

Informe Técnico N° A 6753

PELIGROS POR DESLIZAMIENTO EN EL SECTOR LLUSCAPAMPA

Paraje Lluscapampa Baja
Distrito Cajamarca
Provincia Cajamarca
Región Cajamarca



POR:

DULIO GÓMEZ VELÁSQUEZ

OCTUBRE
2017

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. TRABAJOS ANTERIORES.....	2
3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	3
4. ASPECTOS GEOLÓGICOS.....	4
5. PELIGROS GEOLOGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA:.....	6
6. PROPUESTA DE MEDIDAS PREVENTIVAS	11
CONCLUSIONES.....	18
RECOMENDACIONES.....	19
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	20

“PELIGROS POR DESLIZAMIENTO EN EL SECTOR LLUSCAPAMPA”

Localidad Lluscapampa Baja, Distrito y Provincia Cajamarca – Departamento
Cajamarca

1. INTRODUCCIÓN.

El Sub Gerente de Defensa Civil de la Municipalidad Provincial de Cajamarca, mediante Oficio N°018-2017-GSC-SGDC-MPC. de fecha 16 de enero del año 2017, se dirige al presidente del Consejo Directivo del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico INGEMMET, solicitando se realice un Estudio Técnico sobre peligros geológicos en el Centro Poblado Río Grande.

Se comisionó al ingeniero. Hugo Dulio Gómez Velásquez, profesional que pertenece a la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico, para realizar la visita técnica.

Este informe se sustenta en la inspección geológica efectuada, obteniéndose datos de campo, versiones de los pobladores, así como de información disponible de trabajos anteriores realizados por INGEMMET en el sector de Lluscapampa; incluye textos, ilustraciones fotográficas, interpretación de fotos aéreas e imágenes satelitales del área, así como conclusiones y recomendaciones

1.1 Ubicación

El área de estudio se ubica en el Centro Poblado Río Grande, margen derecha del río del mismo nombre, flanco este del cerro Lluscapampa en el Km. 4+000 de la carretera Cajamarca - Bambamarca, a 8 126 m. con dirección norte 354° de la ciudad de Cajamarca. Entre las coordenadas UTM (WGS 84 – Zona 17S):

Longitud: 773 477 E
Latitud: 9 216 267 S
Altitud: 2 930 msnm.

El acceso a la zona de estudio se puede resumir en el siguiente cuadro:

Tramo		Kms.	Tipo de vía	Duración (h)
Lima	Cajamarca	826	Asfaltada	13:07
Cajamarca	Río Grande	10.7	Afirmada	0:35

El clima es templado, seco y soleado en el día y frío en la noche. Las precipitaciones se dan de diciembre a marzo y se presentan con el fenómeno El Niño en forma cíclica, que es un fenómeno climatológico del norte peruano tropical. Su temperatura media anual es de 15,8 °C. Por la cercanía al Ecuador y por ser una ciudad ubicada en piso térmico bajo, tiene un invierno suave y un verano caluroso y lluvioso en febrero.

Temperatura media anual: máxima media 21 °C y mínima media: 6 °C

Estación de lluvias intensas: diciembre a marzo pertenece al verano costero. La seca que corresponde al otoño y el invierno en el hemisferio sur, bastante templado durante el día y refrigerado en las noches, se presenta entre los meses de mayo a septiembre



Figura 1. Mapa de ubicación

1.2 Objetivo

El objetivo principal del presente informe técnico es identificar y tipificar los peligros geológicos por movimientos en masa y peligros geohidrológicos, que puede afectar al área en mención; así como determinar las causas de su ocurrencia.

2. TRABAJOS ANTERIORES

Existen boletines e informes técnicos, respecto al tema, que involucran al área mencionada, como:

- Boletín N° 44 Serie C: **Estudio de Riesgos Geológicos en la región Cajamarca** (Zavala *et al.*, 2011), donde se hace mención que el sector en mención, se encuentra dentro de una zona de media a baja susceptibilidad a los peligros por movimientos en masa.
- **Zonas Críticas por Peligros Geológicos y Geohidrológicos en la Región Cajamarca** (Zavala *et al.*, 2007), considera el sector de Lluschcapampa en zona crítica a peligros geológicos por movimientos en masa.
- Boletín N° 31 Serie A: **Geología de los cuadrángulos de Cajamarca, San Marcos y Cajabamba** (Reyes L., 1980), que describen las unidades geológicas del sector de San Pablo.

