

Informe Técnico N° A6833

PELIGRO POR DESLIZAMIENTOS EN EL SECTOR MATARANI

Región Tacna
Provincia Candarave
Distrito Quilahuani



YHON SONCCO
NELIDA MANRIQUE

AGOSTO
2018

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	2
2. GENERALIDADES	3
3. GEOMORFOLOGÍA.....	5
4. GEOLOGÍA	8
5. PELIGROS GEOLÓGICOS	11
6. PROPUESTA DE MEDIDAS PREVENTIVAS.....	24
CONCLUSIONES	25
RECOMENDACIONES.....	25
BIBLIOGRAFÍA	26
GLOSARIO	27

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. 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.

El objetivo principal del presente informe es realizar un estudio sobre el deslizamiento ocurrido en el sector Matarani, ubicado en el distrito Quilahuani, provincia Candarave, región Tacna. La información se basa en una inspección de campo y entender los factores que desencadenaron este evento que produjo el colapso de aproximadamente 4.35 hectáreas, donde se determinó pérdida de terrenos de cultivo y obras de infraestructura que afectan el desarrollo cotidiano de la población en dicha zona.

Los sectores Matarani y Quilahuani se encuentran en una zona de alto peligro, porque están ubicados sobre cuerpos de deslizamientos.

Durante el trabajo de campo realizado los días 14 y 15 de marzo, se identificaron áreas con contenido de humedad, por la filtración de agua proveniente de la parte alta. También se observó grietas tensionales de hasta 80 cm de ancho, el deslizamiento Matarani presenta un escarpe principal que tiene entre 5 y 8 m de altura, la cabecera posee 200 m y la distancia desde la cabecera al pie de deslizamiento de 180 m, ha afectado aproximadamente 4.35 hectáreas de cultivo

Durante la reunión del día 14 de marzo, organizada por el COER-Tacna en el distrito Quilahuani, se trató sobre deslizamiento del Matarani. Participaron representantes de Electrosur, Sector Agricultura, Autoridad Nacional del Agua (ANA), Proyecto Especial Tacna, Recursos Naturales, Municipalidad distrital de Quilahuani, Municipalidad provincial de Candarave y la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann de Tacna. Cada institución realizó una exposición acerca de la zona afectada y por parte de INGEMMET se mostró todos los trabajos realizados en la zona.

Es importante mencionar que el INGEMMET realiza evaluación de peligro geológico a nivel nacional, más no evaluación de riesgos.

Se designó a los ingenieros Yhon Soncco y Nélide Manrique, para realizar la evaluación de peligro por deslizamientos en el sector de Matarani.

2. GENERALIDADES

2.1 Antecedentes

En la zona del deslizamiento de Matarani, no se tiene registro de otros importantes movimientos en masa en los últimos años, sin embargo, podemos mencionar como antecedentes y trabajos anteriores:

- El mapa de susceptibilidad de movimientos en masa generado por el Ingemmet (<http://geocatmin.ingemmet.gob.pe/geocatmin/>), muestra los sectores de Quilahuani y Matarani están dentro de la zona de peligro alto y muy alto
- La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico, mediante un primer reporte titulado “*Zonas críticas por peligros geológicos en la región Tacna*” realizado por Luque, G., (2016), menciona que en el sector Quilahuani, el área está sujeta a caída de rocas, derrumbes, huaicos y deslizamientos. Además, describe que el poblado de Quilahuani se encuentra asentado sobre el cuerpo de un mega-deslizamiento, recomienda reubicar las viviendas, mejorar las técnicas de riego y el sistema de drenaje.
- El Director de la Oficina de Seguridad Defensa Nacional y Civil del Gobierno Regional de Tacna, mediante oficio N° 090-2018-OSDNCI/GOB.REG.TACNA, de fecha 27 de febrero del presente, dirigido al Presidente de Consejo Directivo del Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico – INGEMMET, solicitó una visita, evaluación de la zona de deslizamiento y asimismo brindar asistencia en la reunión que se llevó el día miércoles 14 de marzo del presente a las 9:00 horas en la sala de reuniones de la municipalidad de distrital de Quilahuani.

2.2 Objetivo

- Realizar una evaluación de peligros por movimientos en masa en el sector Quilahuani de la provincia Candarave, Tacna.

2.3 Ubicación

El sector Matarani (17°19'56.10"S y 70°15'13.24"O) se localiza en el distrito Quilahuani, provincia Candarave, departamento de Tacna, en la carta geográfica nacional Tarata (35-v), al Sur del volcán Yucamane, (figura 1).

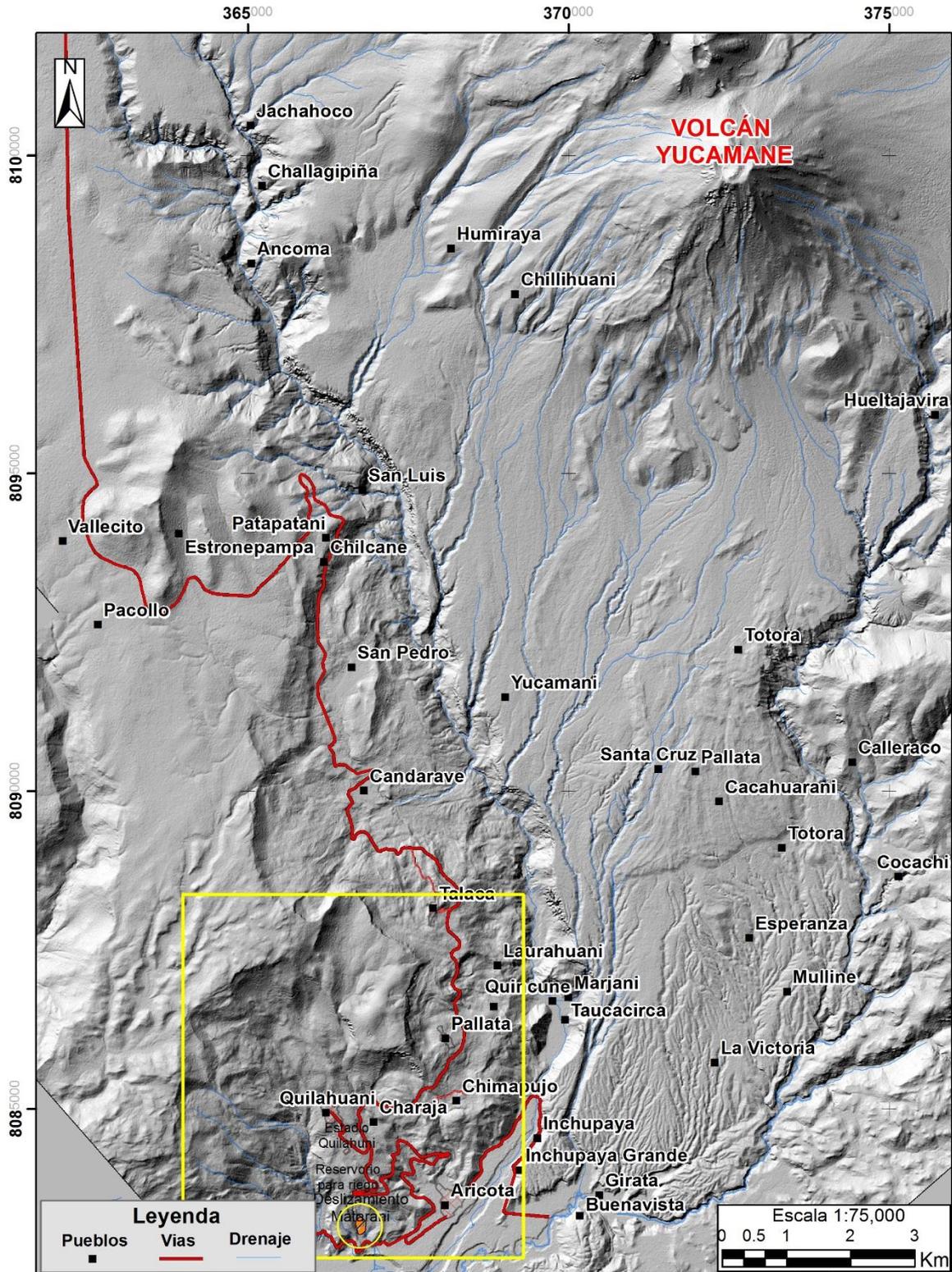


Figura 1. Mapa de ubicación del sector Quilahuani

3. GEOMORFOLOGÍA

En Quilahuani y alrededores se ha diferenciado unidades geomorfológicas (figura 2), de acuerdo a sus principales características.

