

Informe Técnico N° A6815

PELIGROS GEOLÓGICOS QUE AFECTAN LOS SECTORES SUMANA Y PARCCOCALLA

Región Cusco
Provincia Quispicanchi
Distrito Ccarhuayo
Parajes Sumana y Parccocalla



DULIO GÓMEZ VELÁSQUEZ
JHOEL GONZALES SALES

JUNIO
2018

SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

1. Introducción.....	1
2. Antecedentes	1
3. Aspectos Generales.....	3
4. Aspectos Geomorfológicos	4
5. Aspectos Geológicos	4
6. Peligros Geológicos por Movimientos en Masa.	6
7. Propuesta de Medidas Preventivas	14
Conclusiones	21
Recomendaciones	22
Referencias bibliográficas.....	23
Anexo: Glosario de Términos.....	24

“Peligros Geológicos que afectan los sectores Sumana y Parccocalla”

Distrito Ccarhuayo – Provincia Quispicanchis – Departamento Cusco

1. Introducción.

El alcalde de la municipalidad distrital de Ccarhuayo - provincia Quispicanchi - Cusco, mediante Oficio N° 014-2017-A-M/D/CC/Q de fecha 27 de enero del año 2017, se dirige al presidente del Consejo Directivo del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), solicitando informe técnico sobre peligros geológicos que afectan los sectores Sumana y Parccocalla.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo geológico comisionó al ingeniero Hugo Dulio Gómez Velásquez y el geólogo practicante Jhoel Gonzales Sales, para realizar la visita técnica.

Este informe, se pone en consideración de Defensa Civil del gobierno distrital de Ccarhuayo – provincia Quispicanchi - Cusco. Se basa en las observaciones realizadas en campo, la interpretación de imágenes satelitales de diferentes años; así como, la recopilación y análisis de información existente de trabajos anterior realizados por el Ingemmet en la provincia de Quispicanchis; incluye textos, ilustraciones fotográficas, así como conclusiones y recomendaciones

2. Antecedentes

Dentro de los estudios anteriores de riesgos geológicos por movimientos en masa que incluyen la jurisdicción del distrito de Ccarhuayo, se tienen:

- El Estudio de riesgos geológicos del Perú Franja N°3 – Boletín N° 28, elaborado por el Ingemmet (2003), realiza un estudio integral en base a análisis geológico, geomorfológico y geología estructural propone una evolución geodinámica reciente para las regiones. En el mapa de ocurrencia de peligros geológicos múltiples (a escala regional), los sectores Sumana y Parccocalla, se encuentra en el área denominada como zona de Muy Alto Riesgo, donde se conjugan numerosos peligros: principalmente huacos, caídas, deslizamientos, movimientos complejos, inundaciones, erosión fluvial y algunas áreas aluviales. Terrenos de fuerte a muy fuerte pendiente. (Figura 1-A).
- Estudio de riesgos geológicos de la región Cusco, elaborado por el Ingemmet – 2017, realiza el mapa de susceptibilidad a movimientos en masa, donde se determina que los sectores Sumana y Parccocalla se encuentran ubicados en la zona de **muy alto grado de susceptibilidad** a la ocurrencia de movimientos en masa de tipo de peligro: deslizamientos, caída de rocas, otros peligros geológicos (erosión de ladera reptación de suelos) y peligros geohidrológicos (inundación y erosión fluvial) (figura 1-B).

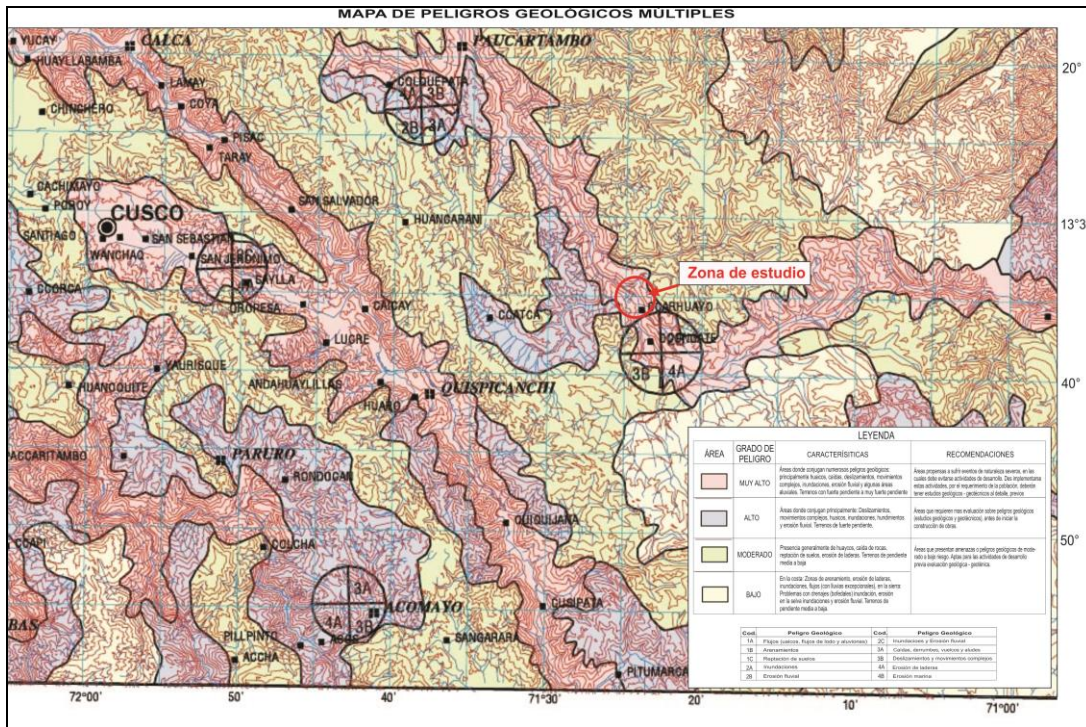


Figura 1-A Mapa de ocurrencia de peligros geológicos múltiples. Se observa que la zona de estudio se encuentra en Alto Riesgo a deslizamientos, huaycos, inundaciones y erosión de ribera (INGEMMET 2002)

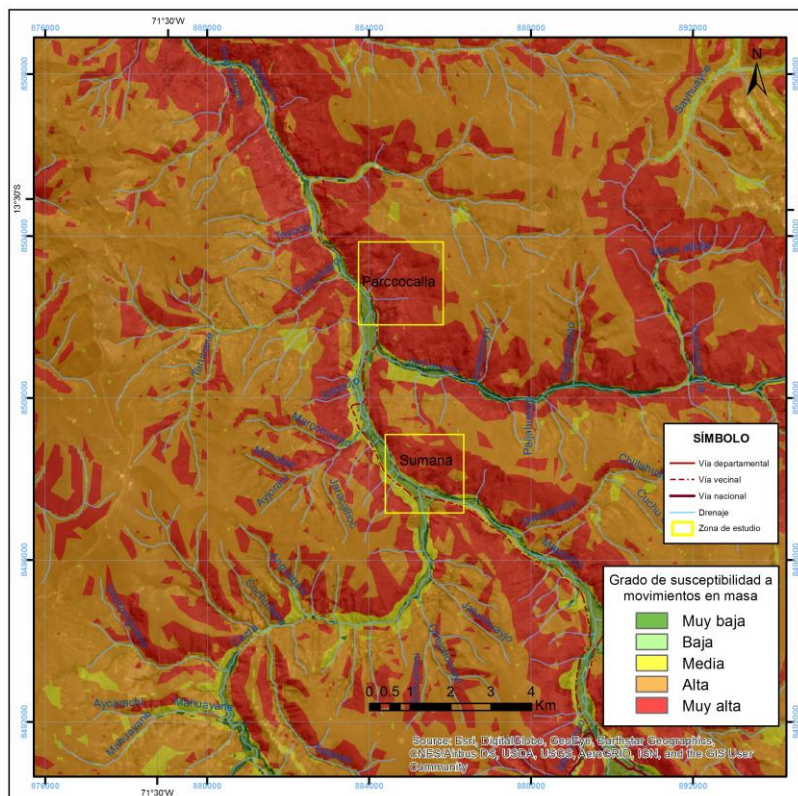


Figura 1-B Mapa de Susceptibilidad a la ocurrencia de peligros geológicos por movimientos en masa, se observa la zona de estudio se encuentra en Muy Alto grado de SMM de tipo: deslizamientos, caída, huaycos, otros peligros geológicos y peligros geohidrológicos (Vilchez 2017)

3. Aspectos Generales

La zona de estudio, se ubica en el distrito Ccarhuayo, provincia Quispicanchis, departamento Cusco, (figura 2), entre las coordenadas UTM (WGS 84 – Zona 19 Sur)

Sector Sumana:

Norte: 8 499 766 S
 Este: 236 221 E
 Altitud: 3456 msnm.

Sector Parccocalla:

Norte: 8 503 562 S
 Este: 234 980 E
 Altitud: 3434 msnm.

El distrito Ccarhuayo situada en el piso altitudinal entre 3200 a 4000 msnm, presenta un clima cálido y templado. Las precipitaciones alcanzan 649 mm al año; en el periodo más lluvioso alcanza en el mes de enero 131 mm y en el período más seco, en el mes julio alcanza 3 mm al año. La temperatura promedio es de 9.9. C°.