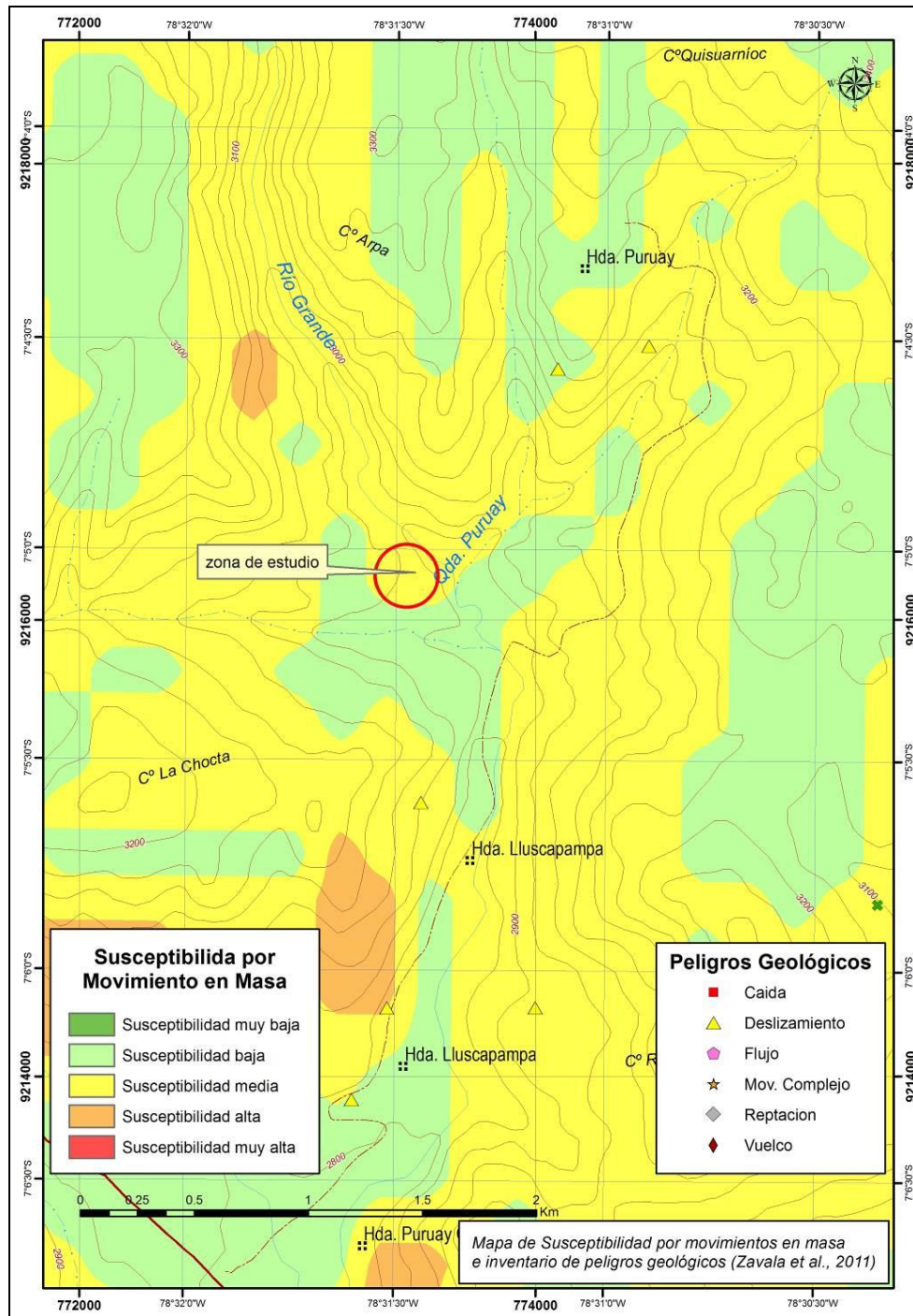


Figura 2. Susceptibilidad por movimientos en masa e inventario de peligros geológicos (Zavala et al., 2011)

3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

Geomorfológicamente en la zona de estudio se diferencian: unidades de montaña, colinas y lomadas, piedemonte y planicies; cuyo origen está ligado a procesos tectónicos, gravitacionales, depositacionales y erosivos, ocurridos durante el ciclo geológico. Asimismo, estos ambientes se encuentran asociados a eventos recientes de desglaciación y movimientos en masa relacionados a eventos del fenómeno de El Niño.

Localmente la zona de estudio se encuentra ocupando la ladera de colina en roca volcánica con pendiente entre 20° a 40° (Medina 2015)

4. ASPECTOS GEOLÓGICOS

Según la cartografía geológica en el cuadrángulo de Cajamarca 15-f, (Reyes, 1980), actualizado por la Dirección de Carta Geológica Nacional año 2007, en la zona de estudio afloran secuencias volcanoclásticas, formado por flujos piroclásticos, flujos de lava porfíricas, flujos de bloques y cenizas (**Volcánico Tual – Puruay y Atazaico**), superficialmente muy meteorizada, geotécnicamente considerada de mala calidad y susceptible a la ocurrencia de peligros geológicos por movimientos en masa y peligros geohidrológicos. También tenemos **depósitos aluviales**, correspondientes a materiales constituido por acumulaciones de arena y limos depositados en terrazas recientes.



