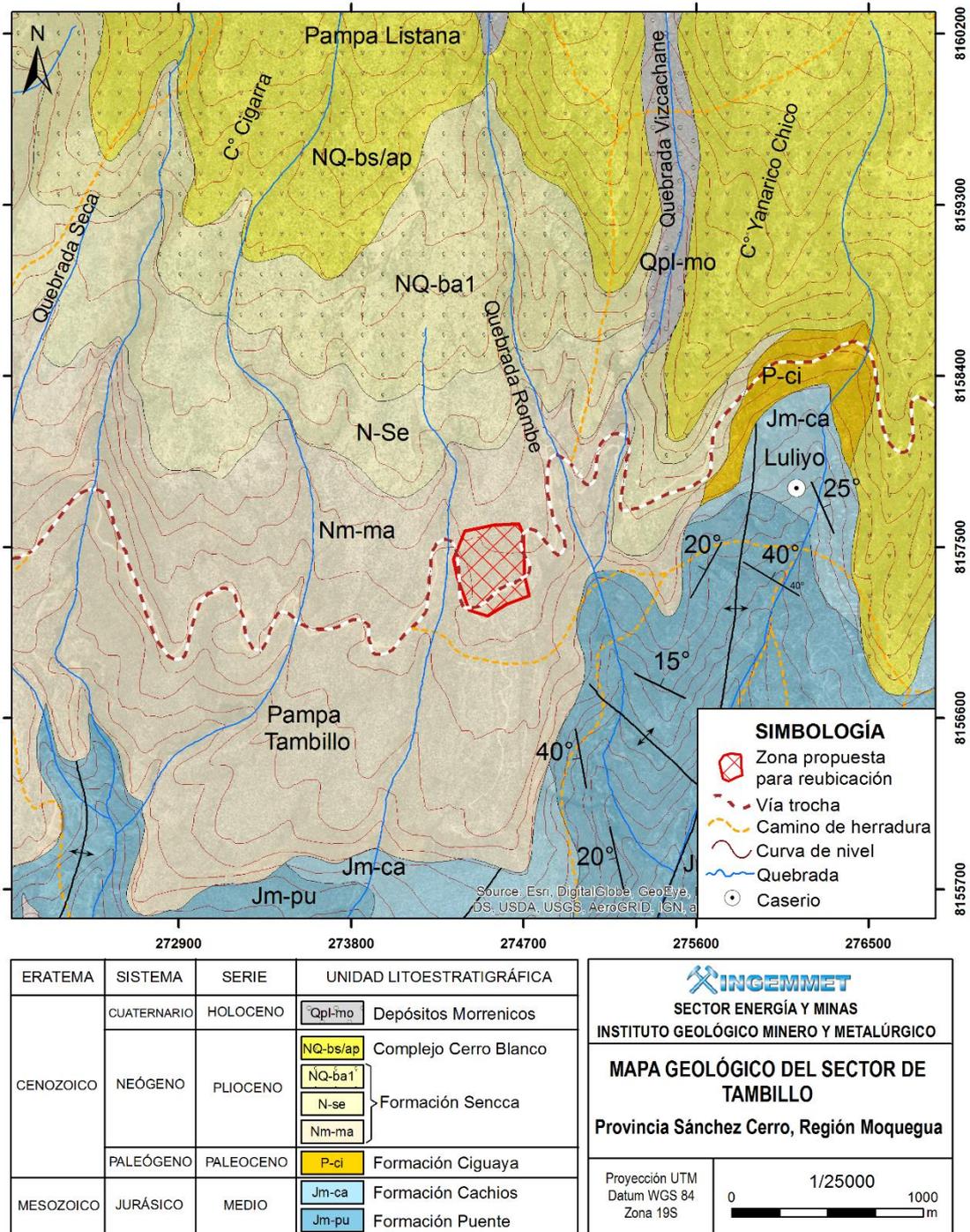


Figura 3. Mapa geológico del sector de Tambillo, tomado de Atencio y Romero (2000).

### 3.1 Grupo Yura

Aflora a 400 m al sur de la zona de estudio (figura 3). Está conformado por un conjunto siliciclástico de un grosor aproximado de 2000 m; inicialmente reconocido en la localidad de Yura como formación (Jenks, 1948). Posteriormente fue subdividido en 5 miembros por Benavides (1962); Wilson y García (1962) elevaron esta secuencia sedimentaria a Grupo, actualmente está subdividida en 5 formaciones (Vicente et, al. 1978) por su comprobada extensión regional. En el área de estudio afloran las formaciones Puente y Cachios.

Estas formaciones presentan moderada susceptibilidad por caídas de rocas, deslizamientos y derrumbes.

**Formación Puente:** Conjunto siliciclástico, constituido por turbiditas con intercalación de areniscas y arcillitas. Se caracteriza por presentar afloramientos masivos de areniscas de grano medio, estrato decrecientes de 40 a 20 cm de grosor, con estratificación sesgada, intercaladas con arcillitas fosilíferas de 30 a 60 cm de grosor con nódulos calcáreos fosilíferos conteniendo ammonites y restos de plantas, Atencio et, al. (2000). En la zona de estudio se tienen afloramientos de areniscas y arcillitas y son de moderada susceptibilidad a movimientos en masa.

**Formación Cachios:** Corresponde a una secuencia constituida predominantemente por arcillitas, las que se intercalan con estratos delgados de areniscas grises y verdes de grano fino, con cemento calcáreo y nódulos calcáreos fosilíferos de amonites, Atencio et, al. (2000). En la zona de estudio se tienen afloramientos de arcillitas, de susceptibilidad moderada a movimientos en masa

### **3.2 Grupo Puno (Formación Ciguaya):**

Aflora a 1 km al este de la zona de estudio (figura 3). Los afloramientos típicos se presentan en la quebrada Lulliyo, así como en un tramo de la carretera Puquina - Omate. Litológicamente corresponden a conglomerados con clastos de naturaleza volcánica, así como clastos de cuarcitas, gneis y calizas subredondeadas de diámetro variable hasta de 10 cm., englobados en una matriz arenosa. En la parte intermedia se intercalan lodolitas y areniscas marrón rojizas.