El acceso a la zona de estudio:

	Tramo	Km	Tipo de vía	Duración (h)
Lima	Cusco	1,097	Asfaltada	19:09
Cusco	Ocongate	105	Asfaltada	1:55
Ocongate	Ccarhuayo	4.6	Afirmada	0:15

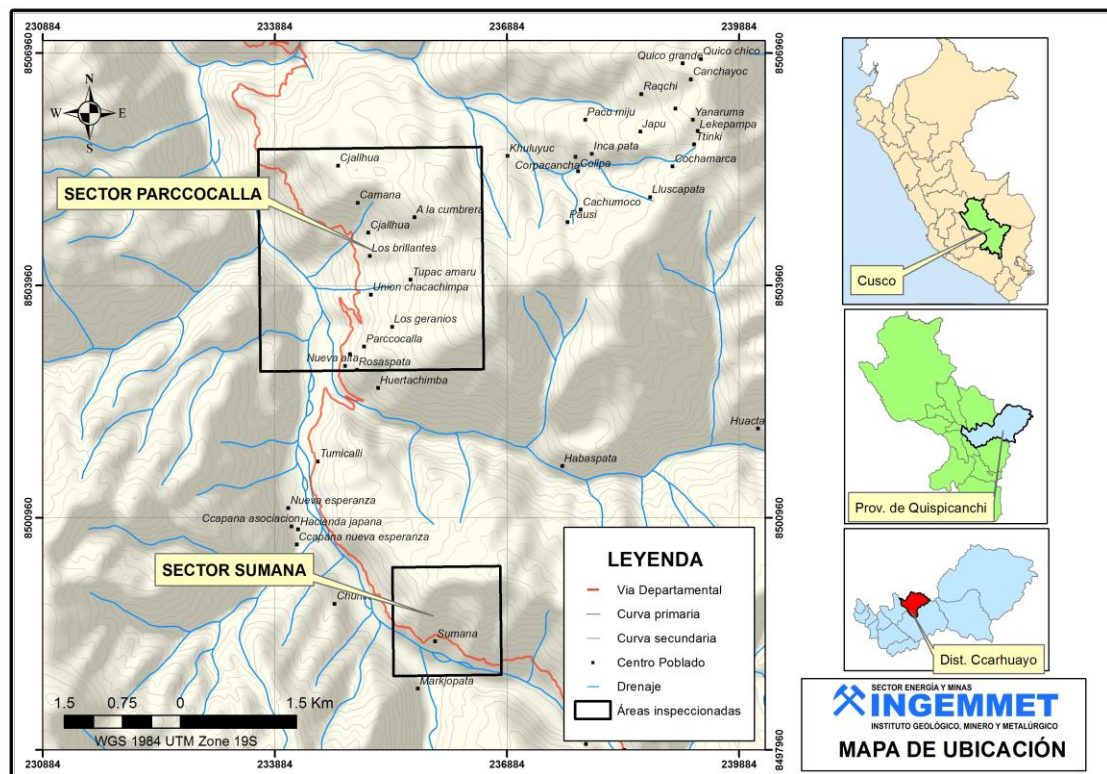


Figura 2 mapa de ubicación

Objetivo

El objetivo es identificar y tipificar los peligros geológicos por movimientos en masa y peligros geohidrológicos, que afecta a los centros poblados, obras de infraestructura y vías de comunicación; así como, las causas de su ocurrencia. Emitir las conclusiones y recomendaciones pertinentes para la reducción o mitigación del riesgo.

4. Aspectos Geomorfológicos

La morfología del sector está dominada por presentar montañas sedimentarias (cerro Pucara – 3 690 msnm, Mesapata – 4096 msnm, Vizcachani 4 200 msnm y Sausiray 4000 msnm), así mismo laderas con una pendiente promedio de 30° disectadas, forman valles fluviales y quebradas.

Las comunidades ubicadas en Ccarhuayo, en su mayoría ocupan laderas formados por vertientes (de piedemonte, deslizamiento, aluviales y coluviales) o también, pueden ocupar terrazas inundables.

5. Aspectos Geológicos

Tomando como referencia la cartografía geológica del cuadrángulo de Sicuani (Audebaud, *et al*, 1973; actualizado por Sánchez, *et al* 2002 así mismo por Soaña, *et al* 2016) hacen mención a afloramientos de rocas con edades Paleozoicas a Cenozoicas (cuaternario reciente).

En los alrededores del poblado, afloran rocas de la **Formación Ananea**, diferenciándose una secuencia de metapelitas, lutitas, limolitas y pizarras; además, la **Formación Sandia**, formada por cuarcitas, meta-arenitas, pizarras y lutitas en estratos delgados a mediados. Estos afloramientos se encuentran altamente meteorizada y muy fracturadas; por lo tanto se consideran de calidad geotécnica mala a la ocurrencia de peligros geológicos por movimientos en masa.

Específicamente, el área donde se sitúan los poblados Sumana y Parccocalla, está constituida por bloques y gravas de forma angulosa envuelto en matriz areno limosa, (**depósitos coluviales**) ver (fotografía 1). El substrato es considerado de mala calidad geotécnica mala a la ocurrencia de peligros geológicos por movimientos en masa. También, acumulaciones de material poco compactos gravas y arenas envueltas en matriz areno-limosa (**depósitos aluviales**), que se presentan en forma de terrazas.



Fotografía 1. Vista tomada con dirección noroeste, se observa deposito coluvial formado por material limo arcillosa (coordenadas 240903 E; 8427250 S)

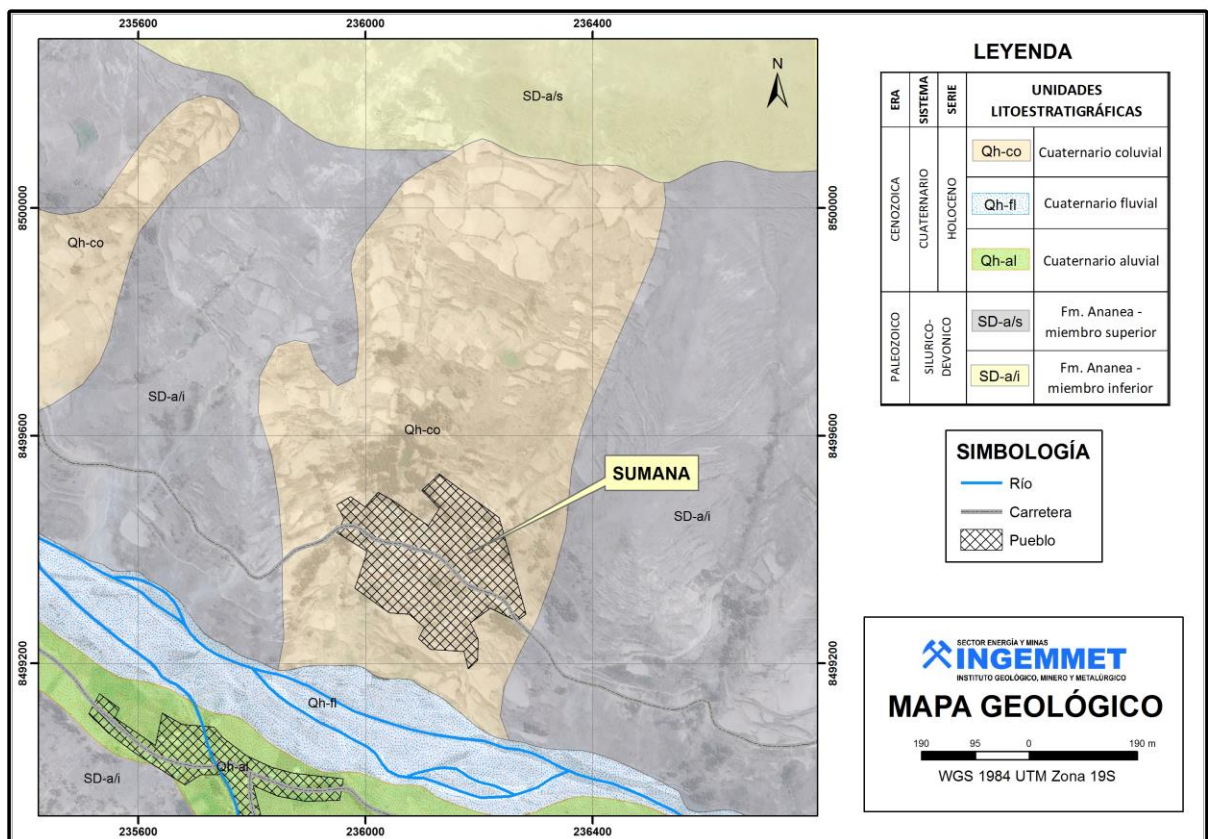


Figura 3. Unidades geológicas en los alrededores de Sumana (Ingemmet, 2002)