Foto 1. Secuencias de flujos de bloques y cenizas gris blanquecinos (Volcánico Tual-Puruay)

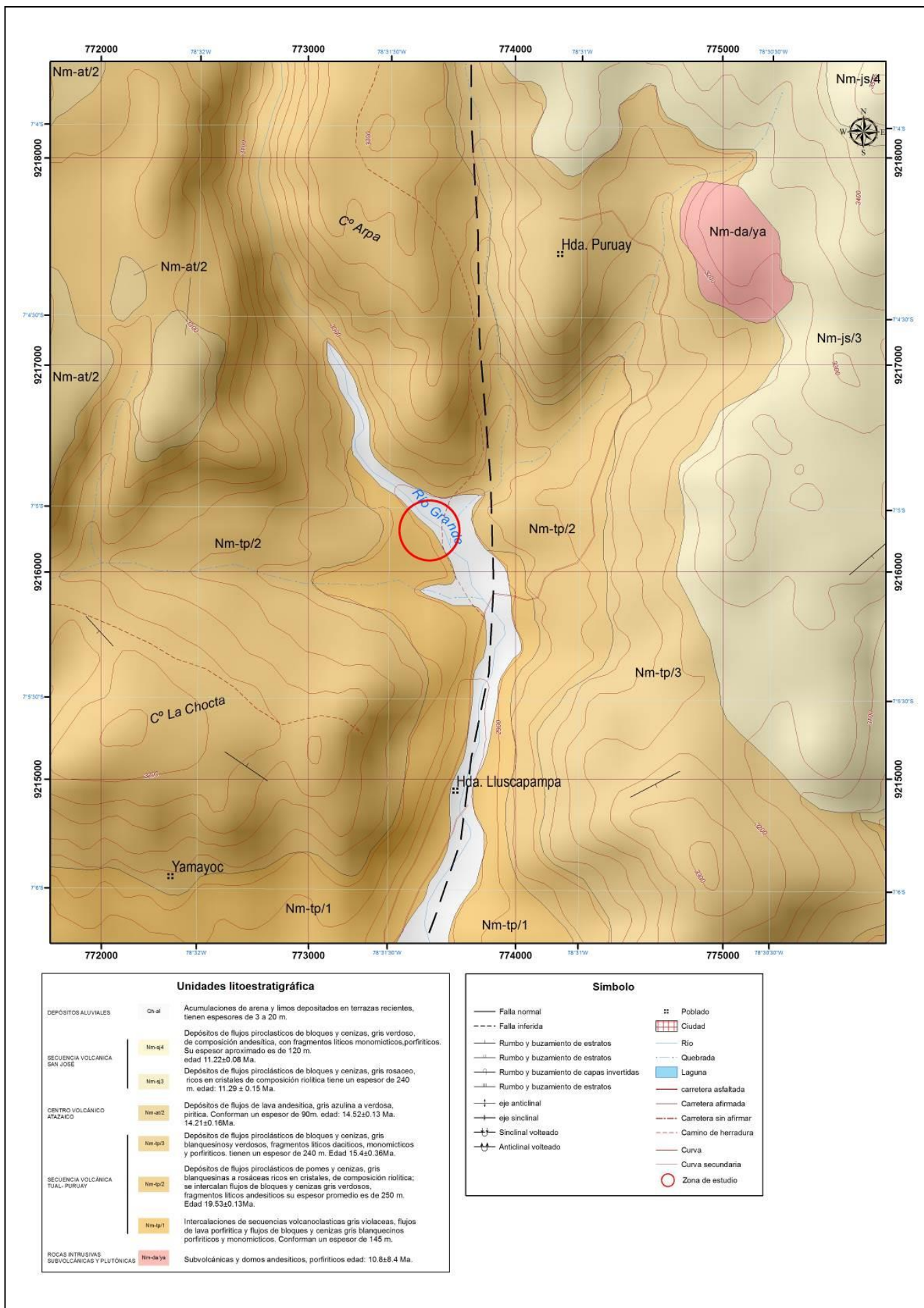


Figura 2. Mapa geológico de la zona de estudio y alrededores

5. PELIGROS GEOLOGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA:

Según la información disponible de estudios anteriores, el sector es susceptible a la ocurrencia de peligros geológicos por movimientos en masa. Zavala y Rosado (2011) indican que en el sector de Lluscapampa, se presentan dos deslizamientos activos; en el primero, se presentan escarpas y en el segundo, asentamientos con relieve disturbado.

5.1 DESLIZAMIENTO SECTOR LLUSCAPAMPA:

Por la interpretación de imágenes satelitales de Google Earth (6/25/2016) y trabajos de campo en el sector de Lluscapampa, Km 4+000 carretera Cajamarca – Bambamarca, permite determinar que los movimientos en masa que ocurren, son deslizamientos rotacionales (foto 2) (figura 4).

Es muy probable que estos fenómenos se reactiven o se presenten nuevos, en un periodo lluvioso excepcional, como el fenómeno El Niño.

Se describen los fenómenos identificados:

Características del deslizamiento.

Deslizamiento rotacional, ubicado en la margen izquierda del río Grande, altura del puente Lluscapampa, presenta las siguientes características:

- Escarpa principal de 170 m., de forma semicircular, con salto vertical 8 a 10 m.
- Altura del pie a la corona 42 m.
- Longitud del pie a la corona 148 m.
- Ancho de masa desplazada 120 m.
- Desplazamiento con velocidad lento¹ basculado (foto 3) (figura 5).