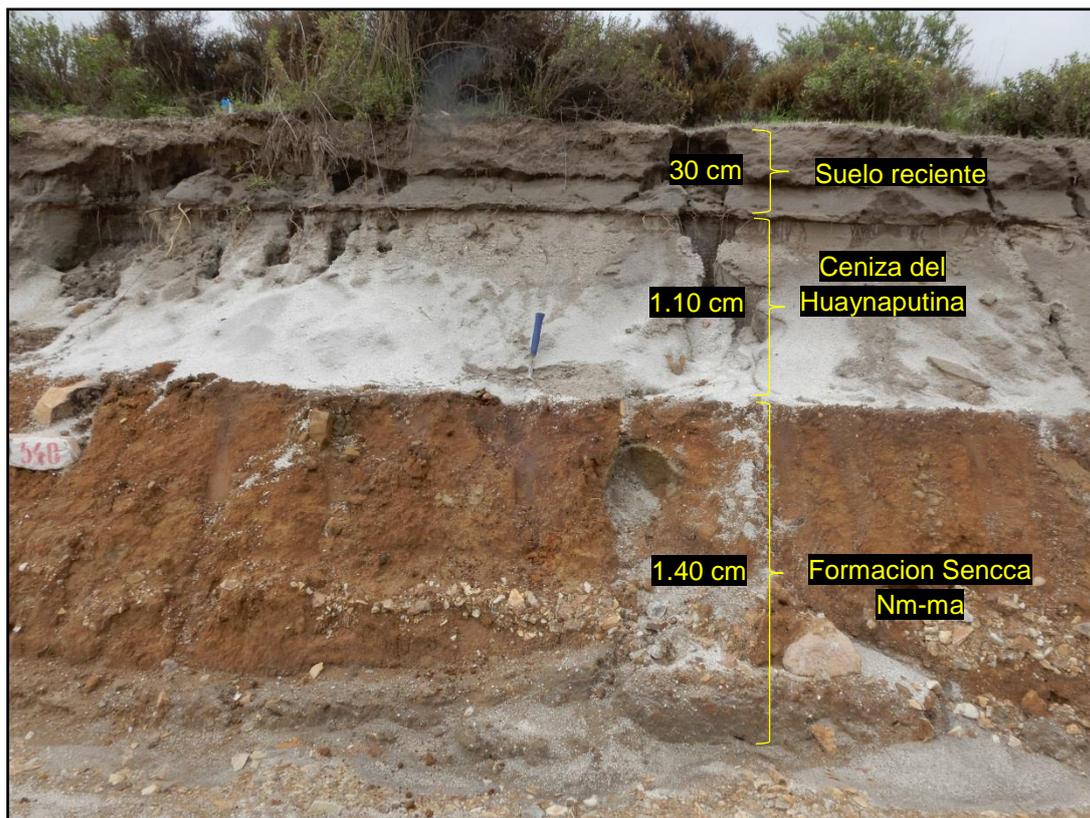
Las rocas del Grupo Puno son susceptibles a ser afectados por deslizamientos y derrumbes.

### **3.3 Formación Sencca:**

Corresponde a tobas de composición riolítica de color rojizo, ricas en cristales de biotita, observándose también cristales de cuarzo, plagioclasa, pómez y fragmentos líticos. Esta formación sobreyace discordantemente al Grupo Yura (Formaciones Puente y Cachíos).

El polígono propuesto para reubicación en el sector de Tambillo, se encuentra sobre la Formación Sencca (figura 4), compuesto por conglomerados de tobas en matriz arcillosa de color marrón. Sobreyaciendo a esta secuencia se encuentran depósitos de caída de lapilli de pómez, correspondiente a la última erupción del volcán Huaynaputina. El depósito de caída es rico en pómez, de color blanquecino, con gradación inversa de la base hacia la parte media, luego continua una gradación normal hacia el tope.

Las rocas de la Formación Sencca son susceptibles a ser afectados por deslizamientos y derrumbes.



**Figura 4.** Sector de Tambillo. Muestra depósito de lapilli de pómez proveniente del volcán Huaynaputina, sobreyaciendo a los conglomerados de tobas de la Formación Sencca.

### 3.4 Grupo Barroso - Complejo Volcánico Cerro Blanco, Cerro Sataico:

Aflora a 2 km al norte del área de estudio (figura 3). El vulcanismo Cerro Blanco-Cerro Sataico de tipo efusivo se encuentra expuesto en el extremo Noreste del cuadrángulo; extendiendo sus afloramientos hacia los cuadrángulos de Characato (33t), Ichuña (33u) y Omate (34u). Su centro volcánico se ubica en el cuadrángulo de Ichuña (33-t); en el que presenta una morfología agreste formando farallones.

En este complejo volcánico se puede reconocer hasta tres secuencias lávicas: la secuencia inferior corresponde a un flujo lávico traquiandesítico gris oscuro, seguido de una secuencia de lavas andesíticas grises, lavas porfíricas grises de composición andesítica. La dirección lávica de estos flujos tiene una tendencia noreste a suroeste y se encuentran cubriendo terrenos Precámbricos.

Las rocas del Complejo Volcánico Cerro Blanco, son susceptibles a ser afectados por caídas de rocas.

### 3.5 Depósitos Morrénicos:

Afloran a 1 km al norte de la zona de estudio (figura 3). Corresponden a bloques angulosos a subangulosos de roca volcánica de diámetro variable en matriz areno-arcillosa, que rellenan pequeñas depresiones. Estas acumulaciones se

encuentran por lo general a una altura comprendida entre los 4200 m s.n.m. a 4800 m s.n.m.