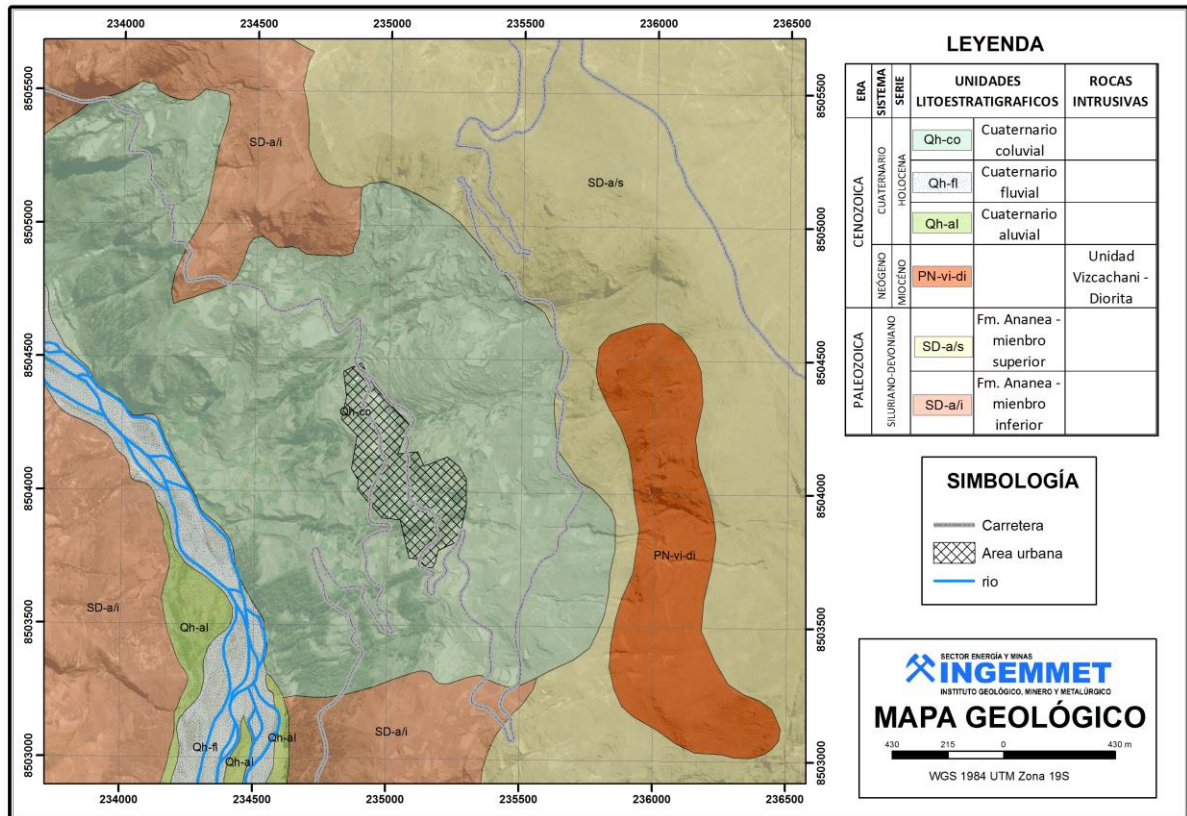


Figura 4. Unidades geológicas en los alrededores del sector Parccocalla (Ingemmet, 2002)

6. Peligros Geológicos por Movimientos en Masa.

La jurisdicción del distrito Ccarhuayo, es afectada por movimientos en masa de tipo deslizamiento, derrumbe, reptación de suelos y erosión de laderas, además peligros geohidrológicos de tipo inundación y erosión fluvial, condicionado por las características morfológicas, litológicas, pendiente.

- a) **Sector Sumana:** Se ubica a 5.5 km con dirección norte 311°, del poblado Ccarhuayo. Geomorfológicamente ubicado sobre una vertiente coluvial, ladera del cerro Mesapata con una pendiente fuerte de promedio 30°. El substrato rocoso está formado por una intercalación de metapelitas y limolitas (Formación Ananea) son rocas de calidad geotécnica mala, susceptible a la ocurrencia de movimientos en masa.

Deslizamiento

La interpretación de imágenes satelitales Google Earth (julio 2016), hacia el flanco suroeste del cerro Mesapata, logró identificar eventos antiguos, con escarpes poco notorios y geoforma ondulada en superficie, que muestra indicios de la ocurrencia de movimientos en la ladera: deslizamiento y reptación de suelos. Estos presentan en los últimos años, reactivaciones al pie del cuerpo desplazado con agrietamientos en el terreno.

El deslizamiento antiguo (D-1), se ubica entre las coordenadas 8499766 S; 236221 E. presenta varios escarpes y el principal poco notorio, de 1000 m de longitud, longitud del escarpe

principal al pie 1050 m, altura de la cabeza a la base 5065 m, dentro de la masa deslizada, estos eventos han dejado una superficie ondulada que indica la modificación de su topografía inicial. (fotografía 2);

El año 2013 se presentaron, al pie de la ladera, agrietamientos en el terreno que evidencia la reactivación y la ocurrencia de nuevos eventos. El representante de INDECI manifiesta que ya se generó un informe donde recomienda la reubicación del poblado. El año 2015 aparecen nuevos agrietamientos en el terreno (fotografías 3 A y B; figura 5).

Se detalla a continuación las características del evento:

Agrietamiento y Asentamiento A

- Forma del agrietamiento: irregular continua
- Longitud de agrietamiento: 80 m.
- Salto vertical de agrietamiento: 0.10 m.
- Profundidad: 0.60 aproximado
- Abertura: 0.15 promedio
- Dirección de movimiento: norte 148°

Agrietamiento y Asentamiento B

- Forma del agrietamiento: irregular continua
- Longitud de agrietamiento: 180 m.
- Salto vertical de agrietamiento: 0.80 m.
- Profundidad: 1.00 aproximado
- Abertura: 0.20 promedio
- Dirección de movimiento: norte 206°

La zona de estudio también es susceptible a la ocurrencia de erosión de laderas y erosión fluvial. Esta última alcanza una longitud erosionada de 400 m; así también derrumbes al pie del talud.

Factores condicionantes y detonantes:

Los factores que influyen en la inestabilidad de las laderas se dividen en: condicionantes y desencadenantes; los primeros dependen de las características intrínsecas de las laderas, y los segundos, conocidos también como factores externos, debidos a las condiciones climáticas regionales, por los eventos extremos y por el grado de impacto o deterioro ocasionado por las actividades del hombre.

Los factores condicionantes dependen de las características de la ladera:

- La montaña presenta ladera con pendiente promedio 30°. (fotografía 2)
- El substrato rocoso se presenta completamente meteorizado, muy fracturado de calidad geotécnica mala.
- La naturaleza de suelo incompetente, formada por gravas y arenas con matriz limosa poco compactas (fotografía 1), medianamente saturado.
- Afloramiento de agua subterránea
- Escasa cobertura vegetal.
- La actividad antrópica: mal sistema de riego (uso inadecuado de aguas de escorrentía).

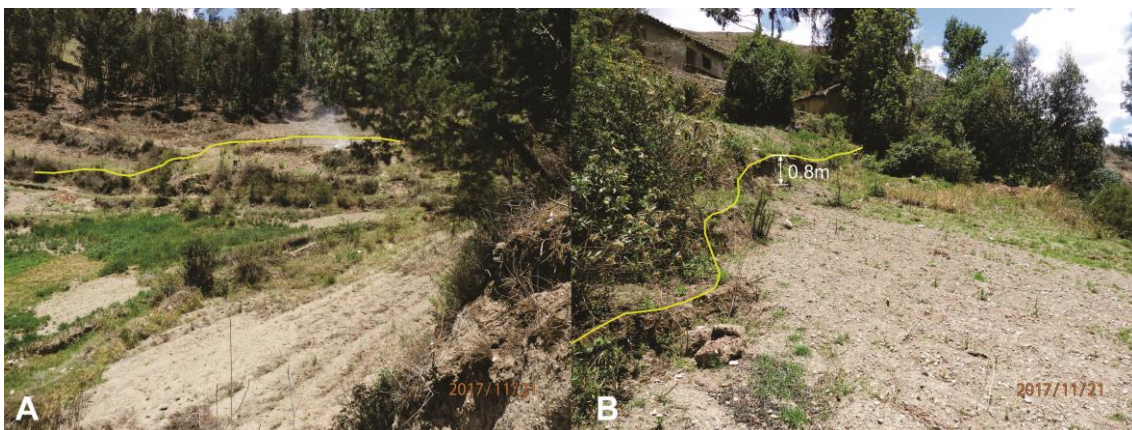
- Las precipitaciones pluviales intensas que se presentan entre los meses de diciembre -abril, funcionan como detonante principal.

Daños causados:

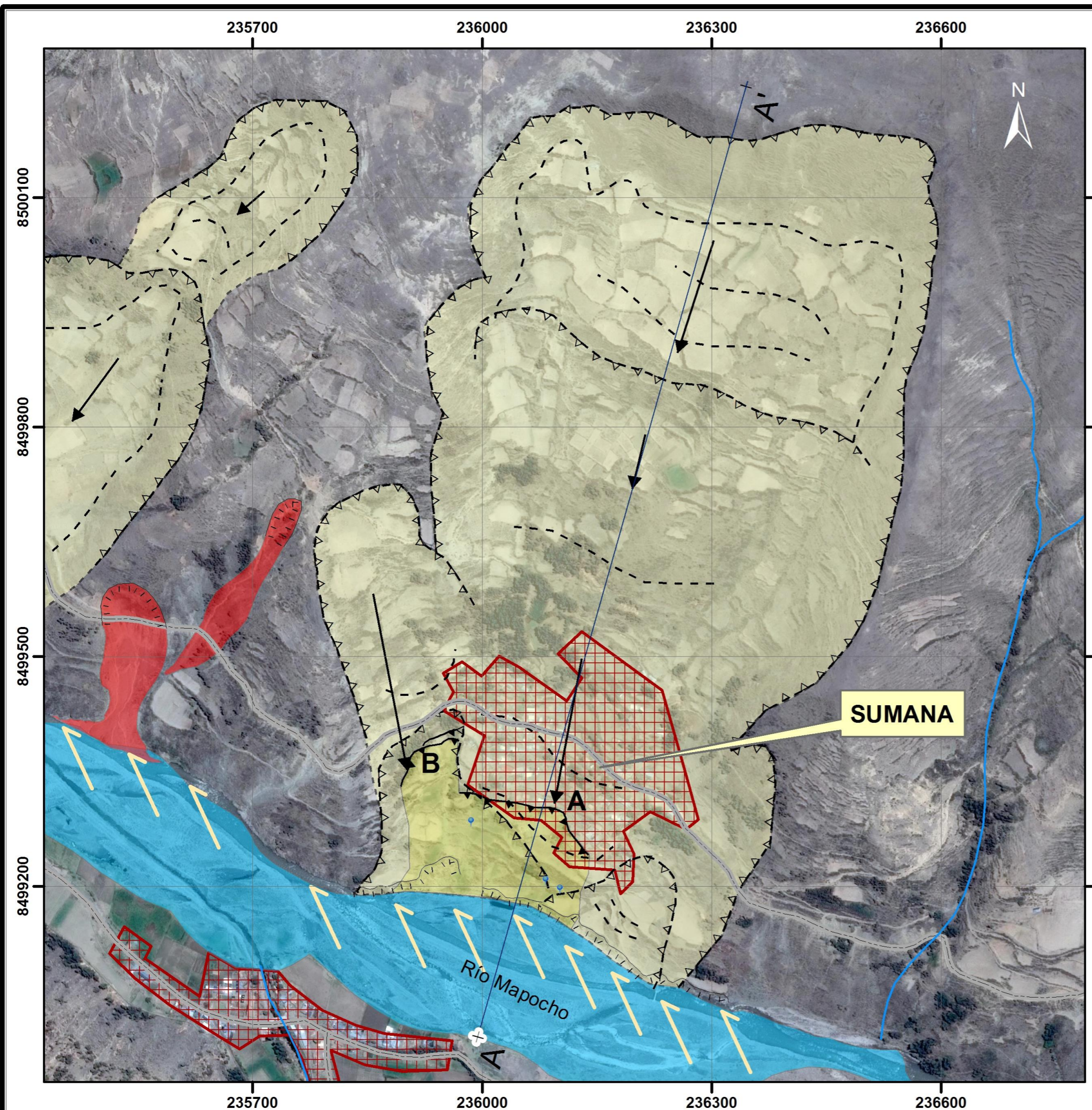
- Afecta terrenos de cultivo y de pastoreo.
- Podría afectar tres viviendas situadas cerca de la zona donde se presenta el agrietamiento.