Se observan agrietamientos paralelos y perpendiculares (con respecto a la dirección de la escarpa principal), con longitudes entre 17 a 76 m., con abertura entre 0.05 a 0.25 m., profundidad visible hasta 2.0 m. (foto 4). La primera se encuentra inmediatamente después de la escarpa principal

Por encima del fenómeno (deslizamiento) se observa un canal de regadío de concreto con dimensión 0.40 x 0.40 m con juntas, mal impermeabilizado (foto 5), también se tiene un reservorio para agua de riego, impermeabilizado con geomembrana, que según los pobladores no presenta mantenimiento desde su instalación. (foto 6).

Causas

Factores de sitio:

- Substrato volcánico (lavas y piroclastos), que permite la filtración y retención del agua
- Configuración geomorfológica del área (ladera de colina en roca volcánica).
- Pendiente de terreno promedio entre 20° a 40°, que permite que la masa inestable que se encuentra sobre la ladera se deslice cuesta abajo.
- Cobertura vegetal de tipo pastizal, que ofrecen poca protección y fijación al suelo y la roca.
- Acuíferos fisurados volcánicos (Se observó surgencia de agua).

¹ Escala de velocidad según Cruden y Varnes (1996)

El factor detonante fueron las precipitaciones pluviales intensas, que se presentaron entre los meses de diciembre a marzo, estos eventos saturan y aumentan el peso de los terrenos inestables, también forman escorrentía superficial que erosiona las laderas a manera de cárcavas.

Actividad antrópica:

- Ocupación inadecuada del suelo por el hombre (áreas vulnerables).
- Corte en el pie de talud (con filtración de agua).
- Canal de regadío en mal estado, juntas en mal estado, que permite la filtración de agua y aumente peso.
- Reservorio para agua de riego con geomembrana que no presenta mantenimiento.

Daños

Se reportaron daños en una vivienda (foto 8), 50 m. de carretera afirmada, puente y 2 hectáreas de terrenos de cultivo y pastoreo.



Foto 2. Vista panorámica tomada con dirección oeste, se observa ladera del cerro Lluscapampa donde ocurre el deslizamiento de tipo rotacional.

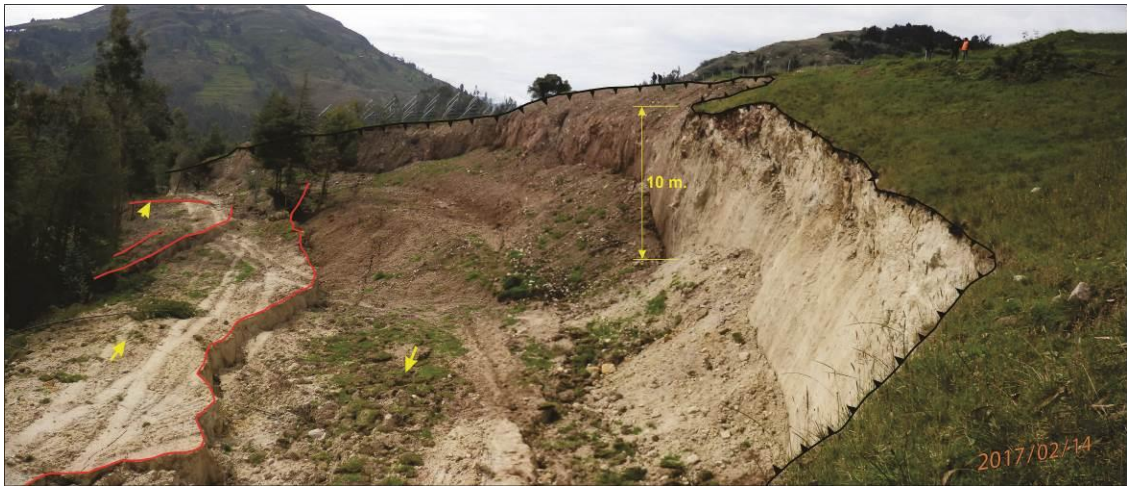


Foto 3. Vista de la parte superior del deslizamiento, se observa la escarpa principal con de 170 m. de longitud, salto vertical de 10 m.



Foto 4. Vista tomada al pie del deslizamiento, se observan agrietamientos paralelos y perpendiculares que varía entre 17 a 76 m.



Foto 5. Vista de canal de regadío ubicada por encima de escarpa principal, se observa las juntas en mal estado (izq.).

Foto 6 Vista tomada con dirección sur, se observa el reservorio de agua para riego, impermeabilizado con geomembrana (der.)



Foto 7. Margen derecha del deslizamiento se observa surgencia de agua.



Foto 8. Vista tomada al pie de la ladera, se observa vivienda afectada por el movimiento, también agrietamiento en el estribo de puente Lluscapampa.