#### **4. ASPECTOS GEOMORFÓLOGICOS**

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

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

##### **4.1 Geformas de carácter tectónico degradacional y erosional**

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

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

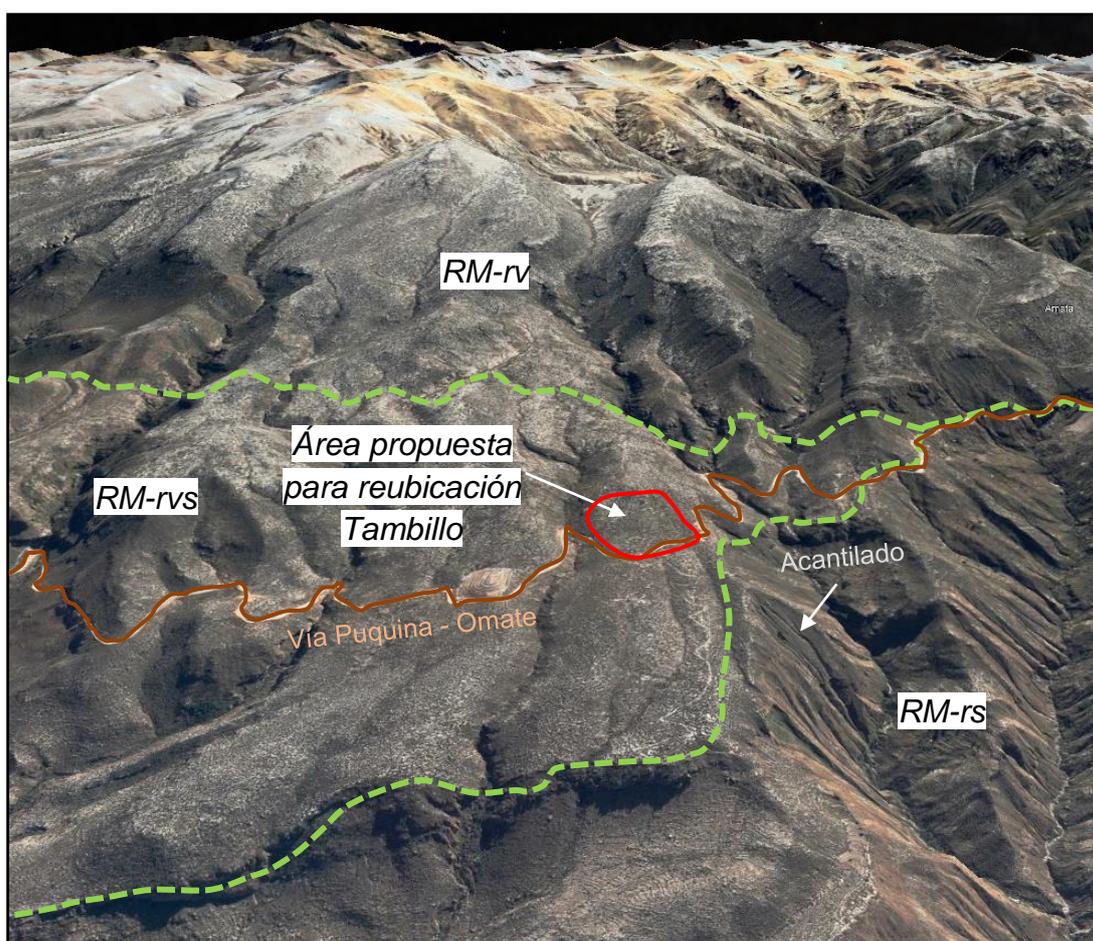
##### **Unidad de Montaña**

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

- a) Subunidad de montaña en roca volcánica (RM-rv):** Esta unidad geomorfológica posee un relieve agreste, con pendientes de hasta 70° (figura 5), se presenta formando las altas cumbres en la zona de estudio. Litológicamente está compuesto por tobas de la Formación Sencca. Esta subunidad es susceptible a generar caídas de rocas.
- b) Subunidad de montaña en roca sedimentaria (RM-rs):** Esta unidad geomorfológica está conformada por anticlinales y sinclinales con superficies onduladas y disectadas por quebradas ligeramente profundas. A 60 m al sur de la zona propuesta para reubicación, sector Tambillo, se encuentra un acantilado, con pendientes entre 50° a 80°, litológicamente está compuesto por rocas sedimentarias de los Grupos Yura y Puno (figura 5). Esta subunidad es susceptible a generar caídas de rocas, deslizamientos y derrumbes.

- c) **Subunidad de montaña en roca volcano-sedimentaria (RM-rvs):**  
 Relieve con pendientes erosionadas resultantes de la depositación de flujos piroclásticos o ignimbritas. Corresponden a acumulaciones de materiales volcánicos del tipo de derrames lávicos, piroclásticos o intercalaciones de ambos, que muestran diversos grados de erosión. El área propuesta para reubicación “Tambillo” se encuentra sobre esta subunidad geomorfológica, con pendientes entre 5° y 10° (figura 5).

Litológicamente están compuestas por conglomerados de lavas y tobas de la Formación Sencca, en matriz arcillosa. Esta subunidad es susceptible a generar deslizamientos y derrumbes.

