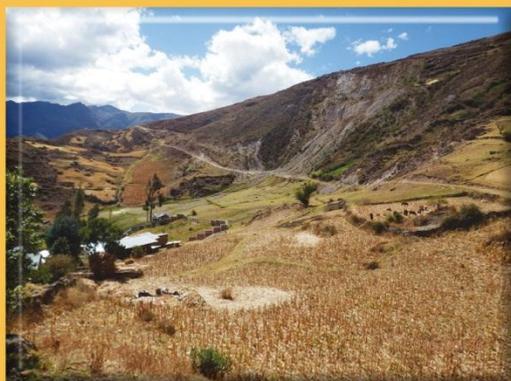


Informe Técnico N° A6731

DESLIZAMIENTO Y FLUJO EN LOS CASERÍOS CABALLO ARMANI Y LLANQUISH

Región Ancash
Provincia Huari
Distrito de Huachis
Paraje Caballo Armani y Llanquish



POR:

ING. DULIO GÓMEZ VELÁSQUEZ
ING. ORLANDO DE LA CRUZ MATOS

OCTUBRE
2016

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. ASPECTOS GEOMORFOLOGICOS.....	3
3. ASPECTOS GEOLOGICOS	3
4. MOVIMIENTOS EN MASA:.....	6
4.1 DESLIZAMIENTO	7
4.2 FLUJO.....	8
4.3 DERRUMBE.....	9
5. PROPUESTA DE MEDIDAS PREVENTIVAS.....	18
6. ZONA PROPUESTA PARA REUBICACIÓN DE LOS CASERÍOS CABALLO ARMANI Y LLANQUISH.....	21
CONCLUSIONES.....	23
RECOMENDACIONES	24
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	25

“DESLIZAMIENTO Y FLUJO EN LOS CASERIOS CABALLO ARMANAN Y LLANQUISH”

Distrito de Huachis – Provincia Huari – Departamento Ancash

1. INTRODUCCIÓN.

El Alcalde del Municipio Distrital Huachis, mediante Oficio N°033-2016-MDHs/OSTDC-ST de fecha 03 de febrero del año 2016, se dirige a la Presidente del Consejo Directivo del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), solicitando se realice un Estudio Técnico por peligros geológicos que afecta los caseríos de Caballo Armanan y Llanquish.

Luego de las respectivas coordinaciones, se comisiona a los ingenieros. Hugo Dulio Gómez Velásquez y Orlando De la Cruz Matos pertenecientes a la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico, para realizar la visita técnica.

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

Ubicación

La zona de estudio se encuentra ubicada en la margen derecha de la quebrada Llanquish, flanco suroeste a 2.38 Km., con dirección norte 235° del poblado de Chupan en el distrito Huachis, provincia Huari, departamento Ancash. Entre las coordenadas UTM (WGS 84 – Zona 18S):

Longitud: 271500 y 273000

Latitud: 8962500 y 8960500

Altitud: entre 3000 y 3500 msnm.

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

Tramo		Km.	Tipo de vía	Duración (h)
Lima	Chavín de Huantar	372	Asfaltada	8:00
Chavín de Huantar	Pomachaca	27.2	Asfaltada	0:35
Pomachaca	Rahuapampa	8.6	Afirmada	0.15

Rahuapampa	Caballo Armanan	13.1	Sin Afimar	0:25
------------	-----------------	------	------------	------

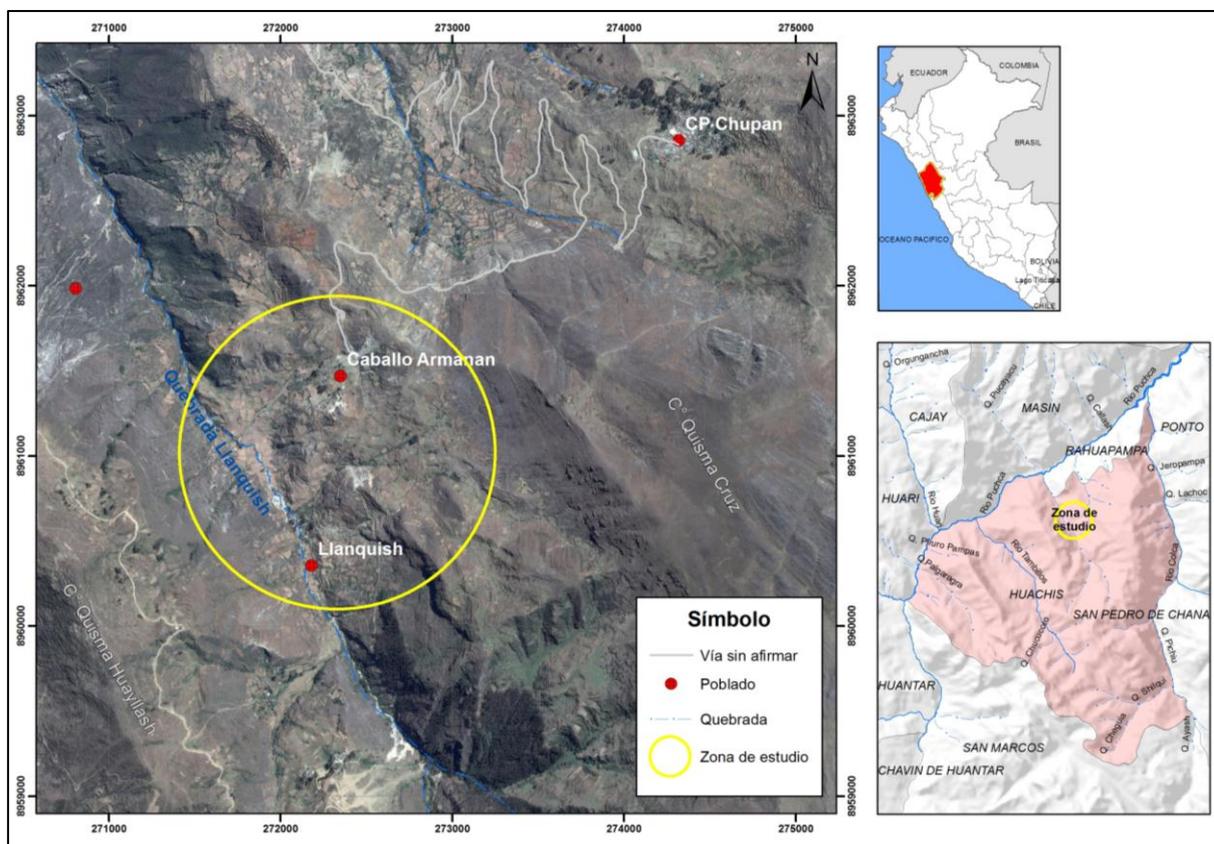


Figura. 1 Mapa de ubicación

Según el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), en la zona estudiada la precipitación pluvial acumulada durante el periodo lluvioso normal (enero abril) es de 804 mm y para el período de precipitación acumulada en el evento del fenómeno “El Niño” 1997/1998, estuvo entre 600 y 1000 mm. El mapa de clasificación climática del Perú (SENAMHI, 1988), para altitudes comprendidas entre los 3500 a 2500 m.s.n.m. (altitudes entre las que se encuentra la zona de estudio), se presenta los siguientes climas:

C(o,i,p)B’3H3: Zona de clima semiseco, semifrío, con deficiencia de lluvia en otoño, invierno y primavera, con humedad relativa calificada como húmeda; corresponde este clima al valle del río Pushca.

C(i)C’H3: Zona de clima semiseco, frío, con deficiencia de lluvia en invierno, con humedad relativa calificada como húmeda.