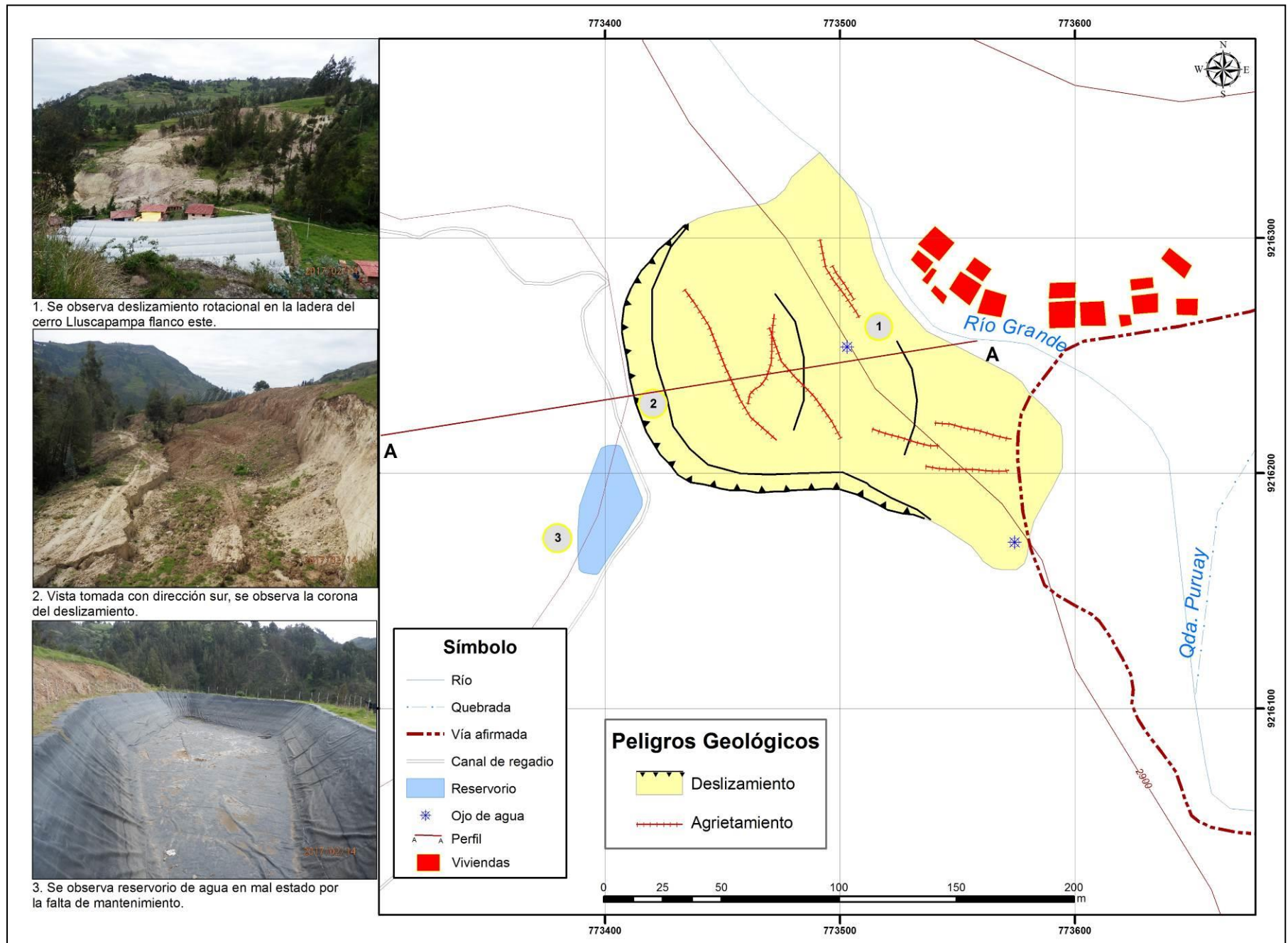


Figura 4. Mapa de peligro geológico por deslizamiento en la zona de Lluscapampa.

