

Informe Técnico N° A6662

Evaluación de los Peligros Geológicos en el Anexo Puente Capelo

Región Junín, Provincia Chanchamayo,
Distrito San Luis de Shuaro, Paraje Anexo Puente Capelo



POR:
SEGUNDO NÚÑEZ JUÁREZ
ELVIRA PILCO MAMANI

ENERO 2015

CONTENIDO

1.0 ANTECEDENTES.....	1
2.0 ASPECTOS GENERALES.....	1
3.0 ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	2
4.0 PELIGROS GEOLÓGICOS.....	7
4.1 FLUJOS.....	9
4.2 EROSIÓN FLUVIAL.....	19
5.0 ALTERNATIVAS PARA EL MANEJO DE PROBLEMAS GEODINÁMICOS	22
5.1 PROPUESTAS PARA EL CONTROL DE FLUJOS DE DETRITOS.....	23
5.2 PROPUESTAS PARA EL CONTROL DE DESLIZAMIENTOS.....	25
CONCLUSIONES.....	29
RECOMENDACIONES.....	30
BIBLIOGRAFIA.....	31

PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL ANEXO PUENTE CAPELO

Distrito de San Luis de Shuaro, provincia de Chanchamayo región Junín

1.0 ANTECEDENTES

El Alcalde de la Municipalidad Distrital de San Luis de Shuaro mediante Oficio N° 023-2014-MDSLSH de fecha 14 de febrero 2014, Sr. Juan Pariona Navarro, se dirigió a la Presidenta del Consejo Directivo del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), solicitando la inspección y la elaboración de un informe técnico de Evaluación de los peligros geológicos del Anexo Puente Capelo, del distrito de San Luis de Shuaro, provincia Chanchamayo, región Junín.

Por tal motivo el Director de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR) del INGEMMET, dispuso que el Ing. Segundo Núñez Juárez y la Bach. Elvira Pilco Mamani, realizaran la inspección geológica correspondiente.

Los trabajos de inspección de campo se realizaron el día 31 de agosto del 2014, previas coordinaciones con las autoridades municipales; durante los trabajos de campo, se contó con la presencia de autoridades de la Municipalidad Distrital de San Luis de Shuaro y pobladores del Anexo de Puente Capelo.

Este informe se pone en consideración de las autoridades regionales y locales con injerencia en el ámbito de la Municipalidad Distrital de San Luis de Shuaro. Se basa en las observaciones de campo realizadas durante la inspección, interpretación de imágenes satelitales, versiones orales de los hechos dadas por los pobladores, así como de la información disponible en trabajos realizados anteriormente en el área de estudio.

2.0 ASPECTOS GENERALES

El área de estudio, se encuentra en la margen derecha del río Paucartambo, entre las siguientes coordenadas UTM-WGS 84:

- 8799150 N, 470070 E,
- 8798830 N, 469600 E,
- 8798420 N, 469850 E,
- 8798830 N; 470350 E,

con altitudes entre los 750 a 950 m s.n.m.

Políticamente la zona inspeccionada pertenece al distrito de San Luis de Shuaro, Provincia de Chanchamayo, Región Junín (Figura 1).

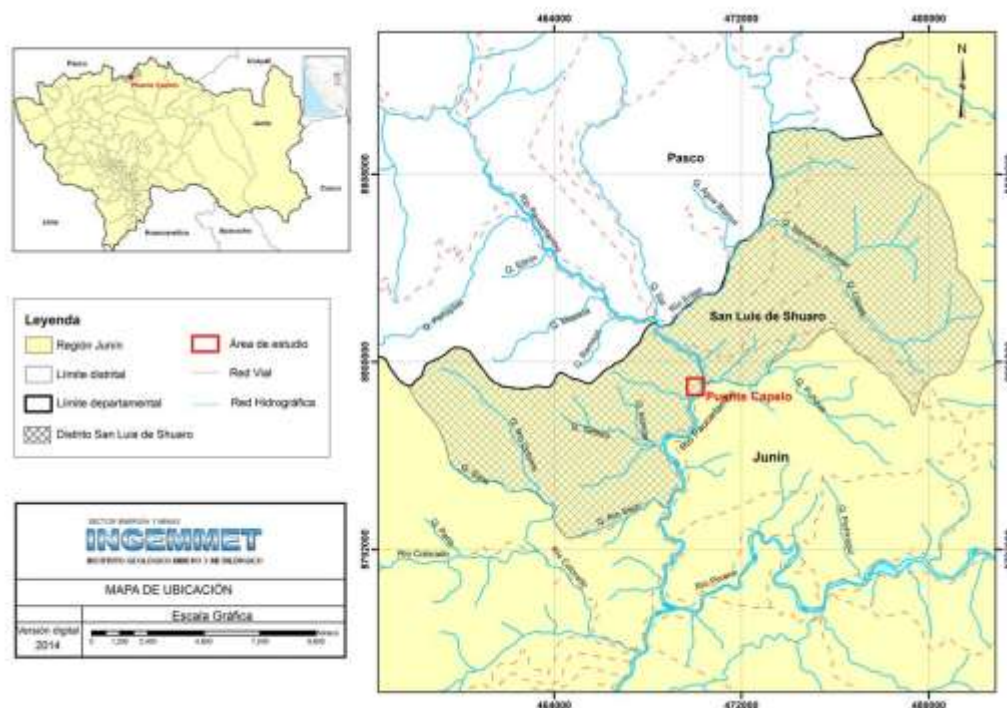


Figura 1

El acceso al Anexo Puente Capelo desde Lima, se realiza por la Carretera Central siguiendo la ruta Lima-La Oroya-Tarma-La Merced-San Luis Shuaro-Puente Capelo, en un recorrido total de 345 km. La distancia aproximada desde la ciudad de La Merced es de unos 26 km.

El clima se caracteriza por ser de tipo cálido tropical, con altitudes que alcanzan los 680 m.s.m.n. Según el SENAMHI (2010), en el área evaluada para el periodo lluvioso normal (setiembre-mayo), se presenta una precipitación acumulada entre 2000 a 3000 mm, produciéndose lluvias más intensas entre los meses de diciembre a abril. La temperatura fluctúa entre los 18 a 35 °C.

Según información del último censo de población y vivienda (INEI, 2007), en la zona se tiene un total de 120 viviendas.

3.0 ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

En el sector inspeccionado se identificó las siguientes geoformas (Figura 2):

Geoformas de Carácter Tectónico Degradacional y Erosional

a) Relieve colinoso en rocas sedimentarias (Rc-rs):

Representado principalmente por el cerro San Andrés, disectado por las quebradas Alto Capelo y Rodas (Figura 2). Geoformas que no superan los 300 m de altura con respecto al nivel de base local. La pendiente de las laderas son moderadas (foto 1), en sectores puntuales es muy escarpado.



Figura 2. Imagen Google Earth donde se ha delimitado las diferentes unidades geomorfológicas que se presentan en el sector de Puente Capelo.

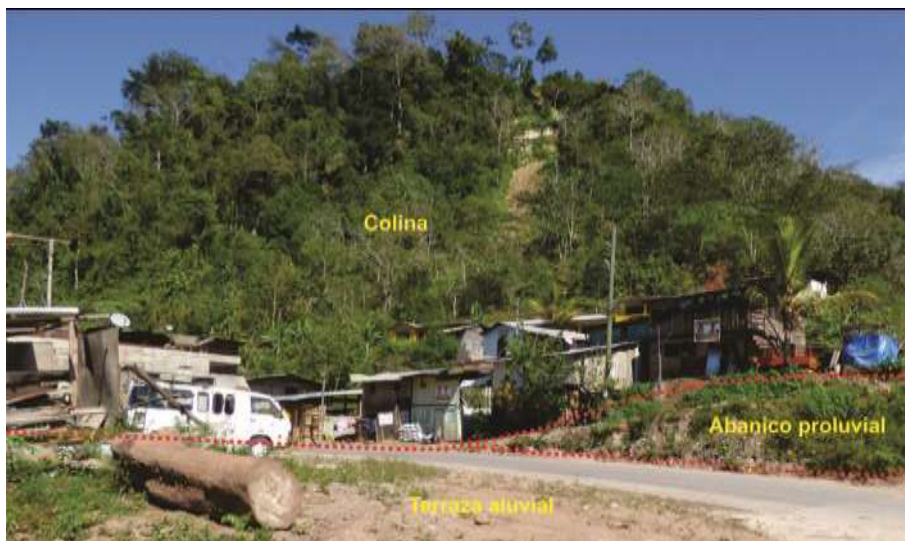


Foto 1. Se observa una colina sedimentaria con ladera de pendiente moderada, como también parte del abanico proluvial y la terraza aluvial.