Objetivo

El objetivo principal del presente informe técnico es identificar y tipificar los peligros geológicos por movimientos en masa y peligros geohidrológicos, que se encuentran en las inmediaciones de los caseríos Caballo Armanan y Llanquish; así como las causas de su ocurrencia. La información obtenida durante la visita técnica, servirá para que las autoridades puedan actuar apropiadamente en la prevención y mitigación de desastres asociados a los peligros identificados.

2. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

El área del presente estudio, se extiende sobre las estribaciones orientales de la Cordillera de los Andes. La altura promedio corresponde a los 3,000 m.s.n.m La morfología comprende una secuencia de montañas y colinas de formas suaves y pendientes que pueden superar los 45°, marcada por innumerables quebradas y extensos valles en donde se desarrolla una diversidad biológica.

3. ASPECTOS GEOLÓGICOS

Geología local de Caballo Armanan y Llanquish

El área afectada por fenómenos de geodinámica externa según el mapa geológico regional desarrollado por el INGEMMET, corresponde a la hoja de Huari (19-i), actualizado por Sánchez A. (1995).

La zona del estudio se ubica en el flanco este de una estructura del tipo anticlinal cuyo eje está alineado con la quebrada Llanquish.

Formaciones Santa-Carhuaz: La descripción de la geología local se realiza en base a los diversos puntos de control desarrollados durante el estudio, describiendo los afloramientos que sobresalen a los estratos cubiertos por material cuaternario.

Hacia la base destacan secuencias de cuarcitas blanquecinas de grano fino (foto 1), en estratos delgados a medianos, suprayacen lutitas abigarradas con predominio de tonos rojizos (foto 2), más areniscas beige de grano fino, prosiguen lutitas calcáreas masivas de tonos grises, lutitas pizarrosas, limolitas gris oscuras y lutitas gris oscuras siendo estas dos últimas con matriz calcáreas.

Debido al grado de meteorización química y física sufrida por estas secuencias, se encuentran en una etapa avanzada de formación de suelo, siendo muy vulnerables para los procesos de geodinámica externa. Morfológicamente se encuentra representada por laderas de pendientes moderadas (30 a 45°), que al erosionarse

generan suelos arcillosos de coloración rojiza, que están siendo afectados por fenómenos de deslizamientos.



Foto 1 Cuarzitas blanquecinas 272374E - 8961672N



Foto 2, Lutitas abigarradas (272349E – 8961747N)

Formaciones Pariahuanca-Chulec-Pariatambo: Estas formaciones se ubican al noroeste del cerro Quisma Cruz, corresponden intercalaciones de calizas, margas y lutitas. La morfología que desarrolla comprende relieves suaves conformando cerros con crestas subredondeadas y flancos de pendientes moderados (foto 3). Estas secuencias también presentan un alto grado de inestabilidad por su transformación a un suelo inconsistente.



Foto 3, Secuencias de lutitas oscuras (272332-8962258)

Formaciones Jumasha y Celendín: Comprenden las partes altas del cerro Quisma Cruz, son secuencias de calizas, dolomitas margas y lutitas calcáreas.

La morfología desarrollada se encuentra representado por escarpas pronunciadas hacia las zonas de laderas, siendo las zonas de cumbres de formas subredondeadas.

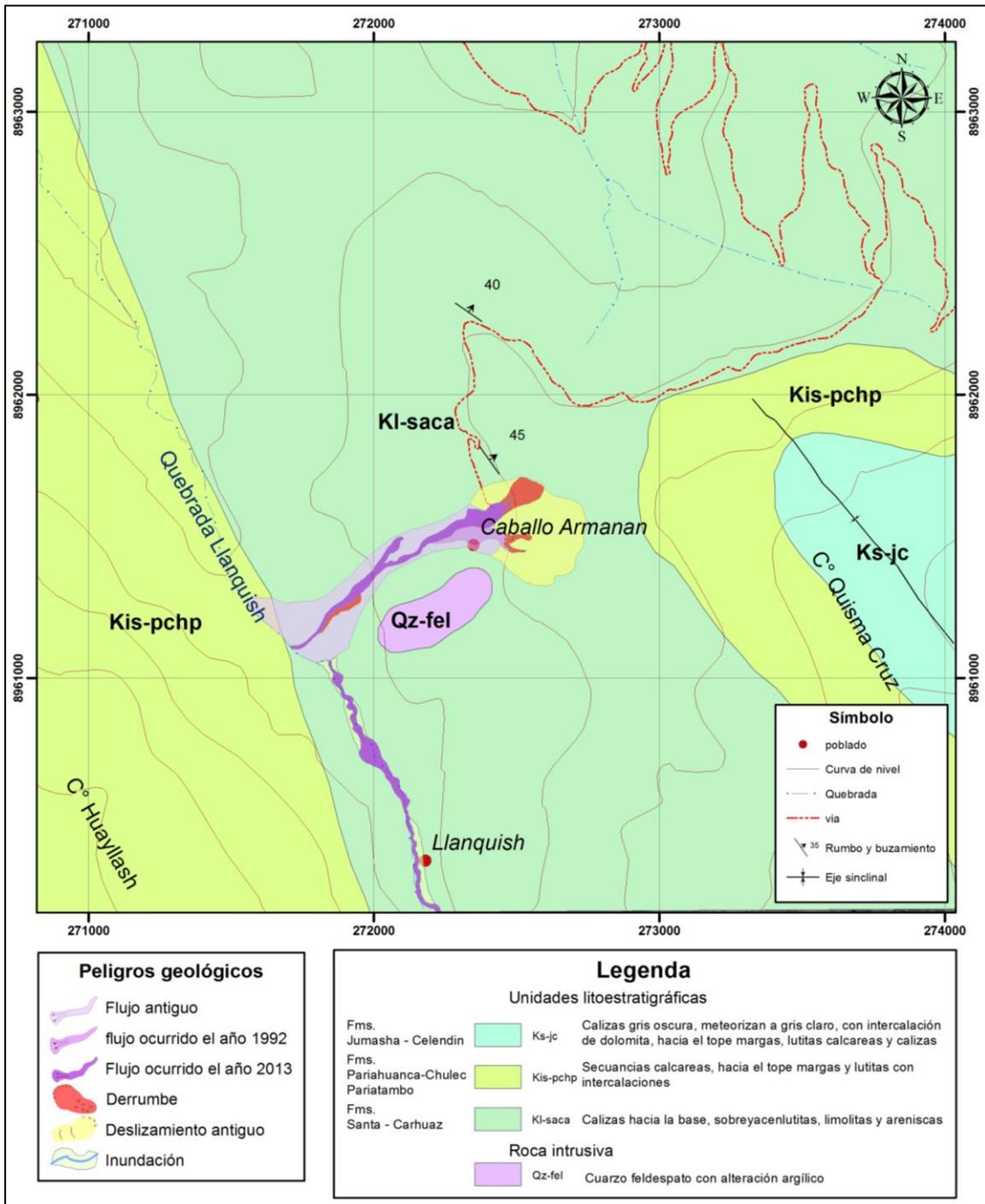


Figura 2 Unidades geológicas en la zona de estudio y alrededores

4. 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” de estos eventos las precipitaciones pluviales extraordinarias a excepcionales que caen en la zona o también los movimientos sísmicos.

A continuación se presenta una breve descripción de los movimientos en masa identificados en los alrededores de los caseríos Caballo Armanan y Llanquish, para poder tener una visión más clara de lo que viene ocurriendo.

4.1 DESLIZAMIENTO

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

En el sistema de Varnes (1978). Se clasifica los deslizamientos, 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 una 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 3). Debido a que el mecanismo rotacional es auto-estabilizante, u éste 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.