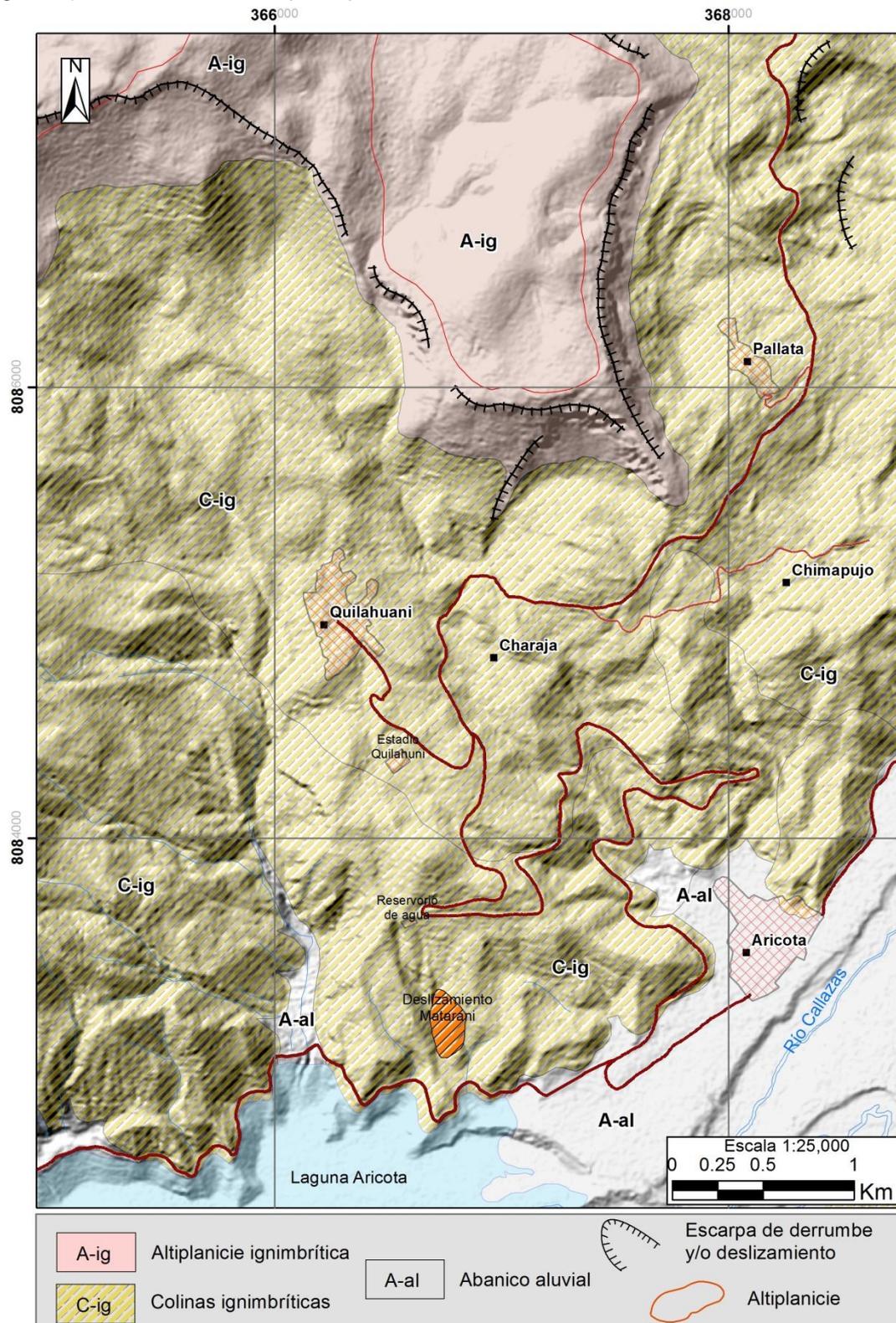


Figura 2. Unidades geomorfológicas en el sector Quilahuani

3.1 Colinas de Ignimbritas (C-ig)

Corresponden a colinas que presentan laderas con pendientes de (15-30°). La cima de estas colinas poseen pequeñas planicies poco onduladas, conformadas de una secuencia pseudoestratificada de depósitos de flujos de pómez y ceniza riolíticas, soldadas y consolidadas, que ocupan una extensa área al norte del distrito de Quilahuani. Las colinas de Ignimbritas están caracterizadas por presentar promontorios poco resistentes. Es en estas colinas donde se presentan los escarpes de deslizamiento, con pendientes de hasta 75° (figura 3).

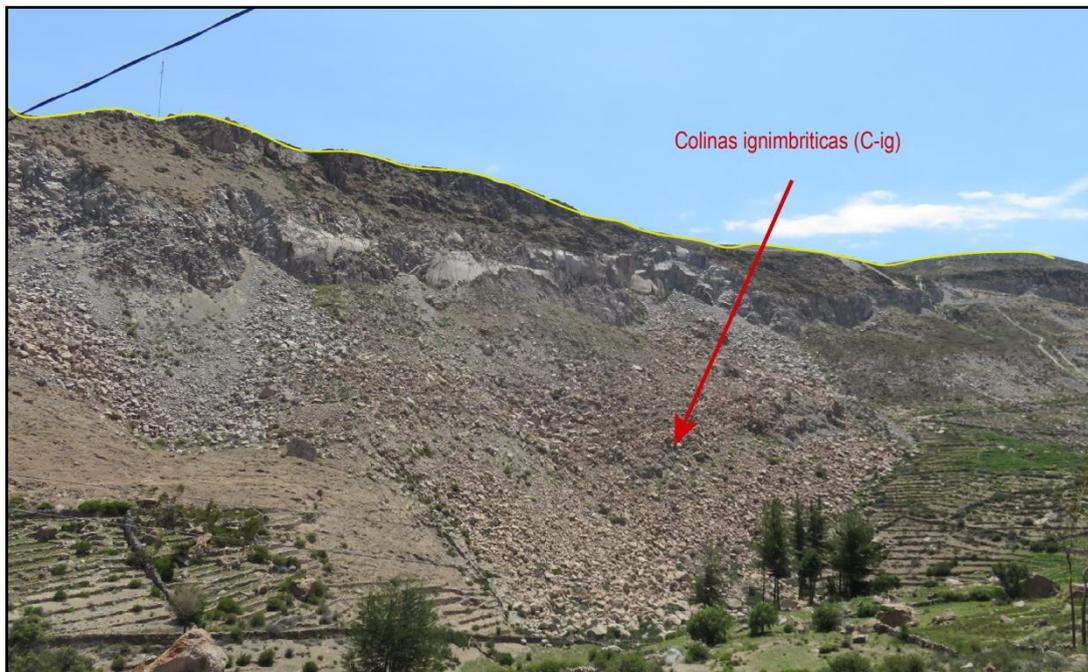


Figura 3. Colina de Ignimbrita, ubicada en la parte alta del poblado de Palla.

3.2 Altiplanicie Ignimbrítica (A-ig)

Corresponde a zonas cuya superficie presenta ondulaciones poco pronunciadas, estas zonas poseen pendientes subhorizontales de (10°), esta altiplanicie es conformada por varios depósitos de flujos de pómez y ceniza de color gris claro, bastante voluminoso que aflora en la parte alta de Aricota, en el margen derecho del río Callazas y en la parte alta de distrito de Quilahuani. (Fig. 4).



Figura 4. Altiplanicie Ignimbrítica, ubicada en el sector del río Callazas

3.3 Abanico aluvial (A-al)

Corresponden a las partes bajas de los valles, presentan relieve plano de pendiente moderado (5° - 10°), se localizan en los fondos de los valles, además están disectadas por quebradas poco profundas, el sector de Aricota está disectada por el río Callazas (figura 5)

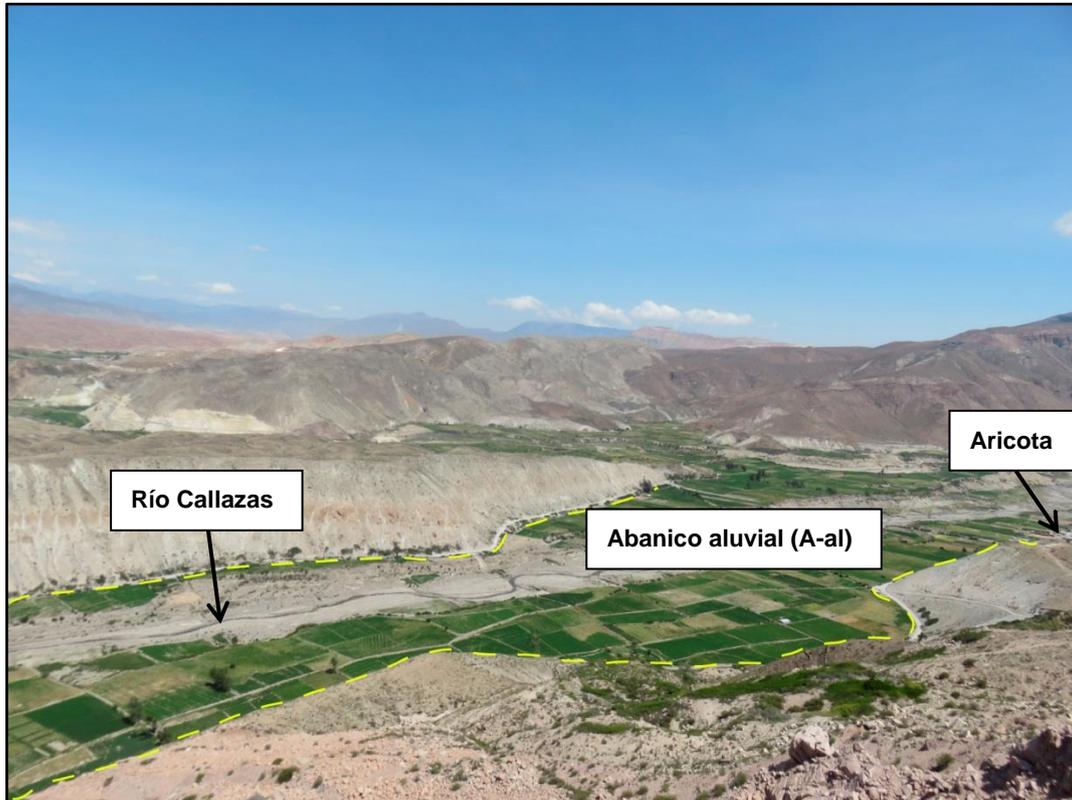


Figura 5. Abanico aluvial, en el sector Aricota

4. **GEOLOGÍA**

Se describen las unidades geológicas que afloran en el sector de Quilahuani y sus alrededores (figura 6).

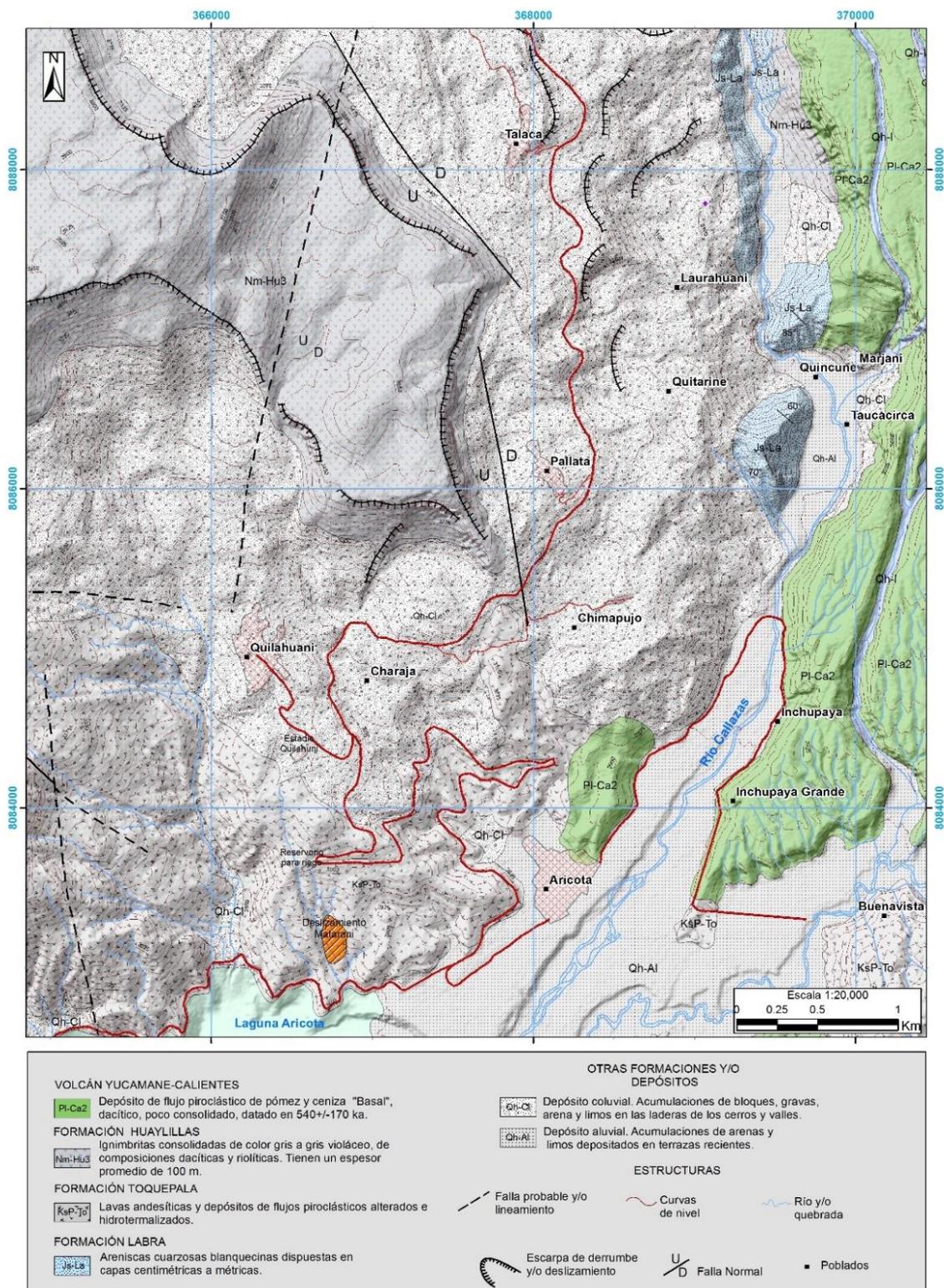


Figura 6. Unidades geológicas en el sector Quilahuani. Modificado de Vela., (2015)