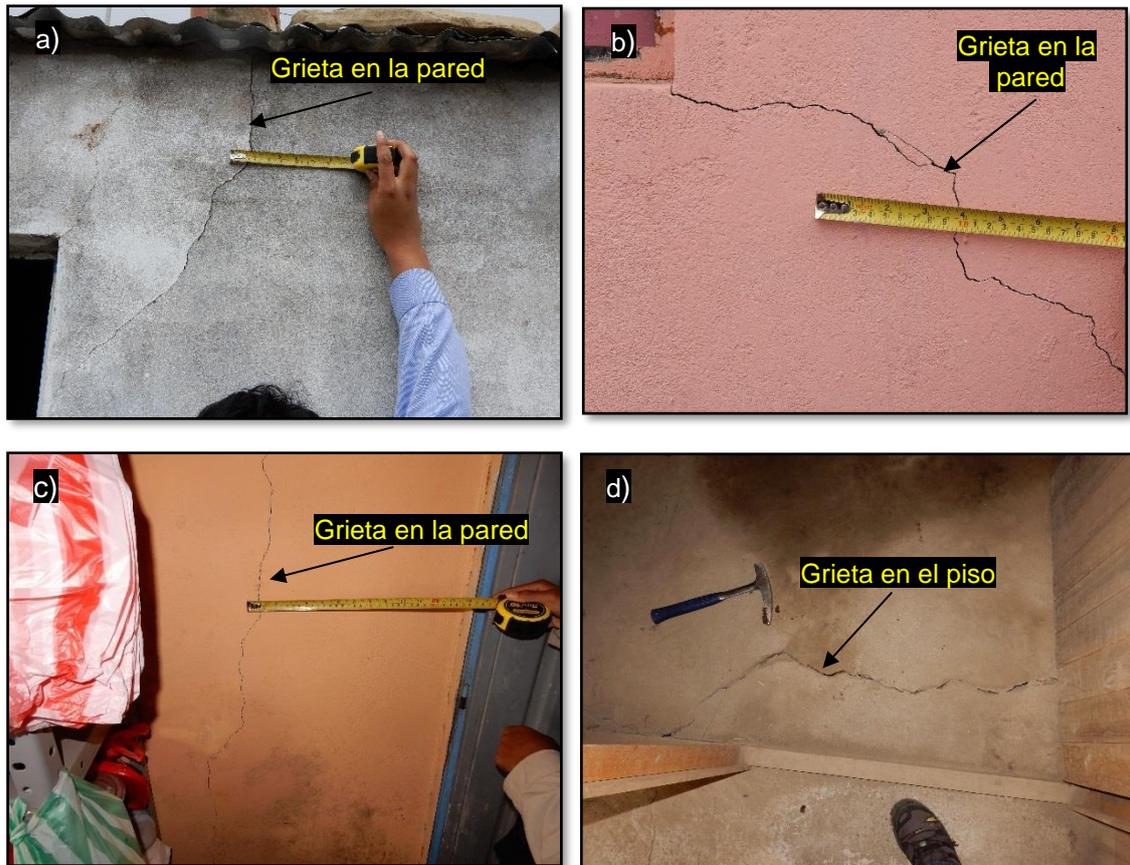


*Figura 5. Unidades geomorfológicas en la zona de estudio.*

## 5. CAUSAS DE APARICIÓN DE FRACTURAS EN EL SECTOR NUEVO AMATA

En la inspección realizada el día 20 de febrero del 2020, en el sector “Nuevo Amata”, se observó fisuras y grietas en las paredes y pisos de 4 viviendas de ladrillo y adobe (figura 6).

Las fisuras y grietas en las paredes tienen aberturas entre 0.5mm a 1.9mm y entre 0.60 m a 2.20 m de largo, mientras que en el piso las aberturas miden entre 1mm a 1.5mm y 3 metros de largo, con dirección N 334° E.



**Figura 6.** Muestran las grietas en las paredes y piso de las viviendas del sector “Nuevo Amata”.

Las causas de aparición de grietas en las viviendas son las siguientes:

- **Material de relleno en las plataformas:** Las viviendas “Nuevo Amata” que presentan agrietamientos, están sobre terrenos compuestos de rellenos no controlados (figura 7a).

La colocación de rellenos directamente sobre los taludes, sin compactación o compactados inadecuadamente, permiten la sobrecarga de las laderas, la saturación y colapso de los suelos sueltos, como también la formación de nuevas cárcavas (figura 7b).

Los rellenos generalmente son más porosos y menos permeables que los suelos naturales, lo cual facilita la infiltración de agua y genera sobresaturación. Esto contribuye al deterioro o colapso de la estructura.

El contacto entre el suelo natural y el relleno constituyen una línea de debilidad en la cual se concentran los flujos de agua y se generan agrietamientos por diferencia en las características de deformación.

La mayoría de los deslizamientos en rellenos, ocurre a lo largo del contacto corte-relleno.

- **Infiltración de aguas:** La falta de un adecuado drenaje pluvial (revestido), ocasiona la infiltración de agua al suelo, esto afecta la estabilidad de los taludes, en ocasiones produce socavación interna del suelo.

Esto genera un aumento de las presiones hidrostáticas y pérdida de la resistencia al corte del suelo (figura 7c y d). Además, se observó que las viviendas con paredes fisuradas tienen jardines (regados constantemente). El regadío aumenta la infiltración de agua por riego (figura 7e).

- **Cimentaciones de viviendas muy superficiales:** Las viviendas han sido construidas sin consultar a los especialistas en el tema. Algunas casas tienen cimientos muy superficiales, construidos sobre material de relleno.

Para efectuar construcciones de viviendas, es necesario realizar un estudio de suelos, con la finalidad de determinar su capacidad portante, con ello se va a saber los tipos de cimentaciones que deben usar en la edificación de viviendas.

- **Construcción de carreteras:** Se ha construido una carretera en la parte baja de las plataformas donde se encuentra asentada la población “Nuevo Amata” (figura 7f). Para la construcción de estas obras se realizaron cortes y terraplenes, los cuales modifican los estados de esfuerzos y disminuyen los factores de seguridad natural, favoreciendo los deslizamientos.

## 6. PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL SECTOR DE TAMBILLO

Los peligros geológicos identificados en el sector de Tambillo (área propuesta para reubicación), están asociados principalmente a movimientos en masa. El término movimientos en masa incluye todos aquellos movimientos ladera abajo de una masa de roca, de detritos o de tierras por efectos de la gravedad (Cruden, 1996 en PMA: GCA, 2007).

Los movimientos en masa representan procesos geológicos superficiales, que involucran la remoción de masas rocosas con características inestables, depósitos inconsolidados de diferente origen, competencia y grado de cohesión, o la combinación de ambos, por efecto de la gravedad, Medina., (2014).