Según la geológica realizada por Monge, R. 1996, en el área afloran limolitas y calizas de la Formación Chonta (foto 2), que constituyen la colina.



Foto 2. Secuencia de limolitas, de color blanquecinas y rojizas.

Esta unidad geodinámicamente está asociada a la ocurrencia de deslizamientos, avalanchas de detritos y flujos de detritos (huaicos).

Subunidades de acumulación

a) Valle fluvial y terrazas (VT)

Se consideran dentro de esta subunidad, a los terrenos planos de ancho variable, ubicados en el cauce o en ambas márgenes del río Paucartambo.

El río Paucartambo en la zona evaluada presenta un valle amplio, con un ancho máximo de 100 m, su cauce está controlado por la presencia de afloramientos rocosos y depósitos acumulados generados por flujos de detritos (figura 3), los cuales estrechan el valle en ciertos sectores.

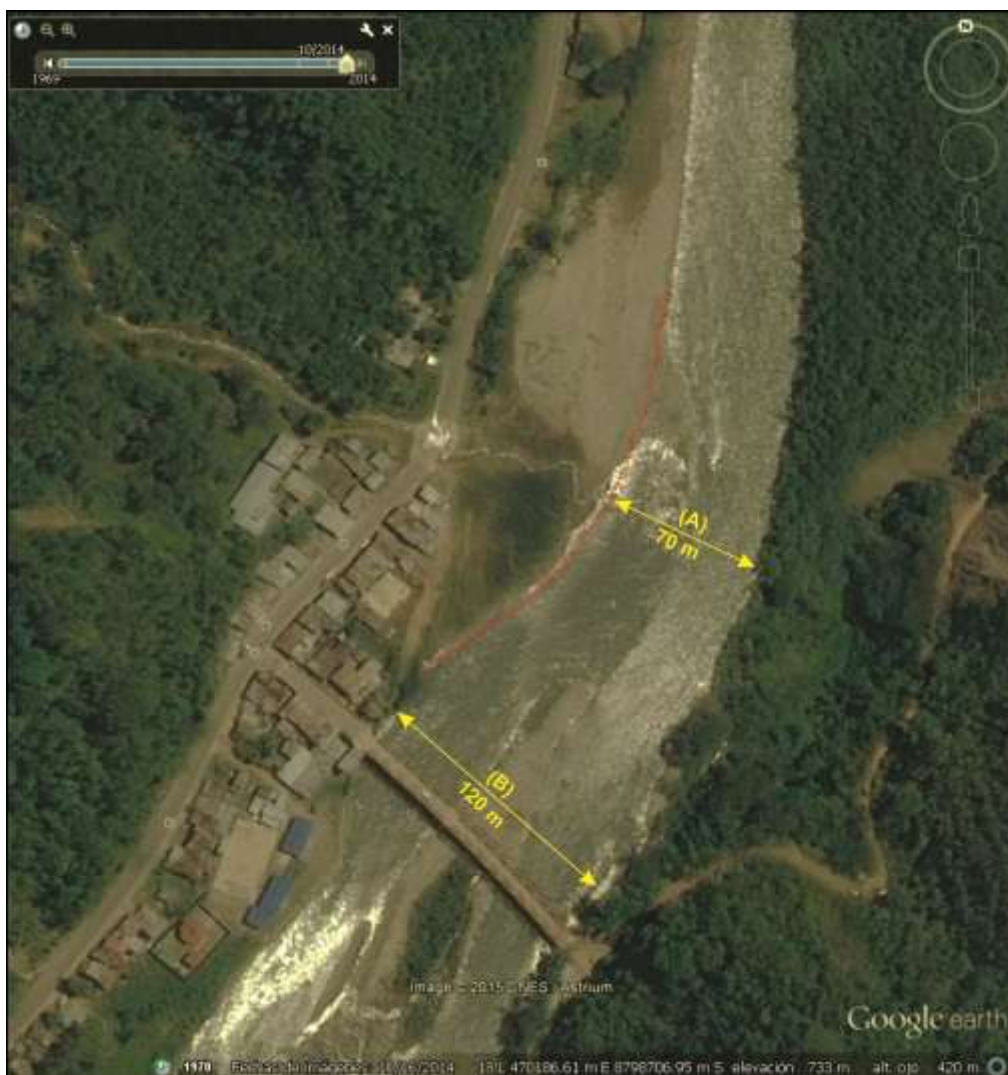


Figura 3. Se aprecian las áreas estrechas (A) y amplias (B) del cauce del río Paucartambo.

b) Piedemonte proluvial (V-pr)

Formados por acumulaciones de material suelto en la desembocadura de quebrada, son originados por flujos de detritos y presentan formas de abanicos con ligera pendiente hacia el valle, que va de suave (2°) hasta moderadas (10° - 15°), (figura 2 y foto 3). Están constituidos por depósitos de material gravoso con bolos y bloques, de naturaleza sedimentaria.

Estos depósitos han llegado a desviar el cauce del río Paucartambo, controlando la morfología del valle, se tienen sus mejores exposiciones en la desembocadura de las quebradas Alto Capelo (foto 3) y Rodas.

Esta unidad está asociada a flujos de detritos (huaicos) excepcionales, y proceso de erosión de laderas.



Foto 3. Quebrada Alto Capelo, muestra las terrazas formadas por el flujo de detritos.

c) Piedemonte coluvio-deluvial (V-cd)

Corresponde a acumulaciones en las laderas originadas por procesos de movimientos en masa (deslizamientos), donde la presencia de agua jugó un papel importante como condicionante de la inestabilidad de las laderas. Esta unidad se identificó en el cerro San Andrés.

Esta conformada por gravas y bloques cuya composición litológica es sedimentaria; los materiales son de formas angulosas lo que muestra un recorrido corto, su morfología es esencialmente convexa (foto 4).



Foto 4. Piedemonte coluvio-deluvial, ubicado en la margen izquierda de la quebrada Rodas.

d) Piedemontes coluviales (V-c)

Son acumulaciones de fragmentos de roca producto de una caída, donde solamente ha contribuido la gravedad. Estos provenientes de laderas escarpadas o acantilados con afloramientos rocosos fracturados y meteorizados. Los depósitos se ubican al pie de las laderas.

Se caracterizan por estar conformadas de material suelto de diferentes dimensiones, tales como bloques, gravas y escasa matriz, los fragmentos de roca son de formas angulosas, son de naturaleza sedimentaria;. Estos son depósitos tienen recorrido corto, en el área se identificado tres sectores.

4.0 PELIGROS GEOLÓGICOS

Según Fidel, L. et al (2006), el área de Puente Capelo, se encuentra en un área de muy alta y alta susceptibilidad a movimientos en masa (figura 4). Para la categorización de la susceptibilidad en el estudio se usaron los factores de geomorfología, litología, pendientes, hidrogeología y uso de suelo.