4.1 Formación Labra (Js-La)

Estos depósitos afloran en inmediaciones del poblado de Marjani, en ambos márgenes del río Callazas, se distinguen afloramientos de areniscas cuarzosas blanquecinas y grises, dispuestos en capas con espesores de hasta 4 m, con intercalaciones de areniscas y lutitas carbonosas, de color gris oscuro a negro (figura 7). En la base predominan secuencias de areniscas y lutitas carbonosas gris oscuras. Estas secuencias han sido asignadas a la Fm. Labra del Grupo Yura (De la Cruz, 2000).



Figura 7. Secuencia de areniscas cuarzosas de la Fm. Labra (Grupo Yura) en el sector Marjani.

En el tope se observan algunos niveles de calizas de color marrón grisáceo que tienen hasta 3 m de espesor intercalados con capas de areniscas cuarzosas, con un espesor total mayor a 80 m. Las capas muestran predominantemente un fracturamiento vertical. Estas secuencias en general muestran ligero plegamiento y forman paredes escarpadas

4.2 Grupo Toquepala (Cretáceo Superior - Eoceno) (KsP-To)

Corresponde a una secuencia estratificada de depósitos de flujos piroclásticos de color blanquecino, depósitos de lahares y niveles de areniscas y limolitas que se presentan en capas, ligeramente deformadas. Este grupo se emplazó en el sur peruano entre 95 y 41 Ma (Mamani et al., 2010). El espesor total de la secuencia se estima en aproximadamente 1800 m. Esta secuencia aflora alrededor de la laguna Aricota, al suroeste del distrito de Quilahuani (figura 6). Infrayace a las ignimbritas de la Formación Huaylillas. Los depósitos de flujos piroclásticos están compuestos de fragmentos líticos y pómez incluida dentro de una matriz fina bastante alterada. Los depósitos son de colores beige, verde y violeta. Se intercalan niveles de lahares de color gris-marrón, compuestos de bloques polimícticos, la mayoría de origen volcánico englobados en una matriz de arena gruesa. Estos depósitos están intercalados con estratos lenticulares de limolitas grises y areniscas finas. Las ignimbritas de la Formación Huaylillas yacen en ligera discordancia angular sobre las capas del Grupo Toquepala.

4.3 Formación Huaylillas (Mioceno inferior-superior) (Nm-Hu1-3)

Corresponden a depósitos ignimbríticos que afloran en la Pampa Pagrilaca, sector ubicado en la parte alta de distrito de Quilahuani y los poblados Pallata y Talaca (figura 8). Estos depósitos son de colores blanco rosáceo a rojo pálido, de composición dacítica a riolítica, dispuestos en capas sub horizontales, con espesores individuales superiores a 6 m y un espesor total entre 80 y 400 m. Estos depósitos se encuentran bastante consolidados y a veces soldados. Infrayacen en discordancia angular a rocas volcánicas del Grupo Barroso.



Figura 8. Secuencias ignimbríticas de la Fm. Huaylillas, visibles en la margen derecha del río Callazas, sectores Pallata y Talaca.

A nivel regional, la Formación Huaylillas corresponde a una secuencia de depósitos ignimbríticos de composición dacítica a riolítica, emplazadas entre 10 a 24 Ma, que afloran en la zona altoandina de las regiones de Tacna y Moquegua, prolongándose hasta el territorio chileno (Mamani et al., 2010; Worner et al., 2002). Estas ignimbritas en su mayoría fueron generadas durante un volcanismo altamente explosivo asociado a la formación de calderas volcánicas.

Estas rocas fueron ampliamente estudiadas y datadas, a 30 km al sureste del complejo volcánico Yucamane-Calientes, rocas de la Fm. Huaylillas han sido datadas por el método K/Ar en 21.6 ± 0.7 Ma por Tosdal et al. (1981), y a 35 km hacia el Oeste del complejo volcánico Yucamane-Calientes también se ha datado en 14.2 ± 0.2 Ma y 18.9 ± 0.3 Ma por el método K/Ar (Quang et al., 2005).

4.4 Calientes II (PI-Ca2): Depósito de flujo de pómez y ceniza “Basal” (Pleistoceno Superior)

Corresponde a una secuencia de depósitos de flujos piroclásticos de pómez y ceniza que aflora a aproximadamente 4-5 km al este del distrito de Quilahuani y extendiéndose a lo largo del margen izquierdo del río Callazas hasta cerca de la laguna de Aricota. Estos flujos son poco endurecidos, de color ocre a beige, con un espesor total de 80-100 m. Esta unidad fue datada por France (1985) en 0.54 ± 0.17 Ma (método K/Ar). Estos flujos de pómez y ceniza están cubriendo parcialmente las lavas del periodo “Calientes I”, tal como es apreciado en el sector oeste del volcán. Estos flujos rellenaron un paleo relieve de la Fm. Huaylillas y de las secuencias sedimentarias del Grupo Yura. Dado el importante volumen de estos depósitos de

flujos piroclásticos se asume que esta secuencia fue emitida durante una erupción importante con el emplazamiento de depósitos ignimbríticos, ligado a un colapso de caldera.

4.5 Depósitos coluviales (Qh-al) y aluviales (Qh-al)

Los depósitos coluviales se caracterizan por presentar acumulaciones de bloques, gravas, arena y limos en las laderas de los cerros y valles.

Los depósitos aluviales se caracterizan por presentar acumulaciones de arenas y limos depositados en terrazas recientes, se localizan en los fondos de los valles.

5. PELIGROS GEOLÓGICOS

Los peligros geológicos identificados en el área de estudio, están asociados principalmente a movimientos en masa (figura 9). 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, 1991 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 movimientos en masa, están estrechamente ligados a factores detonantes como fallas geológicas, lluvias de gran intensidad o gran duración asociadas a eventos excepcionales y al sistema de riego. 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.

Los principales peligros geológicos a los cuales está expuesto la zona de estudio son a movimientos en masa del tipo: Deslizamiento y caída de rocas.

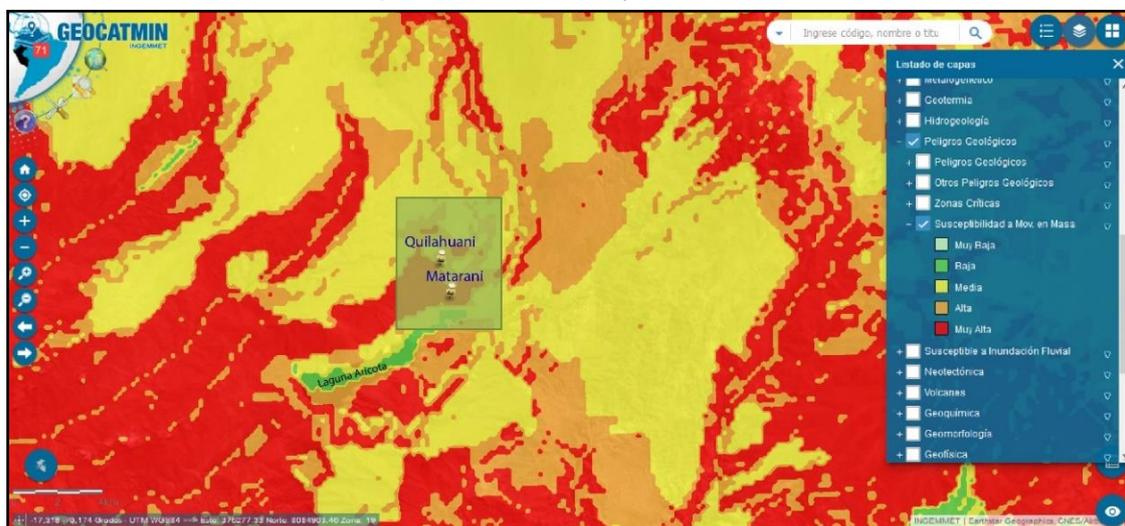


Figura 9. Susceptibilidad de movimientos en masa, muestras las zonas de peligros muy baja, baja, media, alta y muy alta. El sector Quilahuani se encuentra en la zona de peligro alta y muy alta. Fuente (<http://geocatmin.ingemmet.gob.pe/geocatmin/>).

5.1 Deslizamiento

Los fenómenos de ladera o movimientos de ladera son desplazamientos de masas de tierra o de rocas que se encuentran en pendiente, se entiende como movimiento del terreno o desplazamientos que afectan a los materiales en laderas o escarpes. Estos desplazamientos se producen hacia el exterior de las laderas y en

sentido descendente como consecuencia de la fuerza de la gravedad (Corominas y García Yagüe, 1997).

La nomenclatura de los elementos morfológicos y morfométricos de un movimiento de ladera tipo rotacional (figura 10) ha sido desarrollada por la Asociación Internacional de Geología Aplicada a la Ingeniería (IAEG, 1990).

Deslizamiento rotacional, es cuando la superficie de rotura es una superficie cóncava. Los deslizamientos rotacionales se producen fundamentalmente en materiales homogéneos o en macizos rocosos muy fracturados, Antoine., (1992), se suelen diferenciar por una inclinación contrapendiente de la cabecera.

Entonces ¿que los produce?, mencionaremos algunos de los factores que desencadenan los deslizamientos: rocas muy fracturadas y alteradas o suelos poco coherentes, saturación de suelos o roca alterada por intensas lluvias, deforestación de tierras, erosión fluvial, erosión de laderas (cárcavas), modificación de taludes de corte, actividad sísmica y volcánica.