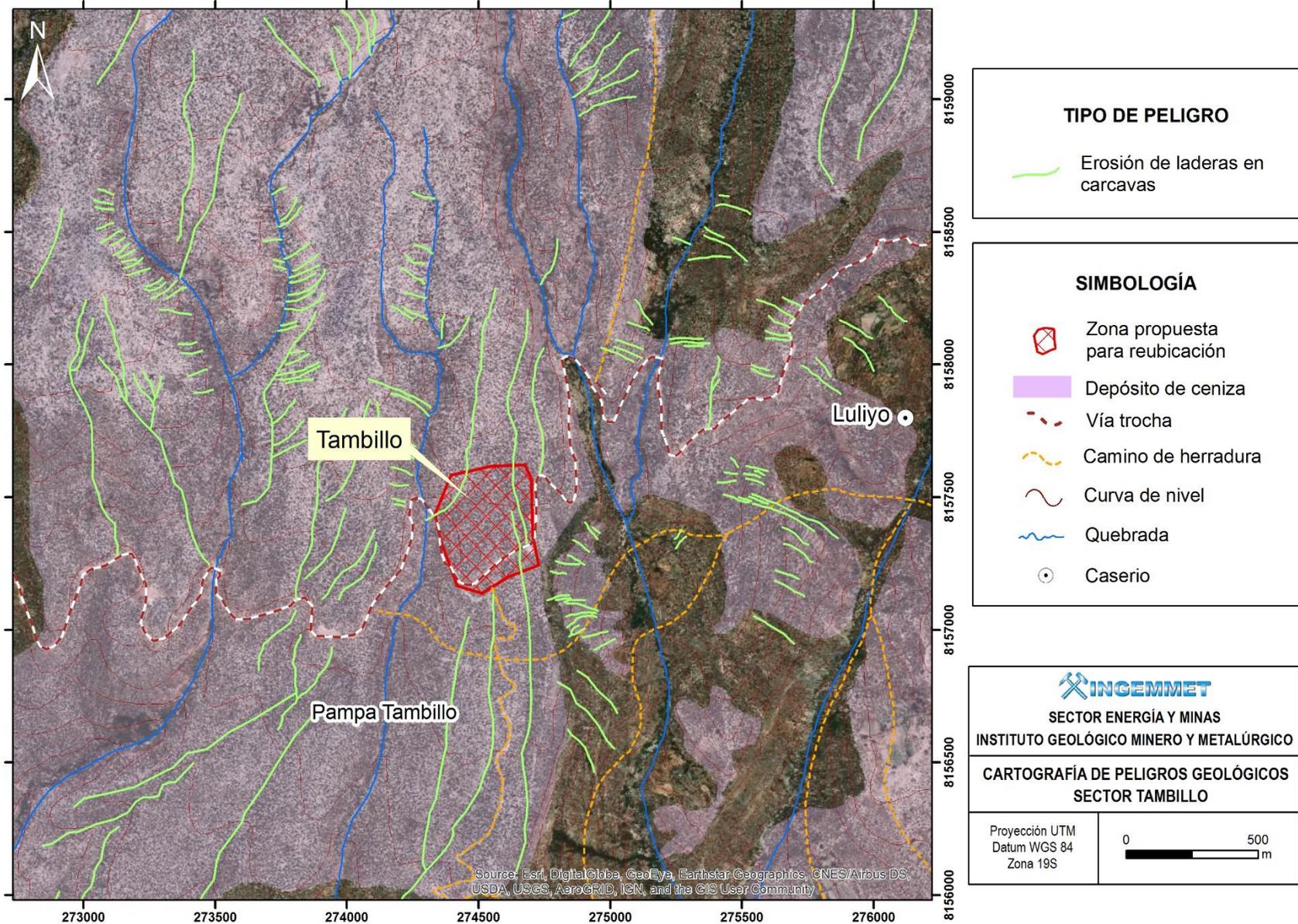
En el área de estudio, los factores condicionantes o intrínsecos que favorecen la ocurrencia de movimientos en masa son la litología (calidad de la roca y permeabilidad), morfología y pendiente del terreno.

La ocurrencia de movimientos en masa está estrechamente ligados a factores desencadenantes como lluvias de gran intensidad o gran duración asociadas a eventos excepcionales y sismos.

En el sector de Tambillo se identificó procesos de erosión de ladera en forma de surcos y cárcavas (figura 8).



**Figura 7.** a) construcción de viviendas sobre relleno, b) erosión de laderas en forma de cárcavas, c y d) canales sin revestimientos, e) jardines sobre material de relleno, f) construcción de carretera.