Fotografía 2. Ladera del cerro Mesapata con pendiente promedio de 30°, se observa eventos de tipo deslizamiento, derrumbes, reptación y erosión fluvial al pie.



Fotografía 3. Vista **A:** Ladera con pendiente entre 15°-25° donde se presentan agrietamientos en línea amarilla; **B:** ladera de pendiente entre 5-15° superficie de material coluvial formado por clastos con matriz limosa; también se observa agrietamiento con salto vertical de 0.8m en línea amarilla.



LEYENDA

PELIGROS GEOLÓGICOS/GEOHRIOLÓGICOS		
PELIGROS POR MOVIMIENTO EN MASA		Deslizamiento antiguo
		Derrumbe
OTROS PELIGROS		Erosión fluvial

SÍMBOLOS

- Escarpe de derrumbe
- Agrietamiento
- Drenaje
- Carretera
- Escarpa de deslizamiento antiguo
- Pueblo
- Dirección del movimiento
- Ojos de agua
- Perfil transversal



MAPA DE PELIGROS GEOLÓGICOS

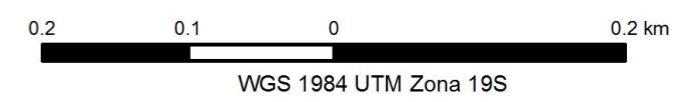


Figura N° 5

Perfil Transversal sector Sumana A-A'

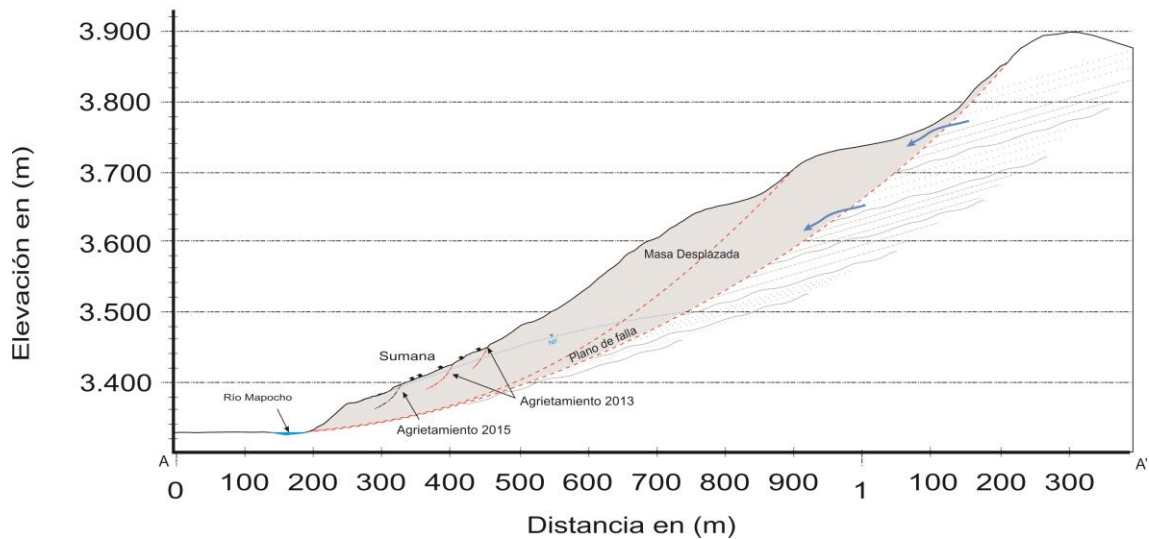


Figura 6. Perfil transversal del evento antiguo, que presentó agrietamientos ocurridos durante los años 2015 y 2013.

- b) **Sector Parccocalla:** Se ubica a una distancia de 9.56 km con dirección norte 326° , del poblado Ccarhuayo, morfológicamente ubicado sobre una vertiente coluvial, ladera del cerro Vizcachani con una pendiente fuerte de promedio 30° . Litológicamente está formado por una intercalación de metapelitas y limolitas (Formación Ananea), rocas de mala calidad geotécnica, susceptible a la ocurrencia de movimientos en masa.

Deslizamiento

Por la interpretación de las imágenes satelitales Google Earth (2016), hacia el flanco suroeste del cerro Vizcachani, se logró identificar eventos antiguos, con escarpes poco notorios a la vez presenta una forma ondulada en la superficie, que muestra indicios de la ocurrencia de movimientos en masa de tipo deslizamiento y reptación de suelos, que en los últimos años viene presentando reactivaciones al pie del cuerpo desplazado con agrietamientos en el terreno.

El deslizamiento antiguo, ubicado entre las coordenadas 8503562 S; 234980 E, se observa un escarpe principal poco notorio, de 620 m, longitud del escarpe principal al pie 710 m, altura de la cabeza a la base 312 m, dentro de la masa desplazada han dejado una superficie ondulada que indica la modificación de su topografía inicial. (fotografía 4);

El año 2015 la presencia de agrietamientos al pie de la ladera evidencia la reactivación y la ocurrencia de nuevos eventos. (figura 7-8), se detalla a continuación las características del evento:

Agrietamiento y Asentamiento A

- Forma del agrietamiento: irregular continua (fotografía 6A-6B)
- Longitud de agrietamiento: 300 m. aproximado
- Salto vertical de agrietamiento: 0.60 a 1.90 m. (fotografía 6A-6B)
- Profundidad: 2.00 aproximado
- Abertura: 1.00 promedio

- Dirección de movimiento: norte 254°

Agrietamiento y Asentamiento B

- Forma del agrietamiento: irregular continua
- Longitud de agrietamiento: 170 m. aproximado
- Salto vertical de agrietamiento: 0.40 m.
- Profundidad: 1.00 aproximado
- Abertura: 0.10 promedio
- Dirección de movimiento: norte 256°

La zona de estudio también es susceptible a la ocurrencia de erosión de ladera, erosión fluvial con una longitud de 800 m. donde se observa al pie del talud la ocurrencia de derrumbes.

Factores condicionantes y detonantes:

Los factores condicionantes dependen de las características de la ladera:

- Ladera montañosa con pendiente promedio 30°.
- Substrato rocoso completamente meteorizado, muy fracturado, de calidad geotécnica mala.
- Naturaleza de suelo incompetente, formada por gravas y arenas con matriz limosa, poco compacto (fotografía 4), medianamente saturado.
- Cobertura vegetal escasa.
- La actividad antrópica: mal sistema de riego (uso inadecuado de aguas de escorrentía).
- Las precipitaciones pluviales intensas que se presentan entre los meses de diciembre -abril, funcionan como detonante principal.

Daños causados:

- Afecta terrenos de cultivo y de pastoreo.
- Podría afectar vía afirmada, posters de transmisión de energía eléctrica.