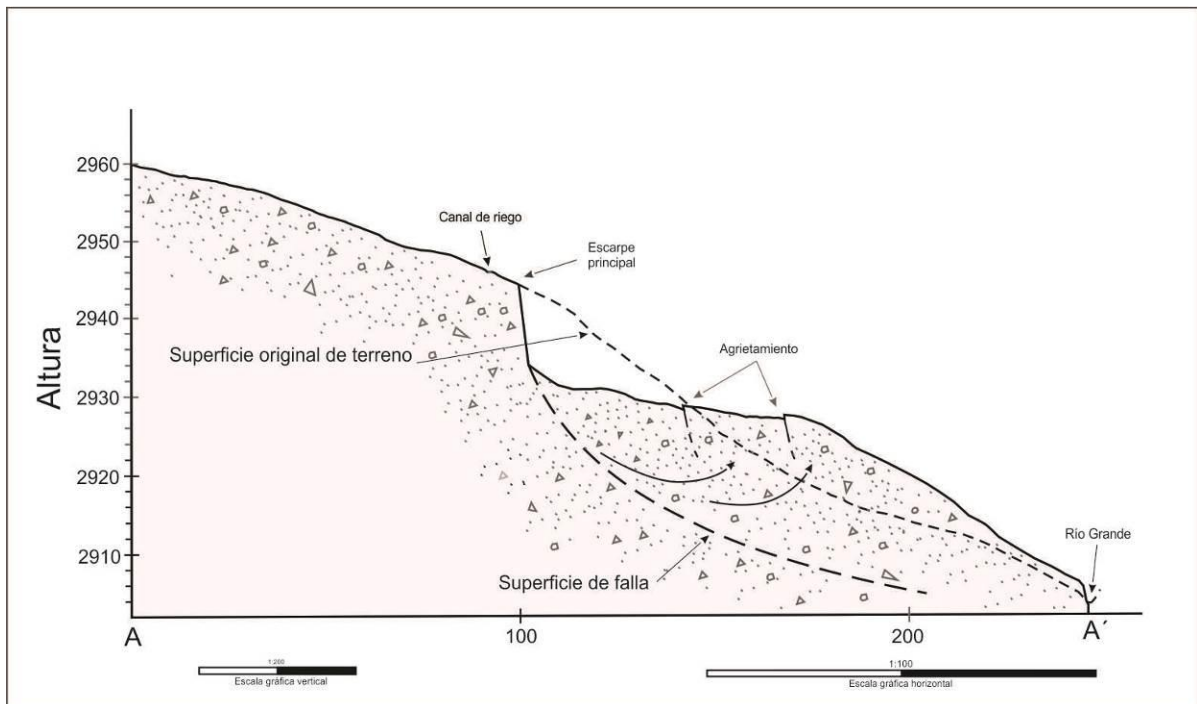


Figura 5 Esquema gráfico en perfil del deslizamiento ocurrido en el sector Lluscapampa

6. 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, flujos, procesos de erosión de laderas, entre otros; así como también para evitar la generación de nuevas ocurrencias.

6.1 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 laderas, 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, terrocemento, 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. Las raíces refuerzan el suelo, aumentando la resistencia al esfuerzo 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 la 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 áreas 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 de 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 6).

Se debe tener en cuenta el mantenimiento periódico que debe efectuarse en las zanjas de coronación, a fin de evitar problemas que pueden incidir en la estabilidad del talud.

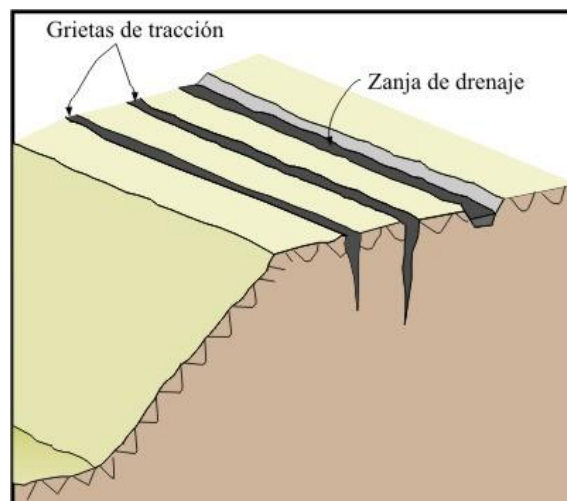


Figura 6 Canales de coronación.

b) Construir un sistema de drenaje tipo Espina de Pescado

Para disminuir la infiltración de agua en las áreas 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 7). Estos canales deben impermeabilizarse adecuadamente para evitar la infiltración 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.

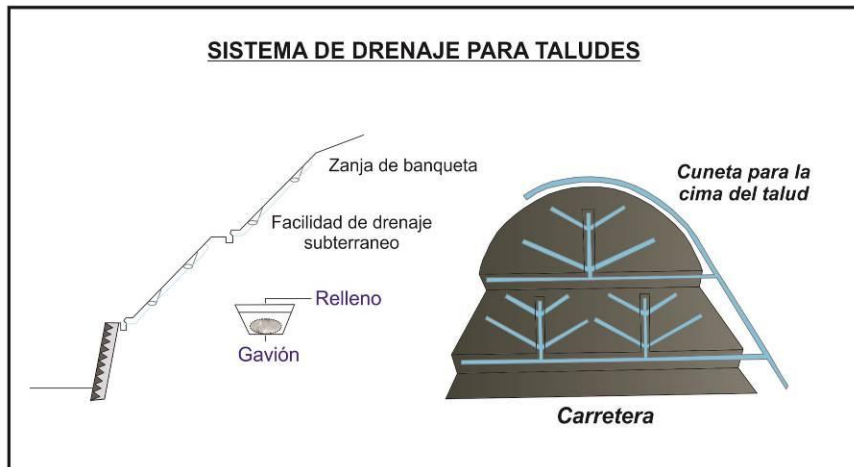


Figura 7. Sistema de drenaje tipo espina de pez.

6.2 PARA DERRUMBES Y CAIDA DE ROCAS

La forma del talud se muestra en la (figura 8), la inclinación de los taludes depende de los suelos y litología; en muchos casos se proporciona una banqueteta 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:

Como se muestra en la figura 8, la inclinación de los taludes depende de los suelos y la litología. Cuando la inclinación cambia, en muchos casos se proporciona una banqueteta en el punto de cambio de inclinación.

Generalmente se emplea una pendiente única cuando la geología y los suelos son los mismos en profundidad y en las direcciones transversal y longitudinal. Cuando la geología y los suelos varían considerablemente y de manera complicada, una pendiente única adecuada al suelo de mayor pendiente podría usarse, aunque esto es antieconómico.