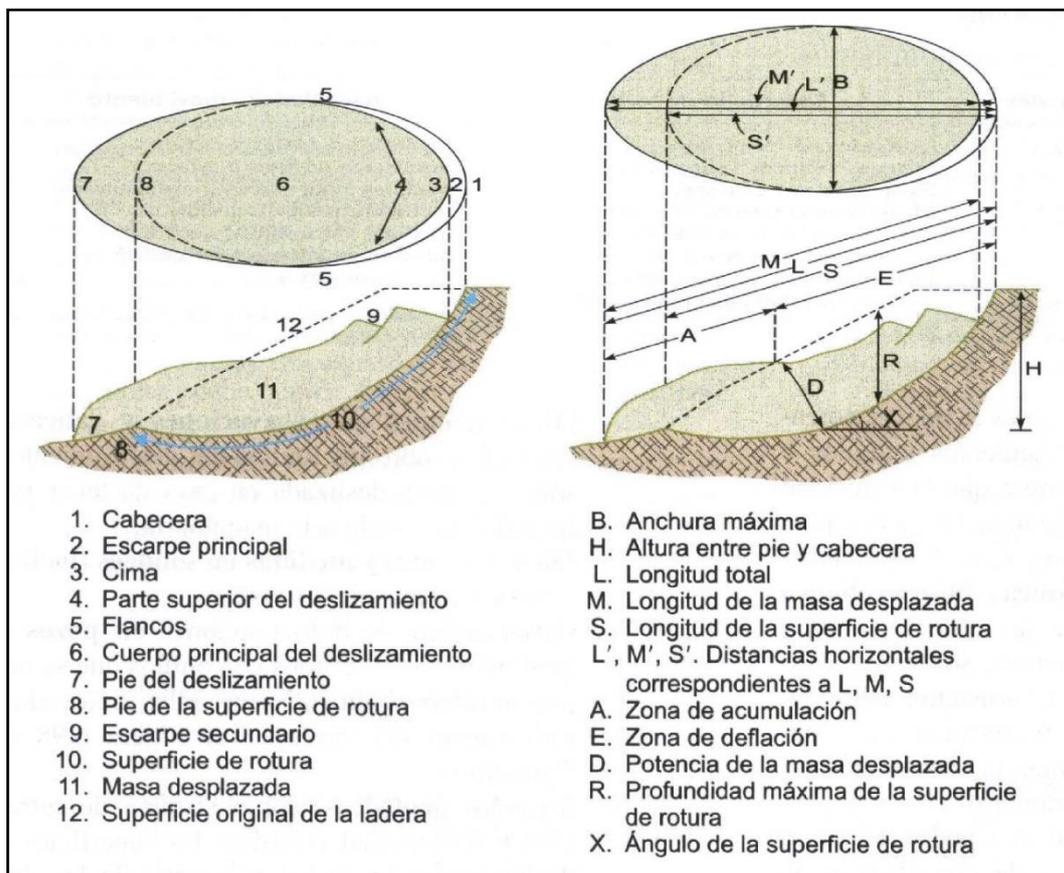


Figura 10. Elementos morfológicos y morfométricos de un deslizamiento, tomado de González de Vallejo., (2002).

5.1.1 Deslizamiento Antiguo

En el sector Quilahuani, se evidencia un mega-deslizamiento que presenta una corona con forma irregular y continua (figura 11), con longitud de 10 km; el salto de la escarpa principal no se observa nítidamente por estar erosionada. Su masa desplazada llegó hasta el cauce del río Callazas. En el cuerpo del deslizamiento se aprecian lomeríos y quebradas profundas, estas últimas por la acción de filtración

agua y aparentemente por una falla que cruza este sector, el cual posee un rumbo aproximado de N10°E.

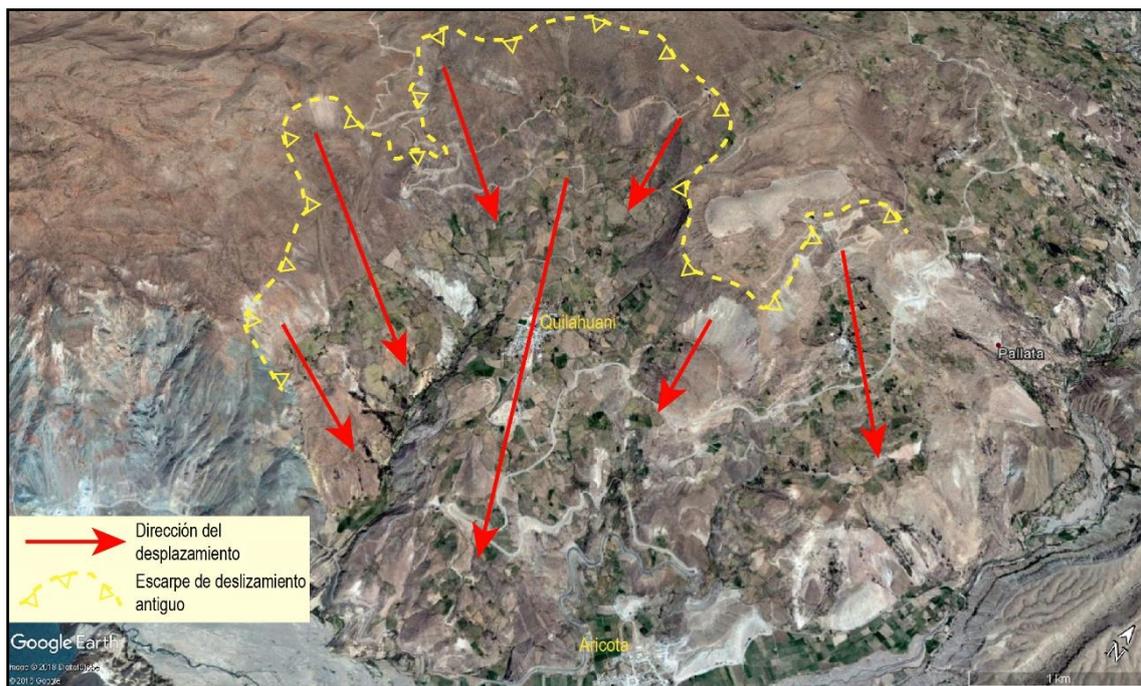


Figura 11. Se muestra el escarpe de un mega-deslizamiento antiguo que se encuentra en el sector Quilahuani

5.1.2 Deslizamiento Principal

Este deslizamiento se ubica en inmediaciones del distrito de Quilahuani, se extiende desde la parte alta del distrito de Quilahuani hasta la parte baja, llegando casi al sector del río Callazas.

- Características del deslizamiento

Se trata de un deslizamiento tipo rotacional, con avance lento retrogresivo. La corona del deslizamiento no es clara, debido a que la zona es afectada por un alto grado de erosión. Aproximadamente esta corona mide 3 Km, es de forma semicircular y continua, la distancia del escarpe hasta el pie del deslizamiento es de 4.8 km. Este evento está comprendido entre las cotas 3900 a 2800 m.s.n.m. es decir presenta un desnivel de 900 m. la masa movilizada se estima que afecto un área 4.4 km² y el volumen movilizado fue de 1 km³ (figura 12). Por lo observado en las imágenes satelitales del Google Earth de los años 2002 al 2016, se aprecia un deslizamiento lento. (figura 13)

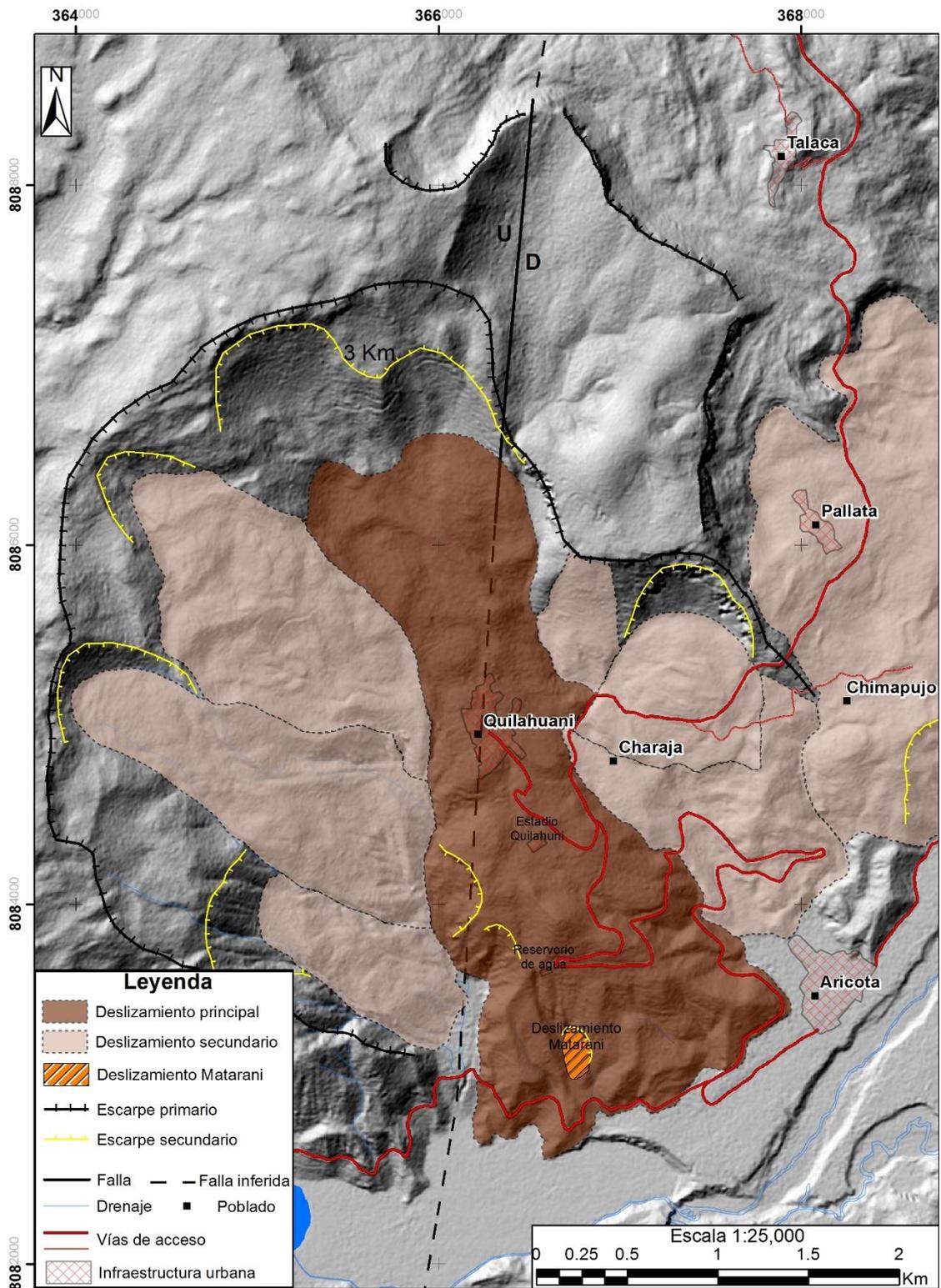


Figura 12. Se muestra el mega-deslizamiento principal sobre el cual se ubica el distrito de Quilahuani