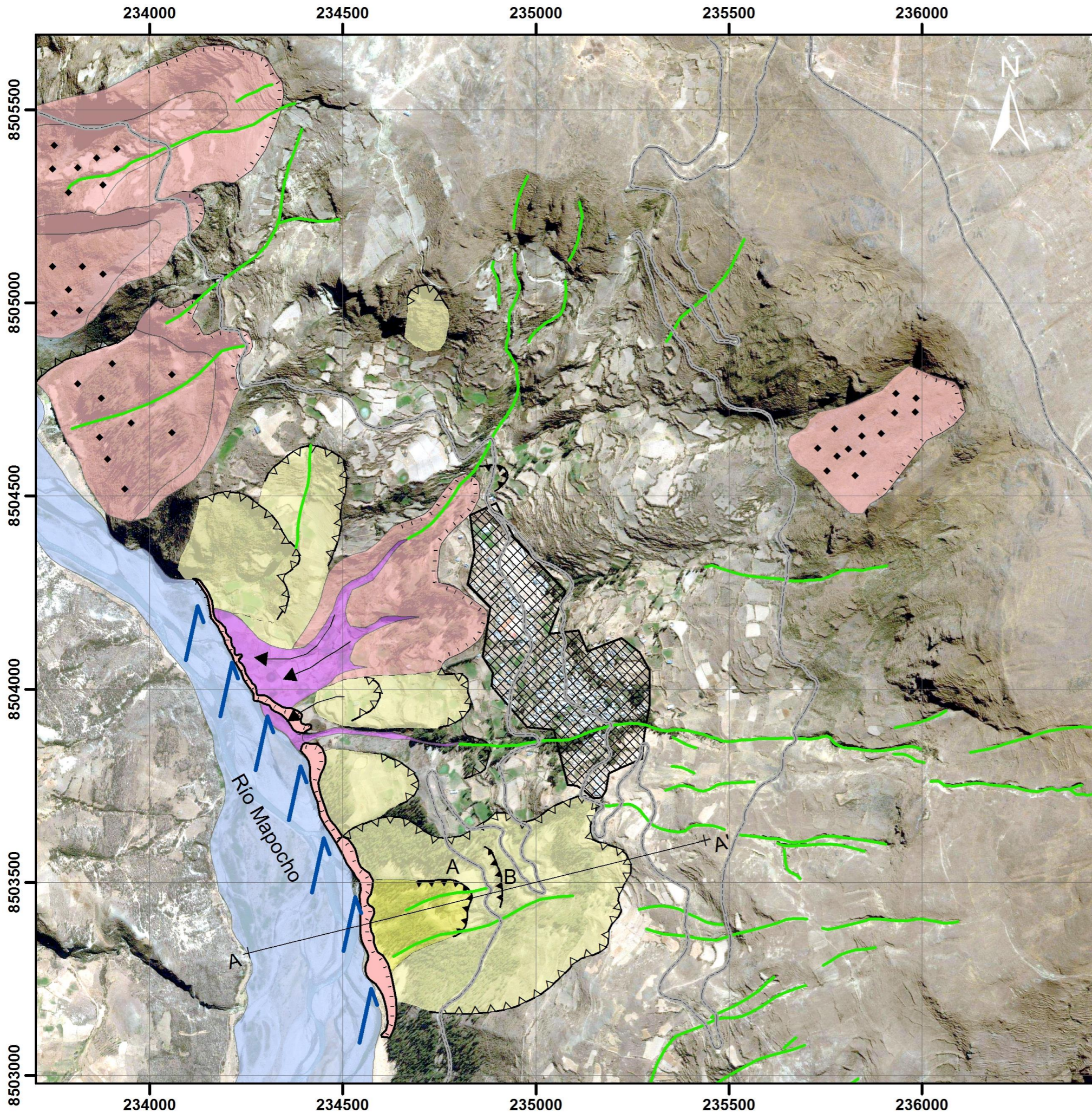
Fotografía 4: Suelo incompetente, medianamente consolidado, formada por gravas y arenas con matriz limosa.



Fotografía 5. Ladera del cerro Vizcachani con pendiente promedio de 30°, se observa eventos de tipo deslizamiento, derrumbes y reptación.



Fotografía 6 Vista A) Ladera con pendiente entre 5°-15° donde se presentan agrietamientos (línea amarilla), salto vertical de 0.60 m; B) ladera coluvial formada por clastos con matriz limosa; también se observa agrietamiento con salto vertical de 1.9 m en línea amarilla.



LEYENDA

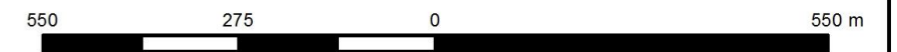
Peligros Geológicos		
Peligros Geológicos por Movimiento en masa		Derrumbes
		Deslizamiento antiguo
		Deslizamiento reactivado
		Flujo de detritos
Otros Peligros Geológicos		Erosión de ladera
		Erosión fluvial

SÍMBOLO

	Carretera
	Area urbana
	Escarpa de deslizamiento antiguo
	Escarpe de evento reactivado
	Perfil transversal

SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

MAPA DE PELIGROS GEOLÓGICOS



WGS 1984 UTM Zona 19S

Figura N° 7

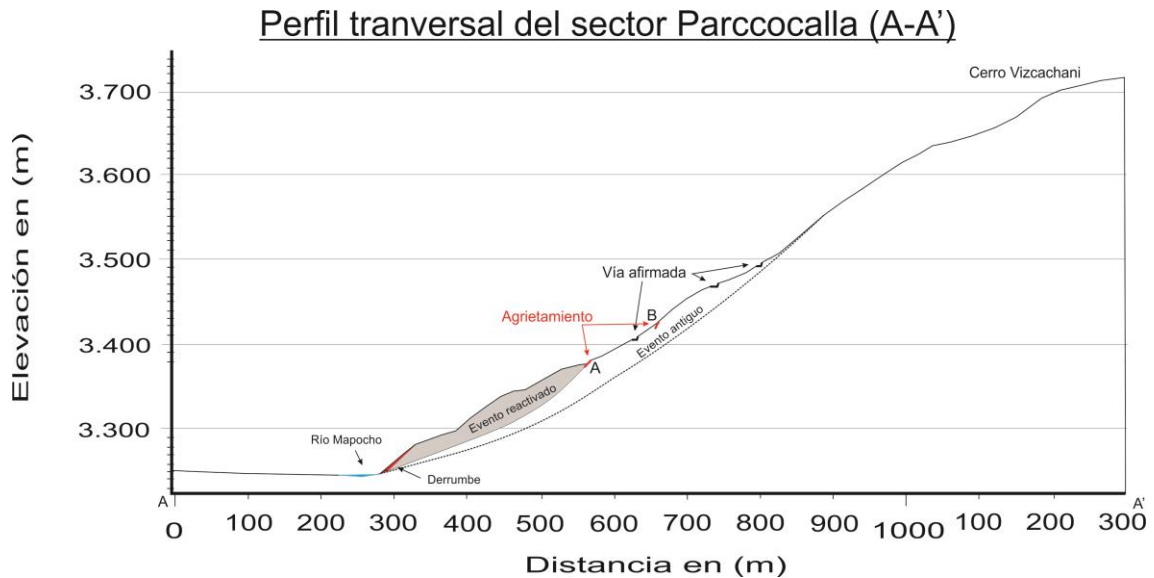


Figura 8. Perfil transversal que muestra el deslizamiento antiguo, así como los agrietamientos del año 2015 y la reactivación al pie del cuerpo desplazado.

7. Propuesta de Medidas Preventivas

En esta sección se dan algunas propuestas generales de solución para la zona de estudio, con la finalidad de minimizar las ocurrencias de deslizamientos, derrumbes, caídas de rocas, procesos de erosiones de laderas, entre otros; así como también para evitar la generación de nuevas ocurrencias.

7.1 Para Deslizamientos

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

- Manejo agrícola: evitar riegos en exceso, estos deben ser cortos y frecuentes, de modo que limiten la infiltración y la retención en la capa superficial del suelo en contacto con los cultivos.
- Los canales deben ser revestidos (concreto, mampostería, terro-cemento entre otros) para minimizar la infiltración y saturación de los terrenos.
- No debe construirse reservorios de agua sin revestimiento, ya que esto favorece la infiltración y saturación del terreno.
- El sistema de riego de cultivo debe ser tecnificado por aspersión controlada o por goteo.
- La remoción de la tierra para realizar el cultivo debe ser superficial pues una remoción más profunda realizada con maquinaria puede favorecer la infiltración y saturación del terreno.

- El desarrollo de vegetación natural (pastos, malezas, arbustos, árboles) contribuye a atenuar el proceso de incisión rápida de las masas deslizantes; no obstante, este seguirá produciéndose en forma lenta hasta alcanzar el equilibrio natural entre el suelo y la vegetación nativa.
- Realizar prácticas de conservación y regeneración de la cobertura vegetal natural conformada por pastos, malezas y arbustos.
- Realizar trabajos de reforestación de laderas con fines de estabilización. En la selección de árboles a utilizarse debe contemplarse las características de las raíces, las exigencias en tipo de suelos y portes que alcanzaran versus la pendiente y profundidad de los suelos, se recomienda que las plantaciones forestales se ubiquen al lado de las zanjas de infiltración con el objeto de captar el agua y controlar la erosión.
- Evitar el sobre pastoreo que produzca deterioro y destrucción de la cobertura vegetal, se debe realizar un manejo de las zonas de pasturas mediante el repoblamiento de pasturas nativas, empleando sistemas de pastoreo rotativo, evitar la quema de pajonales.

Uso de vegetación

El efecto de la vegetación sobre la estabilidad de los taludes es muy debatido; el estado del uso actual deja muchas dudas e inquietudes y la cuantificación de los efectos de estabilización de las plantas sobre el suelo, no ha tenido una explicación universalmente aceptada. Sin embargo, la experiencia ha demostrado el efecto positivo de la vegetación, para evitar problemas de erosión, reptación y fallas subsuperficiales (J. Suárez Díaz, 1998). Para poder analizar los fenómenos del efecto de la vegetación sobre el suelo se requiere investigar las características específicas de la vegetación en el ambiente natural que se esté estudiando. Entre los factores se sugiere analizar los siguientes:

- Volumen y densidad de follaje, tamaño, ángulo de inclinación y aspereza de las hojas, altura total de la cobertura vegetal, presencia de varias capas diferentes de cobertura vegetal, tipo, forma, profundidad, diámetro, densidad, cubrimiento y resistencia del sistema de raíces.
- El tipo de vegetación, tanto en el talud como en el área arriba del talud es un parámetro importante para su estabilidad. La vegetación cumple dos funciones principales. En primer lugar, tiende a determinar el contenido de agua en la superficie y, además, da consistencia por el entramado mecánico de sus raíces.
- Como controlador de infiltraciones tiene un efecto directo sobre el régimen de aguas subterráneas y actúa posteriormente como secador del suelo al tomar el agua que requiere para vivir.