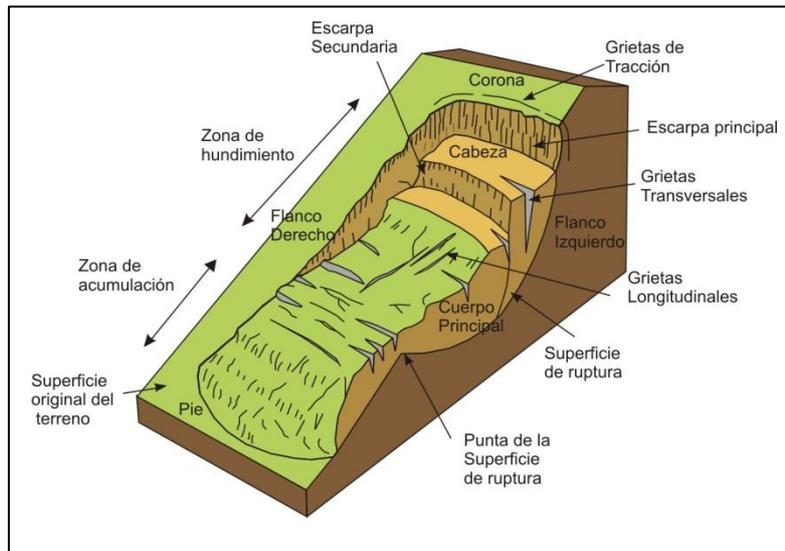


Figura 3. Diagrama de bloque de un deslizamiento

4.2 FLUJO

Es un tipo de movimiento en masa que durante su desplazamiento exhibe un comportamiento semejante al de un fluido; puede ser rápido o lento, saturado o seco. En muchos casos se originan a partir de otro tipo de movimiento, ya sea un deslizamiento o una caída (Varnes, 1978). Se tienen los siguientes tipos según Varnes (1978), Hungr *et al.* (2001), Hungr (2005):

Flujo de detritos (Huaicos)

Es un flujo muy rápido a extremadamente rápido de detritos saturados, no plásticos (Índice de plasticidad menor al 5%), que transcurre principalmente confinado a lo largo de un canal o cauce con pendiente pronunciada. Se inician como uno o varios deslizamientos superficiales de detritos (o avalanchas de detritos localizados) en las cabeceras o por inestabilidad de segmentos del cauce en canales de pendientes fuertes. Los flujos de detritos incorporan gran cantidad de material saturado en su trayectoria al descender en el canal y finalmente los depositan en abanicos de detritos (figura 4.). Sus depósitos tienen rasgos característicos como albardones o diques longitudinales, canales en forma de “u”, trenes de bloques rocosos y grandes bloques individuales. Los flujos de detritos desarrollan pulsos usualmente con acumulación de bloques en el frente de onda. Como resultado del desarrollo de pulsos, los caudales pico de los flujos de detritos pueden exceder en varios niveles de magnitud a los caudales pico de inundaciones grandes. Esta característica hace que los flujos de detritos tengan un alto potencial destructivo sobre los terrenos o sectores que atraviesan.

La mayoría de los flujos de detritos alcanzan velocidades en el rango de movimiento extremadamente rápido, y por naturaleza son capaces de producir la muerte de personas (Hungry, 2005).

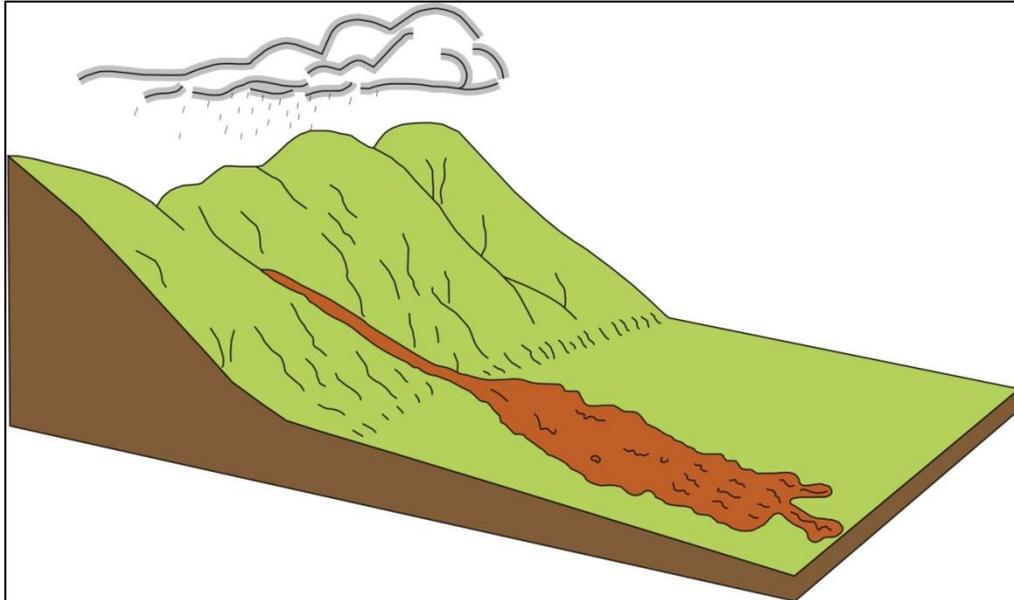


Figura 4. Esquema de flujos canalizado, según Cruden y Varnes (1996).

4.3 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 5)

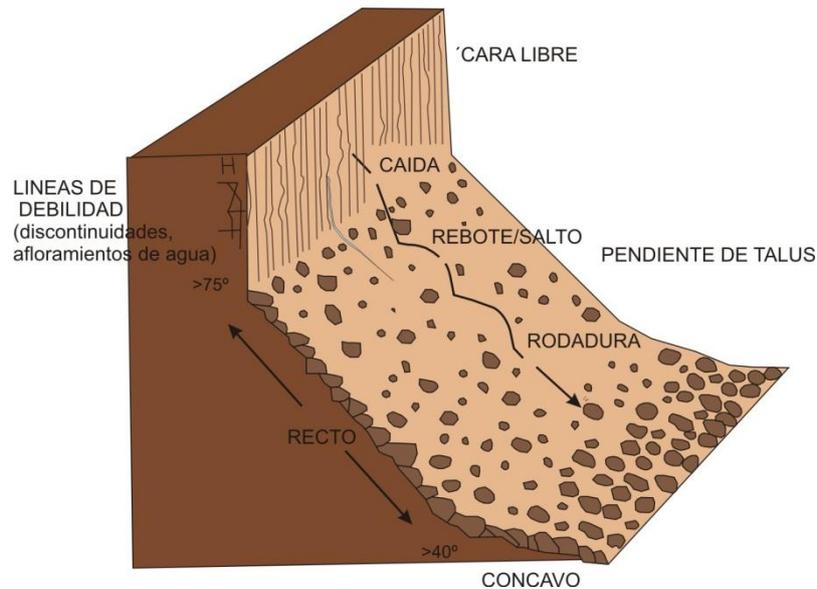


Figura 5 Esquema de Derrumbe (Vílchez 2015)

Movimiento en masa en el caserío Caballo Armanan

El caserío Caballo Armanan se encuentra asentado sobre un deslizamiento antiguo, ubicado en el flanco occidental del cerro Quisma Cruz, en la margen derecha de la quebrada Llanquish. Geomorfológicamente se encuentra una ladera de pendiente moderada (30° a 45°) de una montaña estructural, formando superficie ondulada. Litológicamente afloran rocas sedimentarias de la Formación Santa-Carhuaz conformadas por secuencias de cuarcitas blanquecinas de grano fino, en estratos delgados a medianos, suprayacen lutitas abigarradas con predominio de tonos rojizos. Debido al grado de meteorización química y física en estas secuencias, se encuentra en una etapa avanzada de formación de suelo, siendo muy vulnerables a los procesos de geodinámica externa.