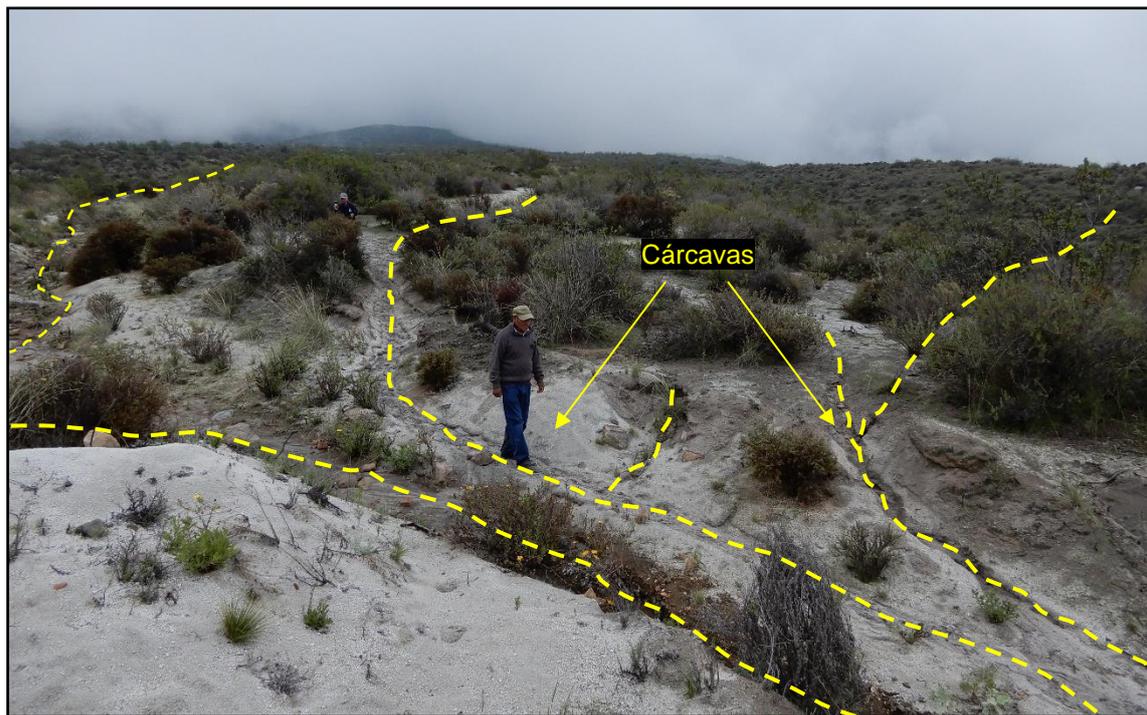


**Figura 8.** Mapa de peligros por movimientos en masa en el sector propuesto para reubicación.

## 6.1 Erosión de laderas

Las laderas de los cerros en el sector de Tambillo están siendo afectado por procesos de erosión de laderas en forma de surcos y cárcavas (figura 8). Las cárcavas tienen un ancho de hasta 4 m y profundidades de hasta 3 m aproximadamente (figura 9).

Así también cabe señalar que se aprecian mayor cantidad de cárcavas en las zonas donde aflora ceniza volcánica del Huaynaputina, por ser un material altamente susceptible a la meteorización y erosión (figura 8).



**Figura 9.** Erosiones de ladera en el sector de Tambillo.

### Condicionantes:

- Depósitos volcánicos deleznable, conformados por lapilli de pómez de la erupción del volcán Huaynaputina del año 1600.
- Conglomerados de la Formación Sencca, con moderada a intensa meteorización.

### Desencadenante:

- Precipitaciones pluviales intensas.

Es importante mencionar que el área propuesta para reubicación es susceptible a la ocurrencia de deslizamientos, debido a que se encuentra sobre **suelos residuales**, conformados por arcillas con clastos de tobas y lavas volcánicas.

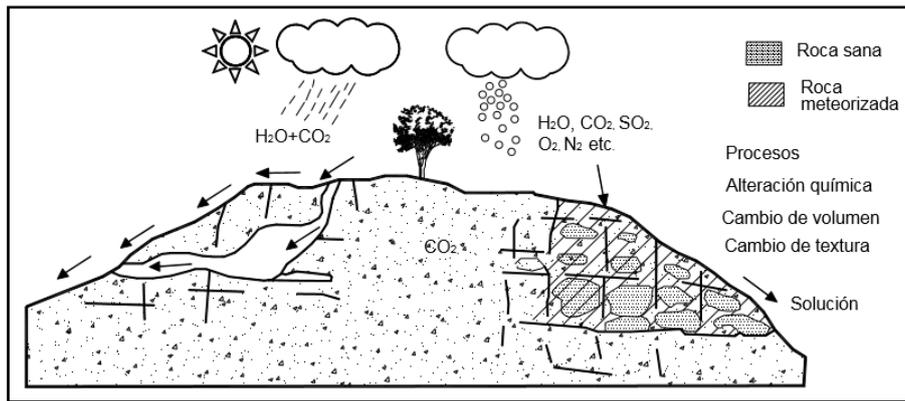
Los clastos miden entre 20cm a 60cm de diámetro y se encuentran con moderada meteorización. Se observa descomposición de feldspatos (arcillas) y minerales ferromagnesianos (figura 10).



**Figura 10.** Suelo arcilloso en área propuesta para reubicación, sector de Tambillo.

**Los suelos residuales** son los que se forman en el sitio por procesos de meteorización física y química y se desarrollan principalmente, en condiciones húmedas, de meteorización química intensa (Reading, 1999), figura 11.

Algunos autores los denominan “suelos tropicales”; sin embargo, debe tenerse en cuenta que los suelos residuales también se encuentran en zonas no tropicales, aunque en menor proporción. Sus propiedades especiales son una respuesta a la combinación de los ambientes encontrados en los trópicos, relacionados con el clima, la lluvia, los regímenes de temperatura, la litología del material de roca parental, el movimiento del agua, las condiciones de drenaje, el relieve, la vegetación, la edad y los niveles de meteorización, entre otros factores.



**Figura 11.** Representación esquemática del proceso de meteorización química (Geological Society Engineering Group, 1995).