Factores que aumentan la estabilidad del talud:

1. Intercepta la lluvia
2. Aumenta la capacidad de infiltración
3. Extrae la humedad del suelo
5. Raíces refuerzan el suelo, aumentando resistencia al cortante
6. Anclan el suelo superficial a mantos más profundos
7. Aumentan el peso sobre el talud
8. Trasmiten al suelo la fuerza del viento

9. Retienen las partículas del suelo disminuyendo susceptibilidad a la erosión

La deforestación puede afectar la estabilidad de un talud de varias formas:

1. Disminuyen las tensiones capilares de la humedad superficial
2. Elimina el factor de refuerzo de las raíces
3. Facilita la infiltración masiva de agua.

La quema de la vegetación aumenta la inestabilidad de los taludes, especialmente si esto ocurre en área de coluviones en los cuales la vegetación ejerce un papel preponderante en la estabilidad, especialmente por la eliminación del refuerzo de las raíces y por la exposición a la erosión acelerada.

a) Construir zanjas de coronación.

Las zanjas en la corona o en la parte alta de un talud, son utilizadas para interceptar y conducir adecuadamente las aguas lluvias y evitar su paso por el talud. La zanja de la corona no debe construirse muy cerca del borde superior del talud para evitar que se convierta en activadora de un deslizamiento en cortes recientes; o en una nueva superficie de falla (movimiento regresivo) en deslizamientos activos; o se produzca la falla de la corona del talud o escarpe (figura 9).

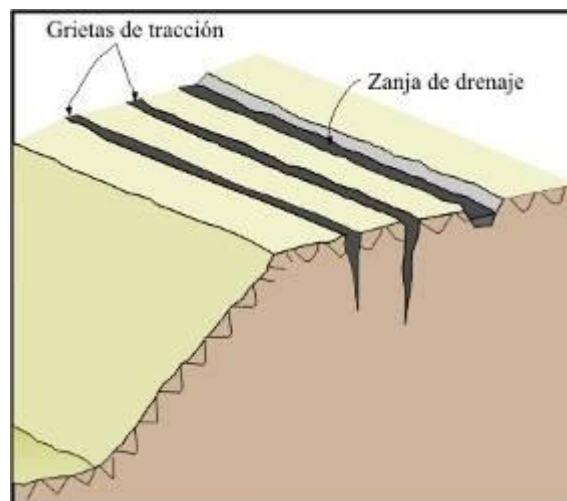


Figura 9 Canales de coronación.

b) Construir un sistema de drenaje tipo Espina de Pescado:

Para disminuir la infiltración de agua en las áreas grandes arriba del talud, se construyen canales colectores en Espina de Pescado, los cuales conducen las aguas colectadas fuera de las áreas vulnerables del talud, entregándolas generalmente a los canales en gradería o torrenteras (figura 10). Estos canales deben impermeabilizarse adecuadamente para evitar la reinfiltración del agua

c) monitoreo permanente en la zona durante el periodo lluvioso:

Implementar un sistema de monitoreo de la zona de arranque, que permita determinar la existencia de movimiento en la masa deslizante, este puede estar constituido por estacas de madera o varillas de hierro, las cuales deben estar colocadas tanto dentro del deslizamiento, como en una zona estable (fuera o encima del cuerpo de deslizamiento), realizándose medidas de la distancia entre estacas, cada cierto tiempo, aumentado la frecuencia de

medidas durante periodos de lluvia. De detectarse movimientos rápidos, se informará a la población para que pueda realizarse la evacuación de las zonas que pueden resultar afectadas.



Figura 10. Sistema de drenaje tipo espina de pez.

d) Sistema de drenaje en laderas ocupados por cultivos:

Son pequeños canales impermeabilizado de 30 centímetros de ancho en el fondo (plantilla), taludes 1:1 en suelos estables, 3/4:1 o 1/2:1 en suelos muy estables, y 1 1/2:1 o 2:1 en suelos poco estables o susceptibles a la erosión (suelos muy Livianos). Su desnivel y profundidad son variables. Los canales son aconsejables en zonas con Lluvias intensas y en áreas con suelos pesados, poco permeables, donde hay exceso de escorrentía, y en suelos susceptibles a la erosión con pendientes hasta 40 % y longitudes largas.

No se deben construir en terrenos con cultivos limpios o potreros de más de 30 % de pendiente, ni en terrenos con cultivos de semibosque (café, cacao, etc.) de más de 50 % de pendiente.

Se deben desaguar en un sitio bien protegido, en donde no vayan a causar erosión. Se trazan y construyen desde el desagüe hacia arriba, asegurándose que el fondo quede lo suficientemente alto sobre el desagüe (20-40 cm), para que el agua que baje por este no penetre a las acequias, o las represe. En la construcción de varios canales, debe iniciarse con la más alta del terreno, pues de otro modo se podrían dañar las más bajas por un aguacero fuerte (figura 11).

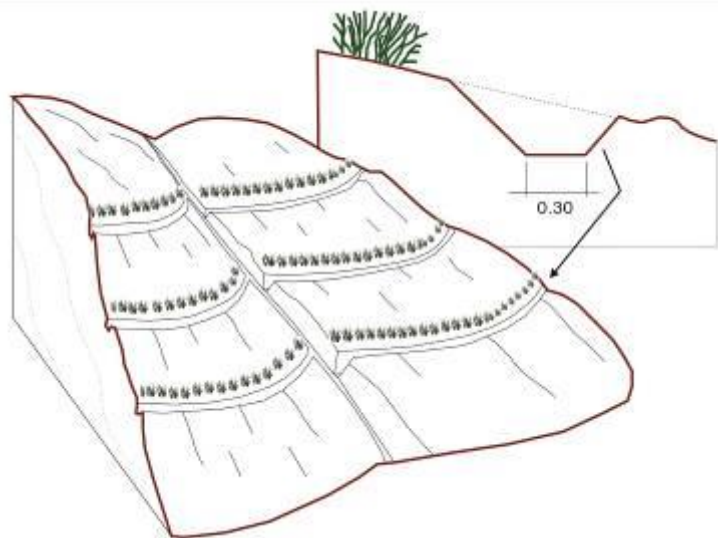


Figura 11. Sistema de drenaje en laderas ocupadas por cultivos

7.2 Para Derrumbes y Caída de Rocas.

Forma de talud se muestra en la (figura 12), la inclinación de los taludes depende de los suelos y litología. Cuando la inclinación cambia, en muchos casos se proporciona una banqueta en el punto de cambio de inclinación.

Generalmente se emplea una pendiente única cuando la geología y los suelos son lo mismo en profundidad y en las direcciones transversales y longitudinales. cuando la geología y los suelos varían considerablemente y de manera complicada, una pendiente única adecuadamente al suelo de mayor pendiente podría usarse, aunque esto sea antieconómico.

a) Banquetas:

Generalmente se instala una banqueta de 1 a 21 m. de ancho, a la mitad de un talud de corte de gran altura.

Propósito de la banqueta.

En la parte inferior de un gran talud continuo, la descarga y velocidad del agua superficial aumentan, causando el incremento de las fuerzas de socavación. En este caso, la velocidad de la corriente puede reducirse al proporcionar una banqueta casi horizontal a la mitad del talud, o la concentración de agua superficial en la parte inferior del talud puede prevenirse al construir una zanja en la banqueta para drenar el, agua hacia afuera del talud. La banqueta también puede usarse como acera para inspección o como andamio para reparación.

Por lo tanto, las banquetas deben diseñarse tomando en cuenta la dificultad de inspeccionar y reparar, la pendiente del talud, la altura de corte, los suelos del talud, los costos y otras condiciones.

Inclinación de banqueta

Cuando no existen facilidades de drenaje, se proporciona a la banqueta un gradiente transversal de 5 a 10%, de modo que el agua drene hacia el fondo del talud (pie de talud).

Sin embargo, cuando se considera que el talud es fácilmente descargable o cuando el suelo es fácilmente erosionable, el gradiente de la banqueta debe hacerse en la dirección contraria, de modo que el agua drene hacia la zanja de la banqueta.

1) Localización de banqueta.

En los taludes de corte, normalmente se diseñan banquetas de 1 a 2 metros de ancho cada 5 a 10 metros de altura, dependiendo del suelo, litología escala de talud.

Una banqueta más ancha se recomienda cuando el talud es largo y grande o donde se instalarán vallas de protección de caída de rocas.

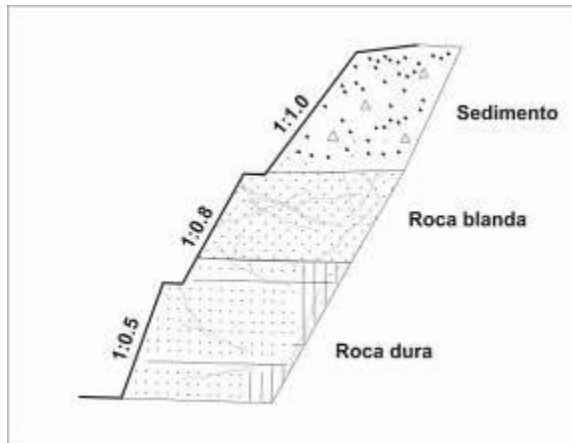


Figura 12. Condición de terreno y forma de taludes

b) Corrección por muros

Los muros se emplean frecuentemente como elementos resistentes en taludes (figura 13).