El fenómeno que se identifica utilizando imágenes satelitales Google Earth (año 2014), presenta una escarpa única de 550 m. aproximadamente de forma elongada, seguido de un flujo de material canalizado, con distancia recorrida de 1000 m. el cual represó parcialmente la quebrada Llanquish.

En la actualidad se ha presentado reactivaciones a menor escala, a manera de derrumbes que han generado flujos de detritos (ver figura 6).

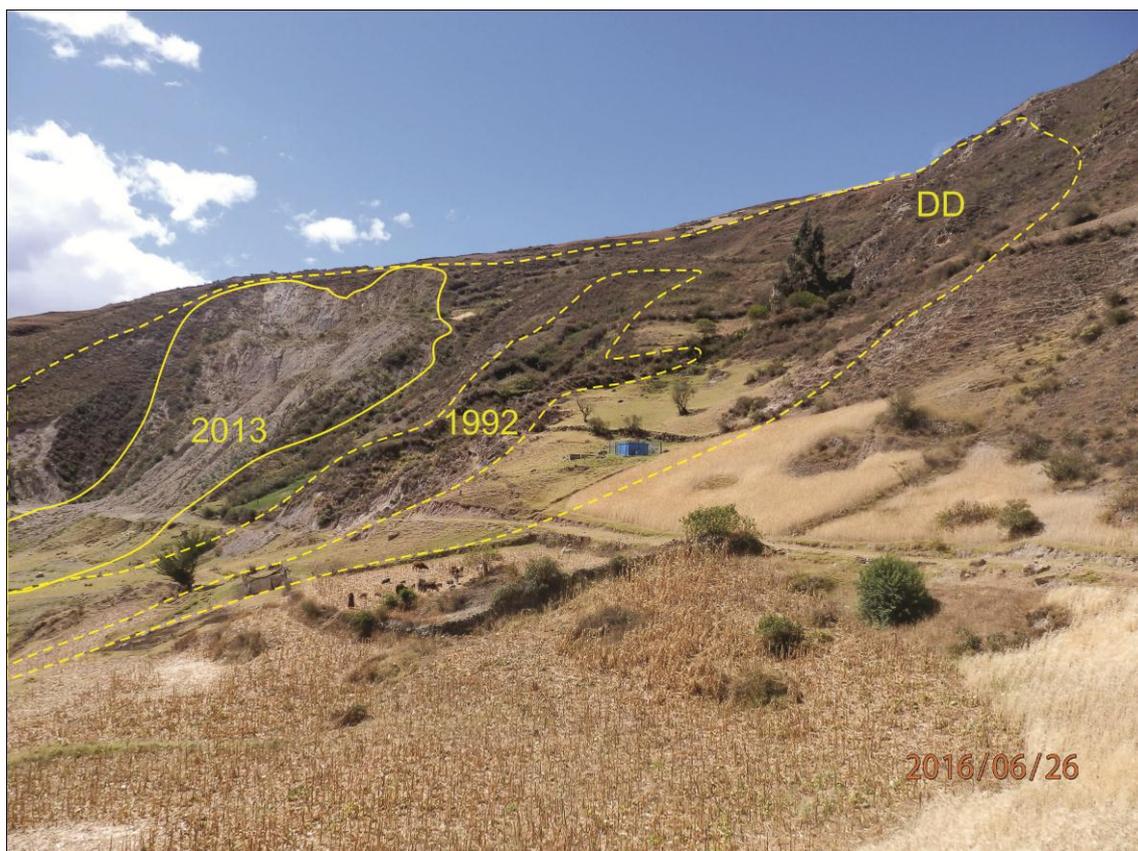


Foto 1. Vista tomada con dirección noreste, donde se observa, escarpa de deslizamiento antiguo (DD), reactivaciones ocurridas en los años 1992 y 2013, a manera de derrumbes seguido de flujos.

El año 1992:

Durante el periodo de precipitaciones pluviales se originan infiltraciones de aguas superficiales que llegan hasta la superficie del estrato inferior, dada la baja permeabilidad de esta roca de grano fino, la película de agua actúa como lubricante entre los materiales el cual ha generado la reactivación a manera de derrumbes a su vez genera flujos con material canalizado. Cuyas características son:

Derrumbe:

- Longitud de la zona de arranque roca suelo del derrumbe: 215 m.
- Altura: 5 m.
- Tipo de rotura mixto.
- Forma de la zona de arranque: Irregular continúa.
- Área del derrumbe: 1771.2 m².
- Velocidad del derrumbe moderado
- Agrietamiento retrogresivo de longitud 160 m. aproximadamente; abertura hasta 0.40m.; salto entre 0.10 a 1 m.

Causas

Factores de sitio:

- Configuración geomorfológica del área (ladera de montaña sedimentaria disectada).
- Pendiente promedio de ladera de montaña entre los 30 a 45°.

- Características litológicas-estructurales del área, las secuencias se encuentran plegadas, predominan cuarcitas blanquecinas de grano fino, en estratos delgados a medianos, suprayacen lutitas abigarradas con predominio de tonos rojizos.
- Cobertura vegetal de tipo pastizal y matorrales, que ofrecen poca protección y fijación al suelo y la roca.
- Presenta erosión en cárcavas y derrumbes en escala menor.

Del entorno geográfico:

- Precipitaciones pluviales intensas, que saturan los terrenos y los desestabilizan, también forman escorrentía superficial que erosiona las laderas a manera de cárcavas.

Actividad antrópica:

- Ocupación inadecuada del terreno (áreas vulnerables).
- Deforestación y sobre pastoreo de laderas.

Daños

- Se han reportado daños en terrenos de cultivo y de pastoreo.

Flujo de detritos

El flujo ocurrido el año 1992, presenta material detrítico saturado canalizado de velocidad muy rápido a extremadamente rápido, recorre una distancia de 870m., no plásticos (índice de plasticidad menor al 5 %), con clastos hasta de 0.20m, que transcurre a lo largo de un canal o cauce con pendiente pronunciada. Se inicia en el derrumbe en la zona superior de la ladera. Los flujos de detritos incorporan gran cantidad de material saturado en su trayectoria al descender en el canal y finalmente los depositan en abanico de detritos.

Este flujo de detritos se produce por las siguientes causas o condicionantes:

Causas

Factores de sitio:

- Configuración geomorfológica del área (montañas sedimentarias), disectadas por profundas quebradas.
- Pendiente promedio de la ladera de la montaña entre los 30° y 45°.
- Características litológicas-estructurales del área, las secuencias se encuentran plegadas, predominan cuarcitas blanquecinas de grano fino, en estratos delgados a medianos, suprayacen lutitas abigarradas con predominio de tonos rojizos.
- Cobertura vegetal de tipo pastizal y matorrales dispersos, que ofrecen poca protección al suelo y la roca.
- Las características anteriores favorecen la evolución de un derrumbe que puede desencadenar en un flujo de detritos aguas abajo.

Del entorno geográfico:

- Precipitaciones pluviales intensas, que saturan los terrenos y los desestabilizan, también forman escorrentía superficial que erosiona las laderas.

Actividad antrópica:

- Deforestación o sobrepastoreo de laderas.

Daños

- Se han reportado daños en: El cerco perimétrico de la Institución Educativa Primaria, dos viviendas afectadas y terreno de pastoreo.