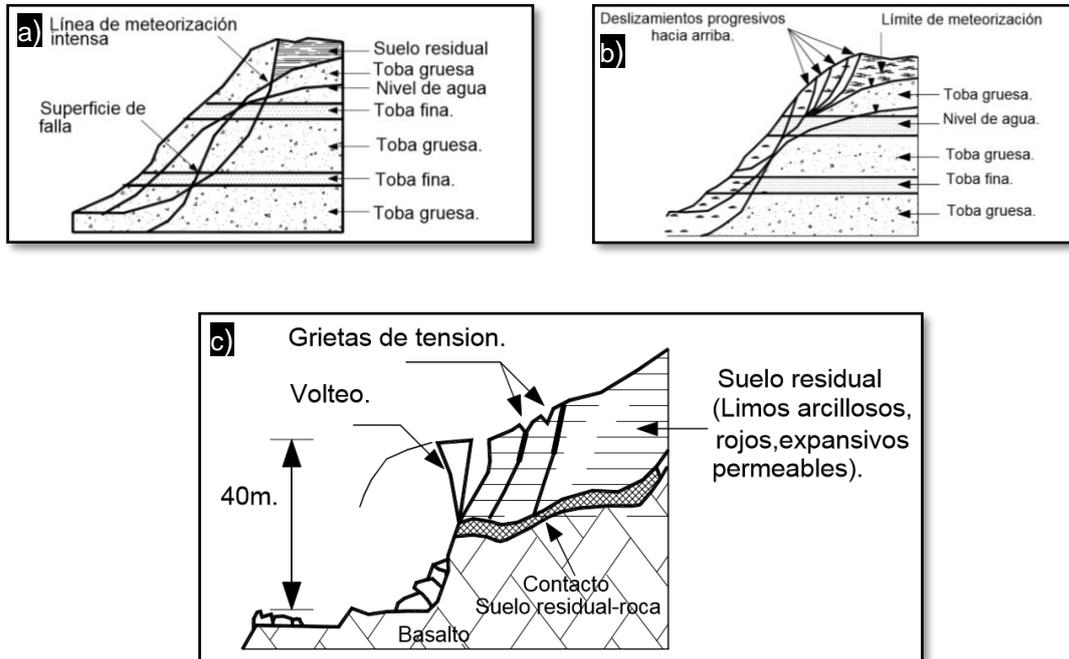
Los deslizamientos en materiales meteorizados ocurren en diferentes ambientes (geológicos y geomorfológicos). La mayoría de deslizamientos de suelos residuales son los deslizamientos poco profundos y rápidos del suelo residual sobre el saprolito (roca algo meteorizada) o la roca, pero cuando los perfiles de meteorización del suelo residual son muy profundos, se pueden presentar también deslizamientos rotacionales. Las propiedades de los suelos residuales varían de una región a otra, debido a la naturaleza heterogénea de los ambientes tropicales. La meteorización está controlada por el clima regional, el relieve y la litología de la roca y estos factores varían de sitio en sitio (Reading, 1999).

El comportamiento de los suelos residuales y las rocas blandas en el caso de los deslizamientos, difiere de las rocas duras y de los suelos transportados. La meteorización o la falta de litificación traen como resultado, un material con discontinuidades o superficies de debilidad y con posibilidad de movimiento por desplazamiento, a lo largo de las discontinuidades y/o por rotura al cortante o a tensión a través de la matriz del material.

Los perfiles de meteorización en los suelos de origen volcánico, son similares en su apariencia general con respecto a los suelos de origen ígneo intrusivo; pero en este caso, las discontinuidades tienden a ser horizontales y verticales. Los deslizamientos tienden a ser controlados por las características del perfil de meteorización, aunque las discontinuidades pueden afectar el mecanismo del movimiento. El tipo de falla que se presenta depende de la humedad, del espesor y la pendiente inferior del manto de meteorización intensa. Los suelos residuales de origen volcánico generalmente son poco resistentes y estos suelos tienen tendencia a la coloración roja.

La superficie de los deslizamientos en suelos de origen volcánico, es ligeramente curva y de forma irregular definida por el contacto entre la capa de suelos derivados de cenizas volcánicas y la capa que la subyace, compuesta por materiales de origen vulcanodetrítico ligeramente meteorizados. Diferencias dramáticas en la permeabilidad de estos estratos conducen a la formación de un nivel freático colgado, que reduce los esfuerzos efectivos e incrementa la inestabilidad (Lizcano y otros, 2006). El mineral de arcilla más común como producto de la meteorización de los suelos volcánicos, es la aloisita (Hurlimann y otros, 2001). Otro mineral comúnmente presente es la esmectita. A

continuación se muestran las fallas en los materiales de origen volcánico (figura 12).



**Figura 12.** a) falla en un talud natural de materiales de origen volcánico con perfil profundo de meteorización, b) falla al hacer un corte de un talud de materiales de origen volcánico con perfil profundo de meteorización, c) falla al hacer un corte en un talud de suelos residuales de origen volcánico con perfil de meteorización semi-horizontal profundo.

## CONCLUSIONES

- a) El Informe Técnico N° A6447 “Reactivación del deslizamiento de Amata” y el Informe Técnico N°A6935 “Evaluación de peligros geológicos de la zona propuesta para reubicación en el sector de Amata”, elaborados por INGEMMET, indican que el sector “Nuevo Amata” es apto para reubicación. En la inspección realizada el día 20 de febrero del presente año en el sector mencionado, se verificó los agrietamientos en 4 viviendas. Esto último se debe por causas de origen antrópico, tales como: casas construidas sobre material de relleno no controlado, filtración de aguas, como también cimentaciones y construcción de carreteras, sin dirección técnica. Dadas las condiciones de inestabilidad antes expuestas, este sector se ha convertido en un área vulnerable a movimientos en masa como deslizamientos, derrumbes o hundimientos.
- b) El 21 de febrero se hizo una inspección en el área propuesta para reubicación del poblado “Nuevo Amata”, en el sector de Tambillo. Este sector se encuentra sobre suelos residuales de origen volcánico conformados por clastos de conglomerados de tobas y lavas volcánicas englobados en una matriz arcillosa. Los suelos residuales son inestables y muy propensos a deformaciones, así mismo es susceptible a deslizamientos.
- c) En el sector de Tambillo se observa procesos de erosiones de ladera (cárcava), estos procesos generan material suelto que ante la ocurrencia de lluvias extraordinarias generan flujos de detritos o huaicos. La mayor cantidad de cárcavas en el sector de Tambillo ocurre en zonas donde aflora la ceniza volcánica del Huaynaputina, este es un material es de mala calidad geotécnica.
- d) Por las condiciones geodinámicas (procesos de erosión de laderas), geológicas (tipo de rocas y suelos) y la configuración geomorfológica, se considera el sector de Tambillo de **alto peligro**, susceptible a ser afectado por movimientos en masa.