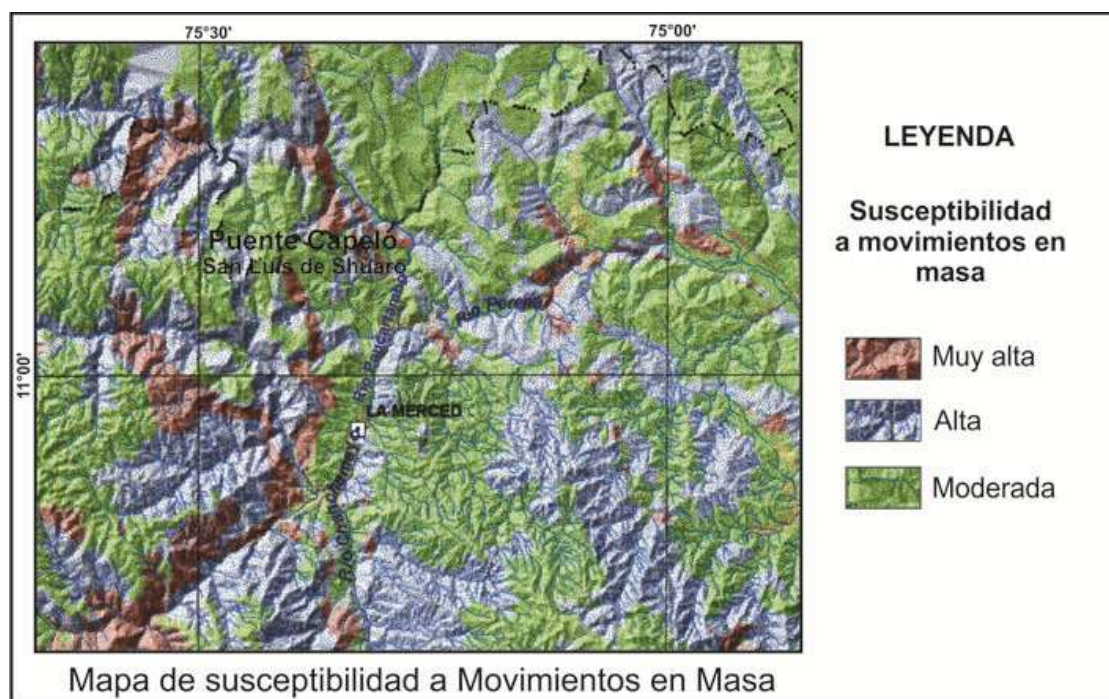


Figura 4

Por lo observado en campo, el área puede considerarse geodinámicamente activa porque se presentan flujos de detritos, avalancha de detritos y deslizamientos (figura 5).

Según Ludeña, J (2014), en su informe geológico de San Luis Shuaro-Puente Capelo, menciona que el área de Puente Capelo es muy vulnerable a procesos de derrumbes y deslizamientos, como también a desbordes del río Paucartambo.

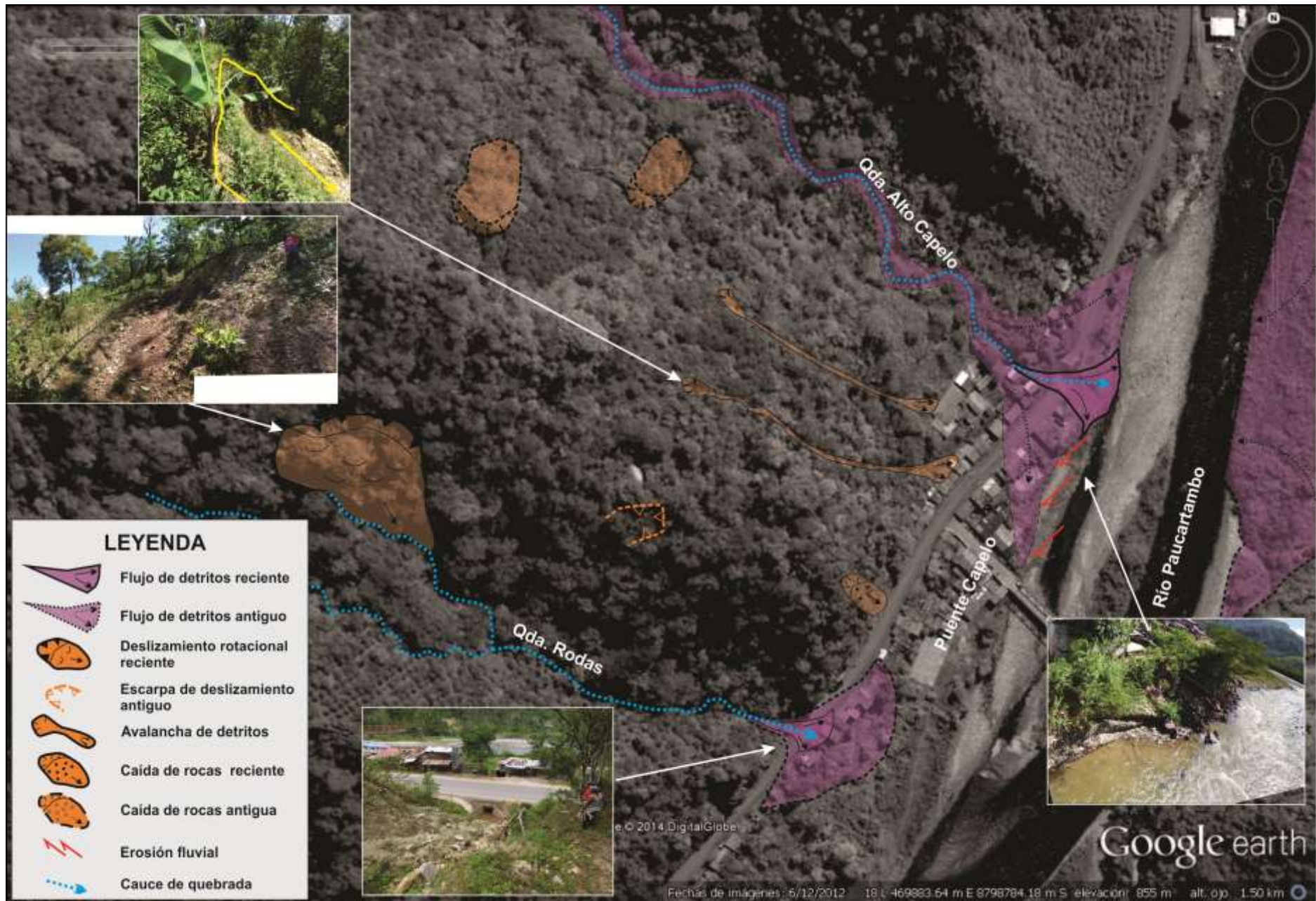


Figura 5. Representación esquemática de los peligros geológicos en el sector Puentes Capelo.

4.1 FLUJOS

Se les denomina así porque durante su desplazamiento presentan un comportamiento semejante al de un fluido. Pueden ser rápidos o lentos, saturados o secos. Existen casos en que se originan a partir de otros tipos de procesos, como deslizamientos o desprendimientos de rocas (Varnes, 1978). Pueden transportar grandes volúmenes de fragmentos rocosos de diferentes tamaños. Pueden alcanzar grandes extensiones de recorrido, más aun si la pendiente es más elevada.

Según Hungr & Evans (2004) los flujos se pueden clasificar de acuerdo al tipo y propiedades del material involucrado, la humedad, la velocidad, el confinamiento lateral (canalizado o no canalizado, figura 6) y otras características que puedan hacerlos distinguibles. Por ejemplo se tienen flujos de detritos (huaicos), de lodo, avalanchas de detritos, de roca, etc.

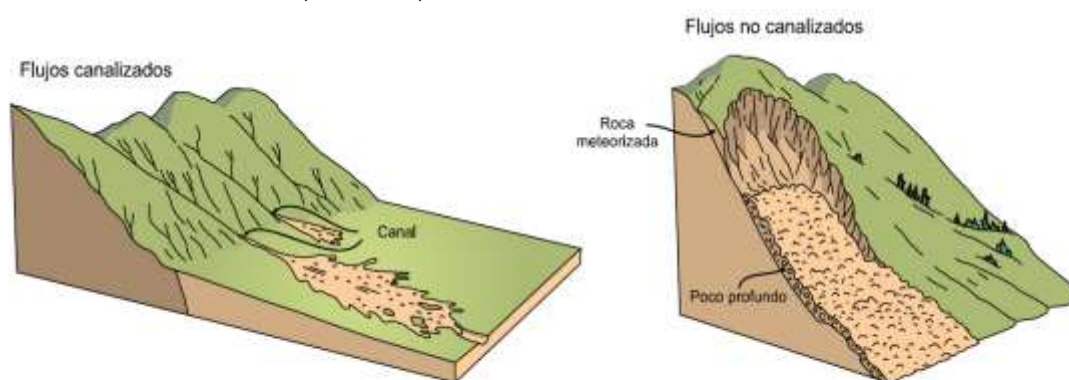


Figura 6. Esquema de flujos canalizados y no canalizados (Cruden y Varnes, 1996)

Según el PMA: GCA, 2007, los deslizamientos rotacionales pueden presentar velocidades de desplazamiento de las masas removidas de lenta a rápida (con velocidades menores a 1 m/s).