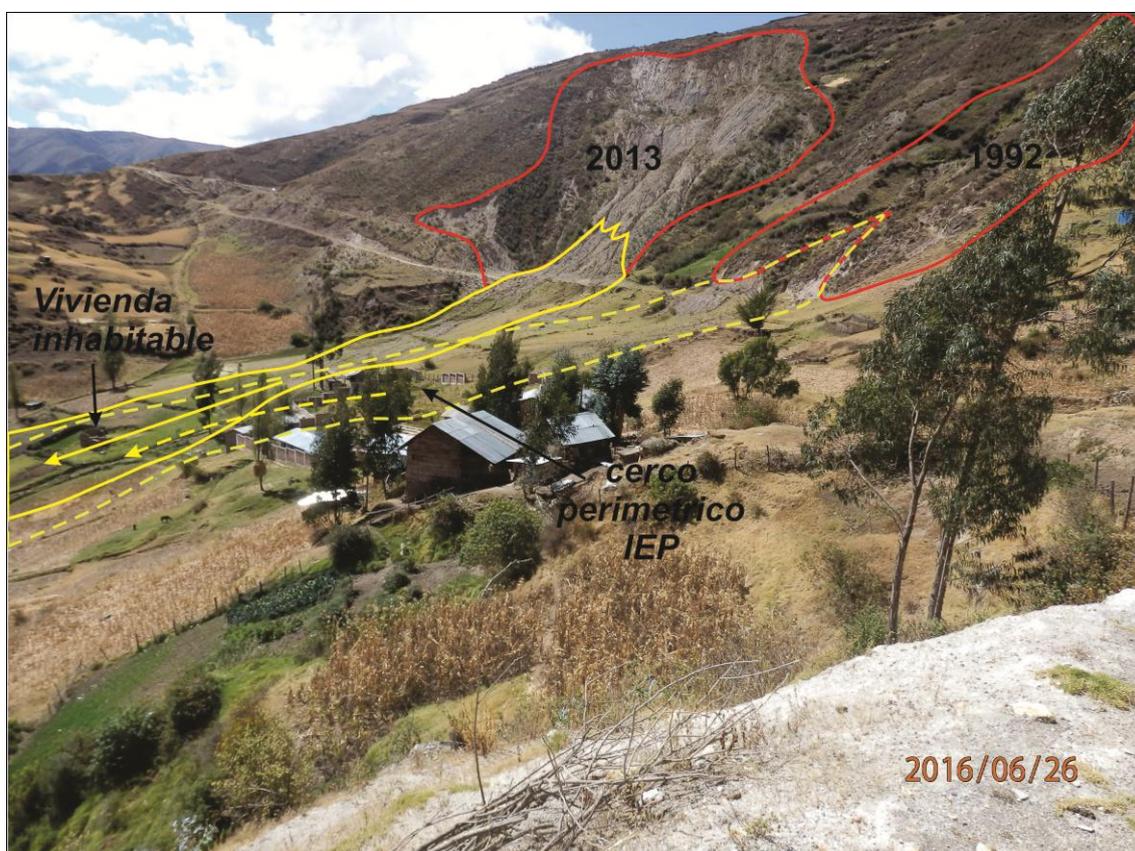


Foto 2. Vista tomada con dirección noreste, fenómenos naturales por movimientos en masa ocurridos el año 1992 y 2013.

El año 2013:

Debido al periodo de lluvia intensas, se originan infiltraciones de aguas superficiales a través de suelos porosos, que llegan hasta la superficie del estrato inferior de la Formación Carhuaz, dada la baja permeabilidad de esta roca sedimentaria de grano fino (limoarcillitas), la película de agua actúa como lubricante entre los materiales genera la reactivación a manera de derrumbes a su vez genera flujos con material canalizado. Cuyas características son:

Derrumbe:

- Longitud de la zona de arranque roca suelo del derrumbe: 196 m.
- Altura: 25 m.
- Tipo de rotura mixto.
- Forma de la zona de arranque: Irregular continua
- Área del derrumbe: 6696 m².
- Velocidad del derrumbe moderado.

Causas

Factores de sitio:

- Configuración geomorfológica del área (ladera de montaña sedimentaria disectada).
- Pendiente promedio de ladera de montaña entre los 30 a 45°.
- Características litológicas-estructurales del área, las secuencias se encuentran plegadas, predominan cuarcitas blanquecinas de grano fino, en estratos delgados a medianos, suprayacen lutitas abigarradas con predominio de tonos rojizos.
- Cobertura vegetal de tipo pastizal y matorrales, que ofrecen poca protección y fijación al suelo y la roca.
- Presenta erosión en cárcavas y derrumbes en escala menor.

Del entorno geográfico:

- Precipitaciones pluviales intensas, que saturan los terrenos y los desestabilizan, también forman escorrentía superficial que erosiona las laderas a manera de cárcavas.

Actividad antrópica:

- Ocupación inadecuada del terreno (áreas vulnerables).
- Deforestación y sobre pastoreo de laderas.
- Corte en el pie de la ladera.

Daños

- Se han reportado daños en terrenos cultivo y de pastoreo.

Flujo de detritos

El flujo ocurrido el año 2013, presenta material detrítico saturado canalizado de velocidad muy rápido a extremadamente rápido, recorre una distancia de 870m., no plásticos (índice de plasticidad menor al 5 %), con clastos hasta de 0.20m, que transcurre a lo largo de un canal o cauce con pendiente pronunciada. Se inicia en el

derrumbe en la zona superior de la ladera. Los flujos de detritos incorporan gran cantidad de material saturado en su trayectoria al descender en el canal y finalmente los depositan en abanico de detritos.

Este flujo de detritos se produce por las siguientes causas o condicionantes:

Causas

Factores de sitio:

- Configuración geomorfológica del área (montañas sedimentarias), disectadas por profundas quebradas.
- Pendiente promedio de la ladera de la montaña entre los 30° y 45°.
- Características litológicas-estructurales del área, las secuencias se encuentran plegadas, predominan cuarcitas blanquecinas de grano fino, en estratos delgados a medianos, suprayacen lutitas abigarradas con predominio de tonos rojizos.
- Cobertura vegetal de tipo pastizal y matorrales dispersos, que ofrecen poca protección al suelo y la roca.
- Las características anteriores favorecen la evolución de un derrumbe que puede desencadenar en un flujo de detritos aguas abajo.

Del entorno geográfico:

- Precipitaciones pluviales intensas, que saturan los terrenos y los desestabilizan, también forman escorrentía superficial que erosiona las laderas.

Actividad antrópica:

- Deforestación o sobrepastoreo de laderas.

Daños

- Se han reportado daños en: Cerco perimétrico de Institución Educativa Primaria, 01 vivienda y terreno de pastoreo.



Foto 3 Vista al pie del derrumbe donde se observa material detrítico

Movimientos en masa en el caserío Llanquish.

El caserío de Llanquish se encuentra ubicado en el fondo de valle de la quebrada del mismo nombre, entre los cerros Quisma Cruz y Huayllash.

Geomorfológicamente se encuentra en la llanura entre los cerros Huayllash y Quisma Cruz, de pendiente muy baja, menor a 5°.

Litológicamente conformado por rocas sedimentarias de la Formación Santa-Carhuaz se observa cuarcitas blanquecinas de grano fino, en estratos delgados a medianos, le suprayacen lutitas abigarradas con predominio de tonos rojizos, más areniscas beige de grano fino, prosiguen lutitas calcáreas masivas de tonos grises, lutitas pizarrosas, limolitas gris oscuras y lutitas gris oscuras siendo estas dos últimas con matriz calcáreas y la Formaciones Pariahuanca-Chulec-Pariatambo: conformada por intercalaciones de calizas, margas y lutitas.