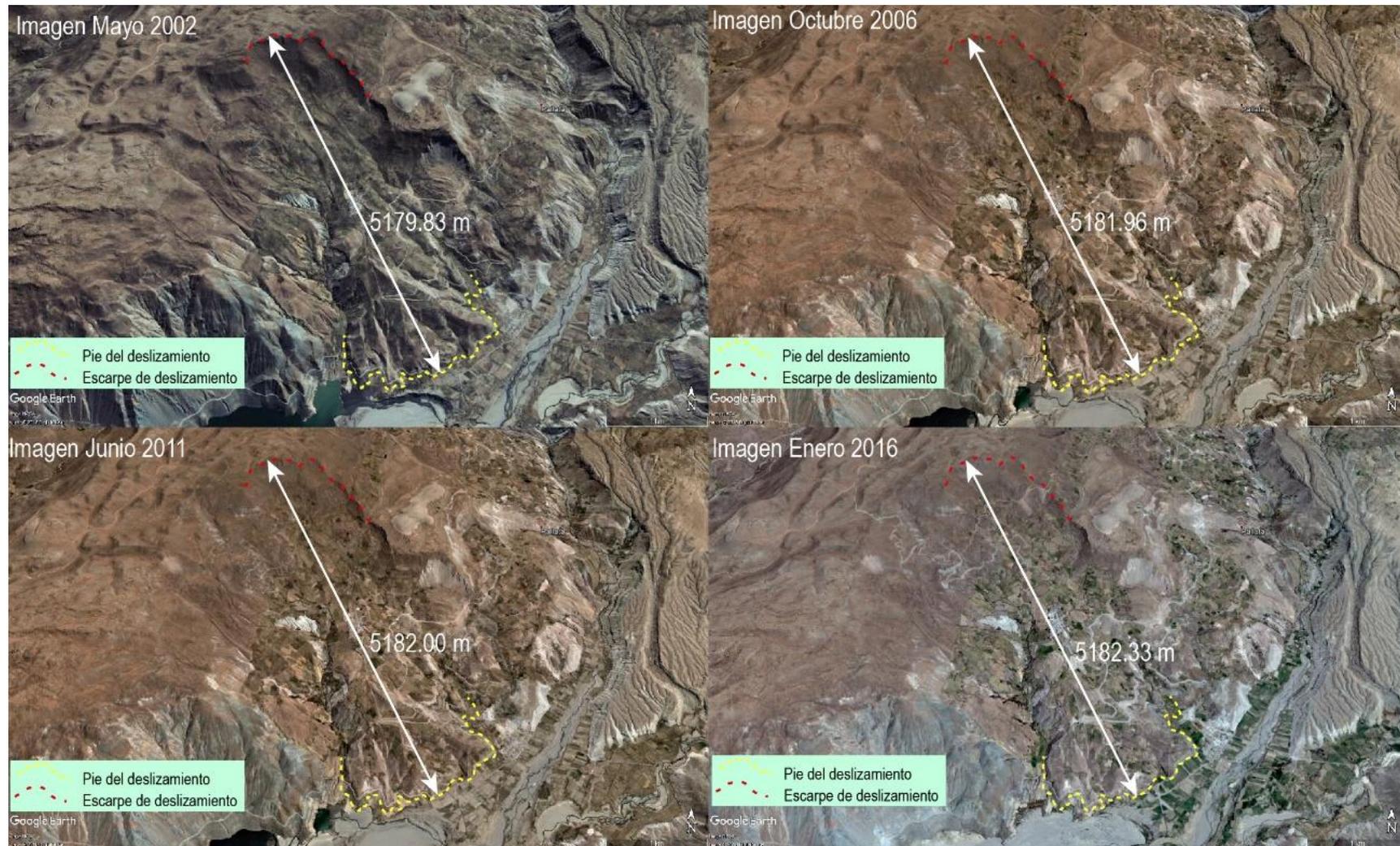


Figura 13. Se muestran imágenes satelitales del Google Earth de los años 2002, 2006, 2011 y 2016, del sector de Quilahuani, donde se muestra los incrementos lo longitud que ha tenido desde la escarpa principal (líneas rojas) hasta pie del deslizamiento (líneas amarillas).

La dirección del desplazamiento de la masa es hacia el Sureste, es decir hacia el valle del río Callazas. A lo largo del deslizamiento se distinguen una serie de estructuras cóncavas y convexas de tipo lomeríos, los cuales son evidencia de empuje del terreno. Además, se ha encontrado múltiples deslizamientos en la parte baja del distrito de Quilahuani, los cuales presentan mayor movimiento con respecto al deslizamiento principal.

- **Causas del deslizamiento**

Las causas para la ocurrencia de estos procesos, se relacionan con la litología del substrato, pendiente del terreno, presencia de agua en los materiales (rocas y suelos), la escasa cobertura vegetal y la presencia de una falla geológica que cruza el sector.

Las causas son:

- Rocas de mala calidad, conformadas por flujos piroclásticos alterados e hidrotermalizadas, además de gravas, arena y limos. Inestables si se saturan de agua.
- Pendiente del terreno, entre 15° a 20°.
- Deforestación en la zona, que permite la filtración de agua al subsuelo.
- Cuando se originó el deslizamiento, el terreno se debilitó, ayudando para humedecer el terreno.
- La falla geológica que cruza este sector, el cual presenta un rumbo de N10°E.

5.1.3 Deslizamiento en el sector Matarani

El deslizamiento Matarani, es un movimiento en masa del tipo rotacional, debido a que posee una superficie de rotura cóncava, el cual se desarrolló en material relativamente homogéneo, característico de este tipo de deslizamiento.

- **Características del deslizamiento**

Se trata de un deslizamiento de tipo rotacional, el cual presenta un escarpe de forma semicircular, la cabecera posee 200 m y la distancia desde la cabecera al pie de deslizamiento es de 180 m (figura 14). El escarpe principal tiene entre 5 y 8 m de altura y el cuerpo del deslizamiento muestra una cantidad importante de grietas y bloques basculados de suelo rotados. Se ha observado grietas tensionales en la parte superior del deslizamiento, las grietas presentan aberturas que llegan hasta 80 cm (figura 15), siguiendo la misma dirección del escarpe principal, lo que las hace de gran importancia para estudio de vulnerabilidad de las zonas aún estables



Figura 14. Deslizamiento Matarani, se puede distinguir las principales características del deslizamiento.

- **Causas del deslizamiento**

Las causas para la ocurrencia de estos procesos, se relacionan con la litología del substrato, pendiente del terreno, presencia de agua en los materiales (rocas y suelos), la presencia de un mega-deslizamiento.

Las causas son:

- Rocas de mala calidad, conformadas por flujos piroclásticos alterados e hidrotermalizados. Inestables si se saturan de agua.
- Pendiente del terreno, entre 15° a 20°.
- Filtración de aguas superficiales, por canales de riego y escorrentía sin tratamiento de impermeabilización
- Inadecuado tratamiento de las aguas servidas de Quilahuani.
- Formar parte del mega-deslizamiento Principal (Descrito arriba)



Figura 15. Grietas tensionales, se ubican en la parte alta del escape principal del deslizamiento.

Entre 50 y 100 metros por encima de la zona donde se desarrolla el deslizamiento de Quilahuani, se ha encontrado muchos canales de riego, los cuales carecen de revestimiento que evite filtración de agua (figuras 16 y 17), este es uno de los factores que impulsaron la generación del deslizamiento Matarani.

En la parte baja del distrito de Quilahuani, se ha encontrado filtración de agua, el cual posee un caudal de $7159.4 \text{ cm}^3/\text{s}$, aparentemente son aguas servidas provenientes del distrito de Quilahuani, presenta olor desagradable y coloración gris.

La zona de filtración de las aguas servidas está ubicada en la parte alta del deslizamiento de Matarani (figura 17), aparentemente estas filtraciones de agua, contribuyeron para la saturación del terreno en las partes bajas.

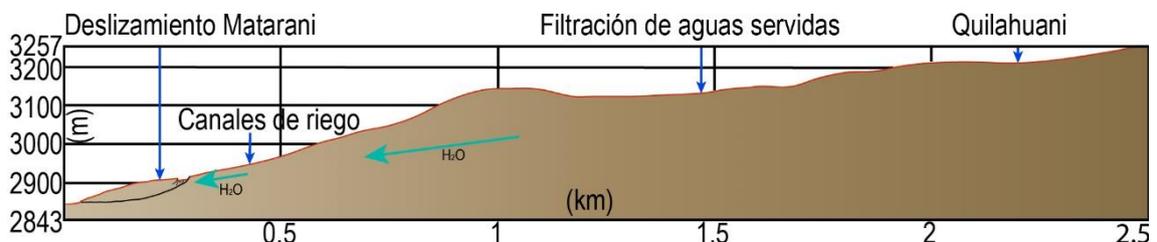


Figura 16. Perfil, que muestra el deslizamiento Matarani, la zona donde están ubicadas los canales de riego y zona de filtración de aguas servidas.

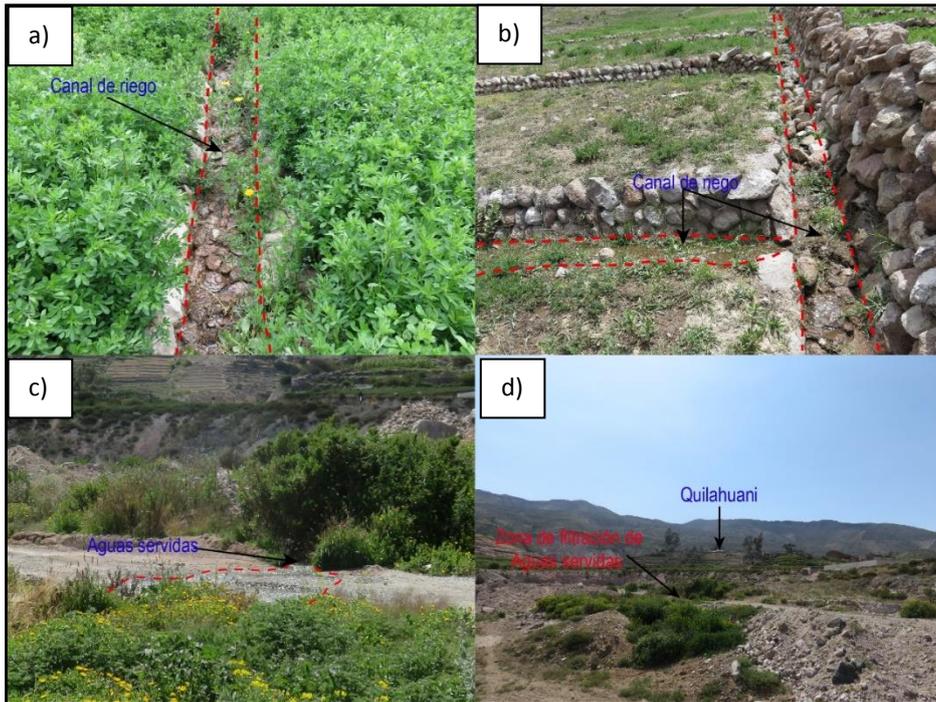


Figura 17. Muestra en a y b) canales de riego, ubicados en la parte alta del deslizamiento Matarani, en c y d) se observa la filtración de aguas servidas provenientes del distrito de Quilahuani.