En ocasiones se emplean para estabilizar deslizamientos existentes o potenciales al introducir un elemento de contención al pie (figura 14). 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.

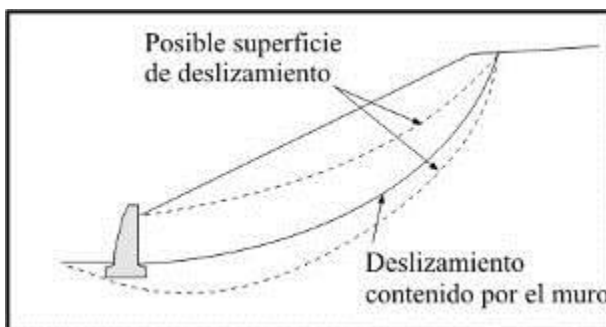


Figura 13. Contención de un deslizamiento mediante un muro (tomado de INGEMMET, 2000).

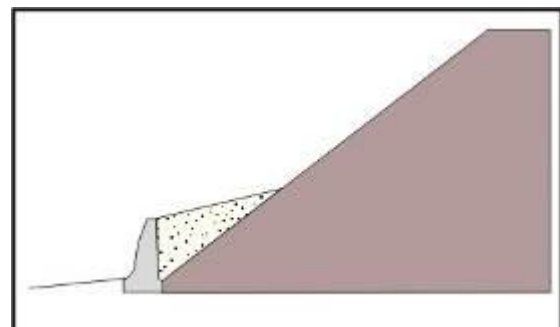


Figura 14. Relleno estabilizador sostenido por el muro (tomado de INGEMMET, 2000).

Una contención solo puede sostener una longitud determinada de deslizamiento ya que en caso contrario el deslizamiento sobrepasa al muro. Cuando quieran sujetarse deslizamientos más largos, debe recurrirse a un sistema de muros o a otros de los procedimientos expuestos.

Por todo ello, en taludes con signos evidentes de inestabilidad puede ser más apropiado realizar el muro con objeto de retener un relleno estabilizador.

En desmontes y terraplenes en los que la falta de espacio impone taludes casi verticales, el empleo de muros resulta casi obligado. Este es un caso frecuente en la construcción de vías de transporte. En ocasiones, como en el caso de un desmonte en una ladera, puede resultar más económica la construcción de un muro, frente al coste de sobre excavación requerido si aquel no se realiza. La construcción de un muro es generalmente una operación cara. A pesar de ello, los muros se emplean con frecuencia pues en muchos casos son la única solución viable.

Los muros se pueden clasificar en tres grupos (Figura 15):

Muros de sostenimiento: Se construyen separados del terreno natural y se rellenan posteriormente.

Muros de contención: Generalmente van excavados y se construyen para contener un terreno que sería probablemente inestable sin la acción del muro.

Muros de revestimiento: Su misión consiste esencialmente en proteger el terreno de la erosión y meteorización además de proporcionar un peso estabilizador.

Cuando se proyecta un muro deberán determinarse las cargas a las que va a estar sometido y su distribución, lo que permitirá planificar una estructura capaz de resistirlas.

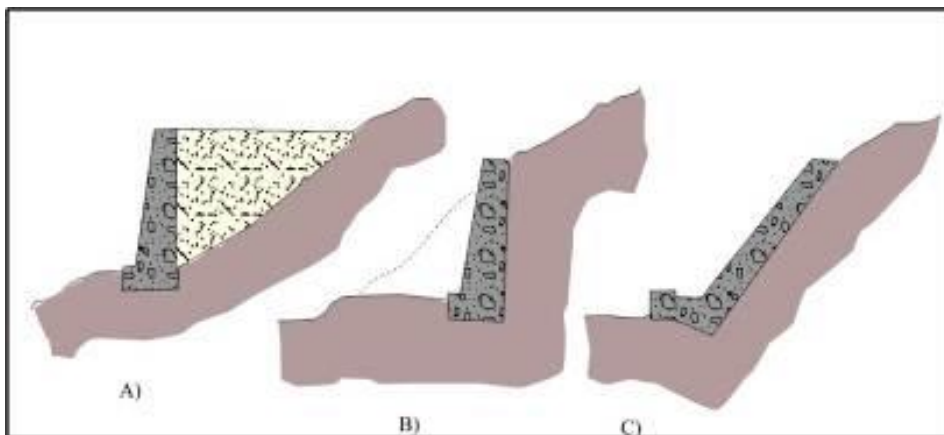


Figura 15. a) Muro de sostenimiento b) Muro de contención c) Muro de revestimiento (tomado de INGEMMET, 2000).

Las comprobaciones que deben efectuarse en un caso típico son las siguientes:

- Estabilidad general del sistema muro-terreno al deslizamiento; la estabilidad general del muro incluye la estabilidad al vuelco y al deslizamiento.
- Resistencia del terreno del cimiento.
- Ausencia de tracciones en la base del muro.
- Resistencia estructural: Se ha de comprobar que las tensiones máximas en el muro no sobrepasen los valores admisibles.

Conclusiones

1. Se presentan laderas con pendiente suave a fuerte que varía entre 20° a 40°, marcados por innumerables quebradas y valles fluviales.
2. Los poblados se asientan sobre depósitos coluviales, formado por gravas y arenas envueltas en una matriz limosa. Estas cubren la Formación Ananea conformada por la intercalación de metapelitas, lutitas, limolitas y pizarras; que comprenden rocas completamente meteorizadas, muy fracturadas de mala calidad geotécnica y susceptible a la ocurrencia a movimientos en masa.
3. Las zonas de Sumana y Parccocalla son susceptibles a la ocurrencia de movimientos en masa (deslizamientos, derrumbes y flujos), entre otros peligros (erosión de laderas y erosión fluvial); un substrato rocoso de mala calidad (completamente meteorizado), pendiente de terreno fuerte con un promedio de 30° y con cobertura vegetal regular condicionan esta susceptibilidad.
4. En el sector Sumana se identificó eventos antiguos de tipo deslizamiento, deslizamientos-flujos y reptación de suelos; además la reactivación de eventos antiguos con la superficie desplazada que presenta agrietamiento, condicionado por sus características geológicas, morfológicas, filtraciones de aguas subterráneas o por causas antrópicas. Detonados por lluvias intensas.
5. En el sector Parccocalla se identificó peligros geológicos de tipo deslizamientos, derrumbes, flujos; también dentro de otros peligros geológicos se identificaron erosión de ladera y erosión fluvial, el año 2015 la superficie del cuerpo desplazado presenta agrietamientos y viene preocupando a la población, que afecta sus terrenos de cultivo y de pastoreo
6. En los sectores Sumana y Parccocalla, por las condiciones geológicas y morfología actual, se presentan eventos antiguos de tipo deslizamientos, terrenos considerados inestables debido a la reactivación con la presencia de agrietamientos en la superficie. Por lo tanto, las viviendas, tramo de vía afirmada, terrenos de cultivo y de pastoreo, son afectados; además, se considera como Zonas Críticas, de muy alto peligro por movimientos en masa, por consiguiente, se encuentran en **Peligro Inminente** ante la presencia de lluvias intensas o sismos.

Recomendaciones

- 1 Implementar un sistema de monitoreo en los agrietamientos (en temporadas de lluvias y secas), que permita determinar la existencia de movimiento en la masa deslizante, este puede estar constituido por estacas de madera o varillas de fierro, las cuales deben estar colocadas tanto dentro del deslizamiento, como en una zona estable, realizándose medidas de la distancia entre estacas, cada cierto tiempo, aumentando la frecuencia de medidas durante periodos de lluvia. De detectarse movimientos rápidos, se informará a la población para que pueda realizarse la evacuación de las zonas que pueden resultar afectadas.
- 2 Reforestar el área con plantas o árboles que tengan raíces verticales o subverticales, para mejorar la estabilidad de la cobertura vegetal existente, y de esta forma evitar el impacto de las gotas de las aguas de lluvia impactando directamente sobre el terreno que pueda producir pérdida de suelo y reducir la infiltración de agua en el suelo.
- 3 Implementar un sistema de drenaje de aguas pluviales o de regadío mediante canales impermeabilizados así evitar la infiltración de las aguas y saturar el suelo.
- 4 En los taludes superiores de la vía afirmada, realizar labores que proporcionen estabilidad al talud, con el método de banquetas y reducir la carga de empuje; así mismo, se puede prevenir con la construcción de zanjas de coronación, así drenar las aguas afuera del talud.
- 5 Las viviendas que se encuentran expuestas directamente en la zona donde hay presencia de movimientos, es considerada en Riesgo Alto; por lo que no se debe permitir su habitabilidad, mientras no se hagan las labores correctivas necesarias de estabilización al evento.
- 6 En las zonas de estudio, realizar labores de limpieza periódica del cauce del río Mapocho, también realizar enrocados al pie de la ladera inestable o las zonas susceptibles a la ocurrencia de erosión fluvial.
- 7 Las obras de rehabilitación deben ser dirigidas y ejecutadas por profesionales con conocimiento y experiencia en el tema.