El potencial destructivo de los flujos está dominado por su velocidad y la altura alcanzada por el material arrastrado siendo muy importante una caracterización detallada de los eventos, dato importante que nos dará una idea del grado de peligro al que está expuesta un área determinada.

a) **Avalancha de detritos de Puente Capelo**

El mes de febrero del 2014 en la zona de Puente Capelo se presentaron precipitaciones pluviales intensas, del flanco este del cerro San Andrés se generaron dos avalanchas de detritos, que afectó viviendas y el centro educativo San Francisco de Asís de la Comunidad de Puente Capelo (fotos 6 y 7).

Causas:

- Ladera con pendiente entre 25° a 30°, que permite el desplazamiento de masa inestable.
- Deforestación, posibilita que el agua de precipitación pluvial se infiltre fácilmente al subsuelo.

- Suelo conformado por arenas y limos, ello permite la infiltración y retención de agua, conllevando a su saturación, aumenta la presión de poros y superación del ángulo de fricción interna del material, desestabilizándolo.
- Viviendas ubicadas en zona inestable.

Según versiones orales de los pobladores, el día que se generó la avalancha de detritos, en este sector se concentraron lluvias extraordinarias, que removieron el suelo residual de las laderas de colina.

El material que discurrió por la ladera (flujo no canalizado), está compuesto principalmente por gravas, con escasos bloques, englobados en matriz limo-arcillosa, junto con restos de troncos de árboles (foto 5). Los fragmentos de roca presentan formas angulosas a subangulosas. El material de la avalancha de detritos, alcanzó las viviendas y parte del centro educativo de la comunidad de Puente Capelo (foto 6).



Foto 5. En la imagen se puede ver los daños ocasionados en una vivienda de la comunidad de Puente Capelo; se observan troncos, algunos bloques y lodo, que fueron transportados por la avalancha de detritos.



Foto 6. Avalancha de detritos que afectó al colegio San Francisco de Asís.

b) Flujos de detritos de la quebrada Alto Capelo

La quebrada Alto Capelo, es afluente al río Paucartambo por la margen derecha (figura 7). Los flujos de detritos que discurren por esta quebrada son ocasionales a excepcionales, siendo el último evento producido en el mes de febrero del 2014.



Figura 7. Quebrada Alto Capelo y poblado de Puente Capelo.

Los flujos generados, tienen como detonante las precipitaciones pluviales excepcionales que se presentaron en la zona.

Por versiones orales de los pobladores de la zona de Puente Capelo se sabe que el año 1974, se generó un flujo de detritos que llegó a desviar el curso fluvial del río Paucartambo, destruyó además tres viviendas y dejó un saldo de tres personas fallecidas. Actualmente en la desembocadura de esta quebrada se tiene una mayor cantidad de viviendas con relación a las que existían en el año 1974 (versiones de los pobladores), evidenciándose una expansión urbana sin planificación alguna, la cual está ocupando zonas de alto peligro a la ocurrencia de flujos de detritos.

El abanico formado por el flujo de detritos del año 1974, fue removido por la construcción de la vía La Merced-Oxapampa, se estima que probablemente haya tenido una longitud de 90 m desde su ápice hasta la parte más distal del abanico, con una altura promedio de 5 m.

Otra evidencia del depósito de flujo de detritos antiguo, es la forma semicircular-convexa que presenta el terreno en este sector, misma forma que adquiere la vía asfaltada La Merced-Oxapampa, como también el curso del río Paucartambo (Figura 3).

En la actualidad el cauce de la quebrada en su desembocadura, tiene un ancho variable de entre 5 a 10 m (foto 4).

Consideraciones geodinámica de la quebrada Alto Capelo

El cauce de esta quebrada, desde sus nacientes hasta la desembocadura en el río Paucartambo tiene una longitud de 1 600 m, la pendiente en la parte baja es menor a 5°, en la parte alta alcanza los 25°.

Las vertientes que conforman la quebrada presentan pendientes que van de entre 20° a 35° (foto 7).

En el cauce de la quebrada, se encuentra material suelto conformado por bloques, gravas con matriz limo-arenosa, suelto y de fácil remoción (foto 7).



Foto 7. Cauce de la quebrada Alto Capelo, con material suelto de fácil remoción.

En las vertientes que conforman la quebrada, se presenta erosión en su pie ocasionando derrumbes, ello origina material suelto, el cual es vertido al cauce de la quebrada y posteriormente acarreado como carga sólida por la lluvia, generando de esta manera un nuevo flujo de detritos.

Otra condicionante de la inestabilidad observada en las vertientes de la quebrada, es la construcción de una vía de acceso hacia poblados ubicados en la parte alta, que desestabilizó parte de la ladera. Se observó además que los materiales de desmonte, producto del corte de la plataforma de carretera, han sido arrojados al cauce de la quebrada, lo cual favorece la disposición de material suelto de fácil remoción (foto 8).



Foto 8. Se muestran derrumbes que se encuentran en la margen izquierda de la quebrada Alto Capelo.

Este sector se encuentra deforestado, ello permite la aceleración de procesos de movimientos en masa.

La quebrada Alto Capelo, por el material suelto ubicado en su cauce y la pendiente, es considerada como una zona con alto potencial para la generación de nuevos flujo de detritos (Huaicos).

c) Flujos de detritos la quebrada Rodas

La quebrada Rodas, es afluente al río Paucartambo por la margen derecha (figura 8). Por ella han discurrido ocasionalmente flujos de detritos; el último evento se presentó el mes de febrero del 2014 y afectó algunas viviendas.

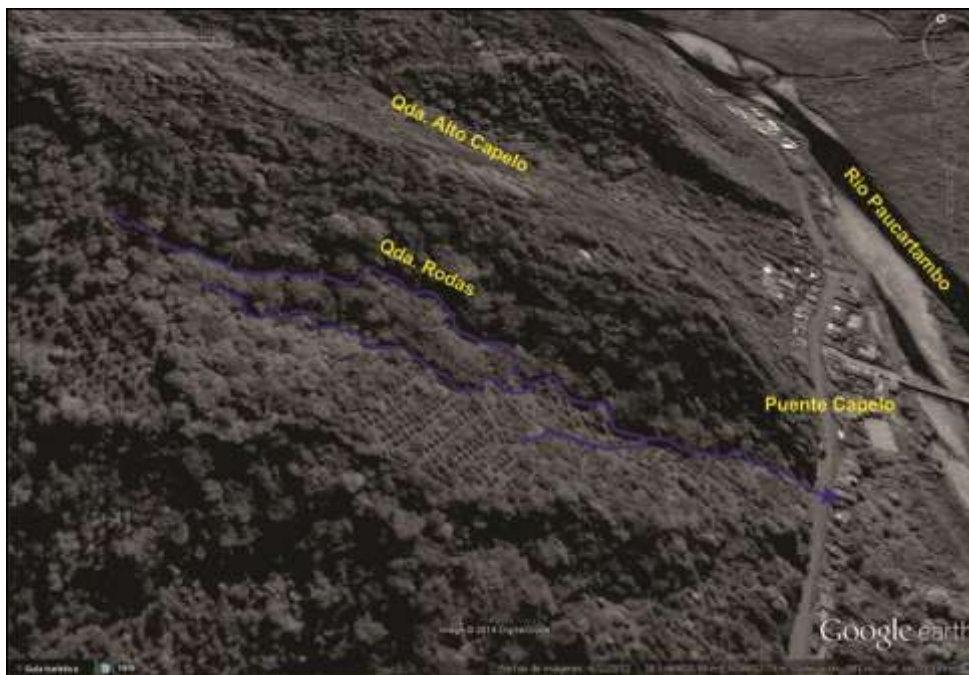


Figura 8. Influencia de la quebrada Rodas sobre el poblado Puente Capelo.