El deslizamiento Matarani ha afectado aproximadamente 4.35 hectáreas de cultivo, este valor podría aumentar debido al comportamiento posterior del deslizamiento, además se ha visto afectada la red de trasmisión de energía eléctrica que cruza este sector (figura 18), se puede observar que los cables de alta tensión están colgados a poca altura, debido a que el poste que los mantenía alto fue movido y roto, cuyos accesorios están esparcidos en el piso. Se observan grietas que con posterioridad afectaran a los postes que aún están en pie.



Figura 18. Líneas de transmisión eléctrica afectadas por el deslizamiento. Se observan postes rotos y grietas que afectarán algunos postes que aún siguen en pie.

5.1.4 Deslizamiento sector Charaja

El deslizamiento Charaja, es un deslizamiento de tipo rotacional, debido a que posee una superficie de rotura cóncava.

- Características del deslizamiento

Se trata de un deslizamiento de tipo rotacional, este presenta un escarpe de forma semicircular, donde la cabecera posee 1000 m y la distancia desde la cabecera al pie de deslizamiento de 1200 m (figura 19). El escarpe principal tiene 200 m de altura y el cuerpo del deslizamiento muestra una cantidad de bloques basculados de suelo rotados.

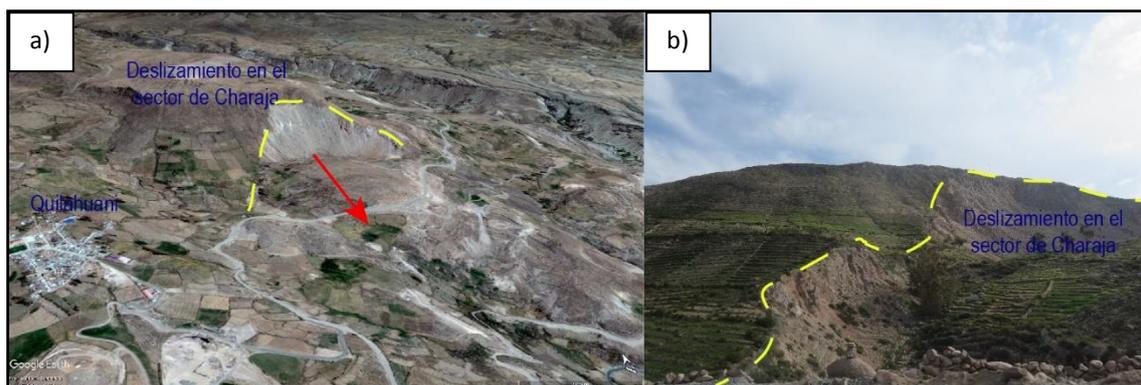


Figura 19. a) Imagen satelital, muestra la dirección de desplazamiento del cuerpo del deslizamiento, b) muestra el escarpe del deslizamiento Charaja.

5.1.5 Deslizamiento sector Cementerio

El deslizamiento en el sector Cementerio, al igual que el deslizamiento en el sector Matarani es un movimiento en masa del tipo rotacional, debido a que posee una superficie de rotura cóncava.

- Características del deslizamiento

Este deslizamiento rotacional presenta un escarpe de forma semicircular, la cabecera posee 410 m y la distancia desde la cabecera al pie de deslizamiento de 300 m (figura 20). El escarpe principal tiene 60 m de altura y el cuerpo del deslizamiento muestra una cantidad de bloques basculados de suelo rotados.

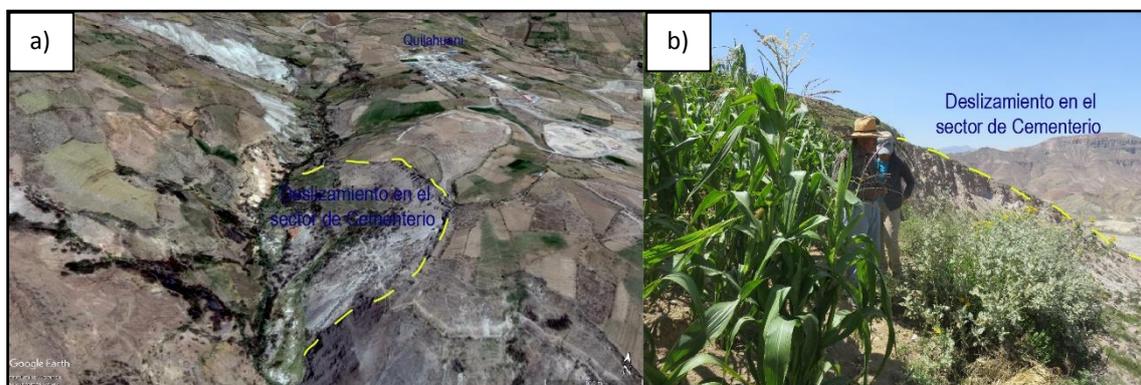


Figura 20. a) Imagen satelital, muestra el deslizamiento en el sector cementerio, b) muestra el escarpe del deslizamiento y el salto del escarpe.

5.1.6 Deslizamiento en el sector Pallata y Talaca

El deslizamiento en el sector Pallata, al igual que el deslizamiento en el sector de Talaca son deslizamientos aparentemente de tipo rotacional, la superficie de rotura no es muy clara debido a que estos deslizamientos se encuentran fuertemente erosionados. (figura 21). El deslizamiento en el sector Pallata poseen un cabecera de escarpe de 1.55 km y el deslizamiento en el sector Talaca posee 1.4 km

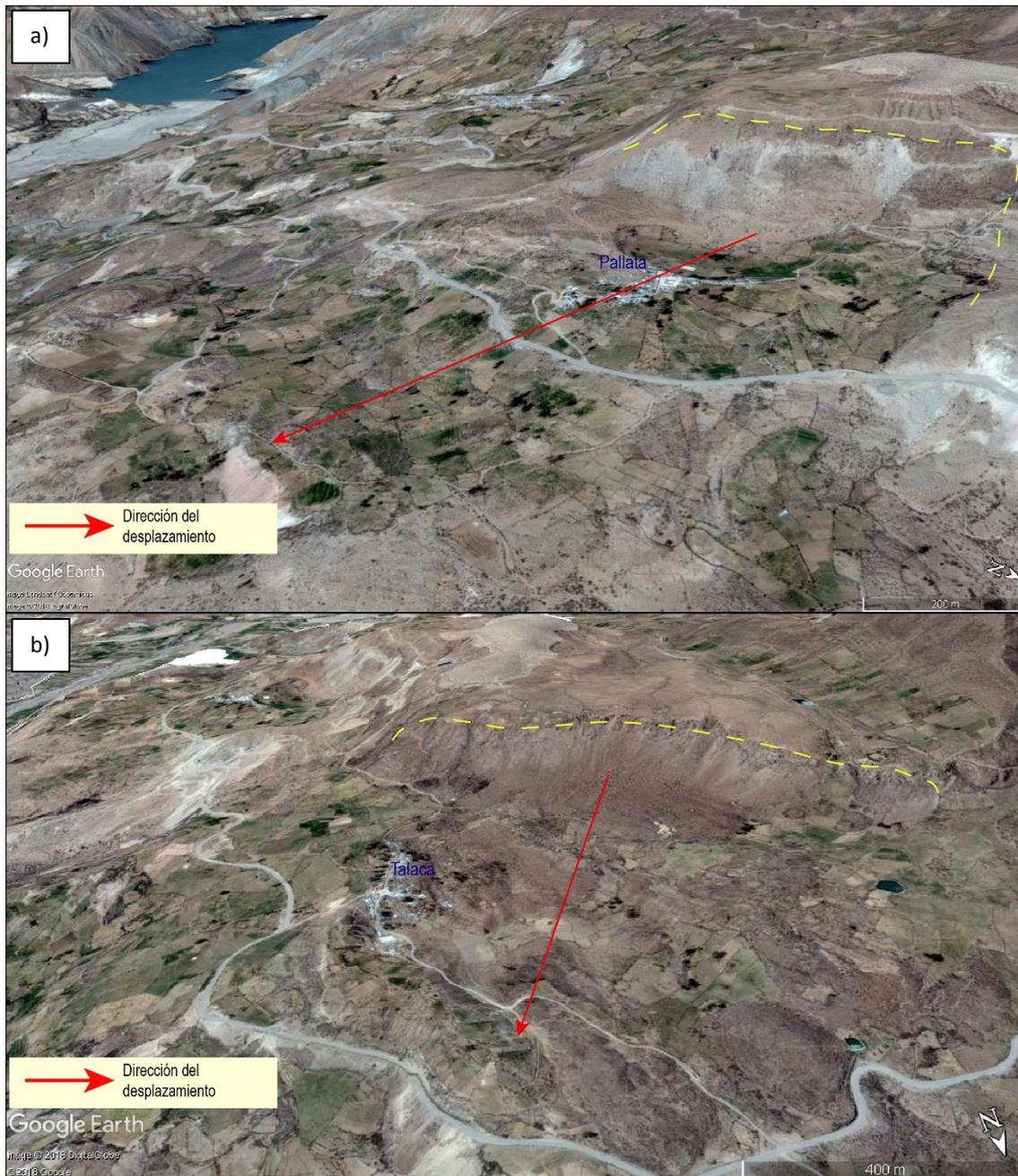


Figura 21. a) Imagen satelital, muestra el escarpe del deslizamiento en el sector Pallata, b) Imagen satelital, muestra el escarpe del deslizamiento en el sector Talaca.

5.2 Caída de rocas.

Son movimientos que consisten en el desplazamiento de bloques de roca por efecto de la gravedad a lo largo de pendientes empinadas, cuyos movimientos dependiendo de la pendiente del talud pueden ser del tipo caída libre, saltos, rodamiento o deslizamiento. Varnes., (1978) (figura 22).