El año 2013, debido a que se presentaron precipitaciones pluviales intensas donde las aguas superficiales se infiltran en suelos porosos inestabilizaron ambas márgenes de la ladera que se encuentran aguas arriba del caserío, generando derrumbes cuyo

material son depositados al pie del talud. En algunos casos represan parcialmente el cauce, tras generarse el desembalse origina el desplazamiento de material saturado con velocidad rápida, incrementando el nivel de cauce. Afectando viviendas que se encuentra asentadas cerca de la influencia del cauce (figura 6)

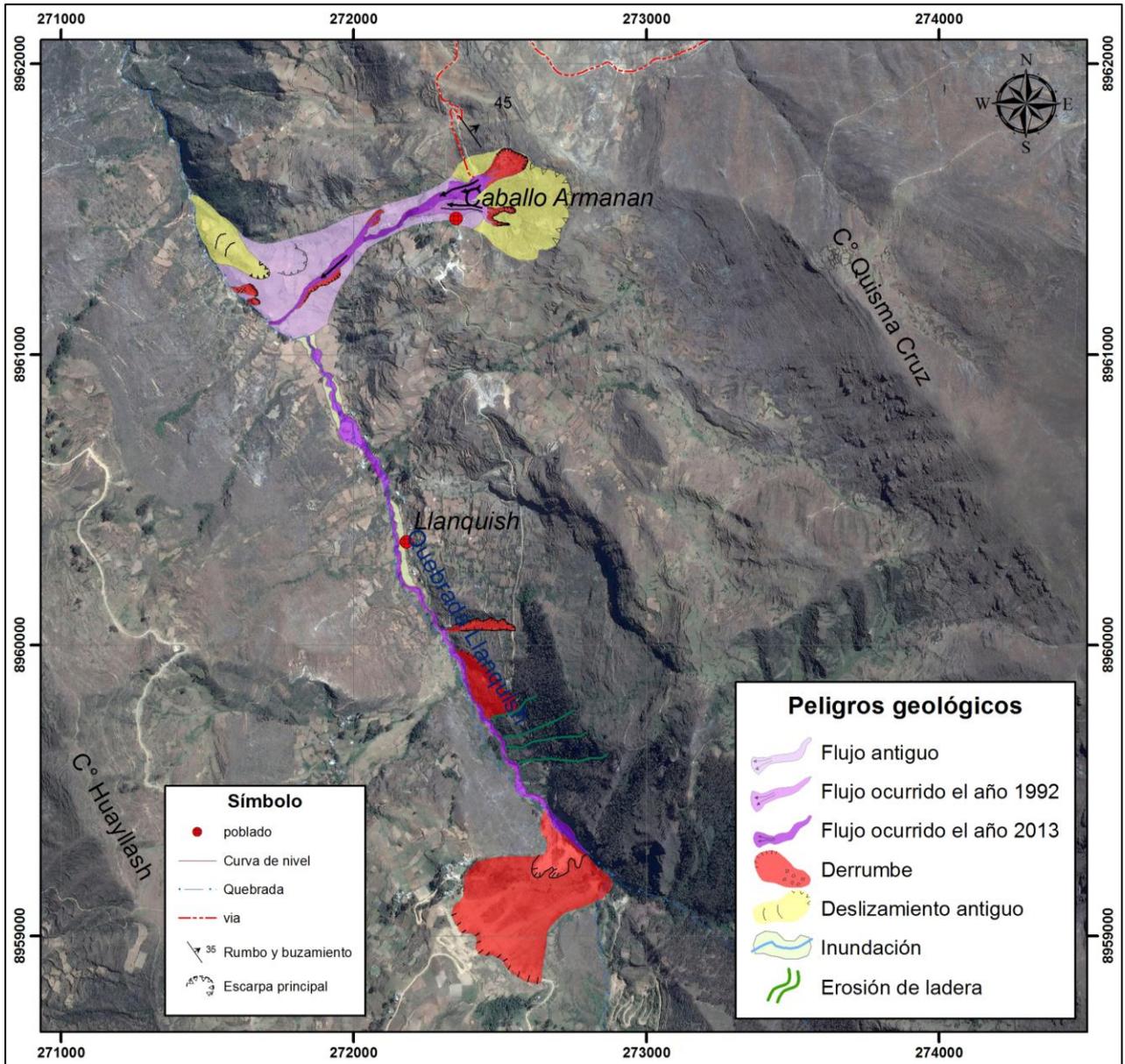


Figura 6 Mapa de peligros en los alrededores de los caseríos Caballo Armanan y Llanquish

5. PROPUESTA DE MEDIDAS PREVENTIVAS

5.1 Construir un sistema de drenaje superficial para reducir la infiltración de aguas pluviales

Realizar canales de coronación o derivación de aguas revestidos (ver figura 7), para impedir la filtración de aguas pluviales hacia el cuerpo del deslizamiento, específicamente encima de la zona reactivada y derivarlas hacia un sistema canalizado.

5.2 Medidas correctivas para erosión de laderas y flujos

Realizar un control en los procesos de erosión de laderas y flujos de detritos (huaicos), mediante la construcción de muros de retención de detritos. figuras 8 y 9 Realizar limpieza del cauce en la quebrada Llanquish después del periodo lluvioso. Forestación para el control y disminución de la erosión.

5.3 Construir presas o diques de contención

A lo largo del cauce de la quebrada, se deben construir presas de contención (figura 10); son presas pequeñas de almacenamiento de sedimentos, con la finalidad de estabilizar y disminuir la carga de material de los posibles flujos que se puedan generar, deberá determinarse la ubicación adecuada de estas, pudiendo aprovecharse su construcción en las márgenes inestables cumpliendo doble función.

5.4 Tuberías de drenaje

Las tuberías de desagüe horizontales son un dispositivo utilizado para la prevención de deslizamientos (figura 11). Debido a los periodos de latencia largos que se necesitan para bajar los niveles freáticos, los desagües sólo son eficaces si el tubo se instala cuidadosamente, cruza la superficie de la falla y el tubo drena de hecho en el suelo. Como la mayoría de los suelos de las pendientes tienen diferentes y condiciones hidráulicas y geométricas, cada sistema de drenaje se debe diseñar individualmente. Después de realizar la perforación hasta la profundidad deseada e instalar la carcasa, esta última se limpia de tierra y las secciones de tubería de drenaje de PVC ranuradas se cubren con un filtro de tela. Después se empujan dentro de la carcasa y se acoplan. Se retira la cubierta y se instala cedazo sobre el extremo del drenaje. Los agujeros de drenaje deben estar completamente limpios de recortes de perforación y de barro. Si no se limpian los agujeros, su efectividad puede ser sólo del 25 por ciento.

En suelos arcillosos, el cambio completo de las capas freáticas puede tardar hasta cinco años y un 50 por ciento de la mejora tiene lugar en el primer año. Una vez que bajan los niveles freáticos en los suelos de arcilla, el cambio es bastante permanente; sin embargo, pueden ocurrir fluctuaciones estacionales: la precipitación no alterará el nivel de las aguas subterráneas en la ladera siempre que el desagüe no se obstruya. En suelos arenosos, el nivel freático bajará en unos pocos meses y también fluctúa con las lluvias

5.5 Monitoreo permanente en la zona durante el periodo lluvioso

La superficie ubicada por encima de la escarpa principal de la zona reactivada en el caserío debe ser monitoreada permanentemente con equipos de estación total.