Según versiones orales de los pobladores, la quebrada se activa cada cierto tiempo (no precisan número de años).

Actualmente en la desembocadura de la quebrada, se asientan cuatro viviendas (foto 9).



Foto 9. Viviendas que ocupan la desembocadura de la quebrada Rodas.

El material que transportó el flujo de detritos, está conformado por bloques y gravas englobadas en una matriz limo-arenosa. En la actualidad este depósito fue limpiado, solo es posible observar algunos de los daños que ocasionó (foto 10).



Foto 10. Parte del área afectada por el último flujo de detritos.

Consideraciones geodinámica de la quebrada Rodas

El cauce de esta quebrada, desde sus nacientes hasta la desembocadura en el río Paucartambo tiene una longitud de 500 m, en su parte baja la pendiente es menor a 10° , en la parte alta alcanza los 25° .

Las laderas que conforman la quebrada tienen pendientes entre 20 a 35° .

En el cauce de la quebrada se aprecia material suelto, conformado por bloques y gravas con matriz limo-arenosa, de fácil remoción (foto 11).



Foto 11. Cauce de la quebrada Rodas, con material suelto de fácil remoción.

Durante el periodo lluvioso del 2014, en la parte alta de la quebrada se generó un deslizamiento rotacional de escarpa única, de forma discontinua-semicircular, de 60 m de ancho, con un salto de 5 m (foto 12).



Foto 12. Deslizamiento rotacional, ubicado en la margen izquierda de la quebrada Rodas.

El material removido por el deslizamiento al desplazarse, parte se canalizó por el cauce de quebrada Rodas, cubriendo parte de su curso (foto 13).



Foto 13. Se aprecia parte del material deslizado, que cubrió parcialmente el cauce de la quebrada Rodas.

Por las descripciones de los moradores, en el momento que se produjo el deslizamiento la masa desplazada se movió con una velocidad muy rápida. Se recomienda que se haga un monitoreo del deslizamiento para determinar su tasa de movimiento.

Este sector se encuentra deforestado, esto permite la aceleración de procesos de movimientos en masa.

Gran parte del material desplazado por el flujo de detritos del 2014, fue aportado por este deslizamiento; la otra fuente de material suelto fue por la erosión del pie de las laderas (foto 14).



Foto 14. Se muestra la alcantarilla y la parte ensanchada de la quebrada Rodas.

En la vertiente derecha, cerca de la desembocadura de la quebrada, en la superficie del terreno se identificaron agrietamientos, que fueron generados por el proceso de ensanchamiento del cauce de la quebrada, es muy probable que se formen deslizamientos de menores dimensiones en esta zona (fotos 15A y 15B). Estos eventos van a contribuir con material suelto al cauce de la quebrada.



Fotos 15A y 15B, se muestra los agrietamientos del terreno.

El material suelto dispuesto en el cauce de la quebrada Rodas, es de fácil remoción, aunado esto a la pendiente del cauce, son factores suficientes que condicionan la ocurrencia de nuevos procesos de flujo de detritos.

De presentarse nuevas lluvias intensas, parte de la masa del deslizamiento se canalizaría por la quebrada y formaría un flujo de detritos. El paso del flujo por el cauce de la quebrada, producirá erosión en las paredes de la quebrada, el material que se desprenda se incorporara a la masa que se está desplazando, lo cual aumentaría el volumen de material transportado por el flujo de detritos.

4.2 EROSIÓN FLUVIAL

El río Paucartambo, en el sector de Puente Capelo, tiene un drenaje de tipo anastomosado, condicionado por la gradiente muy baja que presenta el cauce del río, originándose una serie de canales que se interconectan mostrando una alta sinuosidad; siendo estos angostos y relativamente profundos. En estos sistemas los canales son separados por planicies de inundación que consisten en islas con vegetación, muros naturales y áreas donde pueden desarrollarse depósitos de desborde. Los canales, en estos sistemas, son rellenados con arena y grava, formando depósitos lenticulares, limitados por depósitos areno – arcillosos de muro natural (Smith, S 1980).

Estas corrientes fluviales anastomosadas, tienen gran capacidad de transporte y sedimentación, pero menor energía que las corrientes rectilíneas, por lo que, al encontrarse con obstáculos, tienden a modificar su trayectoria adecuándose al relieve y a los sedimentos en el fondo del cauce. Su deposición en el fondo está compuesta por sedimentos de granulometría heterogénea durante la época de aguas bajas, causa principal de la división del cauce en los canales anastomosados, es decir, divididos dentro del propio cauce (ver figura 9). A medida que se van estabilizando las islas de sedimentos, pueden llegar a desarrollarse en ellas una vegetación pionera primera y más estable después, aprovechando la dotación de agua que proporciona el propio río.

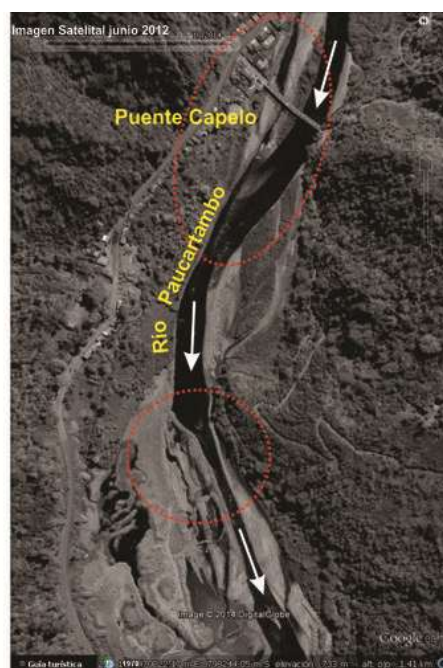


Figura 9. Se muestra los canales e islas formadas, en el sistema fluvial del río de tipo anastomosado. En los círculos rojos se muestran las áreas que han sufrido mayor variación.

Según lo observado en las imágenes satelitales de los años 2007 y 2012 (figura 10), las mayores variaciones del cauce del río Paucartambo (área de estudio), se han dado frente al poblado de Puente Capelo y aguas debajo de estructura Puente Capelo.

En el sector de Puente Capelo, comparando las imágenes satelitales del 2007 y 2011 se pueden observar los cambios sufridos en el cauce del río Paucartambo (figura 9).



Figura 10.

- (1) Migración del cauce hacia la margen izquierda.
- (2) Formación del islote ubicado por debajo del puente Capelo.
- (3) Formación del islote ubicado aguas abajo del puente Capelo.

En la visita de campo realizada en el mes de agosto 2014, se observó que por debajo de la estructura del puente Capelo se ha formado nuevamente un islote (foto 16). Este cambio morfológico del río ha ocasionado que el cauce migre hacia la margen derecha, ocasionando erosión en la margen derecha y debilitamiento de la defensa ribereña (foto 17) en un tramo de 30 m.



Foto 16. Formación de un islote por debajo del puente Capelo.



Foto 17. Erosión en la defensa ribereña (gavión) del puente Capelo.

La defensa ribereña está protegiendo las bases del Puente Capelo y parte de la población.

Parte de la población de la comunidad de Puente Capelo se ubica cerca de la ribera del río, zona inundable. Antes que se construya la defensa ribereña esta población ya había sido afectada (versiones de los pobladores), se aprecian

algunas casas abandonadas afectadas (foto 18). Las viviendas ubicadas cerca de la margen derecha del río Paucartambo deben ser reubicadas.



Foto 18. Viviendas ubicadas cerca del cauce del río Paucartambo, las cuales deben ser reubicadas.