Exceptuando el caso indicado en el párrafo anterior, generalmente se instala una banqueteta de 1 a 21 m de ancho, a la mitad de un talud de corte de gran altura.

Propósito de la banqueteta.

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 banqueteta 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 banqueteta para drenar el agua hacia afuera del talud. La banqueteta 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 3 metros de ancho cada 5 a 10 metros de altura, dependiendo del suelo y la litología del 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.

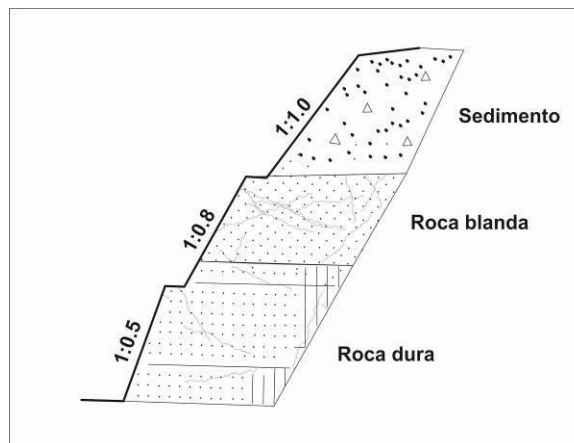


Figura 8. Condición de terreno y forma de taludes

b) Corrección por muros

Los muros se emplean frecuentemente como elementos resistentes en taludes (figura 9).

En ocasiones se emplean para estabilizar deslizamientos existentes o potenciales al introducir un elemento de contención al pie (figura 10). 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.

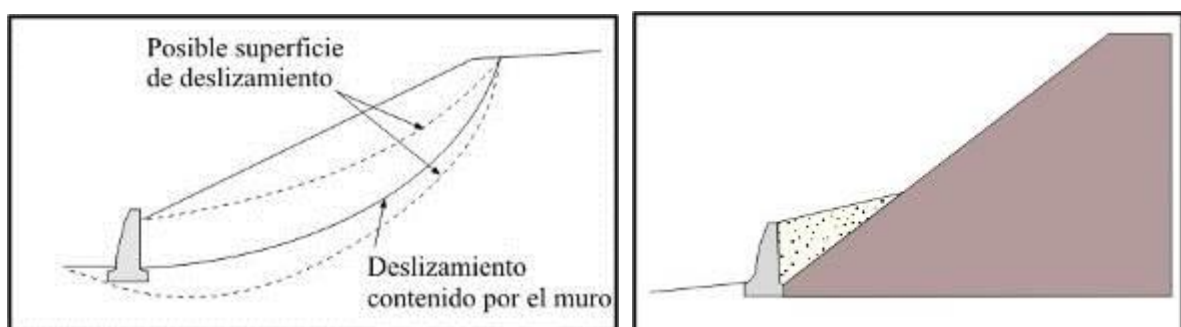


Figura 9. Contención de un deslizamiento mediante un muro (tomado de INGEMMET, 2000).

Figura 10. 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 11):

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.

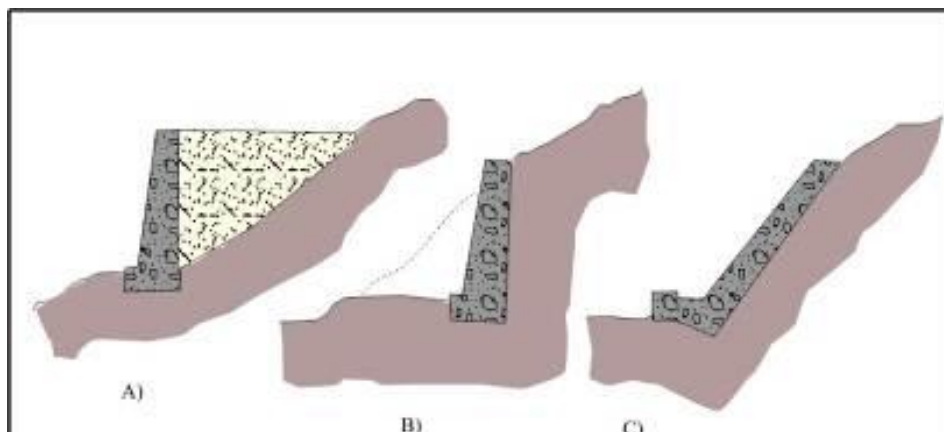


Figura 11. a) Muro de sostenimiento b) Muro de contención c) Muro de revestimiento (tomado de INGEMMET, 2000).