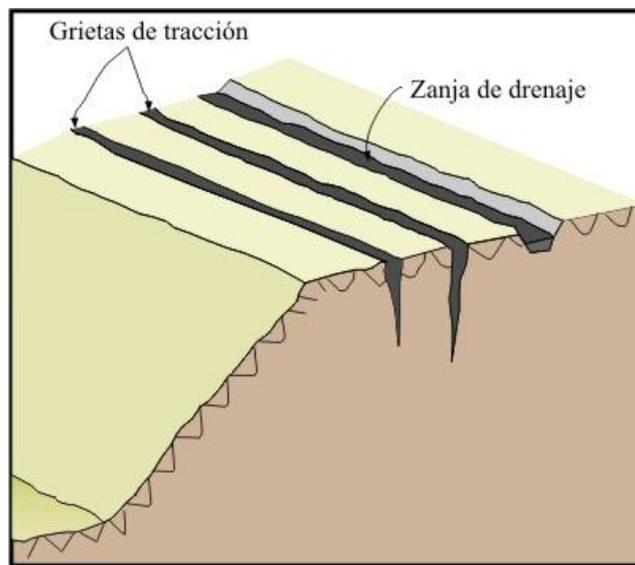


Figura 7 Canales de coronación

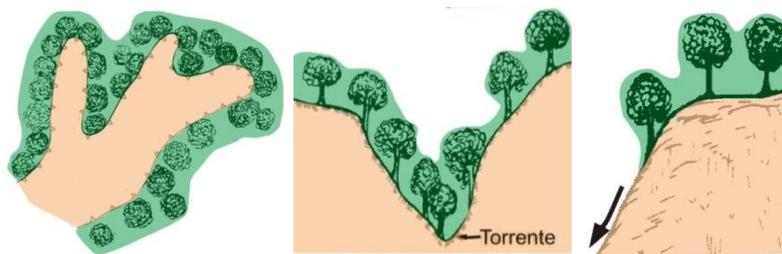


Figura 8 Obras de forestación en zonas de cárcavamiento.

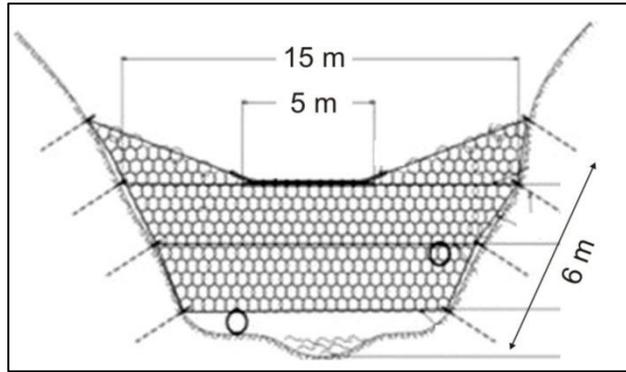


Figura 9. Malla de retención de detrito

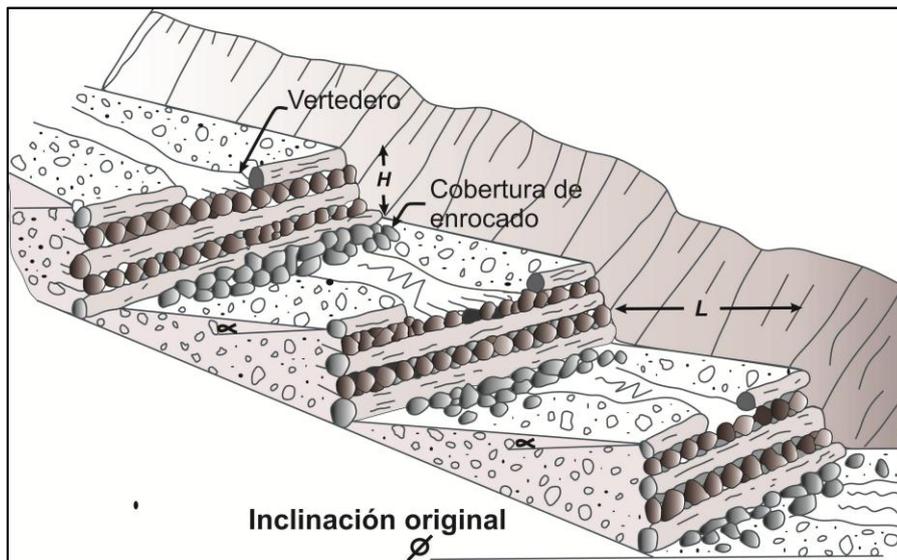


Figura 10. Esquema de una presa de contención con muro de armazón. (Esquema tomado del manual de derrumbes de la USGS-2008).

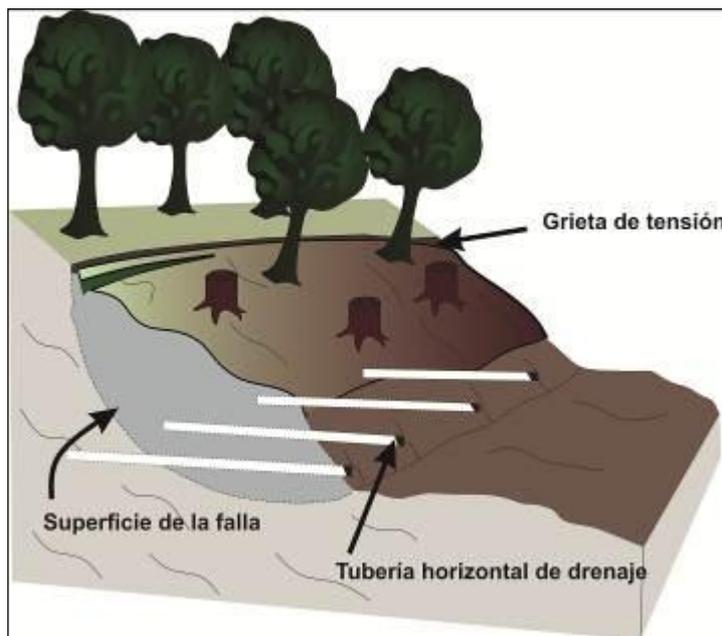


Figura 11. Esquema de las tuberías de desagüe

6. ZONA PROPUESTA PARA REUBICACIÓN DE LOS CASERÍOS CABALLO ARMANAN Y LLANQUISH

El sector Pan de Azúcar se propone como zona de reubicación de los sectores afectados por los fenómenos naturales para su habitabilidad se tiene que cumplir con algunos estudios técnicos.

El sector se ubica al noreste del caserío Caballo Armanan a una distancia de 800 m. de la vía Caballo Armanan – Rahuapampa (figura 12). Geomorfológicamente se ubica en la cresta de la montaña sedimentaria estructural, litológicamente está conformada por una secuencia de rocas sedimentaria de la Formación Santa Carhuaz que hacia la base destacan secuencias de cuarcitas blanquecinas de grano fino, en estratos delgados a medianos, suprayacen lutitas abigarradas con predominio de tonos rojizos, más areniscas beige de grano fino, prosiguen lutitas calcáreas masivas de tonos grises, lutitas pizarrosas, limolitas gris oscuras y lutitas gris oscuras siendo estas dos últimas con matriz calcárea.

En el sector no se evidencia movimientos en masa recientes, pero se tiene que realizar algunas consideraciones para su habilitación.