Como antecedente de daños causados por procesos de erosión fluvial en la zona, según versión de los pobladores de la zona, el 9 abril del año 1991 a horas 5:30 pm, el puente “Capelo” colapsó, por una sobrecarga del río Paucartambo (foto 19A, 19B, y 19C).



Foto 19A, se observa el puente “Capelo” antes de su destrucción.

Foto 19B, se aprecia que el río Paucartambo esta sobrecargado

Foto 19C, el puente “Capelo”, está destruido.

En la foto 19B tomada el año 1991, se aprecia que no existían viviendas en el borde del cauce río (margen derecha).

5.0 ALTERNATIVAS PARA EL MANEJO DE PROBLEMAS GEODINÁMICOS

A continuación se presentan algunas propuestas generales de solución para los problemas geodinámicos que afectan la zona en estudio¹. Las mismas que están encaminadas a prevenir los procesos y mitigar los daños ante la ocurrencia de fenómenos naturales, tales como flujo de detritos.

¹ El uso de este documento y la información contenida en él, es valedera para las áreas indicadas y en las ubicaciones descritas en este informe. El uso de la información para algún otro propósito o alguna otra ubicación es a sola responsabilidad del usuario.

5.1 PROPUESTAS PARA EL CONTROL DE FLUJOS DE DETRITOS

En el caso de cauces marcadamente torrenciales, en los que el fenómeno aparece generalizado por un flujo de detritos con transporte masivo de materiales y erosiones de márgenes, el tipo de estructuras que ofrece la solución más simple y efectiva son las obras transversales al eje del cauce, en forma de diques.

Estas estructuras transversales, los diques, están orientados a la retención de la mayor cantidad posible de materiales, sólidos o líquidos, y entre los que se puede distinguir: los diques cerrados y diques "semihuecos" o de retenida selectiva (fotos 20, 21, 22 y 23).



Foto 20. Dique transversal con muro de gaviones en gradería.



Foto 21. Dique transversal de gaviones reforzado con contrafuertes para mayor resistencia al impacto del flujo. Ambos son diques completamente cerrados.



Fotos 22 y 23. Diques "semihuecos" o de retención selectiva. Con gradería canalizada para pérdida de la energía del flujo en los saltos sucesivos.

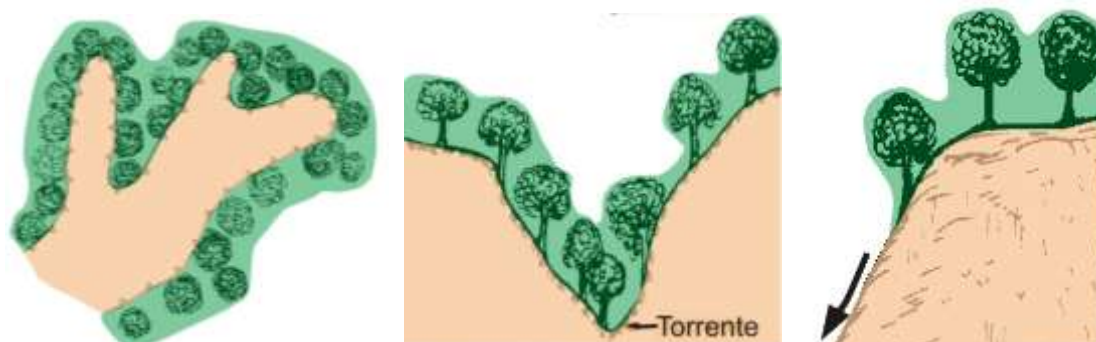
Para el caso de los flujos potenciales que pudieran generarse en las quebradas, los mismos que afectaría directamente a los poblados, se deben considerar la construcción de obras de contención transversales al eje del cauce.

Los diques trasversales, construidos con gaviones representan una alternativa económica, y técnicamente viable. Los gaviones caja representan un excelente resultado técnico y funcional en la construcción de los diques.

Se recomiendan los diques con gradería a en vez de los de pared vertical, ya que los primeros permiten la disipación de la energía del flujo en los saltos continuos a lo largo de la estructura. Para el diseño de estos, se deben considerar el caudal del flujo, las dimensiones de la quebrada, la tasa de erosión en la base, etc.

Medidas correctivas para las cabeceras de quebradas

- a) Se debe reforestar, los cauces de quebradas, para evitar el ensanchamiento de la quebrada, con ello se va detener la erosión retrogresiva, que conllevan a la generación de derrumbes de pequeña escala. Figura 11.



Figuras 11. Obras de forestación en zonas de cabeceras.

- b) *Construcción de barrera, rellenos y cortacorrientes.* Construir obras complementarias hidráulicas y control, mediante diques transversales como

trinchos de madera, de enrocado o gaviones (figura 12). El objetivo de estas medidas, es disminuir la energía del agua, retener sedimentos para estabilizar la cárcava y proceder a sembrar vegetación.

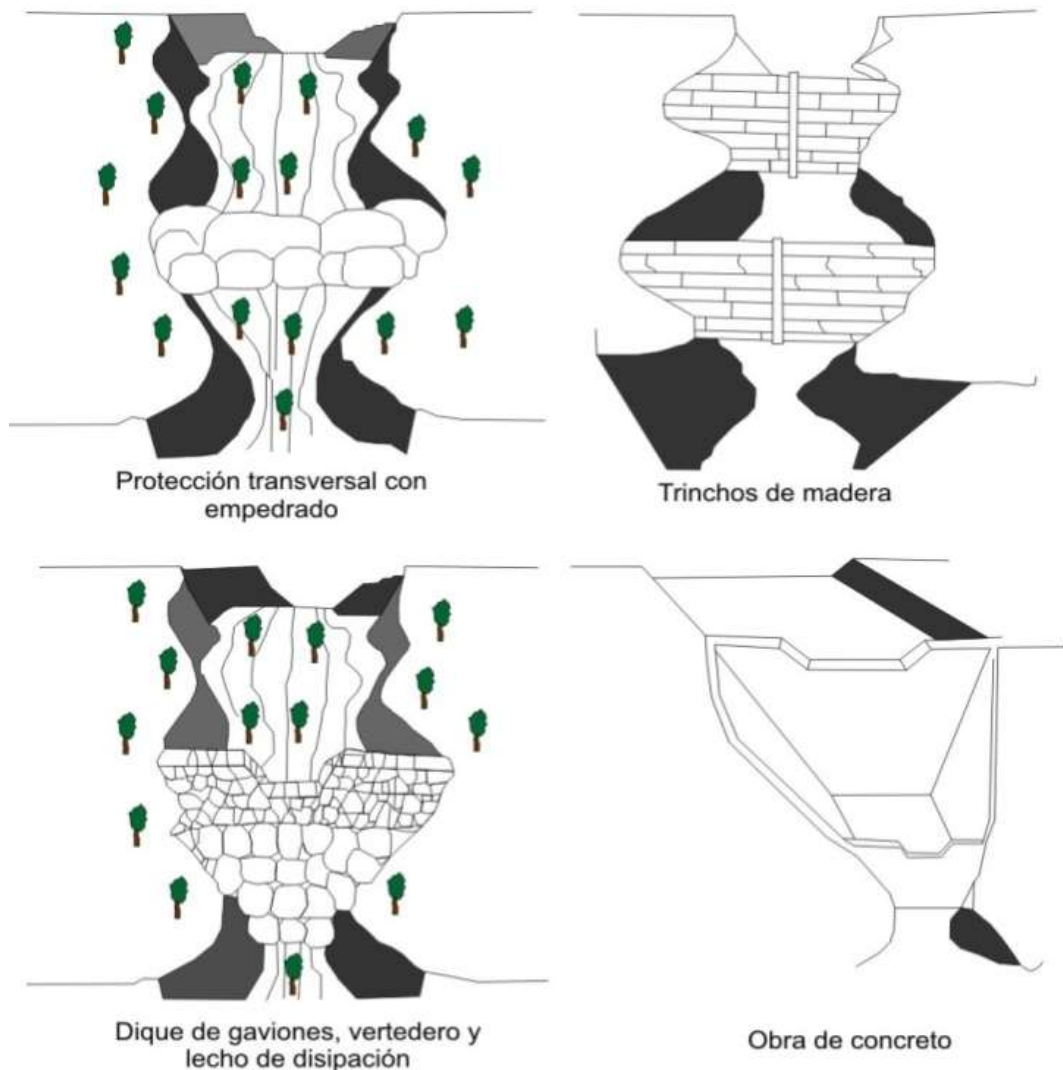


Figura 12. Obras hidráulicas transversales para cárcavas, fijación de sedimentos y protección de desagüeros naturales (Tomado de Instituto Nacional de Vías-Colombia-1998).