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. Por sus características geomecánicas las secuencias volcánicas que se presentan en la zona, son unidades susceptibles a la ocurrencia de fenómenos naturales por movimientos en masa.
2. La zona de estudio es susceptible a la ocurrencia de peligros geológicos y geohidrológicos (deslizamientos, derrumbes, caída de rocas, flujos de detritos, inundación y erosión fluvial). Presenta un substrato de mala calidad muy meteorizado, pendiente del terreno media y escasa cobertura vegetal.
3. La meteorización ha generado suelos potentes, cuando se saturan de agua se desestabilizan formando movimientos en masa.
4. El sector Lluscapampa, es susceptible a la ocurrencia deslizamientos y derrumbes.
5. La ocurrencia del fenómeno natural tiene como causas principales:
 - Substrato de mala calidad, muy meteorizada y naturaleza de suelo incompetente.
 - Morfología, pendiente del terreno promedio entre 20° a 40°.
 - Ausencia y escasas de vegetación.
 - Ocupación inadecuada por el hombre, áreas vulnerables.
 - Filtraciones de agua proveniente de los terrenos de cultivo, canal de riego y/o reservorio de agua para riego.
6. El factor detonante son las precipitaciones pluviales periódicas y/o extraordinarias que saturan al terreno, provocando la desestabilización de las laderas de cerro Lluscapampa: así como también la formación de escorrentía superficial que erosionan a manera de cárcavas.
7. Las viviendas situadas al frente del deslizamiento en la margen izquierda del río, se encuentra en una zona de peligro alto; de continuar el movimiento, estas, pueden ser afectadas, comprometiendo la integridad física de los habitantes.
8. En las condiciones actuales, debido a la presencia del deslizamiento activo que presenta grietas longitudinales y transversales, dentro de la zona inestable del sector de Lluscapampa, así como la evidencia de eventos antiguos, donde se sitúa el caserío Lluscapampa baja, se considera como una **Zona Crítica** de muy **Alto Peligro** por movimientos en masa, se considera en **Peligro Inminente**, principalmente con la presencia de lluvias periódicas.

RECOMENDACIONES

1. Implementar un sistema de monitoreo de la zona del deslizamiento (agrietamiento), que permita determinar la existencia de la tasa del movimiento de la zona inestable, este puede estar constituido por estacas de madera o varillas de fierro, las cuales deben estar colocadas tanto dentro de la zona inestable, como también en una zona estable (fuera o encima del cuerpo de deslizamiento), 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 los habitantes de las viviendas cercanas para que pueda realizar la evacuación.
2. Construir un sistema de drenaje, como canal de coronación, para impedir la infiltración de aguas pluviales hacia el cuerpo del deslizamiento, la cual debe tener un mantenimiento periódico.
3. Construir un sistema de drenaje tipo Espina de Pescado, este sistema conduce las aguas colectadas fuera del área vulnerable. También puede utilizarse para evacuar el agua que se acumula y evitar la formación de una laguna temporal
4. Disminuir la carga del talud inestable con la construcción de banquetas.
5. Realizar medidas correctivas apropiadas, para la zona donde ocurren movimientos en masa (deslizamiento), considerar uno de los ejemplos mencionados en el informe u otro para reducir sus efectos.
6. Realizar la limpieza y mantenimiento del canal de riego y del reservorio de agua para riego, y así evitar la infiltración de las aguas hacia la zona inestable.
7. Los trabajos recomendados deben ser dirigidos y ejecutados por profesionales con conocimiento y experiencia en el tema.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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.
- Luis Reyes Rivera (1980). Mapa Geológico de los Cuadrángulos de Cajamarca, San Marcos y Cajabamba. Lima – Perú, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional, N° 31. 76 p.
- Zavala, B. & Barrantes, R. (2007), Zonas Críticas por Peligros Geológicos y Geohidrológicos en la región Cajamarca. INGEMMET, Informe Técnico, Geología Ambiental y Riesgos Geológicos Pag .106
- Zavala, B. & Rosado, M. (2011) – Riesgo Geológico en la región Cajamarca. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 44,396p., 19 mapas.

ANEXO: GLOSARIO DE TERMINOS

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 21). 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.

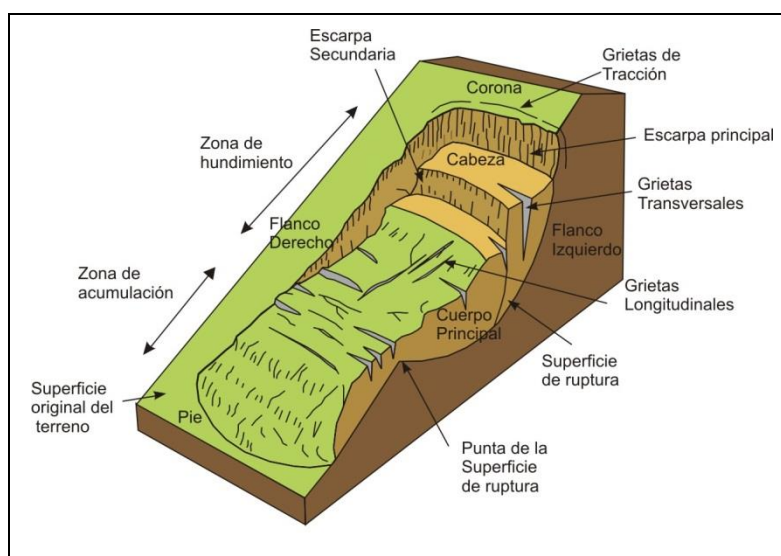


Figura 21. Diagrama de bloque de un deslizamiento