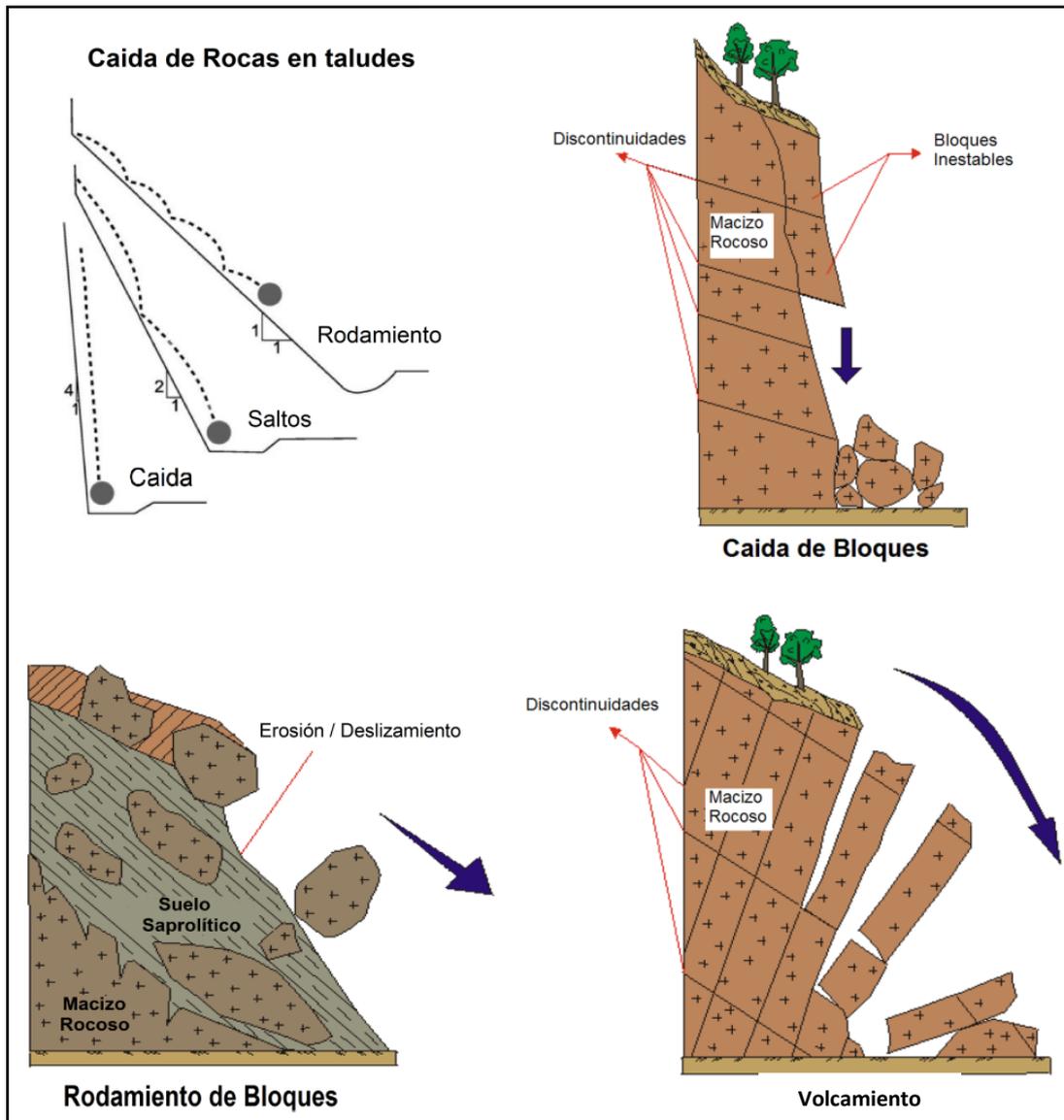


Figura 22. Esquemas de los tipos de movimientos de los bloques que realizan sobre el talud dependiendo de su pendiente y su origen. Modificado de Pimentel, (2011).

Este tipo de movimiento en masa es uno de los más impredecibles en cuanto a la velocidad, trayectoria que siguen los bloques y la distancia que ellos pueden alcanzar, dependiendo estas de la morfología del terreno.

Según Pimentel., (2011), las caídas de rocas se deben principalmente a la meteorización físico-químico y biológico de las discontinuidades pre-existente de las rocas, tales como fallas, juntas, estratificación, bandeamiento y esquistosidad. Así mismo la rugosidad, persistencia, abertura y relleno son estructuras que contribuyen de manera decisiva en el origen de las caídas de rocas.

5.2.1 Caída de rocas en el sector Quilahuani

Las caídas de rocas se producen en los escarpes de los deslizamientos en los sectores Talaca, Pallata y en la carretera que une los distritos Candarave y Quilahuani, (figura 23)

Actualmente sobre la superficie se tienen bloques sueltos, producto de la caída de rocas anteriores, que podrían ser removidos ante movimientos sísmicos o lluvias.

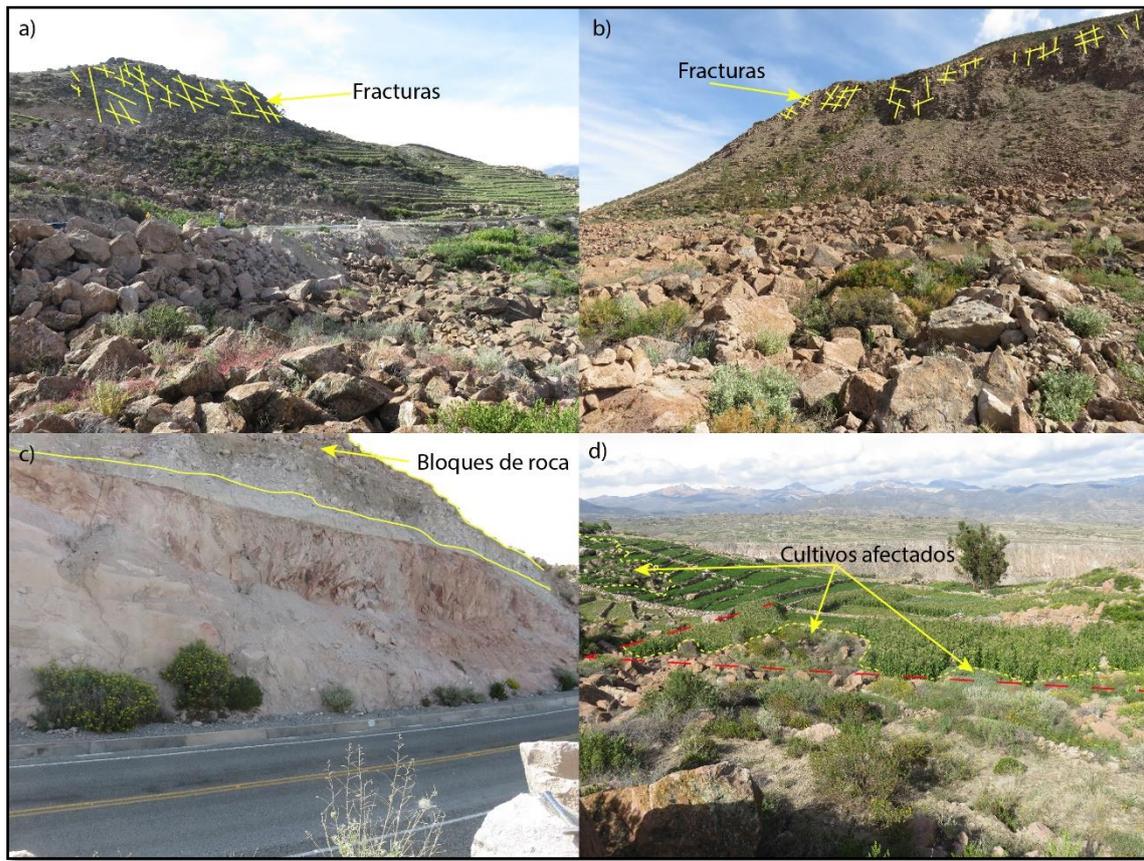


Figura 23. Muestra sectores afectados por caída de roca, a) en la parte baja de Talaca, b) en la parte alta de Pallata, c) en la carretera Candarave – Quilahuani, d) cultivos afectados en la parte baja del poblado de Talaca.

- **Características de la caída de rocas**

Esta zona con caída de rocas actualmente se encuentra inestable, presentándose bloques sueltos, que podrían generar eventos mayores afectando tramos de la carretera que une los centros urbanos Candarave y Quilahuani.

Los bloques llegan a medir desde algunos centímetros hasta varios metros de tamaño, además son angulosos y se encuentran en las partes altas.

- **Causas de la caída de rocas**

Las causas para la ocurrencia de estos procesos, se relacionan con la litología del substrato, pendiente del terreno, presencia de meteorización (rocas), la escasa cobertura vegetal y la presencia de múltiples fracturas y juntas.

Las causas son:

- Rocas de mala calidad, conformadas por flujos piroclásticos alterados e hidrotermalizadas,
- Pendiente del terreno, entre 40° a 50°.
- Cuando se originó el mega-deslizamiento antiguo, el terreno se debilitó, generándose caída de rocas en ciertos sectores.

6. PROPUESTA DE MEDIDAS PREVENTIVAS

Con la finalidad de controlar los movimientos del deslizamiento realizar lo siguiente:

- Monitorear permanentemente el deslizamiento utilizando metodología geodésica, de ser necesario el instrumental, con el propósito de determinar la tasa de movimiento de la masa “móvil”.
- Realizar estudios de geofísica, con la finalidad de determinar el verdadero espesor de la masa inestable o masa móvil y la posible presencia de agua subterránea, así como la magnitud posible de ésta.
- Hacer un drenaje en tipo “espina de pez” en el cuerpo del deslizamiento con la finalidad de evitar la filtración de agua (figura. 24).
- Realizar un sellado con arcilla las grietas con la finalidad de evitar la filtración de agua pluvial hacia el subsuelo.