5.2 PROPUESTAS PARA EL CONTROL DE DESLIZAMIENTOS

Para la parte alta de la quebrada Rodas, donde se ha presentado un deslizamiento, una de las principales medidas de estabilidad, a aplicar en este tipo de fenómenos, es la instalación de drenajes. Estos se efectúan con el objeto de reducir las presiones intersticiales que actúan sobre la superficie de deslizamiento (sea potencial o existente), lo que aumenta su resistencia y disminuye el peso total, y por tanto las fuerzas desestabilizadoras.

Las medidas de drenaje son de dos tipos:

Drenaje superficial

Su fin es recoger las aguas superficiales o aquellas recogidas por los drenajes profundos y evacuarlas lejos del talud, evitándose su infiltración (figura 13). Las aguas de escorrentía se evacuan por medio de zanjas de drenaje, impermeabilizadas o no y aproximadamente paralelas al talud. Estas deben situarse a poca distancia de la cresta del talud y detrás de la misma, de manera que eviten la llegada del agua a las grietas de tensión que podrían existir o no. El cálculo de la sección debe hacerse con los métodos hidrológicos.

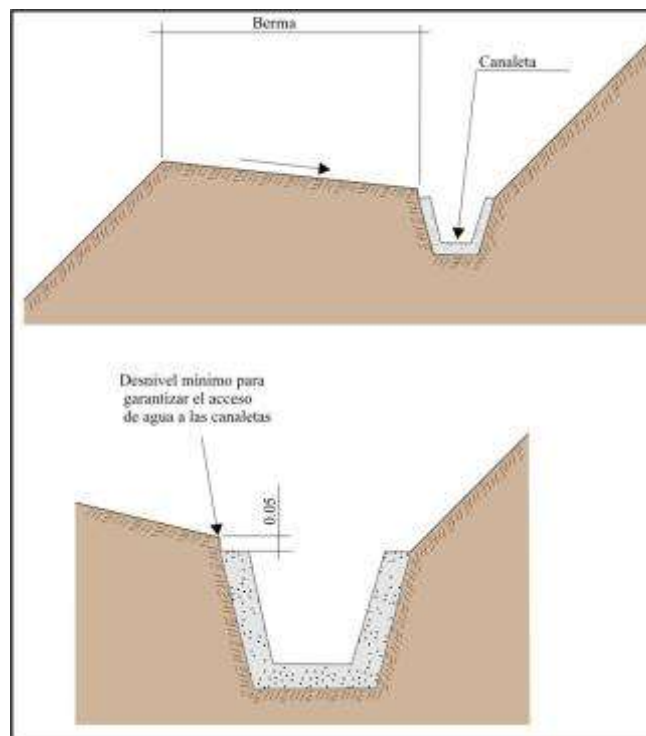


Figura 13: Detalle de una canaleta de drenaje superficial (tomado de Guzman et al, 2000).

Drenaje profundo

La finalidad es deprimir el nivel freático con las consiguientes disminuciones de las presiones intersticiales. Para su uso es necesario conocer previamente las características hidrogeológicas del terreno. Se clasifican en los siguientes grupos:

Drenes horizontales. Perforados desde la superficie del talud, llamados también drenes californianos. Consisten en taladros de pequeño diámetro, aproximadamente horizontales, entre 5° y 10°, que parten de la superficie del talud y que están generalmente contenidos en una sección transversal del mismo (Figuras 14 y 15).

Sus ventajas son:

- Su instalación es rápida y sencilla.
- El drenaje se realiza por gravedad.
- Requieren poco mantenimiento.
- Es un sistema flexible que puede readaptarse a la geología del área.

Sus desventajas son:

- Su área de influencia es limitada y menor que en el caso de otros métodos de drenaje profundo.
- La seguridad del talud hasta su instalación puede ser precaria.

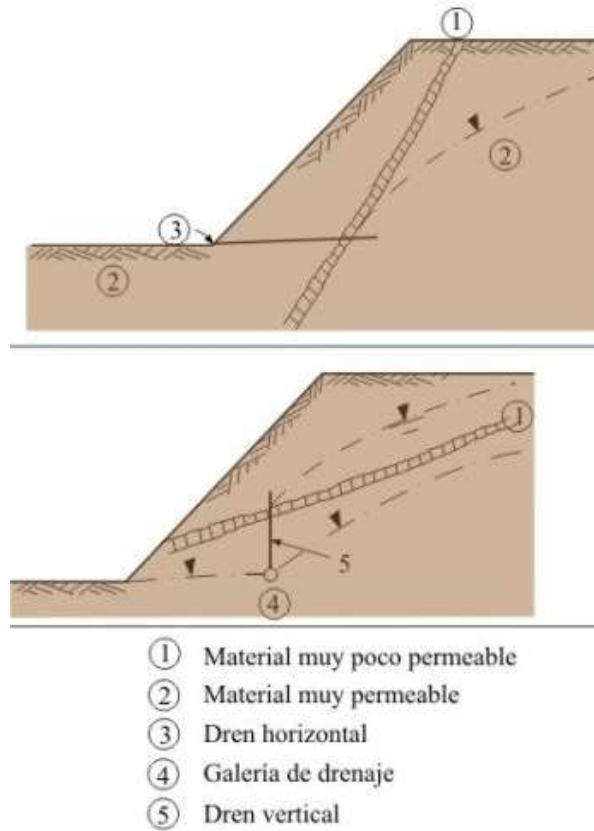


Figura 14: Disposición de sistema de drenaje en taludes no homogéneos (tomado de Guzman et al., 2000).

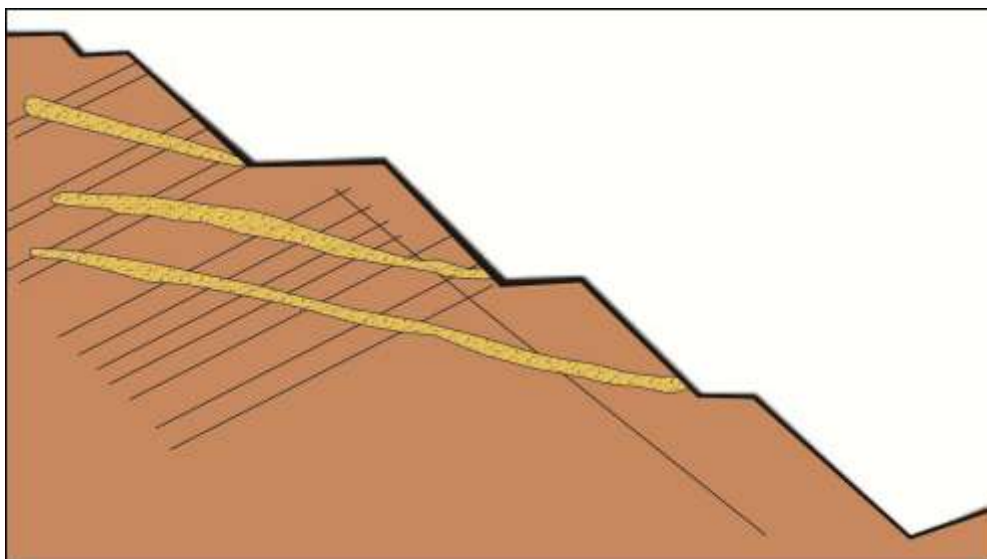


Figura 15: Esquema de drenaje de un talud por medio de drenes californianos (tomado de Guzman et al., 2000).