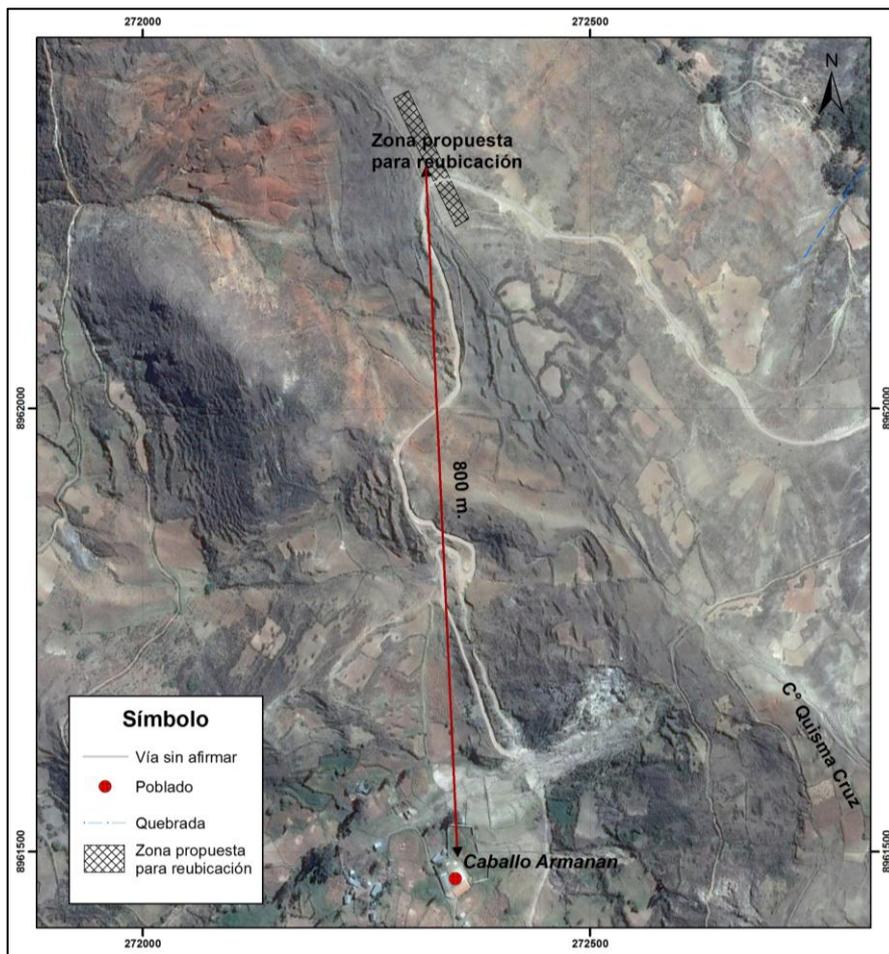


Figura 12 Sector Pan de azúcar propuesto para reubicación de los caseríos Caballo Armanan y Llanquish

6.1 Consideraciones generales para su habilitación del sector Pan de Azúcar

- En las labores de adecuación del terreno, como nivelación (cortes), para la remoción de material (roca), no se debe usar explosivos, solamente se debe emplear maquinaria, con la finalidad de no desestabilizar el terreno.
- Las futuras instalaciones del sistema de drenaje pluvial, desagüe y agua potable, debe ser en forma adecuada, que no permita la filtración del agua al subsuelo, con la finalidad que en el tiempo no se genere un humedecimiento del terreno, lo cual podría desestabilizar al mismo.
- Realizar estudio de suelo para determinar los tipos de cimentaciones que se van a utilizar en las futuras edificaciones.
- Reforestar la zona aledaña a la reubicación (figura 13)
- El diseño total de la futura localidad de Caballo Armanan, deberá estar a cargo de un especialista (arquitecto o ingeniero civil).



Figura 13. Se observa el sector Pan de Azúcar para su reubicación

CONCLUSIONES

1. Por sus características litológicas, las formaciones Santa-Carhuaz, Pariahuanca-Chulec-Pariatambo, constituyen unidades susceptibles a la ocurrencia de fenómenos naturales de movimientos en masa.
2. La meteorización ha generado la conformación de suelos, que originan una gran inestabilidad en el área estudiada
3. Estructuralmente es una zona inestable por estar situada en el flanco del eje de un sinclinal.
4. La zona de estudio es susceptible a la ocurrencia de movimientos en masa (deslizamiento, derrumbes y flujo de detritos), presenta un substrato de mala calidad (muy meteorizado), pendiente de terreno fuerte, estratificación a favor de la pendiente y de regular cobertura vegetal.
5. El detonante principal es la presencia de lluvias intensas en el periodo lluvioso. El sector presentó precipitaciones pluviales intensas, que saturaron los terrenos, provocando la desestabilización de las laderas: así como también formando escorrentía superficial que erosionan las laderas.
6. Caballo Armanan se encuentra asentado sobre un cuerpo de deslizamiento antiguo, viene ocurriendo reactivaciones de escala menor a manera de derrumbe y flujo.
7. La reactivación del fenómeno ocurrido el año 1992 en el caserío de Caballo Armanan, correspondió a un derrumbe seguido de un flujo de detritos. Durante la época de lluvias intensas que originaron infiltraciones de aguas superficiales llegando hasta la superficie del estrato inferior, y dada la baja permeabilidad de esta roca de grano fino la película de agua actúa como lubricante entre ambos materiales facilitando el derrumbe. Se encuentra afectando principalmente el cerco perimétrico de la Institución Educativa Primaria, dos viviendas y terrenos de pastoreo.
8. La reactivación del año 2013 en el caserío Caballo Armanan, ocurrió de la misma manera tanto en los factores de sitio y entorno geográfico del lugar, afectó principalmente una vivienda y terrenos de cultivo y pastoreo.
9. El caserío Llanquish, es susceptible a la ocurrencia de derrumbes, flujos de detritos, inundación y erosión fluvial
10. En las condiciones actuales, debido a la presencia de, grietas entre la corona del deslizamiento y abiertas paralelas en el cuerpo de la misma y su avance retrogresivo, así como la evidencia de eventos antiguos en el caserío Caballo Armanan, esta zona se considera como de PELIGRO INMINENTE, principalmente con presencia de lluvias excepcionales.
11. El sector Pan de Azúcar propuesto como área de reubicación, **se encuentra estable**, actualmente no muestra evidencias de movimientos en masa reciente.

RECOMENDACIONES

- 1 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 fierro, 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
- 2 Construir un sistema de drenaje, como canal de coronación, para impedir la infiltración de aguas pluviales hacia el cuerpo del deslizamiento. Realizar las medidas correctivas apropiadas, para la zona donde ocurren movimientos en masa (deslizamiento y flujo), considerar uno de los ejemplos mencionados en el informe u otro para reducir sus efectos.
- 3 Realizar estudio hidrogeológico, que permita determinar parámetros apropiados para el diseño de un sistema de drenaje subterráneo
- 4 Se debe realizar limpieza y mantenimiento del cauce de la quebrada Llanquish, reforzar con la construcción de gaviones
- 5 No permitir la construcción de viviendas dentro del área de influencia del cauce de la quebrada Llanquish.
- 6 En la zona propuesta para reubicación realizar un intensivo trabajo de reforestación con árboles que tengan raíces verticales o subverticales, para mejorar la cobertura vegetal existente, y de esta forma evitar el impacto de las gotas de lluvia directamente sobre el terreno que pueda producir pérdida de suelo y reducir la infiltración de agua en el suelo.
- 7 Los trabajos deben ser dirigidos y ejecutados por profesionales con conocimiento y experiencia en el tema

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cruden, D. M. & Varnes, D. J., (1996) Landslide types en procesos, 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
- Varnes, D. J. (1978) Slope movements types and processes, en Schuster R.L., y Krizek R.J., ed, Landslides analysis and control: Washington D.C, national Academy Press, Transportation Research Board Spatial report 176, p. 9-33.
- Hungr, O., Evans, S. G., Bovis, M., y Hutchinson, J. N., (2001), Review of the Classification of landslides of the flow type: Environmental and Engineering Geoscience, v. 7, p. 221–238.
- Hungr, O. 2005. Rock avalanche occurrence, process and modelling. Keynote Paper, NATO Advanced Workshop on Massive Slope Failure, Celano, Italy. Kluwer NATO Science Series, In press.
- Hutchinson, J.N., (1988), Morphological and geotechnical parameters of landslides in relation to geology and hydrogeology, in Memories, 5th International Conference on Landslides, Lausanne, p. 3–35.
- Molina, O. & Sánchez, A. (1995). Mapa Geológico del Cuadrángulo de Huari, Base compilada de Wilson, J (1967). Lima – Perú, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional, N° 16. 79 p.
- 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.