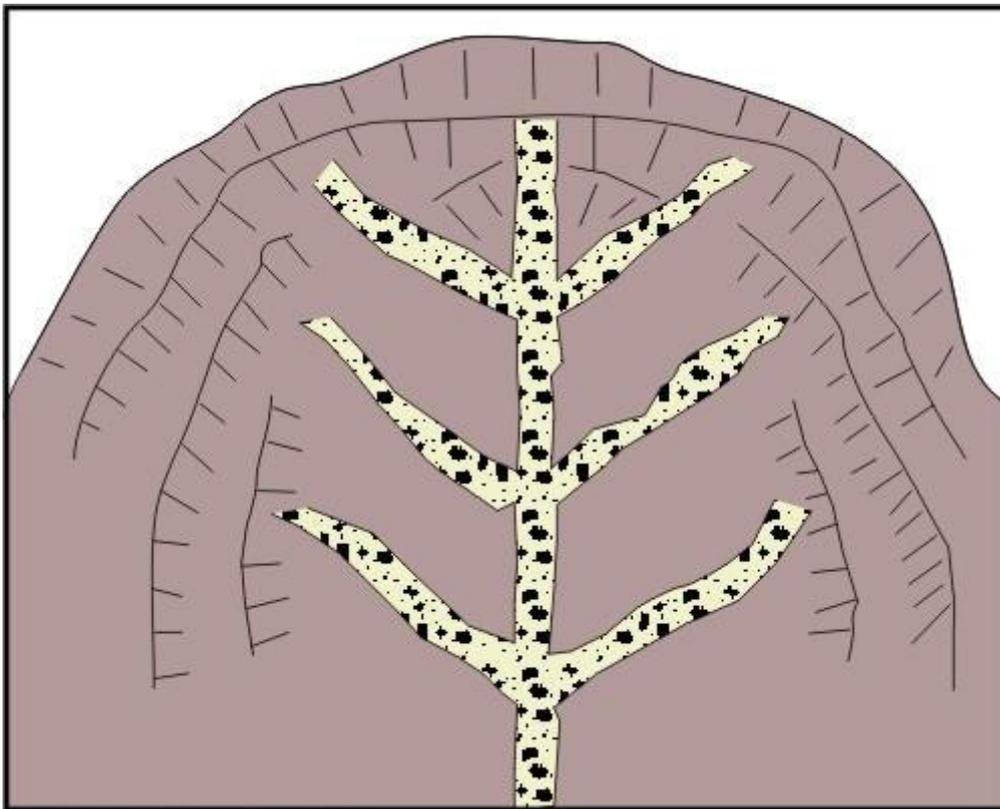


Figura 24. Drenaje en tipo espina de pez (medida aplicada para deslizamiento) (Guzmán et al 2000).

CONCLUSIONES

- El sector de Quilahuani y sus alrededores están asentados sobre un mega-deslizamiento antiguo el cual posee 10 km de longitud. Este deslizamiento aparentemente aún sigue inestable, muestra reactivaciones. En su escarpa se presentan procesos de erosiones de ladera y derrumbes. Esta zona se le considera geodinámicamente activa, se considera zona crítica.
- El deslizamiento principal en el sector de Quilahuani, es un deslizamiento de tipo rotacional, con avance lento retrogresivo. La corona del deslizamiento mide 3 Km, es de forma semicircular, la distancia del escarpe hasta el pie del deslizamiento es de 4.8 km. la masa movilizada se estima que afectó un área 4.4 km² y el volumen movilizado fue de 1 km³.
- El deslizamiento principal en el sector Quilahuani presenta sectores donde actualmente se están desarrollando múltiples reactivaciones a manera de pequeños deslizamientos “sector Matarani y Cementerio”. Por lo que se considera como PELIGRO MUY ALTO.
- El distrito Quilahuani y los poblados Talaca y Pallata, están en una zona de alto peligro frente a procesos de movimientos en masa, y algunos sectores frente a procesos de caída de rocas.
- En el sector de Quilahuani cruza una falla geológica el cual presenta un rumbo de N10°E.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda implementar por parte del COER TACNA un sistema de monitoreo permanente del deslizamiento, especialmente la zona donde se encuentra asentada la población de Quilahuani.
- Se recomienda realizar un estudio de estimación de riesgo por parte de las instituciones pertinentes.
- Antes de la realización de cualquier tipo de obras de prevención y mitigación en la zona, se debe considerar realizar el estudio de suelos del deslizamiento y alrededores.
- Para considerar un lugar de reubicación óptimo para la población, éste debería ser analizado con detalle, y realizando otros estudios complementarios (estudio de suelos y geofísicos) con la finalidad de conocer mejor las características geológicas y físicas del terreno.
- Se recomienda plantear una nueva línea de transmisión de energía eléctrica por parte de Electrosur, una línea que evite cruzar las zonas de deslizamientos, ya que estos deslizamientos son activos, y seguirán presentando movimientos de terreno.
- Se recomienda evitar la filtración de agua, proveniente de los terrenos de cultivo, esto se reduciría si se tecnifica el sistema de riego en zonas de cabecera de ladera y en terrenos de cultivo emplazados en laderas. Se recomienda cambiar a un sistema de riego por goteo.

- Se recomienda realizar un mejoramiento en el sistema de drenaje, desagüe y alcantarillado del distrito de Quilahuani, llevar las aguas servidas por tuberías hasta zonas lejanas, donde no cause algún tipo de peligro.
- En caso se requiera reubicar los poblados, se debe realizar un estudio detallado de las condiciones físicas del nuevo lugar de reasentamiento, que reúna las condiciones adecuadas y asegurar la ausencia de peligros potenciales que amenacen la seguridad física de la población
- Se recomienda realizar un estudio detallado de la actividad de la falla geológica que cruza este sector.

BIBLIOGRAFÍA

Corominas, J. & García Y agüe A. (1997). Terminología de los movimientos de ladera. I V Simposio Nacional sobre T aludes y Laderas Inestables. Granada. Vol. 3,1051-1072

De La Cruz, N., y De la Cruz O. (2000) - Mapa geológico del cuadrángulo de Tarata, a escala 1/50000, INGEMMET.

France, L., (1985). Geochronology, stratigraphy, and petrochemistry of the Upper Tertiary volcanic Arc, Southernmost Peru, central Andes". Diss., Queen's University, Kingston.

González de Vallejo, L., Ferrer, M., Ortuño, L. y Oteo, C. Ingeniería Geológica. 2002 (1ra. Ed); 2004 (2da. Ed); 2009 (3ra. Ed) Prentice Hall Pearson Educación, Madrid, pp 750.

INGEMMET, GEOADMIN (mapa de susceptibilidad de movimientos en masa) dirección URL. <http://geocatmin.ingemmet.gob.pe/geocatmin/>

Mamani, M.; Wörner, G. & Sempere, T. (2010) - Geochemical variations in igneous rocks of the Central Andean orocline (13 °S to 18 °S): Tracing crustal thickening and magma generation through time and space. Geological Society of America Bulletin, 122(1-2): 162-182.

Medina, L. (2014). "Peligros Geológicos en la Comunidad Campesina Jarahuaña". Distrito Patambuco, Provincia Sandía, Región Puno. INGEMMET. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico. Informe Técnico N°A6660. 33p.

Pimentel, F. (2011). Retroanálisis para la determinación de los coeficientes de restitución de gneis y depósitos de talud. Instituto de geociencias de la Universidad federal de Rio de Janeiro. 48p.

Quang, C.X.; Clark, A.H. & Lee, J.K.W. (2005) - Response of supergene processes to episodic Cenozoic uplift, pediment erosion, and ignimbrite eruption in the Porphyry Copper Province of southern Peru. Economic Geology, 100; 87-114.

Tosdal, R.M.; Farrar, E.; Clark, A.H. (1981) - K-Ar Geochronology of the late Cenozoic Volcanic Rocks of the Cordillera Occidental. Souther Perú. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 10:157-173.

Varnes, D. J. (1978). Slope movement types and processes. In: Special Report 176: Landslides: Analysis and Control (Eds: Schuster, R. L. & Krizek, R. J.). Transportation and Road Research Board, National Academy of Science, Washington D. C., 11-33.

Vela, J. (2015) – Estudio tefro-estratigráfico de los depósitos asociados con las erupciones recientes del volcán Yucamane (Tacna). Tesis de Ingeniería - UNSA

Wörner, G., Uhlig, D., Kohler, I., & Seyfried, H. (2002) - Evolution of the West Andean Escarpment at 18°S (N. Chile) during the last 25 Ma: Uplift, erosion and collapse through time: Tectonophysics, 345: 183–198, doi: 10.1016/S0040-1951(01)00212-8.

GLOSARIO

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.

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.

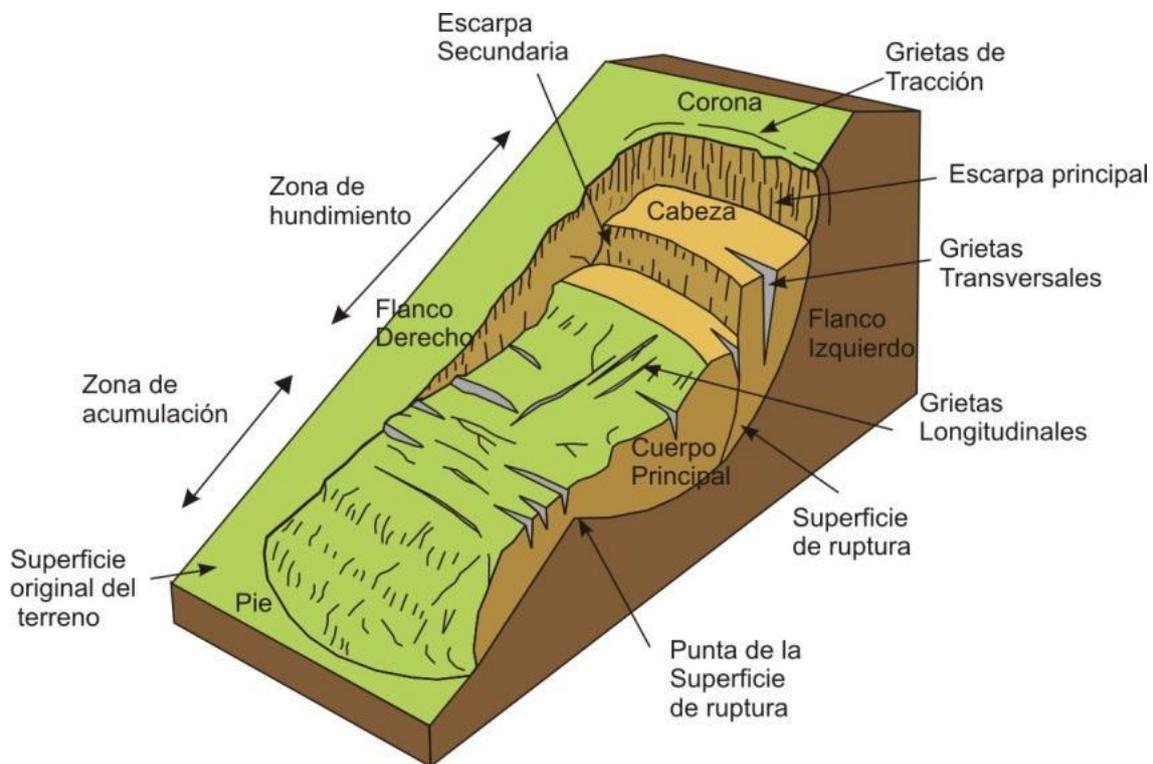


Figura 25. Diagrama de bloque de un deslizamiento