Zanjas de talud: Son las que siguen la línea de máxima pendiente del talud y son aplicables cuando los deslizamientos están situados a poca profundidad (figura 16).

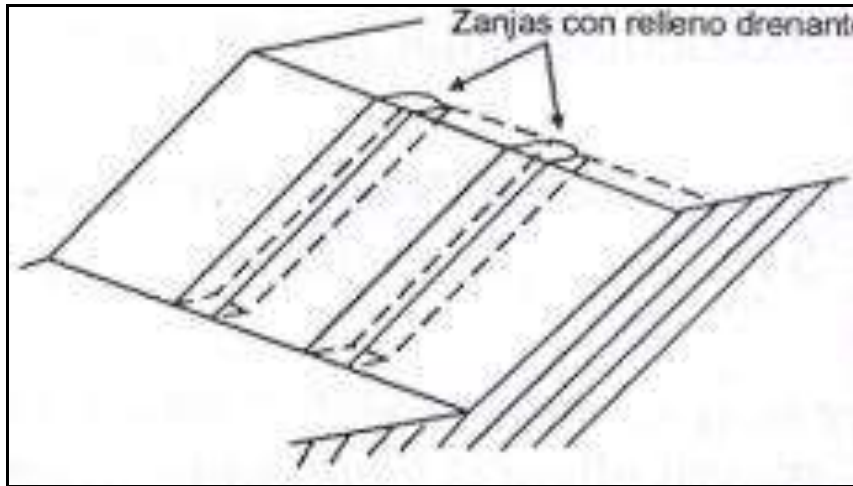


Figura 1. Zanjas de talud (tomado de Guzman et al, 2000).

Zanjas horizontales: Son paralelas al talud y se sitúan al pie del mismo. Son útiles los drenes en forma de «espina de pescado» (Figura 17), que combinan una zanja drenante según la línea de máxima pendiente con zanjas secundarias (espinas) ligeramente inclinadas que convergen en la espina central. Su construcción y mantenimiento en zonas críticas debe tener buena vigilancia.

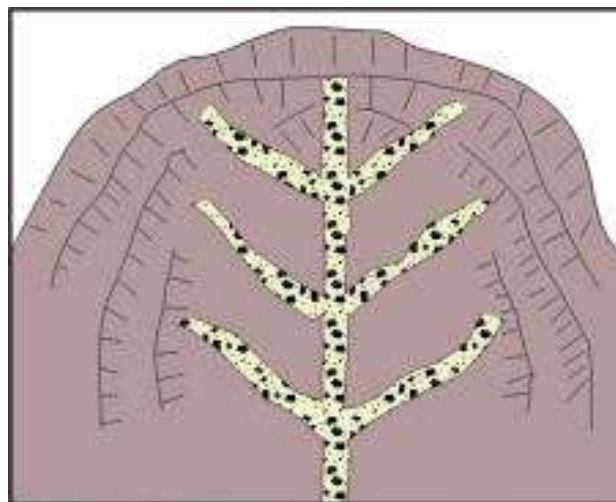


Figura 17. Drenaje tipo espina de pescado (tomado de Guzman et al, 2000).

CONCLUSIONES

1. El Anexo de Puente Capelo, fue afectado por dos flujos de detritos no canalizados proveniente del flanco este del cerro Capelo, y un flujo canalizado (huayco) proveniente de la quebrada Rodas. Afectaron viviendas y la carretera asfaltada La Merced-Oxapampa.
2. Por las condiciones geodinámicas que presenta el terreno donde se ubica el Anexo de Puente Capelo, como material inestable que proviene de derrumbes y deslizamientos, que se pueden canalizar por las quebradas y formar nuevos flujos de detritos de dimensiones considerables, que afectarían las viviendas que se encuentran bajo su influencia. Se tiene además viviendas ubicadas en el borde de la ribera del río Paucartambo, los cuales están en un área de alta susceptibilidad a inundaciones y erosión fluvial. Por todo lo mencionado se considera como un área de **alto peligro**, por lo cual es necesario que la población ubicada en la zona de influencia de los peligros mencionados sea reubicada.
3. Las laderas del cerro San Andrés, son muy susceptibles a la generación de procesos de movimiento en masa, tal como lo muestra los flujos de detritos no canalizados (avalancha de detritos), es muy probable que ante lluvias intensas, se presenten nuevos eventos de este tipo.
4. Las causas de la avalancha de detritos son: la pendiente del terreno, el suelo de fácil remoción, roca de mala calidad y terreno deforestado; el detonante son precipitaciones pluviales concentradas.
5. En el periodo lluvioso 2014, las defensas ribereñas de la estructura Puente Capelo, fueron afectadas por la erosión fluvial, en un tramo de 35 m, esto se debió a una sobrecarga del río Paucartambo.

RECOMENDACIONES

1. Reubicar las viviendas localizadas en las desembocaduras de las quebradas Alto Capelo y Rodas, como también las que se encuentran cerca de la defensa ribereña, estas áreas deben ser declaradas como zonas intangibles por peligros geológicos. Esta labor deberá ser coordinada por la Municipalidad distrital de San Luis de Shuaro.
2. Reponer y reparar la defensa ribereña de la estructura de Puente Capelo. Para realizar mejor esta labor la población que se encuentra circundante a esta área debe de ser reubicada.
3. Para las quebradas Alto Capelo y Rodas, a lo largo del cauce, construir muros disipadores de energía, para ello se tendrán realizar estudios detallados, para determinar las características y separación de los muros.
4. Implantar un sistema de alerta temprana para flujos de detritos e inundaciones.
5. Para el deslizamiento ubicado en la parte alta de la quebrada Rodas, de implementarse medidas estructurales, para ello se deben realizar estudios puntuales geotécnicos.
6. Las áreas de reubicación de la población deben ser evaluadas debidamente, labor que debe ser por un especialista en peligros geológicos.
7. Hacer un programa de reforestación del área con plantas nativas, con la finalidad de darle una mayor estabilidad a los cauces de las quebradas y laderas del cerro San Andrés.

BIBLIOGRAFIA

Hungr, O. & Evans, S.G., 2004, ***Entrainment of debris in rock avalanches: an analysis of a long run-out mechanism***: Geological Society of America Bulletin, V.

Fidel, L., Zavala, B., Núñez, S. & Valenzuela, G. (2006). ***Estudios de Riesgos Geológicos del Perú. Franja N°4***. INGEMMET. Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica. Boletín N° 29 Serie A. 376 Págs.

Guzmán, M., Fidel, L., Zavala, B., Valenzuela, G., Núñez, S. & Pari, W. ***Estudios de Riesgos Geológicos del Perú. Franja N°1***. INGEMMET. Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica. Boletín N° 23 Serie A. 331 Págs.

INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS - COLOMBIA (1998). ***Manual de estabilidad de taludes – Geotécnia Vial***. Ministerio de Transportes – Instituto Nacional de Vías. Colombia. 340 Págs.

Ludeña, L. (2014). Informe geológico San Luis Shuaro, Puente Capelo. Municipalidad Distrital de San Luis de Shuaro, Chanchamayo. 17 Págs.

Monge, R., León, W., & Chacón, N. (1996). ***Geología de los cuadrángulos de Chuchurras (21-m), Ulcumayo (22-I), Oxapampa (22-m) y La Merced (23-m)*** INGEMMET. Serie A: Carta Geológica Nacional. Boletín N° 78 Serie A. 179 Págs.

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***, 404 Págs.

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrografía del Perú, SENAMHI (2010) - ***Mapa de Precipitación Anual, Período Normal (Septiembre – Mayo)***. En INDECI, Atlas de Peligros del Perú 2101. 318-319 p, Lima.

Smith, S (1980). ***Sistemas de río Anastomosados*** en línea (Consulta: octubre 2014) <http://www.geologia.uson.mx/academicos/grijalva/ambientesfluviales/sistemaderiosanastomosados.htm>.

Varnes, D.J. (1978). ***Slope movement types and processes***. En: Schuster, R.L.& Krizek, R.J., eds., Landslides, analysis, and control. Washington, DC: National Research Council, Transportation Research Special Report 176, p. 11-33.