Referencias bibliográficas

- Audebaud, E. & Pecho, V. (1973). Geología del Cuadrángulo de Sicuani 29t. 1:100 000 INGEMMET, Boletín, Serie A: 25 p. Actualizado por Sánchez A., et al 2002 así mismo por Soaña J., et al 2016
- Cruden, D. M., Varnes, D. J., (1996). Landslide types en processes, en Turner, K., y Schuster, R. L., ed., Landslides investigation and mitigation: Washington D. C, national Academy Press, Transportation Research Board Special Report 247, p. 36-75
- Hoek, E. and Bray, J.W. (1981). Rock slope engineering. Institution of Mining and Metallurgy, London. 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. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (1988) – Mapa de clasificación climática del Perú, escala: 1:1'000.000. Lima: SENAMHI.
- Instituto Geológico Minero Metalúrgico (2003). *Estudio de Riesgos Geológicos del Perú – Franja N° 3*. INGEMMET, Geodinámica e Ingeniería Geológica. Boletín N.º 28 Serie C: 389 p.
- Proyecto Multinacional Andino, Geociencias para las Comunidades Andinas, PMA: GCA (2007). Movimientos en Masa en la Región Andina: Una Guía para la Evaluación de Amenazas, 404p
- Suárez Diaz, J. (1998). Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales, Instituto de Investigación sobre Erosión y Deslizamientos. 541p.

Anexo: Glosario de Términos

Movimientos en Masa: El término movimiento en masa, incluye todos los desplazamientos de una masa rocosa, de detrito o de tierra por efectos de la gravedad (Cruden, 1996).

Estos movimientos en masa, tienen como causas factores intrínsecos: la geometría del terreno, la pendiente, el tipo de suelos, el drenaje superficial-subterráneo y la cobertura vegetal (ausencia de vegetación); combinados con factores extrínsecos: construcción de viviendas en zonas no adecuadas, construcción de carreteras, explotación de canteras. Se tiene como “detonantes” las precipitaciones pluviales extraordinarias y movimientos sísmicos.

Deslizamiento: Es un movimiento de una masa de suelo, roca o ambos, ladera abajo, cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla, o de una delgada zona en donde ocurre una gran deformación cortante.

Se clasifican según la forma de la superficie de falla por la cual se desplaza el material, en traslacionales y rotacionales. Los deslizamientos traslacionales a su vez pueden ser planares y o en cuña, sin embargo, las superficies de rotura de movimientos en masa son generalmente más complejas que las de los dos anteriores, pues pueden consistir de varios segmentos planares y curvos, caso en el cual se hablará de deslizamiento compuesto (Hutchinson, 1988).

Deslizamiento rotacional

En este tipo de deslizamiento, la masa se mueve a lo largo de una superficie de falla, curva cóncava. Los deslizamientos rotacionales muestran una morfología distintiva caracterizada por un escarpe principal pronunciado y un contrapendiente de la superficie de la cabeza del deslizamiento hacia el escarpe principal. La deformación interna de la masa desplazada es usualmente muy poca (figura 16). Debido a que el mecanismo rotacional es auto-estabilizante y ocurre en rocas poco competentes. La tasa de movimiento es con frecuencia baja, excepto en presencia de materiales altamente frágiles como las arcillas sensitivas (Hutchinson, 1988).

Los deslizamientos rotacionales pueden ocurrir lenta a rápidamente, con velocidades menores a 1 m/s.

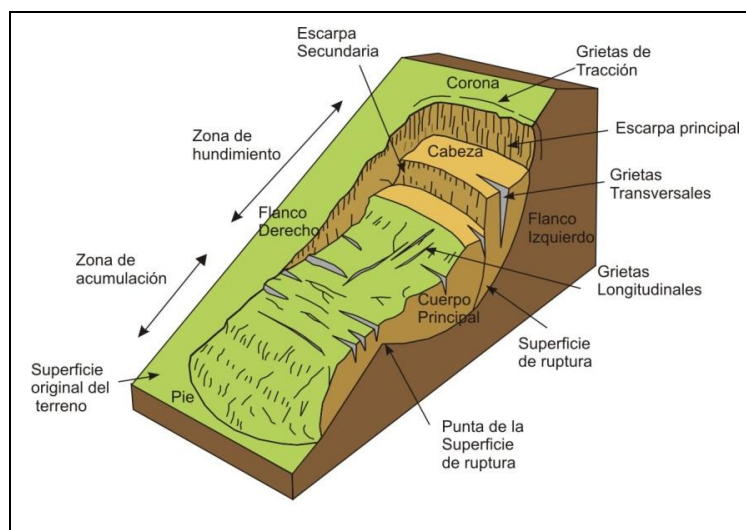


Figura 16. Diagrama de bloque de un deslizamiento

Derrumbe: Caída violenta de material que se puede dar tanto en macizos rocosos como depósitos de cobertura, desarrollados por: heterogeneidad litológica, meteorización fracturamiento, fuertes pendientes, humedad y/o precipitaciones, sismos y erosión generada en las márgenes.

Estos fenómenos suelen producirse en taludes verticales en suelos inconsolidados a medianamente consolidados, rocas muy fracturadas y en el corte de carreteras, canteras, acantilados marinos, taludes de terraza, etc. (figura 17)

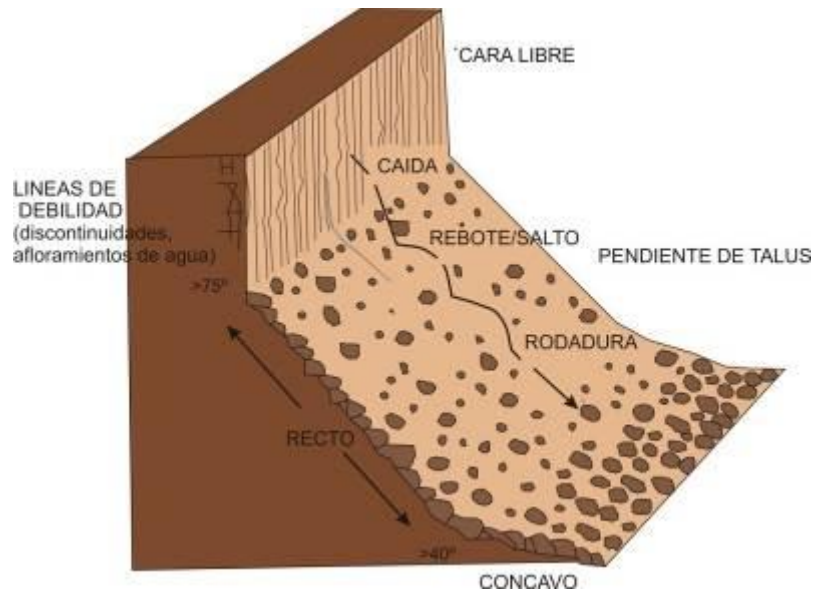


Figura 17 Esquema de Derrumbe (Vílchez 2015)

Otros peligros geológicos

Dentro de esta categoría de peligros se ha identificado:

a.- Erosión de laderas: este tipo de eventos son considerados predecesoras en muchos casos a 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 gracias 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 generándose los procesos de erosión (Gonzalo et al., 2002).

La erosión hídrica causada por el agua de lluvia, abarca los siguientes procesos:

Saltación pluvial: el impacto de las gotas de lluvia en el suelo desprovisto de vegetación ocasiona el arranque y arrastre de suelo fino, el impacto compacta el suelo disminuyendo la permeabilidad e incrementa escorrentía.

Escorrimento superficial difuso: comprende la erosión laminar sobre laderas carentes de coberturas vegetales y afectadas por saltación pluvial, que estimulan el escurrimiento del agua arrastrando finos.

Escorrimento superficial concentrado: se produce en dos formas, como surcos de erosión (canales bien definidos y pequeños), formados cuando el flujo se hace turbulento y la energía del agua es suficiente para labrar canales paralelos o anastomosados; y como cárcavas, que son canales o zanjas más profundos y de mayor dimensión, por las que discurre agua durante y poco después de haberse producido una lluvia. El proceso se da en cuatro etapas: 1) entallamiento del canal, 2) erosión remontante o retrogresivo desde la base, 3) cicatrización y 4) estabilización (Gonzalo *et al.*, 2002). (figura 18)

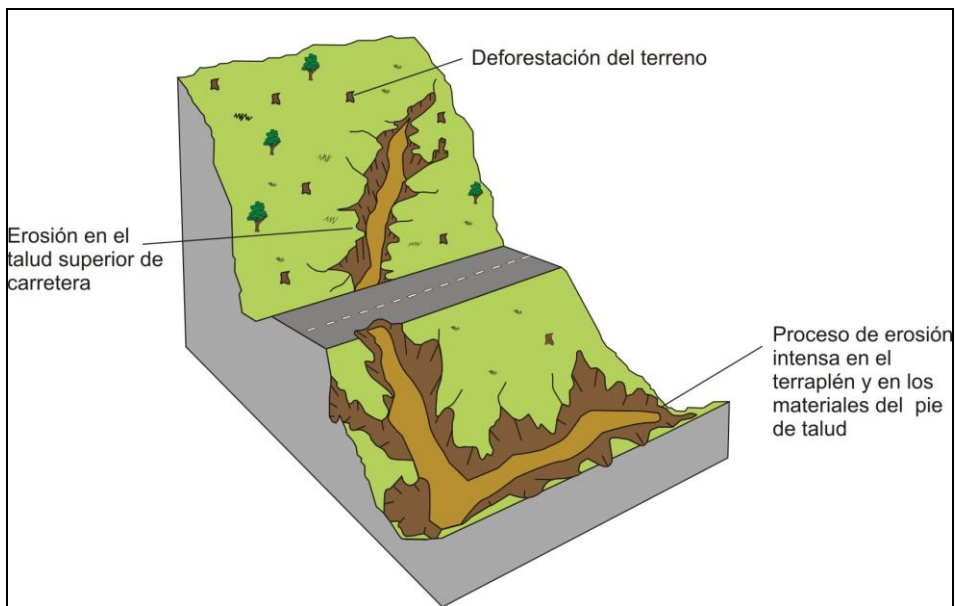


Figura 18. Esquema de erosión de ladera