## RECOMENDACIONES

- a) Reubicar a la población de Amata a un lugar que cumpla con todas las condiciones de seguridad, con la finalidad que no sea afectado en un futuro por movimientos en masa u otros tipos de peligro.
- b) La zona propuesta para la reubicación del poblado de Amata, por dicha comunidad, es el sector de Tambillo. Para habilitar este sector, como para la construcción de viviendas, se debe tomar en cuenta lo siguiente:
  - 1) Realizar estudios de suelos para determinar el tipo de cimentación, antes del inicio de las construcciones de viviendas y obras civiles. Además se deben determinar los posibles cuerpos de agua (napa freáticas) si las hay.
  - 2) Realizar estudios geotécnicos para determinar las características físicas del terreno de fundación.
  - 3) Diseñar e implementar un sistema de drenaje pluvial, para evitar anegamientos; las aguas pluviales deben ser llevadas fuera de la zona futura zona urbana, por medio de canales revestidos o tuberías, evitando de esta forma excesos de agua que puedan infiltrarse al terreno.
  - 4) De ser posible, no realizar prácticas agrícolas dentro del sector de Tambillo, porque el tipo de suelo de llegarse a saturar por el exceso de riego de cultivo, se pueden generar movimientos en masa, como deslizamientos o erosiones en cárcavas, así como lo acontecido en el “Antiguo Amata”. En caso de realizar cultivos, la frontera agrícola del sector de Tambillo tiene que ser con riego tecnificado, tipo goteo, para evitar infiltraciones de agua al subsuelo y se debe realizar cultivos que no requieran mucha agua.
  - 5) Retirar la ceniza volcánica que cubre el sector de Tambillo, porque este material es malo para cimientos. Tomar medidas correctivas para mitigar el avance de las cárcavas, mediante diques transversales como trinchos de madera, de enrocado o gaviones. Como también la forestación
  - 6) Para evitar que se acelere la ocurrencia a movimientos en masa en el sector “Nuevo Amata”, se recomienda evitar infiltraciones de agua en el suelo y no realizar construcciones sobre el material de relleno.
  - 7) Realizar una forestación en los alrededores de la futura zona a urbanizar.
  - 8) Los estudios deben ser realizados por un especialista.

---

Jessica Carolina Vela Valdez  
Ingeniera Geóloga  
CIP N° 215198

---

César Augusto Chacaltana Budiel  
Director de Geología Ambiental y  
Riesgo Geológico



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Atencio, E., Romero, D. (2000). "Memoria descriptiva de la geología del cuadrángulo de puquina 34-t". Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, INGEMMET.

Cruden, D.M., & Varnes, D.J. (1996). Landslide Types and Processes. En: "Landslides. Investigation and Mitigation", Eds Turner, A.K. and Schuster, R.L. Special Report 247, Transport Research Board, National Research Council, Washington D.C. pp. 36-75.

Geological Society Engineering Group (1995). "The description and classification of weathered rocks for engineering Purposes" Journal of Engineering Geology, 28, pp. 207-242.

Hurlimann, M., Ledesma, A., Martí, J. (2001). Characterisation of a volcanic residual soil and its implications for large landslide phenomena: application to Tenerife, Canary Islands. Engineering Geology 59 (2001) 115±132.

Lizcano A., Herrera M.C., Santamarina J.C. (2006) "Suelos derivados de cenizas volcánicas en Colombia" Rev. Int. de Desastres Naturales, Accidentes e Infraestructura Civil. Vol. 6(2) pp. 167-197.

PMA: GCA. Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas. (2007). Movimientos en masa en la región Andina: Una Guía para la evaluación de Amenazas. Publicación geológica multinacional N° 4, 404 p., Canadá.

Reading, A.J. (1999). "Stability of tropical residual soils from Dominica, West Indies". Eng. Geol., 31: pp. 2744.

Villota, H. (2005). Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación de tierras. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Departamento Administrativo Nacional de Estadística, Bogotá, Colombia.

## GLOSARIO

**CAÍDAS DE ROCAS:** La caída es un tipo de movimiento en masa en el cual uno o varios bloques de suelo o roca se desprenden de una ladera, sin que a lo largo de esta superficie ocurra desplazamiento cortante apreciable. Una vez desprendido, el material cae desplazándose principalmente por el aire pudiendo efectuar golpes, rebotes y rodamiento (Varnes, 1978).

**COLAPSOS O DERRUMBES:** Son desprendimientos de masas de roca, suelo o ambas, que ocurren a lo largo de varias superficies irregulares o anisotropías, con arranque o desplome visible de material como una sola unidad. Se presentan con dimensiones y longitudes variables, desde pocos metros hasta decenas y centenas de metros; principalmente están asociados a taludes rocosos, aunque suelen presentarse en suelos poco consolidados.

**DESLIZAMIENTOS:** Movimientos que se producen al superarse la resistencia al corte de un material (suelo, roca o ambos), a lo largo de una o más superficies de ruptura, y donde la masa original se desliza a distancias variables.

**EROSIÓN DE LADERAS (CÁRCAVAS):** La erosión en cárcavas es un fenómeno que se da bajo diversas condiciones climáticas (Gómez et al., 2011), aunque más comúnmente en climas semiáridos y sobre suelos estériles y con vegetación abierta, con un uso inadecuado del terreno o inapropiado diseño del drenaje de las vías de comunicación. Las incisiones que constituyen las cárcavas, se ven potenciadas por avenidas violentas y discontinuas típicas del clima mediterráneo, lluvias intensas o continuas sobre terrenos desnudos o por la concentración de flujos superficiales fomentados por obras de drenaje de caminos o carreteras.

**PELIGRO:** Probabilidad de que un fenómeno físico, potencialmente dañino, de origen natural o inducido por la acción humana, se presente en un lugar específico, con una cierta intensidad, en un periodo de tiempo y frecuencia definidos.

**PELIGRO GEOLÓGICO:** Proceso natural que puede causar daños materiales o la pérdida de vidas, la interrupción de actividades sociales y económicas, así como también la degradación ambiental.